

Министерство образования Республики Беларусь  
Белорусский государственный университет  
Механико-математический факультет

Веб-программирование и интернет-технологии  
WebConf2021

Материалы 5-й Международной научно-практической конференции  
Минск, 18–21 мая 2021 г.

Минск  
2021

УДК 004.42:004.738.5(06)  
В 26

Решение о депонировании вынес:  
Совет механико-математического факультета  
15 апреля 2021 г., протокол № 6

Редакционная коллегия:  
И. М. Галкин (отв. ред.), В. М. Волков,  
В. С. Романчик, Г. А. Расолько

Рецензенты:

Репников В.И., кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой вычислительной математики факультета прикладной математики и информатики БГУ;

Смолякова О.Г., кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий факультета компьютерных систем и сетей БГУИР.

Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2021: материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конференции, Минск, 18–21 мая 2021 г. / БГУ, Механико-математический фак. ; [редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – 400 с. : ил., табл. – Библиогр. в тексте.

Представлены тезисы и материалы докладов 5-й Международной научно-практической конференции «Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2021», проводимой кафедрой веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета Белорусского государственного университета. Тексты приведены в авторской редакции.

Адресовано преподавателям, студентам, аспирантам, разработчикам, занимающимся созданием и использованием веб-приложений и интернет-технологий.

# **ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ СЦЕНЫ ПО ВИДЕОПОТОКУ С ДВИЖУЩЕЙСЯ КАМЕРЫ

**Воробей А. А., Недзьведь А. М.**

*Белорусский государственный университет, ФПМИ, Минск, Беларусь,  
e-mail: captainhorsepower228@gmail.com.*

В последнее время системы дополненной реальности все больше занимают рынок и приобретают популярность. Для их эффективной работы необходимо иметь четкое представление сцены в трехмерном пространстве. В данном случае сцена представляется в виде 3D модели, как совокупность информации о форме и облике объектов. Способы представления 3D сцены включают электронную 3D модель, анаглиф, комбинация исходного изображения и соответствующей ему карты глубины.

Картой глубины (depth map) изображения называют соответствующее ему изображение, в котором каждый пиксель вместо информации о цвете содержит информацию о своей глубине (расстоянии до камеры). Построение такой карты с монокамеры на основе одного видео потока является сложной задачей.

Для реконструкции сцены будет использован видеопоток с движущейся камеры.

1. По двум разнесённым в пространстве кадрам необходимо построить карту соответствий, аналогично карте смещений в стерео-зрении.

2. При помощи триангуляции, карта соответствий будет преобразована в разреженную карту глубин.

3. Опционально, разреженная карта глубин алгоритмически, либо при помощи нейронной сети, может быть преобразована в плотную, гладкую относительно исходного изображения, карту глубины. На этом этапе реконструкция считается завершённой.

Для построения карты соответствий, необходимо произвести ректификацию входных кадров. Тогда эпиполярные линии изображений будут параллельны, а соответствующие линии будут иметь одну и ту же вертикальную координату.

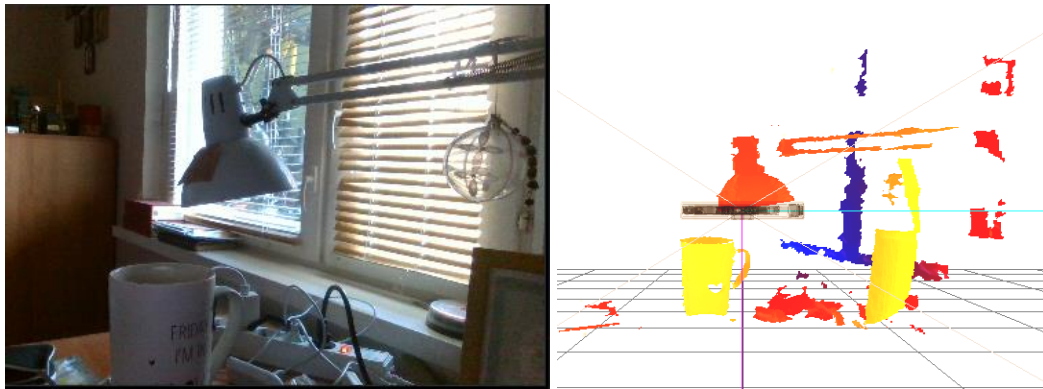
Традиционные методы ректификации, например планарная ректификация, были разработаны для стерео системы с двумя камерами, расположенными вдоль плоскости сцены (fronto parallel). То есть накладывают сильное ограничение на способы движения камеры, а потому не подходят для решения поставленной задачи. Поэтому будет использован алгоритм полярной ректификации, способный ректифицировать изображения даже при движении камеры вдоль главной оптической оси – в случае, когда эпиполярные линии находятся внутри изображения [2].

Суть метода полярной ректификации заключается в переходе к полярным координатам с центром в эпиполюсе. Исходное изображение в качестве эпиполярных линий выступают угловые секторы, ширина которых выбирается так, чтобы на дальнем конце изображения сектор занимал один пиксель. Длина эпиполярных линий сохраняется.

Современные алгоритмы стерео-сопоставления для повышения точности и скорости работы используют свойство локальной гладкости решений полученного решения. Впервые эта идея была реализована в рандомизированном PatchMatch алгоритме [3]. То есть для вычисления смещения очередной части изображения может быть использован результат с соседних, уже обработанных частей. Для

дополнительного повышения скорости может быть построен параллелизм, например на графическом ускорителе, при этом скорость работы при этом может достигать 1000 кадров в секунду на мощной видеокарте, например - Nvidia Titan X.

Однако ввиду дефицита мощных графических ускорителей для персональных компьютеров и полного их отсутствия на мобильных устройствах, используются алгоритм на основе триангуляции. После ректификации изображений, соответствия между ними гарантировано должны находиться вдоль эпиполярных линий, что позволяет значительно сузить область поиска. Из-за вычислительных ошибок при ректификации изображений, а также ошибок определения геометрического положения камеры по отношению к сцене, после фильтрации неверных совпадений, в общем случае, будет получена разреженная карта соответствий (рис. 1).



*Рис. 1. Разреженная карта соответствий, полученная с камеры ноутбука состоит из 16 уровней глубины и не может захватить все объекты сцены*

Задача триангуляции заключается в том, что для некоторой точки трёхмерного пространства  $X$ , по двум её проекциями на изображения  $u, u'$  необходимо восстановить её трёхмерную координату. Задача сводится к нахождению пересечения двух лучей, тем не менее, всегда присутствует некоторая ошибка геометрической проекции трёхмерного пространства на плоскость, а скрещивающиеся лучи на плоскости не пересекаются на реальной сцене. Поэтому необходимо найти наилучшее решение (приближение), при условии некоторой модели ошибки.

Если ошибка подчиняется стандартному распределению, то наилучшим решением является широко известный в литературе метод оптимальной триангуляции [5]. Этот метод подразумевает поиск минимума полинома шестой степени.

Дополнительно, для интерполяции карты глубины используется билатеральный интерполятор (Fast Bilateral Solver) [6], который решает задачу оптимизации, принимает на вход три изображения: справочное изображение  $R$ , целевое изображение  $T$ , весовое изображение  $C$  (отражает уверенность в данных  $T$ ). В качестве  $R$  может быть использовано исходное изображение с камеры, в качестве  $T$  – разреженная карта глубины, в качестве  $C$  – маска, обратная к использованной для фильтрации выбросов. В результате получается изображение  $X$ , основанное на  $T$ , гладкое по отношению к краям объектов на  $R$ .

Триангуляция позволяет использовать карту глубины с низким пространственным разрешении, которое свойственно для мобильных устройств, для позиционирования на реальной трёхмерной сцене в задачах дополненной реальности.

Итоговый алгоритм реконструкции 3D сцены состоит из следующей последовательности шагов.

Шаг 1, мобильное устройство записывает видеопоток, при этом для каждого кадра определяются положение в пространстве при помощи доступного на платформе AR-фреймворка.

Шаг 2, для каждого кадра, среди уже известных выбирается оптимальный для поиска стереосоответствий; критерии выбора кадра включают расстояние между кадрами в пространстве, коэффициент пересечения изображений, оценочная ошибка относительной позы кадров.

Шаг 3, для пары кадров проводится полярная стереоректификация и поиск стереосоответствий.

Шаг 4, полученная карта соответствий при помощи триангуляции преобразуется в разреженную карту глубины, которая будет интерполирована до плотной при помощи исходных изображений.

Работа выполнялась при поддержке проекта ГКНТ-Китай Ф20КИТГ-006.

#### Литература

1. Depth from Motion for Smartphone AR (2018) / ACM Trans. Graph. Vol36, No. 6, Article 193 / J. Valentin, A. Kowdle - с. 3-15
2. A simple and efficient rectification method for general motion / Computer Vision - ECCV'99/ M. Pollefeys, R. Koch - с. 2-5.
3. Многовидовая геометрия в компьютерном зрении / University of Oxford (2000) / А. Зиссерман - с. 250 - 260.
4. Triangulation / Computer Vision and Image Understanding (1997) / R. I. Hartley - с. 146-157.
5. The Fast Bilateral Solver / CVPR (2016) / J. Barron, B. Poole, с 3-12
6. Алгоритмы вычисления оптического потока в задаче определения собственного движения. / Московский Физическо-Технический Институт / Пономарьев Е.С., Григорьев А.С. - с. 353
7. Efficient belief propagation for early vision / CVPR (2004) / Felzenszwalb, P. F. and Huttenlocher, D. P - с. 261-268
8. On the consistency of instantaneous rigid motion estimation / International Journal of Computer Vision (2002) / T. Zhang, C. Tomasi - с. 51-79

# О ТЕХНОЛОГИЯХ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГОСУДАРСТВА И ИТ-СТРАНЫ

**Григянец Р. Б., Науменко Г. Н., Венгеров В. Н.**

*ОИПИ НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
e-mail: griganec@bas-net.by, geonik@basnet.by, vengerov@basnet.by*

Электронное государство (ЭГ), ИТ-страна – это современный тип государства с цифровой трансформацией экономики, системы государственного управления и социальной сферы, обеспечивающие интерактивное участие всех субъектов общества в государственной деятельности и поддерживающие деятельность исполнительной (электронное правительство – ЭП) и других ветвей власти с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Функционирующие в Беларуси инфраструктурные компоненты ЭП, многофункциональные общегосударственные и ведомственные государственные информационные системы создают условия для роста качества и количества административных процедур и государственных услуг, осуществляемых в электронной форме. Перспективное развитие ЭП будет направлено на решение задачи по повышению эффективности реализации государственных функций посредством создания комплексной цифровой инфраструктуры для осуществления межведомственного информационного взаимодействия, формирования современной системы оказания государственных услуг на принципах проактивности и интероперабельности их предоставления.

С учетом достигнутого уровня «цифровой зрелости» Республики Беларусь проактивность подразумевает оказание электронных услуг не только по заявительному принципу, но и в большинстве случаев по факту наступления жизненной ситуации, максимально исключив личное участие граждан в процессе, переводя большинство операций в электронную форму. Развитие инфраструктуры ЭП будет способствовать формированию единой государственной модели данных на принципах интероперабельности с однократным вводом данных.

В области цифровизации государственного управления, экономической, социальной и иных сфер, а также с учетом различия национальных и корпоративных подходов в Государственной программе «Цифровое развитие Беларуси» на 2021 – 2025 гг. сформирован ряд принципов стратегического планирования, к которым относятся:

- создание благоприятных условий для обеспечения и сопровождения процессов цифрового развития;
- совершенствование национальной информационно-коммуникационной инфраструктуры и услуг, оказываемых на ее основе;
- совершенствование реализации государственных функций посредством создания комплексной цифровой инфраструктуры для осуществления межведомственного информационного взаимодействия, формирования современной системы оказания государственных услуг на принципах проактивности и мультиканальности их предоставления;
- обеспечение доступности образования, основанного на применении современных информационных технологий как для повышения качества

образовательного процесса, так и для подготовки граждан к жизни и работе в условиях цифровой экономики;

- повышение качества медицинского обслуживания населения, доступности услуг, предоставляемых системой здравоохранения, информированности населения о состоянии здоровья, эпидемиологической обстановке на базе современных технологических решений;

- развитие инструментов цифровой экономики в различных отраслях национальной экономики, предусматривающих применение передовых производственных технологий в производстве и процессах ведения внешнеэкономической деятельности, формирование необходимых условий для сохранения и повышения конкурентоспособности белорусских предприятий на мировом рынке;

- повышение уровня комфорта и безопасности жизнедеятельности населения посредством создания и внедрения технологий «умных городов», включая системы удаленного мониторинга и учета состояния жилищного фонда, расхода энергоресурсов, состояния окружающей среды, видео-аналитики и другого;

- совершенствование системы информационной безопасности, обеспечивающей правовое и безопасное использование решений, внедряемых в рамках цифрового развития Республики Беларусь, укрепление доверия, обеспечение условий для безопасного оказания и получения электронных услуг (формирование «цифрового доверия»).

Развитие сферы ИКТ в Беларуси осуществляется в соответствии со «Стратегией развития информатизации на период до 2022 года» и утвержденной постановлением Совета Министров № 66 от 02.02.2021 государственной программы «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг. Данными документами определены основные направления развития цифровизации (Информатизации 2.0) – базиса ЭГ.

Предложенное проектом Указа Президента Республики Беларусь «Об органе государственного регулирования в сфере цифрового развития и некоторых вопросах информатизации» определение цифровой трансформации (основы цифровизации) как *процесса внедрения цифровых технологий во все сферы жизни общества* не охватывает, по мнению авторов, в полной мере организационную, социально-экономическую и научно-техническую деятельность, которой наделена информатизация. Преемственность, поступательное развитие цифровой экосистемы Беларуси указывают на целесообразность отождествления деятельности по цифровому развитию, цифровизации как «Информатизации 2.0» с отражением данной взаимосвязи в нормативном правовом обеспечении.

В отчетах международных организаций рейтинговыми позициями результатов Беларуси по развитию информатизации, информационного общества (ИО) и внедрению ИКТ являются:

- 32-е место из 152 стран по индексу развития ИКТ по оценке Международного Союза Электросвязи (МСЭ) в 2018 г.;

- 40-е место из 193 стран в рейтинге ООН по индексу готовности к ЭП в 2020 г.

Вместе с тем, факторами (рисками), сдерживающими развитие цифровизации и формирование ЭГ, являются:

- инертность государственных органов при решении вопросов информатизации;
- недостаточность мотивации для изменения бизнес-процессов в пользу ИКТ;
- недостаточный уровень инвестиций в ИКТ;



- неразвитость социальной информатики и ее конечной цели – ИО;
- слабое использование возможностей государственно-частного партнерства.

До настоящего времени не находит понимания предложение НАН Беларуси о включении в структуру расходов государства статьи на информатизацию с возможностью расходования органами госуправления на эти цели 1,5–2 % от средств, контролируемых ведомством.

Подходы НАН Беларуси к формированию ЭГ в Республике Беларусь соответствует положению об ускоренном развитии ИКТ как ключевой составляющей инновационной стратегии.

Основной целью формирования ЭГ в республике является содействие в достижении ожидаемых результатов от реализации Стратегии развития информатизации в Республике Беларусь на 2016–2022 гг. и разработанных для ее выполнения государственных программ.

В другие цели также входит достижение синергетического эффекта от интеграции и комбинации инициатив ЭП, *e*-здравоохранения, *e*-образования и ИКТ-новаций в других сферах, объединенных государственными и научно-техническими программами.

Усилению эффективности использования результатов цифровой трансформации в сферах государственного и социально-экономического управления будет способствовать повышение роли науки путем формирования условий и потребности в экспертной оценке состояния и развития социальной информатики и методов технологического прогнозирования.

Задачами (направлениями деятельности), способствующими формированию ЭГ, следует считать:

- применение кластерной модели развития, обеспечивающей интеграцию потенциалов технологий, науки и эффективных практик субъектов кластера для повышения эффективности принимаемых решений;
- совершенствование ресурсного обеспечения системы информатизации в Беларуси в условиях ИО;
- своевременную актуализацию целей и содержания мероприятий с учетом социально и экономически обусловленных требований к функционалу ЭГ;
- участие ИТ-специалистов в работе по модернизации форм, методов, технологий процессов управления на основе стратегий развития цифровизации и проблемно-исследовательского подхода;
- подготовку научных работников высшей квалификации с учетом актуальных проблем цифровизации государственного управления, принципов непрерывности и преемственности.

Главными принципами формирования ЭГ как совокупности систем, ресурсов и субъектов, обеспечивающих его функционирование, являются:

- соответствие основным направлениям государственной политики республики в инфокоммуникационной сфере и сфере цифровой трансформации;
- социальная направленность (как ресурс устойчивого развития общества);
- партнерство государственных органов, ИТ-организаций, учреждений науки, образования и общественных организаций;
- конкурентоспособность при реализации функций в рамках межстрановых объединений;

- оптимизация с целью повышения эффективности при сокращении финансовых расходов;
- технологическое предвидение на основе достижений науки и практики;
- непрерывность профессиональной подготовки должностных лиц органов управления в рамках дифференцированных программ обучения;
- формирование информационно-образовательного пространства для всех категорий граждан Беларуси.

Цель и задачи цифрового развития ориентированы также на участие в реализации Стратегии сотрудничества государств-участников СНГ в построении и развитии ИО на период до 2025 г., а также выполнении (в части НАН Беларуси) Плана действий к данной Стратегии.

Исследование путей развития ЭГ в Беларуси основывается на комплексном подходе с учетом:

- специфики и практического воплощения результатов информатизации;
- современного состояния и потребностей системы госуправления в интересах повышения эффективности реализуемых функций и их форм;
- состояния нормативно-правовой базы, информационно-коммуникационной инфраструктуры ЭГ и тенденций его развития.

Мероприятия могут включать:

- развитие цифровой государственной службы, реформирование государственного управления на основе интеллектуального администрирования;
- создание новых цифровых отраслей, возглавляемых госсектором;
- проектирование платформы цифрового правительства и безопасной инфраструктуры, способной воспринимать риски;
- использование облачной административной информационной инфраструктуры нового поколения;
- достижение высоких позиций на мировом рынке для создания благоприятной для Беларуси экосистемы и позиционирования в качестве экспортера инициатив и функционала ЭГ.

Участие НАН Беларуси в формировании ЭГ предполагается по следующим направлениям: развитие инфраструктуры телекоммуникаций; развитие ЭП; внедрение ИКТ в различных сферах; развитие электронных коммуникаций; цифровая интеграция; развитие автоматизированных информационных систем; создание благоприятной инвестиционной среды.

Ожидаемые показатели социально-экономической эффективности реализации приведенных подходов могут быть представлены как:

- финансовые (снижение операционных издержек и/или повышение доходов);
- экономического развития (за счет повышения эффективности госуправления);
- высвобождения ресурсов (оптимизация затрат);
- укрепления принципов демократии;
- улучшения качества услуг, предоставляемых гражданам и организациям.

Долгосрочная стратегия формирования и развития модели белорусской экономики, основанной на знаниях, сформулирована в стратегии «Наука и технологии: 2018–2040», одобренной в целом на Втором съезде ученых Беларуси в декабре 2017 г. Вкладом возможностей цифровизации в реализацию стратегии «Наука и технологии: 2018–2040» могут быть представлены:

- формирование инструментария реализации в долгосрочной перспективе приоритета социально-экономического развития – цифровизация;
- полноформатное участие в реализации концепции «Беларусь – ИТ-страна»;
- суперкомпьютерная обработка больших данных, разработка и внедрение технологий промышленного Интернета и Интернета вещей;
- формирование комплексных решений для тиражирования «умных производств», «умных городов» и интеграции ИКТ для управления инфраструктурой;
- создание и поддержка баз данных по научно-исследовательским разработкам, специализированных баз данных в целях сопровождения инновационной деятельности;
- формирование спектра электронных услуг в сфере научно-технической информации;
- развитие научной коммуникации для популяризации научных достижений.

Особо следует выделить формирование заделов с учетом глобальных трендов, включающих:

- обработку больших данных;
- интеллектуальные информационные системы;
- машинное обучение и человеко-машинное взаимодействие;
- новые системы поиска и распознавания информации;
- анализ больших массивов данных и извлечение знаний;
- новые способы хранения, обработки и передачи данных;
- технологии информационной безопасности;
- развитие технологий и системы «Электронного государства»;
- биоинформатику и прикладные информационные технологии в медицине.

Формирующиеся в настоящее время под воздействием ИКТ общество и информационные отношения в ЭГ претерпевают существенные изменения. В качестве *критериев цифровой трансформации* можно выделить: количество, качество и эффективность обработки информации; наличие единой, интеграционной среды; быстрый и свободный доступ к информации.

Минимальные требования для создания цифровой среды заключаются в использовании всеми заинтересованными современными информационными, в том числе интернет-технологий. В результате внедрений должны измениться взаимодействия внутри субъектов, трансформирующиеся в дальнейшем в систему интерактивного взаимодействия, новую модель управления, преобразующую традиционные отношения.

Результаты научно-методического обеспечения развития информатизации в НАН Беларуси (выполнение поручений высших государственных органов, запросов республиканских и местных органов государственного управления, интеграционных объединений с участием Республики Беларусь) способствуют нормативному правовому обеспечению в сфере информатизации и цифровой трансформации, развитию информационных ресурсов и электронных услуг.

# ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ И ТРУДОУСТРОЙСТВО В ИТ

**Романчик В. С.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: romanчикvs@gmail.com*

*В докладе рассматриваются вопросы подготовки студентов по программированию (веб-программированию) в университете и дальнейшее их обучение и трудоустройство в ИТ. Здесь рассматривается только начальная должность для студента-выпускника junior. Набор для middle и senior происходит в отдельном потоке и здесь не рассматривается.*

## **Процедура трудоустройства**

Процедура рекрутинга постоянно изменяется, как и требования к квалификации нанимаемого специалиста. Рассмотрим сначала частично устаревшую процедуру приема на работу, которая применяется и сейчас в ИТ компаниях.

При поступлении на работу в ИТ-компанию каждый студент проходит собеседование / тестирование. Предполагаемая польза от тестирования: убрать субъективность оценки и сократить затраты на рекрутинг. Первый аспект тестирования представляется положительным, второй аспект особого выигрыша по затратам не дает. При этом погрешность при оценке может быть очень большая.

Рассмотрим подробнее проведение тестирования.

### **1. О технических тестах.**

Подготовленные студенты (juniors) тесты проходят неплохо, поскольку у них уже есть опыт подготовки и сдачи тестов. Студенты могут подготовиться к тестированию, как и к любому экзамену. Один из лучших ресурсов для этой цели [codility.com](http://codility.com). Получает ли при этом работодатель правильные ответы на свои вопросы? Наверно, не всегда.

### **2. О психологических тестах.**

Тестируемый может выдавать либо социально желаемые ответы, либо отвечать по приколу, либо «как придётся». Во всех случаях тестирующий получает ответы на уровне «понравился» «не понравился». Следовательно, тестирование не является лучшей формой рекрутинга.

Предпочтительной является одна из форм собеседования.

Подготовка к собеседованию.

#### **1. Портфолио.**

До прохождения собеседования претенденту желательно создать портфолио. Это программа или скрипт для сайта, которая делает работу, похожую на полезную. После правки и улучшения ее можно выставить, как свой код работодателю. При этом студенту могут быть заданы серьезные вопросы по тексту, чтобы оценить его текущую квалификацию. Имеющиеся публикации также включаются в портфолио. Средний балл успеваемости тоже рассматривается

#### **2. Резюме.**

По резюме можно многое узнать о человеке и его образовании. Желательно описать проекты, в которых участвовали. Интересные технические решения.

### 3. Поиск работы.

ИТ компании всегда искали опытных разработчиков и специалистов, но их не хватало. В настоящее время многие компании осознали, что проще и дешевле вырастить своего специалиста, чем взять опытного. Поэтому все поданные резюме рассматриваются. С претендентом связываются и приглашают на собеседование.

### 4. Собеседование.

Первый этап собеседований может проходить заочно. Работодатель может проверить компетенции и решить, нужно ли очное интервью. В случае положительного решения претендента приглашают на очное собеседование – профессиональное и общее.

Следует сказать, что кроме профессионализма многие компании хотят лояльности претендентов. Если хотите работать будьте готовы объяснить, почему именно хотите работать в данной фирме. Очень интересен отбор в компанию Амазон, в каком-то смысле достигший совершенства. Компания Амазон разработала принципы поведения, личной преданности для сотрудников. Основа системы отбора в Amazon – Amazon Leadership Principles. Эти принципы определяют работу компании практически во всём. При собеседовании просят рассказать истории, которые будут демонстрировать наличие каждого из 14 Leadership Principles у вас. Компания серьезная и это работает.

Разные вопросы и тесты на профессиональных собеседованиях прошлых лет.

Вопросы взяты из различных источников и Интернет.

1. Самый распространенный вопрос среди всех головоломок прошлых лет: Почему канализационные люки круглые?

2. Вы сидите в лодке, плавающей посреди озера. У Вас с собой на борту есть большой кирпич. Если выкинуть его в озеро, уровень воды увеличится? уменьшится? останется неизменным?

3. Дана строчка текста, переставить в ней все слова в противоположном порядке, так чтобы, например, строчка "Здесь был Вася" превратилась в "Вася был Здесь". Дополнительную память выделять не разрешается.

4. Какова сложность алгоритма сортировки “quicksort”? ( $O(n \log n)$ ).

Тест по языку C++.

1. Результат выполнения программы (AC~B~A)/

```
#include "iostream.h"
class A
{
public:
A() { cout<<"A"; }
A(char c) { cout<<c; }
~A() { cout<<"~A"; }
};
class B:public A
{
public:
B() { cout<<"B"; }
B(char c) { cout<<c; }
```

```

~B() { cout<<"~B"; }
};
int main(int argc, char* argv[])
{
B c('C');
return 0;
}

```

2. Выбрать результаты выполнения программы.(AC~A).

```

class A{
int *a;
public:
A() { a=new int[10]; cout<<"A"; }
A(char c) { a=new int[10]; cout<<c; }
~A() { delete a; cout<<"~A"; }
};
class B:public A
{
int *b;
public:
B() { b=new int[10]; cout<<"B"; }
B(char c) { b=new int[10]; cout<<c;}
~B() { delete b; cout<<"~B"; }
};
int main(int argc, char* argv[])
{
B *b=new B('C');
A *a=b;
delete a;
return 0;
}

```

3. Что делает приведённый ниже код (^ означает операцию XOR)?

```

int main(int argc, char* argv[])
{ int a=1, b=2;
a = b^a; b = b^a; a = b^a;
cout<<a<<b; //21
return 0;
}

```

Java

4. Что будет выведено на Java: (1 default 2 2 default 2 )

```

class One
{ public static void testSwitch(int arg) {
switch (arg) {
case 1: System.out.print("1 ");

```

```

default: System.out.print("default ");
case 2: System.out.print("2 ");
}
System.out.println();
}
public static void main(String[] args) {
testSwitch(1);
testSwitch(2);
testSwitch(3);
}
}

```

### Язык PHP

1. Что выведет следующая программа: (aaa bbb)

```

<?php
$a = "aaa";
$$a = "bbb";
echo "$a ${$a}";
?>

```

2. Что выведет следующая программа (012)

```

<?php
function foo()
{
    static $counter = 0;
    echo $counter++;
}
foo();
foo();
foo();
?>

```

3. Что выведет следующая программа (3)

```

<?php
$str = "a\nb";
$fh = fopen('test.dat', 'wt');
fwrite($fh, $str);
fclose($fh);
echo strlen($str);
echo filesize('test.dat');
unlink('test.dat');
?>

```

4. Какой номер HTTP ошибки надо вернуть, для вывода стандартного диалога для запроса имени и пароля пользователя:

(401 – не авторизован)

## Как готовить программиста в ВУЗе

Что надо изучить сначала в программировании?

Программирование – это отдельная отрасль инженерной науки. Начальные знания и умения программиста дают в школе: владение компьютером как пользователь, знание английского языка и математики на невысоком уровне, понятие алгоритма, способы описания алгоритмов, работа с документами.

Быстрое дальнейшее вхождение в мир программирования дает веб-программирование. При этом возможен следующий начальный выбор программиста: HTML, CSS, JavaScript. Логичным является и выбор JavaScript в качестве первого языка программирования. Однако здесь присутствуют также Java и C# и Python.

Студенты БГУ специальности “Математика и информационные технологии” начиная с первого курса изучают C/C++, который является прародителем большого числа других языков. Параллельно изучаются HTML, CSS, JavaScript.

Таким образом, на базовом уровне (1-й – 2-й курсы) студенты изучают следующие дисциплины:

- Английский язык;
- Языки программирования ( C++, Java и C#, Python, PHP);
- Технологии программирования;
- HTML, CSS, JavaScript;
- Алгоритмы и структуры данных;
- SQL и базы данных;
- Операционные системы и сети;

Системы контроля версий GIT.

Какие компетенции нужны программисту на базовом уровне:

1. Общие понятия: ООП, шаблоны проектирования, тестирование, стек, поток и пр.
2. Быть продвинутым выше базового уровня хотя бы в одном языке.
3. Операционные среды и компьютерные сети
4. Уметь читать чужой код.
5. Системы контроля версий.
6. Знать стандартные алгоритмы
7. Уметь работать в команде.

Нужна ли программисту математика?

Здесь перечислены предметы, входящие в базовый курс математики и программирования:

1. Линейная алгебра. Векторы. Матрицы.
2. Дискретная математика и теория графов.
3. Деревья. Структуры данных.
4. Реляционная алгебра.
5. Построение и анализ алгоритмов.
6. Математическая логика и булева алгебра, множества.

Предметы математики для изучения на углубленном уровне:

7. Теория вероятностей и математическая статистика.
8. Вычислительная геометрия и инфографика.



9. Исследование операций, теория игр, моделирование процессов.
10. Нейросети и глубокое машинное обучение.
11. Теоретико-числовые методы в криптографии
12. Дифференциальные уравнения, численные методы и моделирование.

Разделы программирования, где нужны эти знания:

1. Анализ данных и машинное обучение.
2. Предсказание и анализ вероятностей.
3. Оптимизация хранения, проектирование хранилищ, облачные технологии.
4. Цифровая обработка сигналов.
5. Компьютерное зрение.
6. Распределенные вычислительные системы.
7. Анализ производительности распределенных вычислительных систем.
8. Моделирование – описание реальных объектов и процессов в формальных терминах.
9. Криптография. Здесь речь идет о фундаментальных принципах сохранения информации приватной.

На этом этапе студент должен выбрать направление и язык программирования, в которых будет дальше углубляться. Возможно, хорошим выбором будет Java. Замечательный язык Python будет очень полезен математикам, статистикам, т.к. открывает им дверь в мир Data Science.

Знание SQL и английского языка дают шанс попасть на работу тестировщиком.

### **Современные подходы к компьютерной подготовке в ИТ**

В последнее время системы тестирования и собеседования получили развитие и применение в виде матриц компетенций и карт развития.

Матрица представляет таблицу, столбцами которой являются компетенции или категории компетенций. В строке стоит оценка степени продвинутости специалиста.

Например:

#### 1. Computer Science

Структуры данных/Алгоритмы/Программирование систем

#### 2. Software Engineering

Контроль версий исходного кода/Автоматизация сборки/Автоматическое тестирование

#### 3. Программирование

Декомпозиция проблем/Декомпозиция систем/Организация дерева исходников /Читабельность кода/Защитное программирование/Обработка ошибок /IDE /API /Фреймворки/Требования/Скрипты/Базы данных

Матрицы компетенций представляют дальнейшее продвижение в направлении улучшения процесса тестирования и собеседования. При этом сначала определяются необходимые компетенции специалиста – это самостоятельная задача. Затем в процессе собеседования составляется матрица компетенций.

Примеры компетенций для разработчиков.

Что должен знать и уметь junior на Фронтэнд?

На первый взгляд HTML – CSS – JavaScript – React or Angular or Vue – Пишет unit-тесты – Владеет базовыми инструментами – Решает локальные задачи на фронтэнде.

В Интернет существует огромное количество компетенций для Junior, часть которых можно бы сюда добавить. Это JSON, Suss, Bootstrap, Visual Studio Code, Git, Debugging, Regular Expression, Canvas, Design Principles, Refactoring. Еще язык разметки типа Markdown и графику типа Figma(кроме Fotoshop).

Все компетенции из Интернет удовлетворить невозможно. К тому же университетское образование предполагает широкую подготовку студентов, которая не позволяет узко готовить студентов. Что же делать? Ответ: углубленно готовить одну две компетенции, например React. Достичь этих компетенций студент должен сам. В остальном базовое обучение ему дают в университете или на курсах.

Что делает backend-веб-разработчик? Как оценить уровень?

Знания PHP/Java/C#/NodeJS/Python; Знания SQL и DB;Работа с технологиями и фреймворками; Взаимодействия с сервером Unix; Front-end

Эти направления становятся “колонками” матрицы компетенций. Подготовка здесь подобна предыдущей: углубленно и самостоятельно готовить одну две компетенции, при этом везде ценятся не знания, а умения.

Как реально попадают студенты в большие ИТ компании?

Наиболее простой путь через ИТ курсы и внешний тренинг в самой ИТ компании. Внешний тренинг проводит ЕРАМ, бесплатные курсы – ПВТ, ИВА и др. За толковыми студентами идет охота различных компаний.

Реально студенты проходят достаточно легкое собеседование. После этого: 1) они зачисляются на трехмесячные курсы в определенном направлении; 2) проходят фильтрацию после курсов; 3)зачисляются на три месяца в менторинг – лаборатории, в которых выполняют учебные и тестовые проекты; 4)оставшиеся после менторства студенты зачисляются на предпродакшен и выполняют какую-то работу; 5)из этого резерва зачисляются на продакшен и конкретные проекты.

Примеры тренинговых курсов: Software Testing, Java, .NET, Business Analysis, Automated Testing, Android, BI, PHP, Data Science, Frontend. Таким образом ИТ – компании “затачивают” студентов под определенные технологии и проекты. Это необходимо для существования и роста самой компании. Широкое образование и математика на этом этапе не нужна по характеру выполняемых задач. Математика понадобится, когда junior станет сеньором, но к этому времени математика забудется. В принципе существует система переподготовки, но научится с возрастом решать, например, задачи моделирования достаточно сложно.

Таким образом, существуют проблемы нестыковки широкого университетского образования с конкретным ИТ обучением и работой.

В современном информационном обществе широкое образование необходимо еще и потому, что оно дает возможность быстро сменить направление работы или работу на актуальную.

### Литература

1. <https://www.intervolga.ru/blog/life/web-developer-competence-matrix/>
2. <https://devpro.blob.core.windows.net/presentations/>

# О МОДЕЛИРОВАНИИ ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Рудикова Л. В.

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь  
e-mail: rudikowa@gmail.com*

Современные города представляют собой достаточно сложные структуры, развитие которых определяется многими факторами. Как правило, при описании современного города необходимо учитывать большое число различных аспектов – средовых, социальных, экономических, экологических и др., а также – комплексы взаимосвязанных мероприятий, которые должны обеспечивать развитие городов как последовательное достижение поставленных целей. При рассмотрении процессов управления городскими территориями сложность задач обуславливается именно большим количеством взаимосвязанных факторов и процессов, которые подлежат рассмотрению и оптимизации [1].

Следует отметить, что конечной целью развития современных городов (а также, пожалуй, и других населенных пунктов) является улучшение качества жизни населения [2], переход к новым видам экономической деятельности, в которых человек является главной действующей силой.

На текущем этапе проходят становления новые процессы к управлению развитием городских территорий, учитывающие потребности населения и ориентированные на формирование комфортной городской среды для всех категорий граждан. Таким образом, появляется необходимость выявления, учета и управления требованиями к развитию городских территорий в современных условиях с учетом их возможной противоречивости и латентности. Отметим, что указанная задача является слабо формализованной и требует отдельного самостоятельного решения для каждого рассматриваемого случая и города (населенного пункта) [3, 4].

Однако, на наш взгляд, в дальнейшем, с учетом мирового опыта и накопленных данных о городской среде в Беларуси, задача моделирования данных городской среды может являться первоначальной и основополагающей при рассмотрении комплексного подхода к формализации городских данных и процессам управления развитием городских территорий.

Таким образом, существует необходимость разработки нового методологического подхода к описанию городских территорий Беларуси как сложной комплексной системы, которая формируется градостроительной средой, населением, требуемыми инфраструктурами и взаимодействиями, темпоральными и другими аспектами [см., например, 5, 6].

В предлагаемой статье излагается подход, основанный на построении информационной модели города, отражающей особенности его внутренней структуры объектов, их взаимовлияния, а также взаимодействия с населением. В качестве методологии при исследовании данных о городской среде используется системный анализ и структурная методология, что позволяет обеспечить учет главных объектов, процессов и других составляющих для реализации комфортной городской среды всех категорий жителей.

Для описания данных городской среды используется онтологический подход [4], что предполагает описание всех основных городских объектов и их возможных взаимодействий [7].

Основными составляющими физической городской среды являются следующие подмножества классов объектов городской среды: здание, двор, квартал, территория озеленения, водный объект, малая архитектурная форма, дорога. Возможно также рассмотрение и включение и других (при необходимости) классов объектов. Как правило, каждый класс объектов городской среды может быть оценен с использованием определенных показателей оценки состояния. Перечислим основные возможные показатели для оценки состояния объектов городской среды: состояние, техническое состояние, инклюзивность, благоустройство, освещенность, доступность, экологическое состояние, внешнее состояние, аварийность, загруженность. Понятно, что в зависимости от объектов, указанные показатели используются не все сразу и могут различаться.

Для объектов городской среды также характерно следующее:

- состояние объекта городской среды определяется значениями атрибутов данного объекта и их соответствием требованиям;
- наличие или отсутствие объектов городской среды в конкретном месте; определение состава новых объектов позволяет сформировать итоговый (целевой) образ городской среды с точки зрения необходимых форм взаимодействия жителей с городской средой;
- наличие или отсутствие конфликтных видов деятельности в рамках одного объекта городской среды.

С учетом дальнейшего анализа предметной области городской среды, а также применяя системный подход и структурную методологию разработки информационных систем, можно предложить следующую концептуальную модель базы данных для объектов городской среды (рис. 1), которая в дальнейшем будет использована при разработке универсальной онлайн системы накопления и анализа данных, связанных с различными объектами города и их взаимодействиями.

Основными сущностями концептуальной модели, разработанной в рамках ER-нотации [8], являются следующие:

Сущность **Building** – предназначена для хранения основной информации о зданиях (объектах городской среды)

Сущность **Road** включает основную информацию о дорогах (объектах связи в городской среде).

В сущности **GreenZone** хранится основная информация о зеленых зонах города (парки, лесомассивы, прогулочные зоны и т.д.).

Сущность **WaterObject** включает основную информацию о водных объектах города (включая естественные и искусственные водные объекты).

В сущности **Yard** хранится основная информация о дворах данного района (региона) города.

Сущность **MAF** характеризует малые архитектурные формы, которые встречаются среди объектов городской среды

В сущности **ConditionInfo** хранится информация об оценочном состоянии объектов городской среды (состояние фасада, освещенность, качество благоустройства и др.).

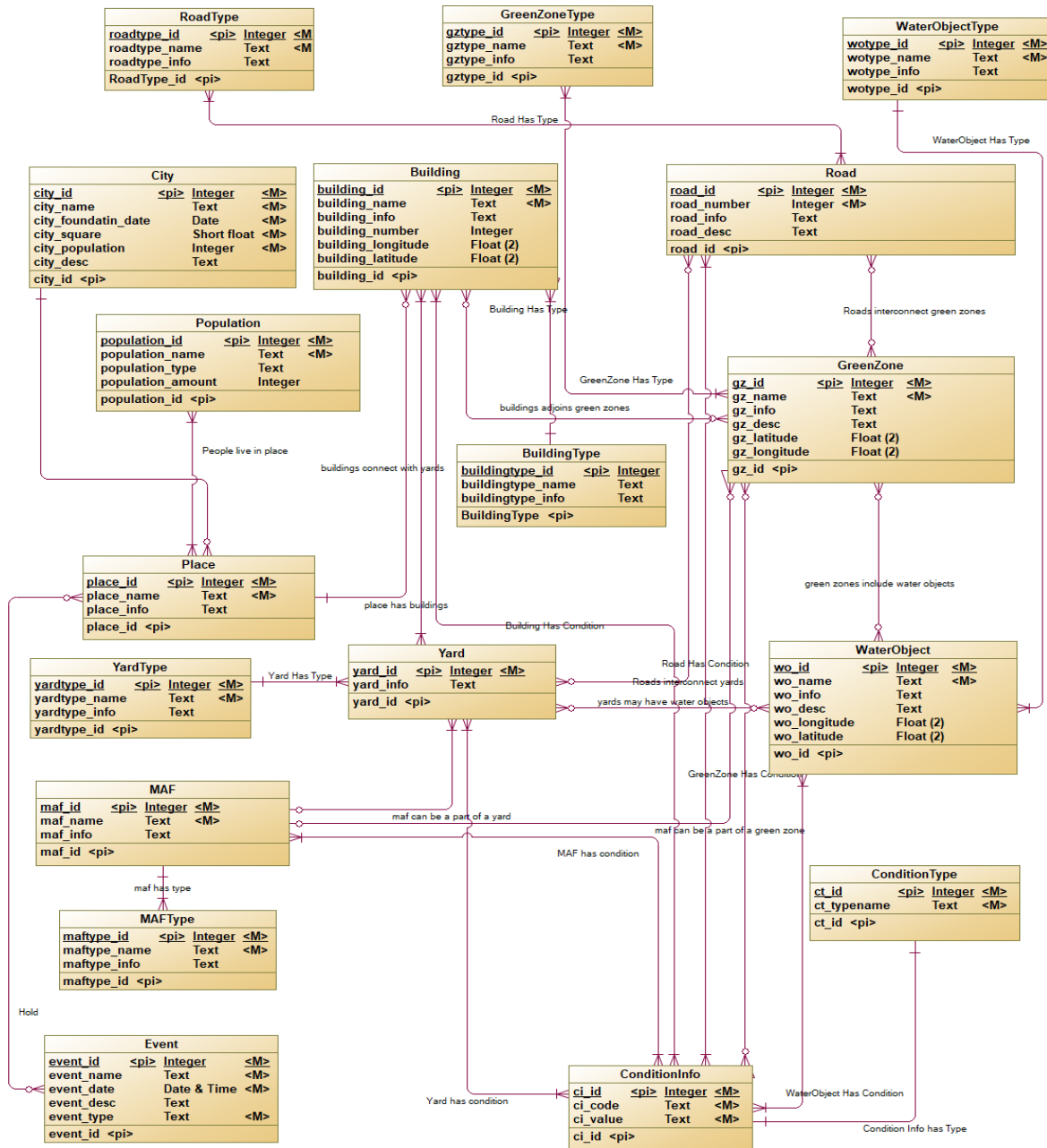


Рис. 1. Концептуальная модель для объектов городской среды

Отметим также в концептуальной модели присутствуют сущности-справочники, определяющие конкретный тип объекта городской среды или другие необходимые параметры более общего вида (BuildingType, YardType и др.). Например, в сущности Place хранится информация об определенном районе (округе, административной единице), сущность City – хранит основную информацию о городе, для которого собираются все необходимые данные и т.д.

Приведем также примеры связей между сущностями в предложенной концептуальной модели данных.

Сущность City связана с сущностью Place связью один-ко-многим, причем со стороны City имеется частичная степень участия, а со стороны Place – полная степень участия.

Сущность Place связана с сущностью Building связью один-ко-многим; со стороны Place имеется частичная степень участия, а со стороны Building – полная степень участия.

Сущность Building связана с сущностями GreenZone и Yard с соответственными связями многие-ко-многим, что подразумевает возможность нахождения зданий в нескольких территориях озеленения и примыкания ко многим дворам; отметим также со стороны всех указанных сущностей имеется частичная степень участия.

Сущность GreenZone связана с сущностями Road и WaterObject с соответственными связями многие-ко-многим, что подразумевает возможность нахождения зеленых зон рядом с различными дорогами и примыкания к различным водным объектам; отметим также со стороны всех указанных сущностей имеется частичная степень участия.

Сущность WaterObject связана с сущностью Yard связью многие-ко-многим, причем со стороны обеих сущностей имеется частичная степень участия.

Сущность Yard связана с сущностями с Road и Building с соответственными связями многие-ко-многим, что подразумевает возможность нахождения дорог рядом со дворами и зданиями. Дополнительно сущность Yard связана с сущностью MAF связью многие-к-одному; отметим также частичную степень участия всех сущностей в описанных отношениях.

Проведя анализ, было решено, что лучшим решением в вопросе накопления данных является реализация двух путей получения информации. Первый это автоматический сбор данных со сторонних интернет-источников, таких как картографические службы, сервисы погоды и другие [9, 10]. Вторым способом накопления данных является ввод данных и манипуляция над ними пользователем.

Неотъемлемой частью проектирования любой системы является выявление её функциональной модели. Поэтому следующим шагом в определении основных требований к системе стало выявление её основных функций: просмотр информации об объектах городской среды; предоставление статистической информации в виде графиков и диаграмм; проведение сравнительной характеристики городских объектов; составление рейтингов городских мест в целом по ряду характеристик; манипуляция над данными (добавление, удаление, редактирование); выявление наиболее благоприятных для отдыха или работы; выявление городских объектов, нуждающихся в обслуживании.

Системы подобного рода в большинстве случаев реализуются с учетом следующих уровней: уровень базы данных; уровень доступа к данным; сервисный уровень; уровень, включающий бизнес-логику; уровень взаимодействия с пользователем.

Все уровни минимально связаны друг с другом. Осуществляется это за счёт использования API.

Очевидно, что предложенный подход включает ограничения, такие как сложность в сборе информации и в описании жизненных сценариев населения. Однако, с точки зрения авторов, главным преимуществом является обеспечение систематизации и анализа собираемых данных в рамках единого формализма. Это позволяет не упустить важной информации при анализе и планировании развития городских территорий, а также – выявлять своевременно как положительные, так и отрицательные тенденции в развитии городских территорий, планировать изменения, улучшающие как качество жизни населения, так и конгломерат городских территорий.

## Литература

1. Dębek, M. (2014). Towards people's experiences and behaviours within their worlds: The integrative-transactional framework for studying complex people-environment interactions. *Social Space*, 8(2), 1–55
2. Griego D. et al. Sensing and mining urban qualities in smart cities // *Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 2017 IEEE 31st International Conference on. – IEEE, 2017. – С. 1004-1011
3. Chen Y., Sabri S., Rajabifard A., Agunbiade M. An ontology-based spatial data harmonisation for urban analytics // *ScienceDirect*, 2018
4. Psyllidis A., Bozzon A., Bocconi S., Bolivar C.T. A Platform for Urban Analytics and Semantic Data Integration in City Planning // *Springer*, 2015
5. Zhang Y. et al. Real-time Machine Learning Prediction of an Agent-Based Model for Urban Decision-making // *Proceedings of the 17th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems. – International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 2018. – С. 2171-2173
6. Kontokosta C. E., Tull C. A data-driven predictive model of city-scale energy use in roads // *Applied energy*. – 2017. – Т. 197. – С. 303-317.
7. Bellini P. Journal of Visual Languages and Computing Km4City ontology road vs data harvesting and cleaning for smart-city services \$ / P. Bellini, M. Benigni, R. Billero, P. Nesi, N. Rauch // *J. Vis. Lang. Comput.* – 2014. – Т. 25 – № 6 – 827–839 с.
8. Рудикова, Л.В. Учебное пособие для студентов высш. учеб. заведений по специальностям «Программное обеспечение информационных технологий», «Экономическая кибернетика», «Прикладная математика (научно-педагогическая деятельность)», «Информационные системы и технологии (в экономике)» / Л.В. Рудикова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 352 с.
9. Rudikowa, L. The development of a data collection and analysis system based on social network users data // L. Rudikowa, O. Myslivec, I. Savenkov, A. Nenko, S. Sobolevsky / *Procedia Computer Science*. – 2019. Vol. 156. – P. 194-203.
10. Рудикова, Л.В. О концепции создания системы агрегации и обработки данных пользователей социальных сетей // Л.В. Рудикова, О.Р. Мысливец / *Системный анализ и прикладная информатика*. – Мн.: БНТУ, 2018. – №4. – С. 65-72 .

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ СИЛЬНОТОЧНЫХ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В НЕОДНОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Сытова С. Н.

*Институт ядерных проблем БГУ, Минск, Беларусь, e-mail: sytova@inp.bsu.by*

Теоретические и экспериментальные исследования каждого нового типа электронных вакуумных приборов (усилителей и генераторов), функционирующих в диапазонах спектра от микроволнового до рентгеновского [1, 2], имеют огромное значение для науки и практики. В [3] приведен краткий обзор физических явлений в таких приборах – лампах и генераторах бегущей волны (ЛОВ), обратной волны (ЛБВ), лазерах и мазерах на свободных электронах (ЛСЭ и МСЭ) с демонстрацией многообразия таких приборов при их очевидной общности в используемых физических принципах, а также сложной нелинейной динамики их функционирования.

В данной работе представлены некоторые результаты математического моделирования сложной нелинейной динамики излучения сильноточных пучков заряженных частиц в неоднородных пространственно-периодических структурах, получаемой в новом типе вакуумных электронных приборов – объемных лазерах на свободных электронах (ОЛСЭ). Особое внимание уделено математической модели ОЛСЭ с учетом дисперсии электромагнитных волн в системе.

ОЛСЭ, физические принципы функционирования которых предложены и развиты в [4–6], а экспериментальные исследования начаты в [7–9], являются «близкими родственниками» указанных выше вакуумных электронных приборов, но и имеют принципиальные отличия. Ни в одном из указанных выше электронных приборов не используются принципы многоволновой динамической дифракции (в понимании кристаллооптики [10]) в объемных резонаторах с двух- и трехмерными дифракционными решетками. Возможность использования широкого в поперечном сечении (не плоского или трубчатого – как в других приборах [1]) пучка заряженных частиц позволяет распределить взаимодействие по большому объему и снизить ограничения на мощность в резонаторе.

В ОЛСЭ для различных частотных диапазонов (от рентгеновского до микроволнового) используются резонаторы с расстояниями между плоскостями, сравнимыми с длиной волны. Например, в рентгеновском диапазоне используются естественные кристаллы. Величина пространственного периода определяется периодом кристаллической решетки и испускаемое излучение имеет длину, сравнимую с межатомными расстояниями, т. е. – в рентгеновском диапазоне [5]. В случае СВЧ может использоваться сеточный резонатор, состоящий из периодически натянутых в волноводе металлических нитей или фольг [6, 8, 9].

Линейный режим работы ОЛСЭ изучен достаточно хорошо [4–6], но он быстро сменяется нелинейной стадией. Математические модели, описывающие нелинейную стадию работы ОЛСЭ, также как других вакуумных электронных приборов, представляют собой системы многомерных нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Понятно, что их для решения должны быть



использованы методы математического моделирования, поскольку аналитически получить решения таких систем уравнений невозможно.

Для описания электромагнитных полей в теоретической модели ОЛСЭ, так же как и любого вышеперечисленного электронного прибора, используются уравнения Максвелла в основном с использованием приближения медленно меняющихся амплитуд (англ. slowly varying envelope approximation – SVEA), впервые предложенного в [11] при построении теории мазеров.

В этом случае решение уравнений Максвелла для электрического поля ищется в виде суммы по  $N$  сильным электромагнитным волнам, формируемым в системе:

$$\mathbf{E} = \sum_{j=1}^N E_j e^{i(\mathbf{k}_j \mathbf{r} - \omega t)}, \quad (1)$$

где  $E_j$  – амплитуды электромагнитных волн,  $\mathbf{k}_j$  – соответствующие им волновые векторы,  $\omega$  – частота,  $i$  – мнимая единица.

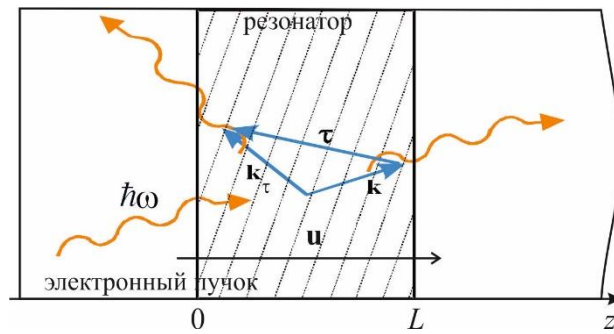


Рис. 1. Схема двухволнового ОЛСЭ в геометрии Брэгга

Рассмотрим простейшую математическую модель двухволнового ОЛСЭ в т. н. геометрии Брэгга (см. рис. 1). Пусть электронный пучок со скоростью  $\mathbf{u}$  «падает» под некоторым углом на полубесконечную пространственно-периодическую мишень (резонатор) толщиной  $L$ . Одновременно на мишень падает плоская электромагнитная волна с частотой  $\omega$  и волновым вектором  $\mathbf{k}$ . Если эта волна находится в условиях дифракции  $2\mathbf{k}\boldsymbol{\tau} + \boldsymbol{\tau}^2 \approx 0$  [4, 10], то в резонаторе образуется дифрагированная волна с волновым вектором  $\mathbf{k}_\tau = \mathbf{k} + \boldsymbol{\tau}$ , где  $\boldsymbol{\tau}$  – вектор обратной решетки мишени [10].

В случае моделирования такого двухволнового ОЛСЭ из уравнений Максвелла с использованием (1) при  $N = 2$  получается система уравнений для двух сильных электромагнитных волн – проходящей и дифрагированной, образующихся в системе вследствие динамической дифракции, с амплитудами  $E_1$  и  $E_2$ .

Как показано в [6], дисперсия электромагнитных волн в сеточном резонаторе ОЛСЭ, выражающаяся в связи диэлектрической проницаемости резонатора и частоты излучения  $\omega$ , зависит от материала, толщины нитей, периода их натяжения и других факторов и должна учитываться при моделировании ОЛСЭ. Система без учета дисперсии получена в [12]. Система с учетом дисперсии, полученная в [13], может быть записана в обобщенном виде без уточнения коэффициентов в виде (2). Здесь коэффициенты  $a_{ij}, i, j = 1, 2$ , описывают дисперсию волн и могут варьироваться от пренебрежимо малых значений до величин, сравнимых с единицей. В последнем случае, очевидно, что дисперсией пренебрегать нельзя.

$$\begin{aligned}
(1+a_{11})\frac{\partial E_1}{\partial t} + a_{12}\frac{\partial E_2}{\partial t} + b_1\frac{\partial E_1}{\partial z} + c_{11}E_1 + c_{12}E_2 &= F, \\
a_{21}\frac{\partial E_1}{\partial t} + (1+a_{22})\frac{\partial E_2}{\partial t} + b_2\frac{\partial E_2}{\partial z} + c_{21}E_1 + c_{22}E_2 &= 0,
\end{aligned} \tag{2}$$

$$F = \Phi \int_0^{2\pi} \frac{2\pi - p}{8\pi^2} \left( e^{-i\theta(t,z,p)} + e^{-i\theta(t,z,-p)} \right) dp, \quad E_1|_{z=0} = E_{10}, \quad E_2|_{z=L} = E_{20},$$

$$\frac{\partial^2 \theta(t,z,p)}{\partial z^2} = \Psi \left( k_z - \frac{\partial \theta(t,z,p)}{\partial z} \right)^3 \operatorname{Re}(E_1(t-z/u, z)) e^{i\theta(t,z,p)}, \tag{3}$$

$$\theta(t,0,p) = p, \quad \frac{\partial \theta(t,0,p)}{\partial z} = k_z - \omega/u, \quad t > 0, \quad z \in [0, L], \quad p \in [-2\pi, 2\pi].$$

В (3) динамика электронного пучка моделируется усреднением по фазам влета электронов в область взаимодействия  $\theta(t, z, p)$ . Этот метод [1] хорошо известен и широко применяется для расчета ЛБВ, ЛОВ, ЛСЭ и других электронных приборов. Но в отличие от [1], где рассматривается электронная динамика, определяемая только временем влета электрона в резонатор, в (3) учтено влияние на динамику электрона пространственной поперечной точки его влета в область взаимодействия при  $z = 0$ . Именно благодаря усреднению по двум фазам – моменту влета и поперечной координате влета электронов – в ОЛСЭ удалось промоделировать тонкие неоднородные эффекты в области вырождения корней дисперсионного уравнения и при синхронизме нескольких мод с пучком. Другие модели электронного пучка ОЛСЭ в гидродинамическом приближении и в виде функций распределения рассматривались в [14] и [15].

Разностные схемы решения (2)–(3) без учета дисперсии предложены в [12]. Ниже при моделировании использовалась схема решения (3) из [12].

Перепишем систему (2) в матричном виде относительно вектора амплитуд электромагнитного поля  $\mathbf{E} = (E_1, E_2)^T$ :

$$\begin{aligned}
\mathbf{A} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{B} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} + \mathbf{C} \mathbf{E} &= \mathbf{F}, \\
\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1+a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & 1+a_{22} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} b_1 & 0 \\ 0 & b_2 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{F} = \begin{pmatrix} F \\ 0 \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

и преобразуем ее:

$$\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{B} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} + \mathbf{D} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial z} + \mathbf{C} \mathbf{E} + \mathbf{G} \mathbf{E} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{F}, \tag{4}$$

где  $\mathbf{D} = (\mathbf{A}^{-1} - \mathbf{I})\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{G} = (\mathbf{A}^{-1} - \mathbf{I})\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{I}$  – единичная матрица.

Введем в области

$$\Omega \cap \Omega_t = \{0 \leq z \leq L\} \cup \{t > 0\}$$

равномерные сетки:

$$\omega_t = \{t_l = lh_t, l = 0, 1, \dots\}, \quad \omega_z = \{z_m = mh_z, m = 0, 1, \dots, M, Mh_z = L\},$$

Запишем разностную схему решения (4) на этих сетках с использованием идей многокомпонентного метода переменных направлений (ММПН), предложенных для систем гиперболических уравнений в [14, 15].

Первоначально схемы ММПН были предложены в [16], а именно – двухслойные и трехслойные схемы для одного уравнения и системы дифференциальных уравнений в частных производных для прямоугольных областей. Также там были указаны принципы перенесения результатов на криволинейные области. В ММПН каждое из разностных уравнений аппроксимирует исходную дифференциальную задачу, а вычисления по схеме осуществляются последовательно по каждому пространственному направлению. В каждой точке пространства находятся несколько значений (компонент) приближенного решения исходной дифференциальной задачи. Метод близок к предложенной первоначальной трактовке метода переменных направлений [17], но обладает рядом важных преимуществ, среди которых – абсолютная устойчивость без стабилизирующих поправок для задач любой размерности, отсутствие требования коммутуруемости пространственных операторов для выполнения условий устойчивости, эффективность при решении многомерных задач в областях со сложной геометрией.

Введем векторы  $\mathbf{E}^1$  и  $\mathbf{E}^2$  – две разностные компоненты вектора амплитуд полей  $\mathbf{E}$ . В качестве результата будет брать их полусумма. Модифицируем общепринятые обозначения записи разностных производных [17]. Ниже знак “ $\sim$ ” означает соответствующие направлению распространения волн левые и правые разностные производные, а также полусумму в соседних узлах разностной сетки по  $z$  для слагаемых  $\mathbf{CE}$  и  $\mathbf{GE}$ . Тогда можно записать:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}_t^1 + \mathbf{B}\hat{\mathbf{E}}_z^1 + \mathbf{D}\mathbf{E}_z^2 + \mathbf{C}\hat{\mathbf{E}}^1 + \mathbf{G}\tilde{\mathbf{E}}^2 &= \mathbf{A}^{-1}\mathbf{F}, \\ \mathbf{E}_t^2 + \mathbf{B}\hat{\mathbf{E}}_z^2 + \mathbf{D}\hat{\mathbf{E}}_z^1 + \mathbf{C}\hat{\mathbf{E}}^2 + \mathbf{G}\hat{\mathbf{E}}^1 &= \mathbf{A}^{-1}\mathbf{F}, \end{aligned} \quad (5)$$

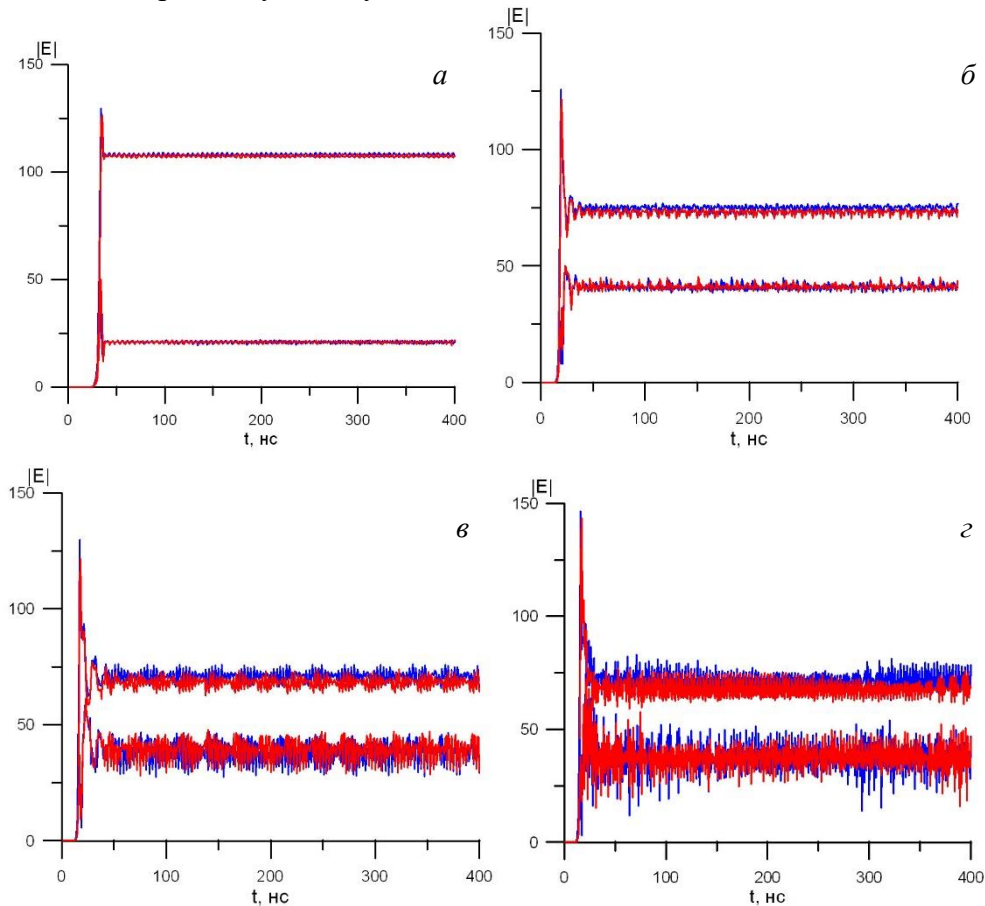
(5) является схемой полной аппроксимации. На достаточно гладких решениях она имеет первый порядок аппроксимации по времени и пространству.

В (5) используются компоненты  $\mathbf{E}^1$  и  $\mathbf{E}^2$  не по различным пространственным направлениям, а по физическим процессам. Члены уравнения  $\mathbf{B}\frac{\partial\mathbf{E}}{\partial z}$  и  $\mathbf{CE}$  описывают «чистую» дифракции без дисперсии в системе. Члены  $\mathbf{D}\frac{\partial\mathbf{E}}{\partial z}$  и  $\mathbf{GE}$  «отвечают» за дисперсию в системе. Понятно, что в случае отсутствия дисперсии ( $a_{ij} = 0, \quad i, j = 1, 2$ ) векторы  $\mathbf{E}^1$  и  $\mathbf{E}^2$  будут совпадать.

На основе предложенных математических моделей ОЛСЭ и разностных методов их решения разработан комплекс программ VOLC (*Volume Code*) [18], предназначенный для экспресс-моделирования работы различных типов ОЛСЭ, в том числе экспериментальных физических установок ОЛСЭ НИИ ЯП БГУ [8, 9]. VOLC позволяет моделировать сложную трехмерную динамику электронного пучка и распространение электромагнитных волн в объемном резонаторе ОЛСЭ. Программа всесторонне протестирована, в том числе путем сравнения численных результатов моделирования и известных аналитических решений. Полученные численные результаты имеют разумное согласие с теоретическими и экспериментальными физическими результатами.

С помощью VOLC, в частности, исследованы различные пороги генерации для двух- и трехволновых ОЛСЭ, в том числе для экспериментальных установок ОЛСЭ; динамика разных двух- и трехволновых геометрий, изучено влияние внешних зеркал,

проведено сравнение эффективности генерации одномерных и неодномерных геометрий и др. [12, 13, 18, 19]. Математическое моделирование подтвердило все основные физические закономерности и принципы работы ОЛСЭ, а также что для эффективной генерации существует оптимальный набор параметров системы.



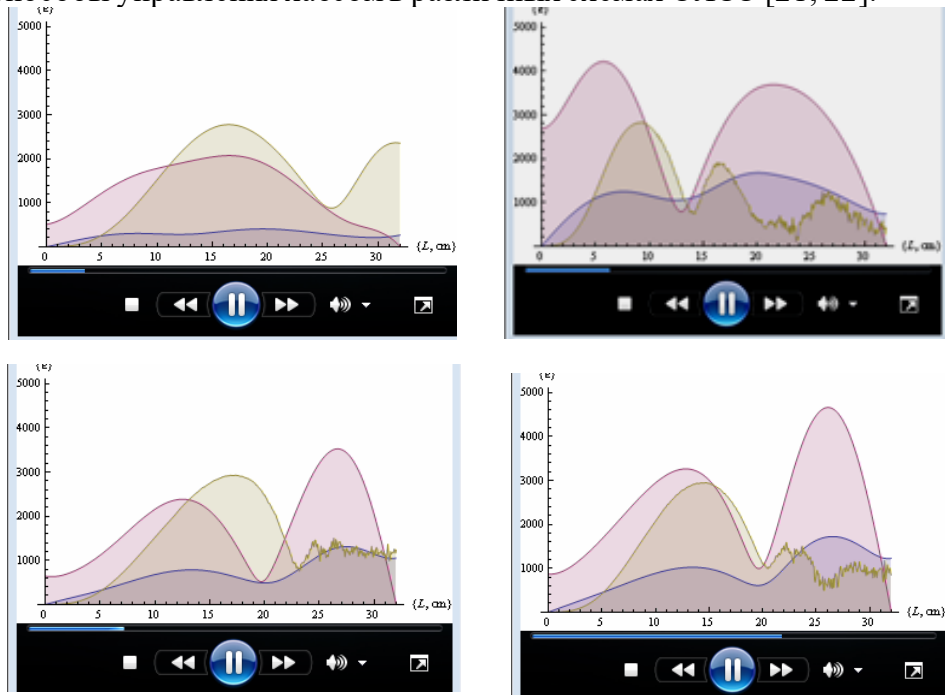
*Рис. 2. Временная зависимость проходящей (нижние кривые) и дифрагированной (верхние кривые) волн для толщины нитей резонатора 0.02 см (а), 0.04 см (б), 0.06 см (в), 0.08 см (г). Красные кривые – моделирование без учета дисперсии, синие кривые – с учетом дисперсии*

На рис. 2 даны некоторые результаты моделирования ОЛСЭ с учетом дисперсии для различной толщины нитей резонатора установки [9]. Здесь на каждой картинке изображена временная зависимость для модуля амплитуды проходящей (нижние кривые) и дифрагированной (верхние кривые) волн для толщины нитей резонатора  $d = 0.02, 0.04, 0.06, 0.08$  см и соответствующим им значений  $a_{11} = 0.058, 0.087, 0.115, 0.145$ . На рис. 2 красные кривые – моделирование без учета дисперсии, синие – с учетом дисперсии. Видно, что хотя в данном случае тип динамического решения сохраняется, при больших  $d$  дисперсию учитывать следует. Вероятно, что в некоторых случаях дисперсия может привести к кардинальной смене типа решения.

В [12, 18, 20] впервые объемные лазеры на свободных электронах исследованы с точки зрения нелинейной динамики, что важно для повышения эффективности генераторов и источников излучения в различных спектральных диапазонах. Показано, что ОЛСЭ является динамической системой с особенностями нелинейной динамики

генерации, обусловленными нелокальной природой взаимодействия пучка электронов с электромагнитным полем в условиях дифракции.

В процессе исследования хаотической природы ОЛСЭ изучены его пространственно-временная и фазовая динамика, промоделированы различные динамические режимы работы со сложной их трансформацией. Исследованы точки бифуркаций, соответствующие переходам между различными режимами генерации для различных схем ОЛСЭ, зависимость распределения хаотических режимов от положения точек бифуркаций в зависимости от геометрии ОРОС и других параметров ОЛСЭ, способы управления хаосом в различных схемах ОЛСЭ [21, 22].



*Рис. 3. Кадры «видео» пространственно-временной динамики ОЛСЭ. Голубая кривая демонстрирует проходящую волну, розовая кривая – дифрагированную, желтая – правую часть системы уравнений (2), описывающую влияние пучка электронов*

Процесс динамической дифракции и прохождения пучка электронов через резонатор проиллюстрирован видео, четыре кадра которого приведены на рис. 3. Момент времени изображен линией под графиком. Все кривые быстро нарастают и затем динамически «дышат» в пространстве и времени, перераспределяя свои амплитуды. Видно, что кривая пучка имеет в первой половине резонатора большие «горбы». Это означает, что электроны пучка начинают эффективно отдавать энергию электромагнитному полю. Ближе к выходу из резонатора значения амплитуд пучка уменьшаются. Это означает, что электроны излучают меньше и на них действуют физические силы, формирующие «паразитные» моды. Кривая пучка в отличие от кривых амплитуд волн начиная с середины резонатора теряет гладкость. Однако, эти «паразитные» частоты вследствие динамической дифракции и объемной распределенной обратной связи внутри резонатора не передаются электромагнитного волнам, что полностью соответствует теории ОЛСЭ [4 – 6].

Проведенное исследование основных свойств ОЛСЭ как хаотической динамической системы важно для реализации в будущих экспериментах способов управления хаосом и выбора более оптимальных режимов работы ОЛСЭ.

### Литература

1. Трубецков, Д. И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков: в 2 т. / Д.И. Трубецков, А.Е. Храмов. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2003, 2004. – 496 с. (Т. 1), 648 с. (Т. 2).
2. Маршалл, Т. Лазеры на свободных электронах / Т. Маршалл. – М.: Мир, 1987. – 240 с.
3. Сытова, С. Н. Нелинейная динамика излучения сильнооточных пучков заряженных частиц в пространственно-периодических структурах / С. Н. Сытова // Журнал Белорусского государственного университета. Физика. – 2021, №1. – С. 62–72.
4. Baryshevsky, V. G. Parametric beam instability of relativistic charged particles in a crystal / V. G. Baryshevsky, I. D. Feranchuk // Physics Letters A. – 1984. – Vol. 102. – P. 141–144.
5. Baryshevsky, V. G. Parametric (quasi-Cerenkov) X-ray free electron lasers / V. G. Baryshevsky, K. G. Batrakov, I. Ya. Dubovskaya // J. Physics D: Appl. Physics. – 1991. – Vol. 24. – P. 1250–1257.
6. Baryshevsky, V. G. Spontaneous and induced parametric and Smith-Purcell radiation from electrons moving in a photonic crystal built from the metallic threads / V. G. Baryshevsky, A. A. Gurinovich // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res B. – 2006. – Vol. B252. – P. 92–101.
7. Baryshevsky, V. G. First lasing of a volume FEL (VFEL) at a length range  $\lambda \sim 4\text{--}6\text{ mm}$  / V. G. Baryshevsky [et al.] // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. A. – 2002. – Vol. A483. – P. 21–24.
8. Baryshevsky, V. G. Experimental Study of Volume Free Electron Laser using a "grid" photonic crystal with variable period / V. G. Baryshevsky [et al.] // Proc. 29th Int. Free Electron Laser Conference: Proceedings of FEL2007, Novosibirsk, 2007. – P. 496–498.
9. Baryshevsky, V. G. Volume free electron laser with a "grid" photonic crystal with variable period: theory and experiment / V. G. Baryshevsky [et al.] // Proc. 31st Int. Free Electron Laser Conference. – Liverpool, 2009. – P. 134–137.
10. Пинскер, З. Г. Рентгеновская кристаллооптика / З. Г. Пинскер – М.: Наука, 1982. – 391 с.
11. Arecchi, F. Theory of optical maser amplifiers / F. Arecchi, R. Bonifacio // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 1965. – Vol. 1. – P. 169–178.
12. Батраков, К. Г. Моделирование лазеров на свободных электронах / К. Г. Батраков, С. Н. Сытова // Журнал выч. математики и мат. физики. – 2005. – Т. 45, № 4. – С. 690–700.
13. Сытова, С. Н. Модели объемных лазеров на свободных электронах / С. Н. Сытова // Известия вузов. ПНД. – 2012. – Т. 20, № 6. – С. 124–135.
14. Абрашин, В. Н. Нелинейная стадия развития черенковской неустойчивости релятивистского электронного пучка / В. Н. Абрашин, А. О. Грубич, С. Н. Сытова // Математическое моделирование. – 1991. – Т. 3, № 8. – С. 21–29.
15. Сытова, С. Н. Численный метод решения гиперболической системы с особенностями / С. Н. Сытова // Дифференциальные уравнения. – 1996. – Т. 32, № 7. – С. 986–989.
16. Абрашин, В. Н. Об одном варианте метода переменных направлений решения многомерных задач математической физики. I / В. Н. Абрашин // Дифференциальные уравнения. – 1990. – Т. 26, № 2. – С. 314–323.
17. Самарский, А. А. Теория разностных схем / А. А. Самарский. – М.: Наука, 1989. – 614 с.
18. Batrakov, K. Mathematical modeling of multiwave Volume Free Electron Laser: basic principles and numerical experiments / K. Batrakov, S. Sytova // Mathematical modelling and analysis. – 2006. – Vol. 11, No 1. – P. 13–22.
19. Барышевский, В. Г. Радиационные процессы, радиационная неустойчивость и хаос в излучении, образованном релятивистскими пучками, движущимися в трехмерных (двумерных) пространственно-периодических структурах (естественных и фотонных кристаллах) / В. Г. Барышевский, С. Н. Сытова // Известия вузов. ПНД. – 2013. – Т. 21, № 6. – С. 25–48.
20. Sytova, S. Volume Free Electron Laser (VFEL) as a Dynamical System / S. Sytova // Nonlin. Phen. Compl. Syst. – 2007. – Vol. 10, No 3. – P. 297–302.
21. Сытова, С. Н. Хаос в объемных лазерах на свободных электронах (ОЛСЭ) / С. Н. Сытова // Известия вузов. ПНД. – 2011. – Т. 19, № 2. – С. 93–111.
22. Сытова, С. Н. Влияние внешних условий на хаос в объемных лазерах на свободных электронах / С. Н. Сытова // Доклады НАН Беларуси. – 2014. – Т. 58, № 1. – С. 47–52.

# ЛИЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЖЕРТВ ЗАВИСИМОСТИ ОТ СМАРТФОНА

Шейнов В. П.<sup>1)</sup>, Девицын А. С.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Республиканский институт высшей школы, Минск, Беларусь  
e-mail: sheinov1@mail.ru*

<sup>2)</sup> *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
e-mail: devitsin@gmail.com*

## Аннотация

Зависимость от смартфона – это новое явление, одна из наиболее распространенных немедицинских зависимостей, которая по своей массовости уже оставила позади интернет-зависимость и игроманию. Ее отрицательные последствия включают психологические и поведенческие искажения и проблемы с самоэффективностью у ее жертв.

Установлено, что зависимость от смартфона положительно связана с женским полом и переживанием чувства одиночества и отрицательно – с настойчивостью, самообладанием, саморегуляцией, привычкой читать, здоровым образом жизни и состоянием здоровья.

Зависимость от смартфона только у женщин отрицательно коррелирует с возрастом, компетентностью, комплиментарностью, провокационностью, наличием семьи, наличием детей, хорошим настроением и положительно – с зависимым поведением и проблемами со сном. Среднее значение зависимости от смартфона женщин статистически значимо превосходит среднее значение зависимости от смартфона мужчин.

Часть связей, выявленных в исследовании в целом, соответствуют характеру корреляций, установленных в зарубежных исследованиях, при этом конкретизируя и уточняя их в гендерном аспекте. Пересекающиеся результаты показывают, что многие взаимосвязи, совпадая по направленности, имеют место не для всех индивидов, а только для женщин.

Другая часть полученных результатов является новой как для отечественных, так и для зарубежных исследований.

С целью разрешения возникшей в условиях пандемии проблемы сбора информации создана авторская автоматизированная система сбора и накопления информации, которая осуществляет также обработку тестов и рассылку респондентам в анонимном режиме результатов их тестирования. Эта система универсальна и может быть использована в других исследованиях.

*Ключевые слова: зависимость от смартфона, одиночество, саморегуляция, коммуникативная компетентность, настойчивость, самообладание, настроение, возраст, образ жизни, семья, дети, здоровье, женщины, мужчины.*

## Введение

Смартфон сегодня превратился в почти полноценный компьютер, уместающийся в кармане. Удобства, доставляемые им, порождают у многих пристрастие к чрезмерному использованию этого девайса. Многие люди, особенно подростки и дети, уже не представляют своей жизни без него и всегда держат его при себе. Из-за

постоянно прикованного внимания к этому гаджету такие пользователи не могут полноценно учиться, вдумчиво и продуктивно выполнять работу, наладить отношения с окружающими и, в целом, полноценную жизнь.

Использование смартфона кардинально трансформирует реальность нашего взаимодействия, заключающуюся в постоянном пребывании в онлайн-режиме и непрерывном поглощении информации. По данным изучения Google, пользователь проверяет мобильный телефон в среднем 150 раз в сутки, затрачивая на это около 177 мин. Длительность каждого сеанса составляет примерно 1 мин. 10 с. (Градюшко, 2018, с. 6).

Стал популярным термин «поколение Z» для обозначения современных цифровых аборигенов (*digital native*), «если в какой-то момент исчезает Wi-Fi, либо теряется мобильная связь – это приводит в замешательство многих студентов или вызывает ощущение, будто они что-то потеряли» (Калимжанова, 2017, с. 23), причем это поколение не привыкло подключаться к сети с помощью настольного компьютера.

Зависимость от смартфона – это новое явление, одна из наиболее распространенных немедицинских зависимостей, которая по своей массовости уже оставила позади интернет-зависимость и игроманию, образовав с ними опасный конгломерат. Так, обнаружено, что 95,5% респондентов продемонстрировали средний уровень зависимости, 2,7% – высокий уровень, а 0,6% – очень высокий [1].

Отрицательные последствия зависимости от смартфонов включают психологические и поведенческие искажения и проблемы с само-эффективностью у ее жертв [5, 6, 7]. Также в одном из исследований 71,2% студентов заявили, что у них проблемы со здоровьем, связанные с использованием смартфонов. Бессонница была признана наиболее частой (23,6%) жалобой на здоровье, связанной с использованием этих девайсов (Zencirci et al., 2018).

Исследования показали, что существует значительная положительная корреляция между зависимостью от смартфонов и симптомами нездоровья. При этом плохое качество сна опосредовало эту связь. Полученные данные свидетельствуют о том, что для хорошего самочувствия и благополучия людей следует поощрять их ограничивать использование смартфонов, особенно перед сном (Xie et al., 2018).

К настоящему времени выявлено несколько независимых предикторов зависимости от смартфона, прежде всего, – это депрессия и тревога. Люди с типом личности А, испытывающие высокий уровень стресса и плохое настроение, в значительной степени подвержены зависимости от смартфона (Tateno et al., 2019). Было обнаружено, что одиночество является самым сильным предиктором зависимости от смартфонов (Jiang et al., 2018). Результаты другого исследования показывают, что чем выше чувство одиночества и застенчивости, тем выше вероятность того, что индивид будет зависим от смартфона (Bian, Leung, 2015). В еще одной работе определили, что одиночество и слабая саморегуляция являются основными предпосылками зависимости от смартфона (Mahapatra, 2019). На основании результатов ряда исследований была установлена и обратная связь, что подростки, постоянно пользующиеся смартфонами, чувствуют себя более одинокими (Kara et al., 2019).

Показано, что с зависимостью от смартфона отрицательно коррелирует саморегулирование, так что воспитанием саморегуляции можно уменьшить склонность к чрезмерному использованию смартфонов (Ching, Tak, 2017). Молодые люди более уязвимы в отношении роста зависимости от смартфонов, особенно когда



они и слабы в саморегуляции, и активно пользуются смартфонами (Bolle, 2014). Отказ от саморегуляции вызывает более высокий риск зависимости от смартфона (Van Deursen et al., 2015).

Низкая саморегуляция учащихся предсказывает не только чрезмерное использование смартфона ( $\beta=-0,35$ ,  $p\leq 0,001$ ), но и возникновение тревоги в учебе ( $\beta=0,29$ ,  $p\leq 0,001$ ) (Yang et al., 2019).

Зависимость от смартфонов негативно влияет на коммуникативные способности. Выявлена отрицательная значимая связь между зависимостью студентов от смартфонов и их коммуникативными навыками:  $r=-0,149$  (Cerit et al., 2018). В исследовании (Sok et al., 2019) изучены различия в самоконтроле, повседневном жизненном стрессе и коммуникативных навыках между группой риска зависимости от смартфонов и контрольной группой. Наблюдались значимые различия в самоконтроле ( $t=3,02$ ,  $p\leq 0,003$ ) и повседневном жизненном стрессе ( $t=3,56$ ,  $p\leq 0,001$ ), но не было значимой разницы в коммуникативных проявлениях ( $t=1,72$ ,  $p\leq 0,088$ ) между указанными группами. Члены группы риска зависимости от смартфонов имели худший самоконтроль и более высокий уровень повседневного стресса, чем в контрольной группе.

Выявлены существенные различия в зависимости от смартфона в пользу не состоящих в браке, а также использующих смартфон более 4 часов в день (Aljoma et al., 2016).

Представленные выше связи и свойства зависимости от смартфона выявлены у иноязычных респондентов. Необходимо изучить, имеют ли место аналогичные связи и свойства в русскоязычном социуме?

Целью данного исследования являлось обнаружение в русскоязычной выборке связей зависимости от смартфона с состояниями и свойствами жертв этой зависимости.

Рабочими гипотезами исследования являлись:

1. одиночество, саморегуляция и коммуникативные навыки связаны с зависимостью от смартфона;
2. зависимость от смартфона у женщин в целом сильнее, чем у мужчин;
3. возможны существенные отличия этих связей у русскоязычных респондентов от связей, выявленных в других культурах.

### Методика

Зависимость от смартфона диагностировалась с помощью предложенной автором короткой версии адаптированного [8] опросника «Шкала зависимости от смартфона» (доказательство надежности и валидности короткой версии приведено в статье [9]).

Короткая версия опросника содержит 16 вопросов в отличие от полной, насчитывающей 33 вопроса. Короткая версия имеет лучшую, чем у полной версии опросника внутреннюю согласованность: и для женской (альфа Кронбаха=0,749), и для мужской (альфа Кронбаха=0,746) выборок. Надежность частей короткого опросника проверена разбиением его на: а) четные и нечетные пункты и б) первую и вторую половины опросника. При этом коэффициенты корреляции между формами, коэффициенты Спирмена-Брауна и коэффициенты Гуттмана мало отличаются от тех, что имеют место для полной версии опросника. Ретестовая надежность проверена повторным тестированием с интервалом в один месяц. Корреляция между первым и вторым тестом равна 0,855, что несколько выше, чем ретестовая надежность полной

версии опросника, равная 0,838. Короткая версия опросника высоко значимо коррелирует с исходной:  $R=0,955$ ,  $p \leq 0,001$  у мужчин и  $R=0,953$ ,  $p \leq 0,001$  у женщин.

Степень испытываемого одиночества оценивалась с помощью «Методики диагностики уровня субъективного ощущения одиночества» Д. Рассела и М. Фергюсона [4].

Оценка коммуникативных умений осуществлена тестом Л. Михельсона в адаптации Ю.З. Гильбуха [2]. Данный тест определяет соотношение между качествами личности, характеризующими зависимое, компетентное и агрессивное поведение, а также выявляет комплементарность (умение оказывать и принимать знаки внимания и комплименты), провокационность (умение реагирование на задевающее, провоцирующее поведение со стороны собеседника) и умение отказать (чужой просьбе, сказать «нет»).

Использован «Тест-опросник волевой саморегуляции» А.В. Зверькова и Е.В. Эйдмана [3].

Оценка состояния здоровья испытуемых проводилась с помощью двух экспресс-тестов: «кожного» (тест К) и «на равновесие» (тест «Цапля»).

Для каждого из этих тестов по специальной программе вычисляется связанный с состоянием здоровья «биологический возраст» (соответствующий полученным показателям времени), который сравнивается с возрастом по паспорту. Превышение «биологического возраста» над «паспортным» показывает состояние здоровья (худшее), отвечающего большему возрасту, обратное соотношение – меньшему возрасту. Это служит определенным маркером общего состояния здоровья.

Чтобы нивелировать особенности каждого теста, дополнительно берется среднее значение показателей, полученных с помощью теста К и теста «Цапля».

Кроме указанных тестов испытуемым было предложено ответить на дополнительные вопросы: Есть ли у Вас проблемы со сном? Ваше семейное положение? Количество детей? Вы ведете здоровый образ жизни? Есть ли у Вас время на чтение? Какое у Вас чаще всего настроение?

#### **Участники исследований и сбор данных**

Ввиду ограничения личных контактов в условиях пандемии (перевода многих работников на работу в удаленном режиме, а студентов – на обучение онлайн) возникла проблема сбора информации для экспериментальных исследований – стало невозможным проведение привычного для всех тестирования испытуемых в процессе непосредственного контакта с ними. Поэтому потребовалось найти приемлемые в сложившихся условиях формы и способы получения информации. С целью разрешения данной проблемы была создана авторская автоматизированная система сбора информации, которая осуществляет также и обработку тестов, и рассылку респондентам в анонимном режиме результатов их тестирования. Создан соответствующий сайт, на котором представлены необходимые тесты и личное обращение к пользователям соцсетей.

Тесты на сайте были представлены в виде google-форм. Полученные от респондентов ответы накапливались в банке данных, при их получении сразу осуществлялась их обработка. После того как испытуемый проходил все предложенные тесты, программа по заданному алгоритму генерировала документ с индивидуальными результатами тестирования и пояснениями и сразу пересылала его респонденту. Результат обработки тестов включался для последующего анализа в доступную только авторам исследования итоговую таблицу в БД. Респондентам,

приславшим ответы не на все вопросы, специальная программа высылала те, что остались не отвеченными, и напоминала, что только после ответов на все вопросы они получают свои результаты и соответствующие рекомендации специалиста. Все это позволило существенно увеличить количество участников исследования, ответивших на все предложенные тесты и вопросы. С помощью данной системы за короткое время была создана необходимая выборка.

Исследование проведено среди русскоязычных респондентов, проживающих, в основном, в Беларуси, Украине, России, а также странах Балтии и некоторых других европейских странах.

### **Описание основных результатов**

Результаты анализа показывают, что зависимость от смартфона мужчин и женщин положительно связана с женским полом, одиночеством и превышением биологического возраста над паспортным и отрицательно – с настойчивостью, самообладанием, саморегуляцией, привычкой к чтению, здоровым образом жизни и состоянием здоровья. Тем самым подтверждается гипотеза №1 исследования.

Дополнительно к этому зависимость от смартфона только у женщин отрицательно коррелирует с возрастом, компетентностью, комплиментарностью, провокационностью, наличием семьи, наличием детей, с хорошим настроением и положительно – с зависимым поведением и проблемами со сном.

У женщин на 8 больше значимых связей зависимости от смартфона по методу Пирсона и на 9 по методу Кендалла – эти связи у мужчин статистически незначимы, представляя тенденцию той же направленности, что и соответствующие значимые связи у женщин.

Связи зависимости от смартфона у женщин более выражены (корреляции более высокие) за исключением агрессивности, настойчивости, саморегуляции и «биологического возраста», по которым они более выражены у мужчин. Показатели показывают, что зависимость от смартфона у женщин в целом значительно сильнее, чем у мужчин, и что количество связей зависимости от смартфона у них с их личными качествами и состояниями значительно больше. Тем самым подтверждается гипотеза № 2 исследования.

Часть выявленных связей в целом соответствуют характеру корреляций, установленных в зарубежных исследованиях, при этом конкретизируя и уточняя их в гендерном аспекте. Другая часть представляет собой новые результаты. Начнем с первых.

Обнаруженная для мужчин и женщин положительная связь зависимости от смартфона с одиночеством соотносится с тем, что одиночество является самым сильным предиктором зависимости от смартфонов (Mahapatra, 2019; Jiang et al., 2018; Bian, Leung, 2015), и что подростки, постоянно пользующиеся смартфонами, чувствуют себя более одинокими (Kara et al., 2019).

Выявленная отрицательная связь зависимости от смартфона мужчин и женщин с саморегулированием поддерживает аналогичные результаты других авторов (Yang et al., 2019; Mahapatra, 2019; Sok et al., 2019; Ching, Tak, 2017; Van Deursen et al., 2015; Bolle, 2014; Horwood, 2019).

Значимая отрицательная связь между зависимостью от смартфонов и коммуникативными навыками также подтверждает предшествующие результаты (Sok et al., 2019), причем с близкими показателями корреляции:  $r=-0,145^{**}$  и  $r=-0,149$  (Cerit et al., 2018); правда, в настоящем исследовании эта связь имеет место только у женщин,

а в зарубежном исследовании она обнаружена и у мужчин. Подобное частичное совпадение результатов наблюдается и относительно межличностной компетенции (Park et al., 2014).

Установленная положительная связь зависимости от смартфона с проблемами со сном соотносится с тем, что бессонница была признана наиболее частой (23,6%) жалобой на нездоровье, связанной с использованием смартфонов (Zencirci et al., 2018).

Отрицательная связь зависимости от смартфона со здоровым образом жизни (ЗОЖ) и состоянием здоровья (тесты К, Ц и их среднее К-Ц) подтверждает установленную ранее положительную корреляцию между зависимостью от смартфонов и симптомами нездоровья, при этом плохое качество сна опосредовало эту связь. (Xie et al., 2018).

Выявленная нами отрицательная корреляция зависимость от смартфона женщин с наличием семьи подтверждает существенные различиями в зависимости от смартфона в пользу не состоящих в браке (Aljoma et al., 2016).

Показанная положительная связь зависимости от смартфона с женским полом подтверждается тем, что существенные различия по полу были обнаружены в степени зависимости от смартфона и в чрезмерном использовании смартфона в пользу женщин (Aljoma et al., 2016).

Другая часть полученных результатов является новой как для отечественных, так и для зарубежных исследований. К ним относятся выявленные нами для мужчин и женщин отрицательные связи зависимости от смартфона с настойчивостью, самообладанием, привычкой к чтению, а для женщин еще и отрицательные корреляции с возрастом, компетентностью, комплементарностью, провокационностью, наличием детей, хорошим настроением и положительная связь с зависимым поведением. Этими фактами подтверждается гипотеза № 3 исследования.

Диагностируемое опросником САС-16 среднее значение зависимости от смартфона женщин (19,8362) статистически значимо превосходит среднее значение (16,7759) зависимости от смартфона мужчин. Соответствующие статистики t-критерия для независимых выборок: в предположении равенства дисперсий  $F=28,133$ ,  $t=-3,544$ ,  $p \leq 0,000$ , в предположении неравенства дисперсий  $t=-3,201$ ,  $p \leq 0,002$ .

### **Выводы**

1. Установлено, что зависимость от смартфона мужчин и женщин положительно связана с женским полом и одиночеством и отрицательно – с настойчивостью, самообладанием, саморегуляцией, привычкой читать, здоровым образом жизни и состоянием здоровья.

2. Зависимость от смартфона только у женщин отрицательно коррелирует с возрастом, компетентностью, комплементарностью, провокационностью, наличием семьи, наличием детей, хорошим настроением и положительно – с зависимым поведением и проблемами со сном.

3. Часть выявленных нами связей в целом соответствуют характеру корреляций, установленных в зарубежных исследованиях, при этом конкретизируя и уточняя их в гендерном аспекте. Другая часть представляет собой новые результаты. Пересекающиеся с результатами зарубежных авторов выводы нашего исследования показывают, что многие из этих результатов, совпадая в направленности соответствующих связей, имеют место не для всех индивидов, а только для женщин.

4. Другая часть полученных результатов является новой как для отечественных, так и для зарубежных исследований. К ним относятся выявленные нами для мужчин и

женщин отрицательные связи зависимости от смартфона с настойчивостью, самообладанием, чтением, а для женщин еще и отрицательные корреляции с возрастом, компетентностью, комплиментарностью, провокационностью, наличием детей, хорошим настроением и положительную связь с зависимым поведением.

### Литература

1. Варламова С.Н., Гончарова Е.Р., Соколова И.В. Интернет-зависимость молодежи мегаполисов: критерии и типология // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2015. Выпуск №2(125). С. 165-181.
2. Михельсон Л. Тест коммуникативных умений. Перевод и адаптация Ю.З. Гильбуха, 2014. URL: <http://azps.ru/tests/5/mihelson.html> (дата доступа 04.11.2014).
3. Психологические исследования: Практикум по общей психологии для студентов педагогических вузов. М.: Издательство «Институт практической психологии», Воронеж: НПО «МОДЭК», 1996. URL: <http://psychlib.ru/inc/absid.php?absid=14166> (дата доступа: 13.12.1996).
4. Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. Самара: БАХРАХ-М, 2002.
5. Шейнов В.П. Психологическая виктимизация жертв издевательств как источник их отрицательных эмоциональных состояний // Институт психологии Российской академии наук. Социальная и экономическая психология. 2019 (а). Т. 4. № 1(13). С. 94-123.
6. Шейнов В.П. Кибербуллинг: предпосылки и последствия // Институт психологии Российской академии наук. Социальная и экономическая психология. 2019 (б). Т. 4, № 2 (14). С. 77-98.
7. Шейнов В.П. Внутриличностные предикторы виктимизации // Институт психологии Российской Академии Наук. Организационная психология и психология труда. 2019 (в). Т. 4. № 1. С. 154-182. <http://work-org-psychology.ru/engine/documents/document441.pdf>
8. Шейнов В.П. Адаптация и валидизация опросника «Шкала зависимости от смартфона» для русскоязычного социума // Системная психология и социология. 2020. № 3(35). С. 75-84. DOI: 10.25688/2223-6872.2020.35.3.6.
9. Шейнов В.П. Короткая версия опросника «Шкала зависимости от смартфона» // Институт психологии Российской Академии Наук. Организационная психология и психология труда. 2021. Т. 6. №1(21).

**СЕКЦИЯ 1.  
РАЗРАБОТКА И ДИЗАЙН  
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ**

# СОЗДАНИЕ ОНЛАЙН СПРАВОЧНИКА НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ БЕЛАРУСИ

**Кулаженко В. Г., Позняк Ю. В., Стукач Д. П.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kulazhanka@bsu.by, pazniak@bsu.by, mmf.stukach@bsu.by*

В настоящее время сфера научных коммуникаций во всем мире переживает период коренной трансформации, который характеризуется постоянным увеличением количества научных публикаций и научных журналов, расширением международного сотрудничества в рамках исследований, а также переход к использованию цифровых платформ и инструментов.

Большинство ведущих мировых научных издательств уже перешли к публикации научных журналов исключительно в электронном виде, постепенно расширяется применение модели открытого доступа к статьям, вытесняя традиционную, подписную модель журнала.

К примеру, крупнейшее в мире научное издательство «Elsevier» (Нидерланды) в 2020 году опубликовало более 81 тысячи статей открытого доступа и их рост по отношению к 2019 году составил 65% [1].

Серьезные изменения происходят в издательских практиках и в нашем регионе. Так в апреле 2020 года в Казахстане Министерством образования и науки были приняты изменения в Приказ «Об утверждении требований к научным изданиям для включения их в перечень изданий, рекомендуемых для публикации результатов научной деятельности», где были закреплены новые нормы для адаптации к международным требованиям действующих в стране критериев для вхождения в Перечень журналов для публикации результатов научной деятельности Казахстана. Среди них важнейшие: обязательное двойное слепое рецензирование, четкая редакционная политика, соответствие принимаемых статей тематической направленности журнала, рецензии зарубежных специалистов, проверка на заимствования, транспарентность всего процесса публикации.

Обязательность наличия онлайн версии журнала в Казахстане была установлена еще в 2016 году. Теперь же редакциям необходимо использовать онлайн системы подачи и рецензирования статей, соблюдать требования по этике и академической честности [2].

В Беларуси также наблюдается постепенное изменение подходов к изданию научных журналов и их интеграции в мировое информационное пространство. Хотя Инструкция ВАК Республики Беларусь «О порядке формирования перечня научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований» (Перечень ВАК) [3] не предъявляет требований о представлении журнала в сети Интернет и наличии доступа к цифровым архивам, большинство журналов имеют сайты, некоторые из них предоставляют открытый доступ к статьям.

Кроме того, более половины журналов из Перечня ВАК Беларуси на сегодняшний день индексируются «Российским индексом научного цитирования (РИНЦ)», что существенно повышает видимость их контента. Вхождение же в наиболее авторитетные в мире реферативные базы данных «Scopus» и «Web of Science» пока смогли себе обеспечить лишь несколько белорусских периодических изданий.

Таким образом, перед автором сегодня часто возникает вопрос: насколько результаты

его исследования будут иметь распространение после публикации и какое они окажут влияние на развитие исследований по данному направлению? Все более очевидным становится то, что от того, какой у журнала сайт, существует ли его англоязычная версия, предоставляется ли доступ к архивам, осуществляется ли индексирование различными базами данных, агрегаторами и каталогами зависит охват целевой аудитории, влияние и цитируемость опубликованной статьи. В свою очередь, повышение видимости и цитируемости статей ведет к росту репутации ученого и вносит свой вклад в показатели учреждения, где он работает. Для учреждений образования эти показатели прямо влияют на их позиции в международных рейтингах университетов.

Для упрощения процедуры выбора журнала, оценки его открытости и интегрированности в систему международных научных коммуникаций было принято решение создать онлайн справочник научных журналов, включенных в Перечень ВАК.

Реализация Справочника осуществляется на Javascript с использованием Node.js. Вся справочная информация о научных журналах была структурирована, сгруппирована и помещена в базу данных MySQL, с которой пользователи смогут взаимодействовать в данном поисковом приложении. Все сведения по 311 журналам, входящим в Перечень ВАК были введены в базу данных на основе информации, представленной на сайтах журналов, а также по результатам проверки наличия журналов в индексах научного цитирования.

В части дизайна основное внимание уделено на понятное и простое представление информации, а также удобство использования. Для отбора журналов будет реализовано два фильтрующих поля: одно для поиска по названию журнала, а второе для выбора по отраслям научных знаний. Пользователи смогут посмотреть краткие, наиболее важные сведения о выбранном ими журнале, а при его выборе увидеть всю информацию развернуто. Для администрирования данного справочника будет предусмотрена роль “Администратор”, которая позволит как вносить изменения в уже существующие данные, так и вносить информацию о новых научных журналах.

В качестве перспектив развития следует заметить, что поиск авторитетных научных журналов весьма важная задача для ученых, поэтому основным направлением развития функционала приложения может стать ранжирование журналов по их популярности, доступности и цитируемости. Для решения этой задачи может быть введен рейтинг журналов, ведь важно не только найти список всех доступных журналов, но и выделить самые влиятельные, что значительно сэкономит время, направленное на выбор журнала для публикации. Справочник планируется разместить на сайте Фундаментальной библиотеки БГУ, а также он будет предложен для размещения на сайтах других вузовских библиотек Беларуси. Подобный сервис несомненно окажет помощь ученым в подборе наиболее авторитетных научных журналов Беларуси, особенно полезным он будет для молодых ученых.

### Литература

1. Официальный сайт издательства Elsevier - [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://www.elsevier.com/open-access> - Дата доступа: 09.04.2021
2. Акбота Кузекбай. Новые требования к научным журналам внедрились в Казахстане - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://lenta.inform.kz/kz/novye-trebovaniya-k-nauchnym-zhurnalam-vnedrili-v-kazahstane\\_a3653311](https://lenta.inform.kz/kz/novye-trebovaniya-k-nauchnym-zhurnalam-vnedrili-v-kazahstane_a3653311) - Дата доступа: 05.04.2021
3. Об утверждении Инструкции о порядке формирования перечня научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Постановление ВАК Республики Беларусь от 8 июня 2009 г. N 3 - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://vak.gov.by/approval-of-instruction> - Дата доступа: 05.04.2021



## О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РАЗРАБОТКИ ЦЕЛЕВЫХ СТРАНИЦ

Лукиянович И. Р., Кострица А. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: lukianinna12345@gmail.com, annakos070500@gmail.com*

Целевая страница — лендинг — неперемнная составляющая практически любого современного интернет-проекта. Несмотря на достаточное количество хороших примеров, руководство по созданию и специализированных CMS во всемирной паутине [1-3], приходится констатировать, что множество ресурсов, позиционирующихся, как лендинг, разработаны таким образом, что основная цель — призыв к действию — остается не достигнутой и пользователь уходит со страницы. Классические принципы построения целевых страниц — AIDA, PMPHS — оказываются непростыми в реализации для web-страниц такого типа.

Важнейшая из ошибок первого экрана страницы — перегруженность. Разработчик, стараясь разместить большее количество информации, нарушает принцип простоты понимания цели данной страницы: перевести пользователя на главную или иную, соответствующую его интересам, страницу официального (полного) сайта.

Лендинг должен представлять одно событие, одну задачу, которая требует единственного действия в ограниченный промежуток времени. Как правило, достаточно иллюстрации (баннера) продукта или услуги, для которой создана эта страница, вместо навязчивых лозунгов, счетчиков, blink-блоков и пр. Вторая типичная ошибка — отсутствие или неправильное размещение «кнопки действия». Кроме того, счетчик или дезориентирующий текст на такой кнопке также не способствует достижению цели.

Экран, описывающий существенные преимущества товара или услуги – блок УТП (уникального торгового предложения), также требует большого внимания разработчиков. Третьим важнейшим его недостатком целевой страницы является недостаточная структурированность УТП и, как следствие, избыточный объем текста и фотографий на этом экране. Это одинаково важно для коммерческого и «вдохновляющего» [1] лендинга. Экран слогана, как и экран расширенного УТП, убеждающий пользователя в правильности выбора, вероятно, ввиду того, что не является обязательным, реже имеет упомянутые недостатки. Разработчикам следует позаботиться о том, чтобы слоган не выглядел навязчиво и содержал кнопку действия.

Экран отзывов должен содержать контакты пользователя, оставившего отзыв, чтобы иметь возможность к нему обратиться. Четвертая важная ошибка посадочной страницы — однотипность отзывов по стилю и «анонимность», что вызовет сомнение в их подлинности.

Отсутствие финального экрана призыва к действию, как и перегруженность информацией шапки и подвала ресурсов также негативно сказываются на работе, но встречаются реже.

Устранение перечисленных недостатков необходимо для упрощения получения пользователем нужной информации и достижения цели лендинга.

### **Литература**

1. Понимание принципов Landing Page [Электронный ресурс] / Tilda Publishing – Москва, 2021. – Режим доступа: <https://tilda.education/courses/landing-page/understanding-main-principles/> – Дата доступа: 5.04.2021.

2. Landing Page: What is it, Examples, Tips & Best Practices [Электронный ресурс] / Neil Patel Digital, LLC – 2021. – Режим доступа: <https://neilpatel.com/blog/beginners-guide-to-landing-pages/> – Дата доступа: 5.04.2021.

3. Как определить нужный размер лендинга [Электронный ресурс] / d!rectline – Москва, 2021 Режим доступа: <https://www.directline.pro/blog/razmer-landinga/> – Дата доступа: 5.04.2021.

# СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ

Лукьянович И. Р., Русак Е. Д.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: lukianinna12345@gmail.com, zhenyarusak31@gmail.com*

Успех компьютерной игры определяется не только удачным сценарием, развитой и качественно реализованной механикой, совершенной графикой персонажей и сцены и пр. Для того, чтобы обеспечить высокую сложность, а следовательно, привлекательность игры, необходимо правильно сформировать модель (персонаж) и выбрать инструмент ее реализации [1].

При создании модели важной является степень ее детализации – разделение на составляющие, возможность их автономной реализации и применения в приложении. Так при разработке игры-аркады под Android в среде Unity модель основного объекта, машина DeLorean DMC-12, реализовывалась в среде Maya AutoDesk [2].

Игра состоит в управлении автомобилем и преодолении препятствий: неровностей на дороге, мусорных баков, выбежавших животных и др. Для управления машиной на улицах города добавлены специальные контроллеры для возможности управления процессом игры с телефона.

Разработка каркасной 3D-модели содержала следующие этапы: получение референса (изображения), моделирование на его основе геометрии [3], создание UV-развертки, отрисовка текстур на развертке или baking (запекание) модели в среде моделирования, настройка параметров материала в Unity3D.

Для реализации модели из двух важнейших техник — моделирование из примитивов и моделирование по контуру референса — была выбрана первая, поскольку она позволяет создавать более сложные модели.

3D-модель была экспортирована из Maya в среду разработки игр Unity для дальнейшей обработки и встраивания в сцену. Особо следует остановиться на выборе формата экспорта. Игровой движок Unity может читать файлы с расширением \*.fbx, \*.dae, \*.3DS, \*.dxf и \*.obj [4], а также импортировать форматы \*.max, \*.mb, \*.ma и др. из среды Max, Maya, Blender, Cinema4D, Modo, Lightwave и Cheetah3D. Большинство указанных форматов для экспорта 3D-моделей хранит не только информацию о положении вершин и ребер, но и информацию о материалах, текстуре и шейдинге. Наилучшим образом целям разработки соответствовал формат \*.fbx, который включает сцену с несколькими моделями. Они содержат много мешей, материалы, текстур, анимацию, информацию о свете. Для реализации требуемой степени реалистичности применен вершинный и фрагментный шейдинг [5].

## Литература

1. Minimal Viable Product – Techopedia [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.techopedia.com/definition/27809/minimum-viable-product-mvp> – Date of access: 11.03.2021.
2. Autodesk Maya – [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.autodesk.ru/products/maya/overview?term=1-YEAR> – Date of access: 13.03.2021.
3. Why Do We Need Topology in 3D Modeling – Thilakanathan Studio [Electronic resource] – Mode of access: <http://thilakanathanstudios.com/2016/09/why-do-we-need-topology-in-3d-modeling/> – Date of access: 12.03.2021.
4. Unity Documentation [Electronic resource] – Mode of access: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/HOWTO-importObject.html> – Date of access: 16.03.2021
5. 3D Game Shaders For Beginners – David Lettier [Electronic resource] – Mode of access: <https://lettier.github.io/3d-game-shaders-for-beginners/normal-mapping.html> – Date of access: 15.03.2021.

# РАЗРАБОТКА САЙТА МАГИСТРАТУРЫ БГУ

**Петрушина Е. Е., Позняк Ю. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: petrushiee@bsu.by, pazniak@bsu.by*

В Белорусском государственном университете набором в магистратуру отечественных студентов занимается Главное управление образовательной деятельности (ГУОД), а набором иностранных студентов занимается Управление международных связей (УМС). Самая важная информация по указанным управлениям находится в разделах [1,2] сайта БГУ. Кроме того, больше информации об УМС можно узнать на сайте [3]. А у ГУОД отдельный сайт отсутствует [4]. Поэтому у посетителей возникают трудности в получении информации о магистратуре БГУ как о функциональной единице. Сайт магистратуры призван обеспечить целостность представления информации и минимизировать количество вопросов к персоналу ГУОД со стороны поступающих и обучающихся.

Первый вариант дизайна сайта был разработан в Медиацентре БГУ в конструкторе Wix. Однако политика сайтостроительства в БГУ была направлена на создание сайтов с применением CMS Wordpress и Joomla. После детального анализа этих платформ с открытым кодом и задач, которые требовалось решить с помощью сайта, было принято решение перенести первый вариант сайта на CMS Joomla. Эта работа была проделана в рамках дипломного проекта. Сайт был перенесен на платформу Joomla с использованием платного плагина Quix.

Со временем плагин устарел и перестал обновляться, поэтому необходимо было провести работы по удалению плагина и редизайну контента, используя стандартные инструменты Joomla. Это продиктовано тем, что поддержку и сопровождение сайта предполагается осуществлять силами сотрудников управления. Поэтому использовать дополнительные инструменты, тем более платные, сверх стандартных возможностей CMS Joomla представляется нецелесообразным. Движок постоянно обновляется, поэтому чем проще используемый инструментарий, тем он менее трудозатратен.

В рамках выполнения одной курсовой работы было проведено обновление версии CMS Joomla и осуществлен переноса контента сайта на базовые возможности Joomla.

Основные разделы сайта содержат такую информацию, как список доступных специальностей, перечень вступительных экзаменов, нормативные документы, даты вступительной кампании, контакты факультетов и многое другое. Так как с момента разработки первого варианта структуры прошло достаточно времени, то возникла необходимость консультаций с руководством ГУОД для актуализации информации и документации для сайта, а также согласования основных требований к его работе (техническое задание).

Работа над вторым вариантом сайта магистратуры включает переход на использование только официальных изображений и шрифтов, символики БГУ, цветовой гаммы в стиле университета [5] для узнаваемости бренда и закрепления его статуса. Пандемия внесла свои коррективы в видение стандартов образования, что сильно повлияло не только на критерии выбора учебного заведения для продолжения образования в магистратуре, но и на способы коммуникации субъектов образовательного процесса. В связи с этим добавлен специальный чат-бот для

повышении коммуникативности сайта. С его помощью посетители имеют возможность онлайн общения с ответственным специалистом управления и, следовательно, получать ответы на интересующие вопросы с наименьшими временными затратами на самостоятельный поиск информации.

На сайте реализована многоязычность (русский, английский и упрощенный китайский). Это продиктовано увеличивающимся объемом экспорта образовательных услуг. В 2019/2020 учебном году в Беларуси обучалось более 23 тысяч иностранцев, приехавших к нам из 108 стран. А в 2020/2021 уже было 24 тысячи иностранных студентов. И по прогнозам это количество с каждым годом будет возрастать.

Вся представленная на сайте информация актуализирована на 2021/2022 учебный год. Таким образом, на данный момент создан вариант сайта, который можно продвигать в поисковой системе по запросам “магистратура БГУ”, “вторая ступень высшего образования”, а также в СМИ и рекламе.

### **Литература**

1. Деятельность ГУОД – Минск 2021 – Режим доступа : <https://bsu.by/structure/units/glavnoe-upravlenie-obrazovatelnoy-deyatelnosti> Дата доступа: 03.03.2021
2. Управление международных связей БГУ / Раздел на сайте БГУ – Минск 2021 – Режим доступа : <https://bsu.by/structure/units/upravlenie-mezhdunarodnykh-svyazey> Дата доступа: 19.03.2021
3. Управление международных связей БГУ / Отдельный сайт – Минск 2021 – Режим доступа : <https://ums.bsu.by> Дата доступа: 19.03.2021
4. Официальный сайт Белорусского государственного университета [Электронный ресурс] / Информация о магистратуре для белорусских студентов – Минск, 2021 – Режим доступа: <https://bsu.by/obrazovanie/obrazovatelnyy-protsess/vysshee-obrazovanie-vtoraya-stupen-magistratura/> - Дата доступа: 07.03.2021
5. Официальный сайт Белорусского государственного университета [Электронный ресурс] / Логотипы БГУ – Минск, 2021 – Режим доступа: <https://bsu.by/simvolika-bgu/brendbuk.php> - Дата доступа: 15.03.2021

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ БГУ

**Сьянов Д. А., Позняк Ю. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: syanov@bsu.by, razniak@bsu.by*

Пользователи Интернета образуют новое социальное и культурное сообщество единомышленников – «сетевых жителей». Глобальная информационная сеть, наполняемая современными интернет-ресурсами, ориентирована на интернет-технологии, которые расширяют сферу использования информационных систем на расстоянии через интернет-приложения или мобильные приложения.

На данном этапе продолжает оставаться актуальным распространение интернет-технологий на сферу научной деятельности человека. Одно из направлений – создание программных сервисов для проведения конференций. Главной целью внедрения интернет-технологий в этот процесс является автоматизация деятельности по регистрации тезисов и докладов, а также улучшение качества информационного сопровождения конференций.

Повышение качества информационного сопровождения подразумевает, в первую очередь, разработку и поддержание в рабочем состоянии сайта конференции, а также создание специальной информационной базы участников. Ключевым фактором при этом является разработка такой информационной системы, которая позволяла бы наиболее эргономично и с минимальными затратами времени собрать необходимые сведения, предлагая пользователю удобный и приятный интерфейс.

Создание сайта конференции преследует автоматизацию бизнес-процессов, к которым можно отнести следующие:

- формирование интерфейса сайта и рассылка оповещений (личных и групповых сообщений) участникам;
- регистрация заявок участников с созданием базы зарегистрированных пользователей;
- добавление докладов и их рецензирование ответственными организаторами;
- составление программы конференции и добавление участников в заранее анонсированные секции;
- формирование сборника материалов конференции на основе рекомендованных к публикации докладов.

Структура реализуемых бизнес процессов требует проработки в соответствии с особенностями каждой отдельно взятой конференции и требований к оформлению ее конечных результатов. Таким образом, система проведения научных конференций (СПНК) подразумевает всестороннее изучение и анализ задач конференции и создание отвечающей требованиям пользователя информационной системы.

В связи с тем, что информационный ресурс по регистрации студентов и аспирантов на научную конференцию БГУ не обновлялся более десяти лет, он технологически устарел и работа с ним отнимает довольно много времени. Поэтому в рамках комплексного развития информационного пространства БГУ была выбрана студенческая ежегодная научная конференция как объект для внедрения современных веб-технологий.

В данный момент, работу по проведению указанной конференции можно условно разделить на 3 этапа:

1) регистрацию: скачивание докладчиком файла базы данных MS Access, в которую вносятся данные участника, и отсылка файла с докладом; аккумулярование администратором полученных докладов и объединение данных в один документ; отсылка базы докладов на проверку ответственным от факультетов; составление расписания конференции по информации из базы данных и составление сборника конференции;

2) проведение пленарных заседаний;

3) выпуск итогового сборника рекомендованных к публикации докладов: выбор лучших работ и их накопление; рецензирование работ; литературное редактирование; верстка сборника.

Каждый из этих этапов работы связан с затруднениями в автоматизации. Например, невозможность обеспечить синхронную работу всех факультетов, сложность в обработке и сведении материалов секций и т.п., децентрализованная передача информации, большое количество задействованных технических средств: Google Disk, отдельные сайты-визитки на факультетах, почтовые сервисы, устаревшая платформа Access 2003.

На основе анализа потребностей и бизнес-процессов при проведении студенческой конференции (в дальнейшем будем рассматривать именно эту конференцию, как самую масштабную и самую трудоемкую) сформулируем основные особенности для СПНК, согласующиеся с [1].

1. *Формирование сайта конференции и рассылка информационных сообщений.* Одним из самых эффективных способов для публикации сведений о конференции, включая информацию о регистрации и программе проведения, является веб-сайт конференции.

2. *Рассылка уведомлений участникам по почте.* Здесь можно выделить две составляющих – проведение массовых рассылок-приглашений и адресное уведомление участников об изменениях статуса заявок или обновлениях на сайте конференции.

3. *Регистрация заявок.* Это основная функция СПНК. Проведение докладов через процедуру рецензирования.

4. *Составление программы конференции.*

5. *Формирование сборника трудов конференции.*

6. *Локализация.* Для проведения конференций часто важна поддержка системой нескольких языков.

7. *Интеграция с LDAP-каталогом.*

8. *Простое UX/UI.* Пользователь не должен обладать экспертными навыками в области информационных технологий.

Чтобы все это объединить в одну целостную структуру, необходимо уточнить место рассматриваемой системы в рамках общепринятой классификации. Рассмотрим две наиболее распространенные системы из сферы управления цифровой информацией: программное обеспечение для управления документами (DMS) и управление корпоративным контентом (ECM / CMS). Компаративный анализ показывает, что СПНК в большей степени относится к классу систем управления содержимым (CMS).

Разработка типового сайта конференции предполагает создание стандартного функционала CMS, для которого необходимо реализовать следующие программные установки:

- 1) наличие функции редактирования разделов сайта (добавление, изменение, удаление);
- 2) добавление информации в виде файлов разного типа (документы, презентации, изображения, схемы, видеоролики);
- 3) возможность выбора шаблона / пользовательского интерфейса;
- 4) управление информационным содержимым выбранной интернет страницы;
- 5) создание “Личного кабинета” каждого зарегистрированного участника для корректировки личной информации и доклада;
- 6) организация обратной связи участников и организаторов конференции через систему форума или личных сообщений;
- 7) доступ организаторам для рецензирования докладов и их оценивания через “Личный кабинет” организатора / модератора.

Важной составляющей сайта конференции является динамическая генерация страниц, предоставляющих сведения о количестве зарегистрированных пользователей по секциям с возможностью краткого просмотра тезисов представленных докладов. В данном случае подразумевается интеграция функций DMS (публикация документов) в CMS (визуализация содержимого). Таким образом, можно утверждать, что СПНК являются предметно-ориентированной системой управления содержимым, решающими задачи из обоих классов: CMS и DMS.

На данный момент существует множество систем для решения поставленных задач [2]. При изучении и проектировании СПНК, особое внимание привлёк опыт интеграция информационных ресурсов при проведении конференции "Интернет и современное общество" в Санкт-Петербурге на базе OJS (<http://ojs.ifmo.ru/index.php/IMS/>).

Выбор платформы OJS позволяет решить комплекс задач: 1) построение репозитория; 2) автоматизация приёма материалов докладов (за счёт реализованного стандартного процесса); 3) предоставление метаданных публикаций во внешние агрегаторы (поддержка протокола OAI-PMH на уровне провайдера и формата Dublin Core); 4) автоматизация сохранения цифрового контента (модуль поддержки архивирования в Private LOCKSS Networks; 5) подготовка метаданных для предоставления во внешние информационные системы (агрегаторы), не поддерживающие средства автоматизации через соответствующие модули экспорта метаданных [3].

Учитывая предыдущий опыт работы с платформой OJS [4,5], идея для разработки СПНК на базе OJS показалась весьма перспективной. Только в отличие от информационной система на базе OJS (<http://ojs.ifmo.ru/index.php/IMS/>) Санкт-Петербурге, при реализации в БГУ, СПНК должен выполнять полный цикл поддержки проведения студенческой конференции, от подачи заявок, до публикации сборника.

Анализируя принципиальную схему (рис. 1) работы OJS, приходим к выводу, что при некотором изменении и добавлении функционала мы можем решить все поставленные задачи.



## OJS: редакционный и издательский процесс

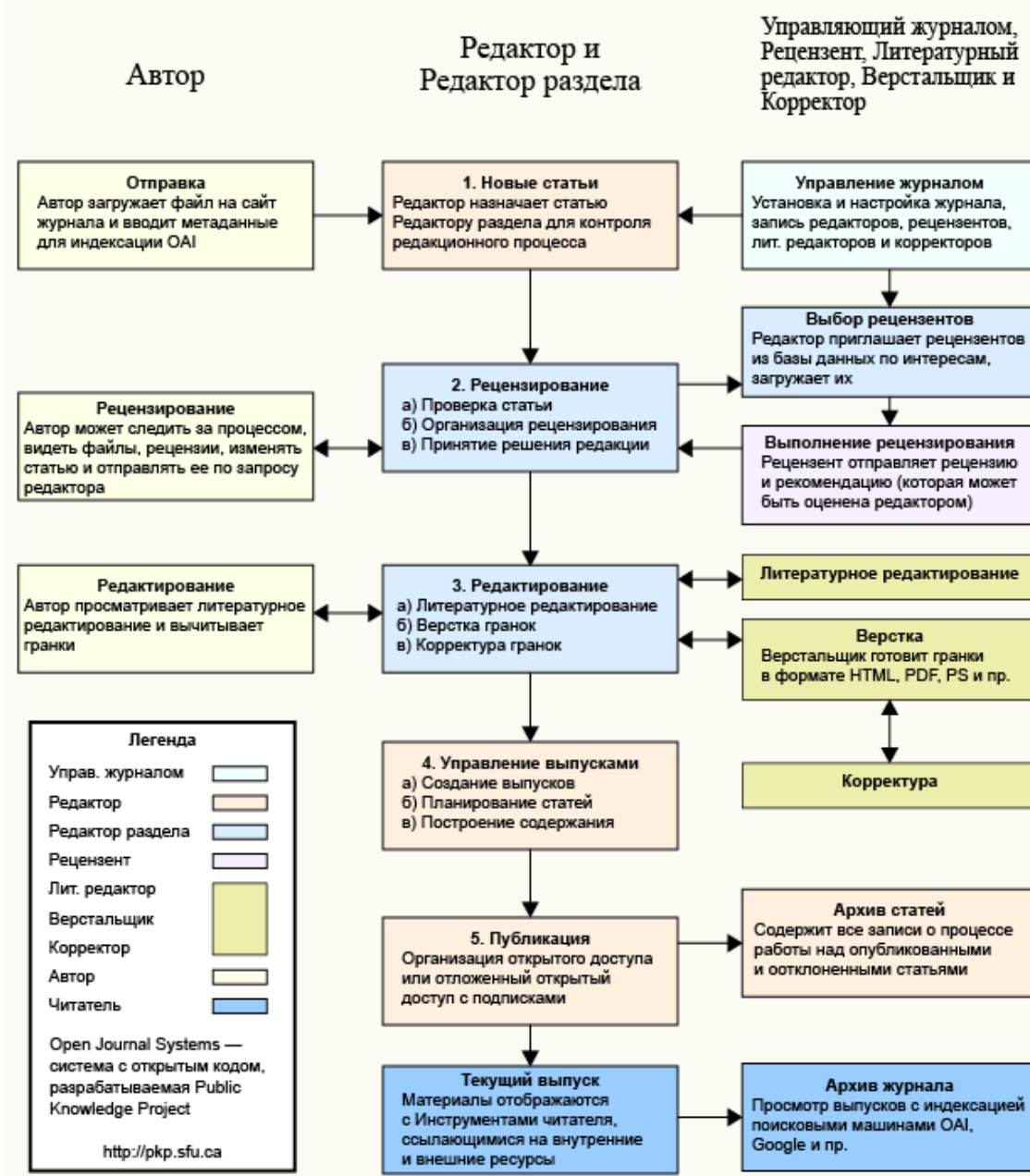


Рис. 1

Для модернизации OJS в систему конференций необходимо:

- 1) расширить функционал процесса регистрации;
- 2) расширить функционал организации работы секций;
- 3) модифицировать интерфейс пользователя;
- 4) добавить возможность генерации сборника расписания конференции;
- 5) добавить возможность генерации отчетов по конференции.

Важно было при указанной модернизации OJS оставить неизменным ядро системы. Следовательно, все изменения должны вноситься плагинами. Это позволит обновлять систему с наименьшими затратами. При анализе было выявлено, что

выбранная система удовлетворяет большинству поставленных задач и легко масштабируется.

Отметим, что разработчики OJS предоставили довольно широкие возможности для выполнения поставленной цели. В итоге были разработаны соответствующие плагины: `confRegistration` – добавляет дополнительные поля к пользовательским аккаунтам и вносит изменения в режим подачи заявок; `IDap authentication` – обеспечивает авторизация пользователей с использованием Active Directory БГУ; `confBook` – обрабатывает информацию и выводит готовый документ для публикации сборника конференции.

Для апробации доработанной системы регистрации были выбраны механико-математический и филологический факультеты БГУ. Около 70 студентов механико-математического факультета в течение 20 минут регистрировались на условную конференцию. Апробация прошла успешно. После этого был выделен хостинг в домене БГУ и развернута система регистрацию студентов, магистрантов и аспирантов для филологического факультета под доменным именем `sci.bsu.by`. В настоящий момент идет опытная эксплуатация системы регистрации в реальных условиях.

### Литература

1. Прокудин Д.Е. Проектирование и реализация комплексной информационной системы поддержки научных исследований // Технологии информационного общества в науке, образовании и культуре: сборник научных статей. Труды XVII Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2014), Санкт-Петербург, 19–20 ноября 2014 г. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – С. 31–36.

2. Гуськов А.Е., Васильков А.В. Средства поддержки проведения научных конференций: обзор и сравнение // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2010. Том 8. Выпуск 4. – Новосибирск, 2010. – С. 35–45.

3. Мбого И.А., Прокудин Д.Е. Подходы к развитию инструментов автоматизации и интеграции ресурсов информационного пространства поддержки междисциплинарного научного направления // Сборник научных статей XVIII Объединенной конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2015), Санкт-Петербург, 23–25 июня 2015 г. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – С. 290–301.

4. Позняк Ю. В., Данов Д. И. Опыт внедрения сетевой платформы OJS для издания научных журналов // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс]: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 – 18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – С. 81–84.

5. Подголина М. А., Позняк Ю. В. Внедрение электронной редакции в издание научных журналов БГУ // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс]: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – С. 85–87.

# РАЗРАБОТКА КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

**Сурогатова А. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: anika3160@gmail.com*

Технический анализ – совокупность инструментов прогнозирования вероятного изменения цен на основе закономерностей изменений цен в прошлом в аналогичных обстоятельствах. Базовой основой является анализ графиков цен – «чартов» (от англ. chart – график, диаграмма) и/или биржевого стакана.

Теоретически, технический анализ применим на любом рынке. Но наибольшее распространение технический анализ получил на высоколиквидных свободных рынках, например, на биржах.

На данный момент реализовано большое количество сервисов для технического анализа. Все они имеют очень похожую логику - трейдер заходит на главный экран приложения, выбирает вид индикатора, который он считает наиболее подходящим для его целей, и используя один-два индикатора принимает решение о покупке, продаже, или удержании актива. На этом пользование сервисом заканчивается. В то же время, наиболее эффективным является использование максимального количества технических индикаторов в совокупности, что позволяет получить наиболее полную картину тренда и выбрать правильную стратегию.

Уже существует множество веб-приложений для технического анализа. Но, при принятии решения о разработке нового программного продукта, следует учитывать, что каждый программный продукт создается непосредственно для решения определенного круга конкретных задач. Каждый специалист при решении задачи технического анализа использует разные инструменты и методы. Соответственно, крайне трудоёмко найти универсальный программный продукт, который соответствовал бы всем требованиям, предъявляемым специалистом к его рабочему инструменту. Также, нецелесообразно приобретать дорогостоящий программный продукт для использования лишь небольшой части его функционала. Поэтому необходимо иметь программу, реализующую тот функционал, который будет востребован конкретной группой специалистов, в интересах которых выполняется разработка.

Для упрощения технического анализа фондовых рынков была разработана клиентская часть веб-приложения с графическим интерфейсом, для информационной системы, обеспечивающей технический анализ фондовых рынков с использованием индикаторного метода, позволяющей использовать разные виды трендовых индикаторов, осцилляторов и коррелограмм для технического анализа фондовых рынков.

В приложении существует два основных типа пользователей – гость и авторизованный пользователь.

Гость имеет доступ к базовой версии приложения, которая содержит наиболее важные и распространённые средства технического анализа и, не смотря на свою ограниченность, позволяет оценить будет ли инструмент полезен при торговле на фондовом рынке.

Авторизованный пользователь имеет доступ к намного большему числу инструментов, отсутствующих у аналогичных приложений, представленных в сети интернет, включая рабочий стол с широкой возможностью настройки, инструмент для создания заметок, возможность создания спредов между ценами на два товара на произвольное количество фьючерсов.

Как можно заметить, авторизованный пользователь имеет доступ к большему числу инструментов, которые в то же время являются уникальными для приложения и существенно увеличивают эффективность торговли на фондовых рынках.

В ходе разработки веб-приложения была использована готовая серверная часть, которая предполагает использование REST архитектуры.

Для реализации клиентской части веб-приложения были выбраны: в качестве языка программирования – язык программирования JavaScript, который в силу своей парадигмы программирования позволяет легко разрабатывать объемные приложения; библиотека ReactJS для создания пользовательских интерфейсов; библиотека ReduxJS для контроля состояния приложения.

Выбранные технологии занимают лидирующие позиции в списке технологий для разработки веб-приложений.

Приложение доступно на английском и немецком языках, что позволяет охватить большую аудиторию пользователей. Оно используется и применяется на практике, имеет множество активных пользователей. На текущий момент о функционировании веб-приложения есть положительные отзывы, что мотивирует продолжать изучение данной темы. В будущем возможно добавление ежемесячной рассылки с наиболее актуальной и полезной сводкой новостей о торговле на фондовых рынках, с описанием особенностей использования инструментов, представленных в веб-приложении, и другой полезной информацией.

#### **Литература**

1. Основы JavaScript. [Электронный ресурс] / Современный учебник JavaScript. – 2016. – Режим доступа: <https://learn.javascript.ru/> – Дата доступа: 30.03.2021
2. React documentation. [Электронный ресурс] / React. – 2020. – Режим доступа: <https://reactjs.org/> – Дата доступа: 31.03.2021.
3. Redux documentation. [Электронный ресурс] / redux. – 2018. – Режим доступа: <https://redux.js.org> – Дата доступа: 31.03.2021.
4. Technical Analysis Definition [Электронный ресурс] / Technical Analysis – 2017. – Режим доступа: <https://www.investopedia.com/terms/t/technicalanalysis.asp> – Дата доступа: 01.04.2021.

# РАЗРАБОТКА БРАУЗЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ДИСКРЕТНЫХ УЗОРОВ

Щербакова А. Н., Новосельская О. А., Романенко Д. М.

*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: nochka@tut.by*

В настоящее время в дизайне активно используются техники воспроизведения штриховок. Это позволяет с одной стороны передать форму, с другой стороны объединить множество цветов и направить взгляд пользователя в заданную область (рисунок 1). За счет тоновых переходов линий создается эффект движения, придается динамичность изображению. Все эти свойства позволяют активно внедрять их на страницы постов, в дизайн печатных изданий.



*Рис. 1. Пример дискретного узора [1]*

Разработка подобных узоров подразумевает наличие перехода из одной формы в другую, а также настройку цветов, количества шагов, толщины линий. Все эти действия могут быть описаны аффинными преобразованиями, что позволяет разработать приложение на основе простейших геометрических фигур и алгоритмов формирования дискретного тона.

Целью работы являлось сформировать не только произвольное изображение с заданным шагом и тоновым переходом, но также и реализовать технику автотипного синтеза цвета, который позволяет воспроизвести новый цвет на основе пространственного смешения базовых тонов, отличных от результирующего. Данный синтез активно применяется в технике воспроизведения печатных изображений за счет точечной дискретизации полутонов. Основной задачей разработки является реализация линейной дискретизации красного, зеленого и синего тонов, а также их оттенков. На рисунке 2 показан пример подобного изображения, сгенерированного разработанным браузерным приложением.

Браузерное приложение для генерации векторных дискретных узоров разрабатывалось, используя JavaScript-фреймворк Vue.js. Это JavaScript библиотека для создания веб-интерфейсов с использованием шаблона архитектуры MVVM (Model-View-ViewModel). Поскольку Vue работает только на «уровне представления» и не используется для промежуточного программного обеспечения, он может легко интегрироваться с другими проектами и библиотеками.

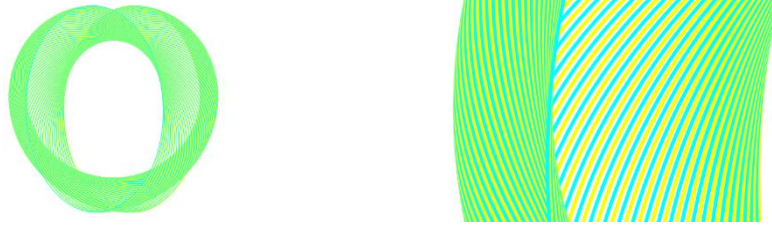


Рис. 2. Пример линейной дискретизации тона автотипным синтезом цвета

Vue.js содержит широкую функциональность для уровня представлений и может использоваться для создания мощных одностраничных веб-приложений. Ядро Vue.JS содержит лишь необходимый функционал для работы с интерфейсом. Поэтому оно компактно, легко интегрируется с другими технологиями, в том числе с jQuery и даже может использоваться вместо него (для разработки простых интерфейсов).

Браузерное приложение состоит из нескольких классов. Первым из них является класс Image, который хранит параметры изображения, а именно размеры по вертикали и горизонтали (`this.dimensions = {x:400, y:400}`) – по умолчанию 400×400 px), а также цвет фона (прозрачный, сплошной цвет, линейный или радиальный градиент). Внешний вид блока ввода параметров изображения представлен на рисунке 3.

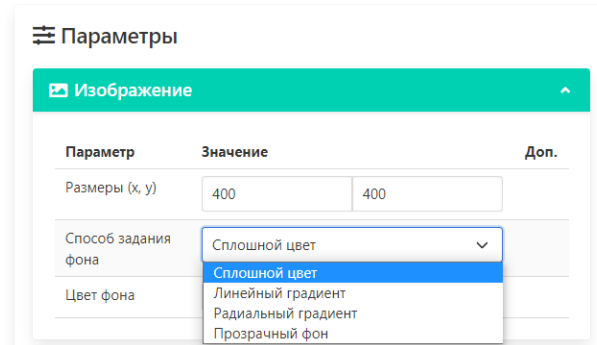


Рис. 3. Внешний вид блока для выбора параметров изображения

Класс Share хранит информацию о выбранном примитиве (и его параметрах: `dimensions` – размеры по горизонтали и вертикали, `transform translate` – смещение по горизонтали и вертикали, `transform scale` – масштабирование по горизонтали и вертикали, `transform rotate` – поворот, `strokeWidth` – толщина обводки). Внешний вид блока для ввода параметров примитива представлен на рисунке 4.

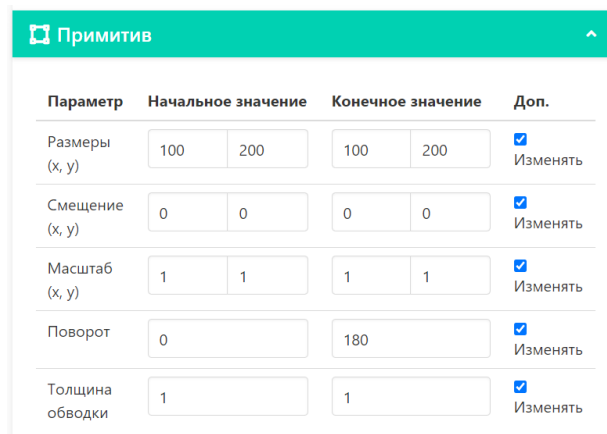


Рис. 4. Внешний вид блока для ввода параметров примитива

Класс FinalShape, который содержит параметры результирующего примитива, наследуется от класса примитива Shape (class FinalShape extends Shape).

Класс Transition хранит данные о переходе между примитивами. Содержит shape – тип примитива, customPoints – хранит координаты точек, заданных пользователем, если был выбран произвольный примитив, steps – количество шагов перехода, pivot – опорная точка, относительно которой поворачиваются и масштабируются примитивы.

Из примитивов можно выбрать эллипс, круг, прямоугольник, квадрат, треугольник, линия либо произвольный примитив.

Класс UI хранит информацию об элементах интерфейса: флаги, раскрыта ли панель предпросмотра изображения / исходного кода, панель параметров изображения / примитива, раскрыта ли панель параметров перехода.

При выборе базового примитива и количества шагов, необходимо рассчитывать его параметры на *i*-ом шаге.

После расчета шага изменения параметров примитива необходимо рассчитать параметры примитива на *i*-том шаге перехода.

Если был выбран произвольный режим, то цвета будут последовательно выбираться из заданного списка цветов.

Полученное изображение можно сохранить в формате SVG или EPS для последующей работы с ним в дизайне веб-страниц и печати. Для сохранения полученного изображения в формате EPS использовался язык описания страниц PostScript. Для этого были написаны методы hexToCmyk(hex) для преобразования шестнадцатеричной строки RGB в CMYK и getEpsSource() для формирования содержимого EPS-файла.

Сгенерированные дискретные узоры можно внедрять в структуру любых других форм по аналогии работы с обтравочной маской. Например, в логотипе кафедры информатики и веб-дизайна БГТУ (рисунок 5) внедрен оранжевый цвет, который на самом деле по своей структуре представляет собой неоднородную структуру, включающую порядка 50 000 штриховых элементов с переменными цветами и толщиной штрихов.



*Рис. 5. Пример внедрения дискретного узора в фирменный стиль*

Визуально наличие дискретности в сформированном цвете не прослеживается. При масштабировании цвет передается корректно без искажений. При максимальном увеличении в заливке проявляются новые узоры, которые являются случайными, что позволяет использовать этот эффект в качестве элемента защиты авторского права.

### **Литература**

1. Mugiammira. Абстрактная рамка с динамическими линиями [Электронный ресурс] / Веб-сайт Freepik Company S.L. – Графические ресурсы для всех. – 2010-2021. – Режим доступа: [https://ru.freepik.com/free-vector/abstract-frame-with-dynamic-lines\\_4332670.htm?epik=dj0yJnU9XzB2WVUyUXNSR3ZJVjFYbUzQ3liRlhUQlcta25aUXomcD0wJm49ck52ekpCb2lFWnR1RVcwY0wyTk03dyZ0PUFBQUFBFR0l1MUc4](https://ru.freepik.com/free-vector/abstract-frame-with-dynamic-lines_4332670.htm?epik=dj0yJnU9XzB2WVUyUXNSR3ZJVjFYbUzQ3liRlhUQlcta25aUXomcD0wJm49ck52ekpCb2lFWnR1RVcwY0wyTk03dyZ0PUFBQUFBFR0l1MUc4). – Дата доступа: 02.04.2021.

**СЕКЦИЯ 2.  
ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И МОБИЛЬНЫЕ  
УСТРОЙСТВА**



# ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

**Авсяник Е. С., Деменковец Д. В.**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Беларусь, e-mail: crushnik0546@yandex.by*

В современном мире тяжело представить мобильные устройства без GPS-датчика. С его помощью можно легко посмотреть на карте свое место положение, прокладывать маршрут, искать на карте конкретные дома и улицы, ближайшие достопримечательности, кафе, больницы, автозаправки и прочие объекты инфраструктуры. Помимо повседневной жизни GPS широко используется в мониторинге за различными объектами, и при в охране. Программные средства, использующие технологию GPS, позволяют восстановить полный маршрут во всех подробностях.

GPS не требует от пользователя передачи каких-либо данных, и он работает независимо от любого телефонного или интернет-приема. GPS обеспечивает критические возможности позиционирования для военных, гражданских и коммерческих пользователей по всему миру. Каждый спутник GPS непрерывно передает радиосигнал, содержащий текущее время и данные о его местоположении. Приемник GPS контролирует несколько спутников и решает уравнения, чтобы определить точное положение приемника и его отклонение от истинного времени. Как минимум четыре спутника должны быть в поле зрения приемника, чтобы он мог вычислить четыре неизвестные величины (три координаты положения и отклонение часов от времени спутника) [1].

Большое распространение получили GPS-трекеры – устройства, которые содержат приемник, способный принять сигнал от нескольких десятков спутников. Поэтому они способны с точностью до нескольких метров определить координаты. В зависимости от размеров и конструкции трекера с его помощью можно решать разные задачи: контролировать ребенка, который самостоятельно ходит в школу и из школы; наблюдать за работой сотрудников, которые передвигаются между филиалами или складами; выстраивать оптимальный маршрут в городе и за его пределами; передавать сигнал тревоги в случае форс-мажора в пути; отслеживать маршрут коммерческих грузов.

Целью данного проекта стало создание собственного GPS-трекера, способного отслеживать и сохранять маршрут. Для разработки был выбран микроконтроллер STM32. Благодаря возможности установки экономичных режимов работы, можно уменьшить потребление энергии до минимальных значений. Это позволяет увеличить время работы устройства до нескольких месяцев (в зависимости от выполняемых задач). При желании также можно установить промежутки времени, через которые будут приходить данные от внешних датчиков, если это не нужно делать непрерывно. К микроконтроллеру подключается GPS-модуль. Передача данных от модуля GPS к контроллеру осуществляется через интерфейс UART. Модуль GPS отправляет данные в виде NMEA-сообщений. NMEA – это комбинированная спецификация данных для связи между морской электроникой, такой как эхолот, гидролокаторы, анемометр, гирокомпас, автопилот, GPS-приемники и многие другие типы инструментов. Данные,

получаемые с GPS-модуля, сохраняются на SD-карту в формате удобном для последующего чтения. Подключение модуля SD-карты осуществляется через интерфейс SPI - последовательный синхронный стандарт передачи данных в режиме полного дуплекса, предназначенный для обеспечения простого и недорогого высокоскоростного сопряжения микроконтроллеров и периферии.

Было произведено тестирование полученного аппаратно-программного модуля совместно с программным средством для визуализации маршрута. Для того, чтобы отобразить пройденный путь необходимо загрузить файл с записанным маршрутом. В появившемся диалоговом окне выбрать нужный файл. После этого на карте отобразится маршрут движения объекта. На рисунке 1 представлен интерфейс приложения и маршрут движения транспортного средства. В нижней части окна доступны вкладки с графиками скорости движения объекта и изменением высот.

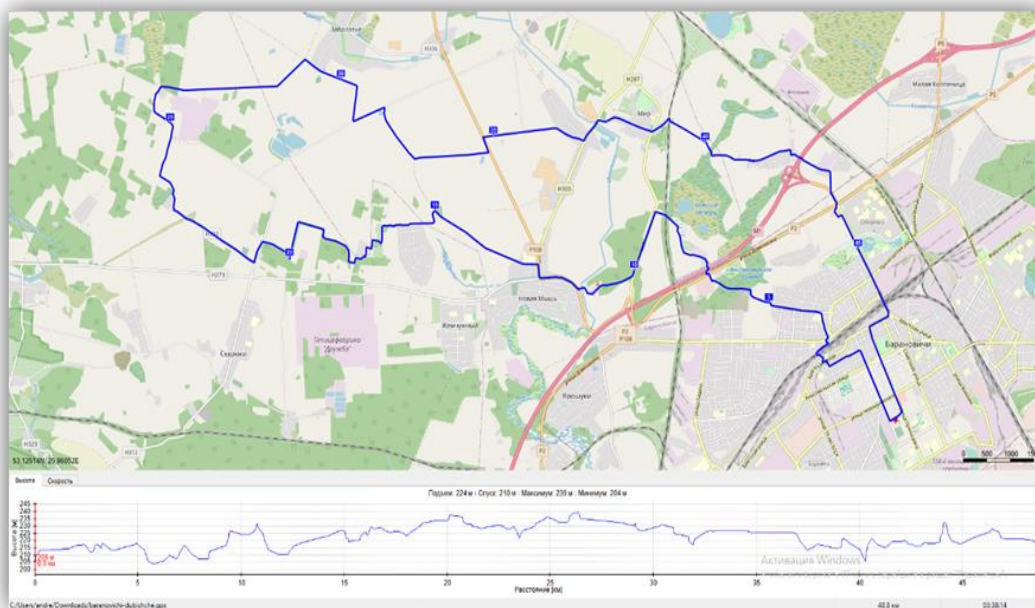


Рис. 1. Маршрут движения транспортного средства

Реализованное устройство может работать как самостоятельно, так в качестве вспомогательного модуля в более сложных системах. Оно позволяет записывать пройденный маршрут, скорость в пути, перепады высот, время движения. Эти данные можно визуализировать с помощью программного средства, которое корректно читает файл из SD-карты. Благодаря возможностям микроконтроллеров семейства STM32 данное устройство способно работать продолжительное время в автономном режиме.

### Литература

1. What is GPS System & Its Working ElProCus [Электронный ресурс]: web-сайт. – Режим доступа: <https://www.elprocus.com/how-gps-system-works/>. – Дата доступа: 23.03.2021.
2. Шахнов В.А. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем : справочник. В 2 т. / под ред. В. А. Шахнова. – М. : Радио и связь, 1988. – Т. 1. – 368 с.

# ИМИТАЦИОННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ "УМНОГО" ДОМА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ NODE-RED С YANDEX IOT CORE

Андрушевич А. А., Емельянова О. Ю., Войтешенко И. С.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: [Andrushevich@bsu.by](mailto:Andrushevich@bsu.by); [volha.emelianova@gmail.com](mailto:volha.emelianova@gmail.com); [voit@bsu.by](mailto:voit@bsu.by)

1 Система интернета вещей как надстройка над потоком данных об окружающей среде.

С достаточно абстрактной точки зрения системы интернета вещей может считаться «черным ящиком», имеющим входы и выходы, в которой по информации, поступающей через входы, принимаются решения, выдаваемые на выходы. Ее особенностью является тесная связь с той или иной сферой применения, а также большие объемы потребляемых данных, непрерывно поступающих в систему. Таким образом, система интернета вещей может быть представлена как надстройка над потоком данных об окружающей среде, которая может принимать решения, воздействующие на эту среду (см. рис 1).



Рис. 1. Схематическое представление системы управления энергоэффективностью жилища.

2. Инструментальные средства разработки и коммуникационный протокол.

Большинство систем интернета вещей состоит из двух частей. Первая из них связана с передачей данных и команд между хранилищем и устройствами, а вторая заключается в работе с полученными данными.

В данной работе применяется сервис Yandex IoT Core, программа Node-RED, коммуникационный протокол MQTT.

Сервис Yandex IoT Core – составная часть облачной платформы Yandex Cloud (Яндекс.Облако).

Основными элементами Yandex IoT Core являются устройство и реестр, которые обмениваются данными и командами через MQTT-брокер [1]. Устройство может отправлять телеметрические данные и получать команды. Реестр – набор логически связанных между собой устройств.

MQTT – сетевой протокол, использующий архитектуру издатель-подписчик и работающий поверх TCP/IP. Этот протокол поддерживается даже если пропускная способность сети мала или конечные устройства обладают ограниченными ресурсами для обработки данных [2].

Node-RED – визуальный инструмент разработки, основанный на парадигме потокового программирования. В Node-RED приложение представляется как сеть так называемых узлов. Каждый узел имеет определенную цель: на вход поступают некоторые данные, они обрабатываются внутри, после чего передаются дальше по сети [3].

Программу Node-RED можно разделить на три уровня: глобальный, уровень потока и уровень узла. На глобальном уровне находится вся программа: все узлы, их параметры и связи между ними. Запуск на исполнение и сохранение глобального контекста производятся одновременно. При этом исполнение непрерывно, возможно только обновление и перезапуск всей программы одновременно. Каждый узел может принять данные в любой момент и все узлы работают параллельно.

### *3. Система имитационного моделирования*

В работе используется подход, основанный на отделении системы интернета вещей от программы, отвечающей за генерацию и поставку данных. В то время как задачей тестируемой программы является корректная реакция на поступающие от датчиков данные об окружающей среде, задачей тестирующей является генерация и передача этих данных, а также сбор и анализ информации о реакции на них.

Полное разделение двух программ невозможно, поскольку тестирующая система должна знать о том, какие данные и в какой форме поступают на входы и выходы, тестируемая система может быть подключена таким образом, что с ее точки зрения поступающие сгенерированные данные неотличимы от реальных.

Рассмотрим ключевые детали реализации тестирующей программы. Важной частью является модель окружающей среды – набор правил, по которым генерируются показания датчиков с учетом как данных о внешней среде, так и состояний устройств системы.

Для исполнения среды Node-RED была создана виртуальная машина в облачном сервисе Yandex Compute Cloud.

Также был создан реестр системы в Yandex IoT Core, включающий в себя несколько устройств. Соединение с этими объектами было установлено с использованием узлов MQTT Input и MQTT Output.

Задачей этой части является генерация реалистичных показаний датчиков с учетом модели внешнего мира и поведения системы. Набор эмулируемых датчиков зависит от тестируемой системы.

Подход к моделированию условий окружающей среды похож для всех показателей, кроме времени, которое также можно отнести к ним.

Свойством многих систем интернета вещей и данных, с которыми они работают, является большая длительность обрабатываемых и управляемых процессов. К примеру, нагревание комнаты может занимать несколько часов, а значительные изменения температуры окружающей среды наблюдаются в масштабе от дня до года в зависимости от требуемой амплитуды. Поэтому требуется моделирование внутрисистемного времени со значительным ускорением относительно внешнего. В частности, был использован такой интервал, при котором каждую секунду внутрисистемное время увеличивалось на час.

Тестируемая система интернета вещей должна получать данные таким же образом, как она бы получала их от реальных датчиков. Таким образом, появляется необходимость передачи сгенерированных данных об окружающей среде в тестируемую систему таким образом, который был бы неотличим от ожидающегося при окончательном использовании системы.

Для решения этой задачи использовались узлы MQTT Output, позволяющие публиковать данные в MQTT-топик, чтобы их потом могла считывать система интернета вещей, подписавшись на него. Как было описано ранее, для получения данных от датчиков система также использует MQTT-узлы. Таким образом, задача на стороне тестирующей системы сводится к тому, чтобы публиковать данные в правильные топики и в правильном формате. Соответствие топиков обеспечивается настройкой MQTT-узлов.

Аналогичным образом тестирующая система может собирать данные о работе тестируемой системы. Для получения данных по протоколу MQTT используются узлы MQTT Input, подписанные на те топики, в которые тестируемая система выдает команды для устройств.

#### *4. Практика имитационных экспериментов.*

В качестве базового варианта выбрана модель, при которой отопление всегда включено (работает 100% времени).

Вариант 1. Вводится верхняя и нижняя границы, между которыми должна находиться температура в помещении. Таким образом, отопление будет включаться по достижении нижней границы и выключаться по достижении верхней.

Вариант 2. Система оснащена датчиком местоположения пользователя, причем верхняя и нижняя граница температуры снижаются, если в помещении нет людей.

Были выбраны следующие параметры эксперимента: период виртуального времени – с 0:00 3 марта по 23:00 9 марта, то есть 7 дней, шаг – 1 час, то есть общая продолжительность – 168 шагов. Температурные границы были установлены в 18 °C и 22 °C при наличии людей в помещении и в 16 °C и 20 °C при их отсутствии. Для задания поведения человека по методу агентного моделирования были выбраны два состояния «дома» и «не дома», переход между которыми совершается в 11:00 и 19:00 каждого дня по системным часам. Для оценки систем используются два показателя: доля времени, в которое была включена система отопления, как оценка энергопотребления относительно максимума и «штраф за комфорт», линейно зависящий от разницы желаемой и наблюдаемой температуры.

Как и ожидалось, вариант 1 позволяют значительно (на 40%) сократить энергопотребление по сравнению базовым. При этом разграничение между присутствием и отсутствием людей в помещении позволило сэкономить еще 10 %. Штраф за комфорт в обеих системах незначителен. Температура в помещении никогда не опускалась ниже, чем на 1 °C меньше требуемой.

#### **Литература**

1. Техническая документация Yandex Cloud [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cloud.yandex.ru/docs/> – Дата доступа: 05.12.2020.
2. Boyd, B. Building Real-time Mobile Solutions with MQTT and IBM MessageSight / B. Boyd [et al.] – Vervante, 2014. – 264 p.
3. Node-RED [Electronic resource] – Mode of access: <https://nodered.org/> – Date of access: 02.12.2020.

# БЕСКОНТАКТНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ

**Белоброцкий Д. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: denis.belobrotski@gmail.com*

Для большинства из нас зрение является основным источником данных об окружающей среде. Поэтому информация о том, на чем сфокусирован взгляд, может быть полезна. Такая информация может быть использована для работы интерфейса взаимодействия с вычислительными устройствами, такими как компьютеры, смартфоны, планшеты и др.

История отслеживания глаз (айтрекинга) и взгляда восходит к концу XIX века. Развитие фотографии и видеозаписи позволило открыть более надежные и неинвазивные методы наблюдения за движением глаз. Такие исследования стали популярными, особенно в психологии и медицинских исследованиях, таких как диагностика различных болезней. В настоящее время техника айтрекинга развивается в двух направлениях: электроокулография и анализ цифровых изображений [1 – 3].

К сожалению, коммерчески доступные приложения для трекинга требуют наличия специального оборудования, нередко дорогостоящего, а программное обеспечение закрыто для модернизации и адаптации под собственные цели, так как является собственностью коммерческих организаций. Таким образом, для самостоятельной разработки интерфейса взаимодействия взглядом необходима библиотека, с помощью которой можно разрабатывать собственное ПО, нуждающееся в такой библиотеке. Разработка такой библиотеки и алгоритмов для неё и является целью данной работы.

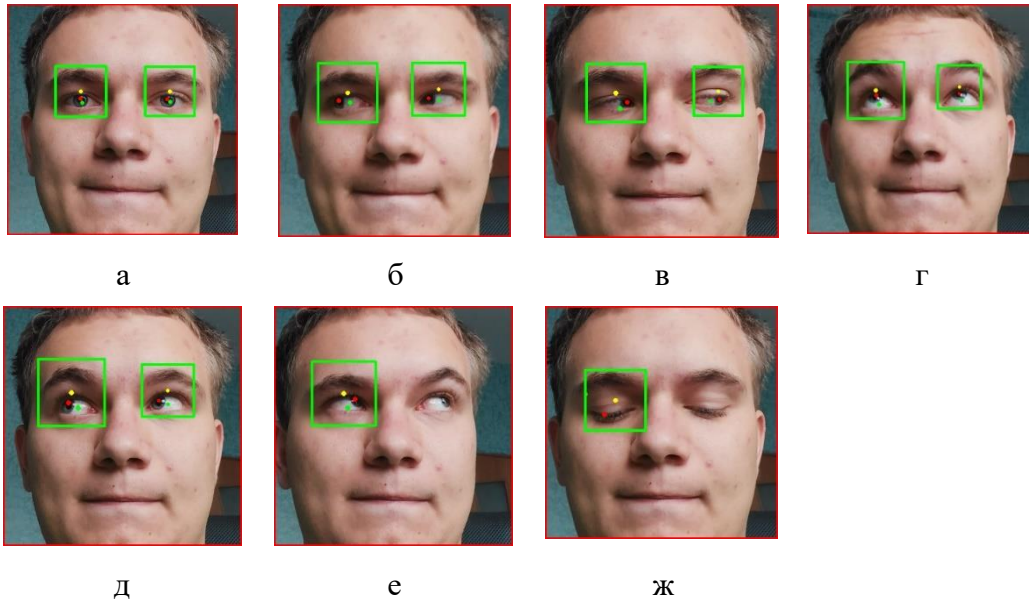
Целевой платформой для библиотеки является ОС Android, так как количество мобильных устройств на ней превышает 70% [4] и эти мобильные устройства обладают необходимым набором аппаратных средств (экран, камера) для реализации бесконтактных интерфейсов, использующих обработку изображения.

Основной алгоритм библиотеки, который позволяет определить положение центров глаз и центров зрачков, состоит из следующих шагов [5 – 8]:

1. Выделение глаз на изображении:
  - a. Преобразование цветного изображения в монохромное (grayscale);
  - b. Выравнивание гистограммы изображения;
  - c. Выделение лиц и соответствующих им глаз с помощью метода Виолы-Джонса и признаков распознавания образов Хаара;
2. Предварительная обработка области каждого глаза:
  - a. Выделение ранее полученных областей глаз на цветном изображении;
  - b. Отсечение области брови (25-40% сверху);
  - c. Переход от цветовой модели RGB к HSV;
3. Уточнение центра глаза по содержимому канала Saturation:
  - a. Применение операции inverted binary thresholding;
  - b. Применение операции erosion;
  - c. Применение операции dilation;
  - d. Вычисление центра масс на изображении (белый пиксель – самый «тяжелый», черный пиксель – самый «лёгкий»);

4. Вычисление центра зрачка по содержимому канала Value:
  - a. Выравнивание гистограммы изображения;
  - b. Применение операции inverted binary thresholding;
  - c. Применение операции erosion;
  - d. Применение операции dilation;
  - e. Вычисление центра масс на изображении;
5. Постобработка глаз:
  - a. Обратный переход текстурных координат для их корректировки после отсекания области брови.

Реализация описанного алгоритма с помощью OpenCV 4.4.0 на C++ для ОС Windows при тестировании на нескольких фотографиях показала результаты, представленные на рисунке 1.



*Рис. 1. Результаты работы алгоритма. Желтый маркер – центр области с глазом, зеленый маркер – центр склеры, красный маркер – центр зрачка*

Для реализации описанных выше алгоритмов на ОС Android используется OpenCV Android SDK v4.4.0. Реализация для ОС Android показала аналогичные результаты при использовании библиотеки в тестовом приложении. В процессе реализации алгоритмов также были написаны различные утилиты, которые облегчили разработку самой библиотеки. Также, использование этих утилит может упростить использование библиотеки.

Для взаимодействия пользователя с устройством с помощью глаз реализован алгоритм, позволяющий вычислить направление взгляда. Этот алгоритм использует тот факт, что скалярное произведение сонаправленных векторов равно произведению их длин. Так, вычислив разницу между радиус-вектором центра зрачка и радиус-вектором центра глаза и перемножив полученный вектор скалярно с каждым из заданных векторов направлений, можно получить с каким из этих векторов вероятнее всего сонаправлен взгляд.

Так как одним из возможных сценариев использования библиотеки является обработка изображения в реальном времени, то потребовались оптимизации, такие как:

1. Уменьшение разрешения обрабатываемого изображения;
2. Сокращение количества выделений памяти, переиспользование уже выделенной памяти;
3. Ручная очистка выделяемой под изображения памяти;
4. Обработка только одного лица на изображении.

Система реального времени должна реагировать на изменения во внешней системе в рамках требуемых временных ограничений. Минимальная частота обновления экрана на мобильных устройствах, широко представленных на рынке, является 60 Гц, чему соответствует отображение 60 кадров в секунду (fps). То есть время показа одного кадра составляет около 16 – 17 мс. 24 кадра в секунду является принятой нормой кинематографического изображения (41 – 41 мс на показ кадра).

После всех описанных выше оптимизаций время работы алгоритма на изображениях, представленных на рисунке 1, соответствует временным ограничениям для системы реального времени, что можно увидеть в таблице 1.

*Табл. 1. Время обработки изображений*

Изображения	а	б	в	г	д	е	ж
Время обработки	18 мс	16 мс	15 мс	15 мс	17 мс	13 мс	13 мс

Полученный в ходе работы алгоритм позволяет выделить на изображении (с лицом) направление взгляда, однако, исходя из полученных результатов, наиболее успешно алгоритм выделяет направления влево-центр-вправо, что нельзя сказать про направления вниз-центр-вверх. Проблема со взглядом вверх связана со смещением области глаза вверх, что смещает центр глаза вверх вместе с положением зрачка, а это в свою очередь влечет неотличимость взгляда вверх и взгляда в центр. Также, проблемой является распознавание взгляда вниз, так как при взгляде вниз глаз почти полностью не отличим от закрытого глаза, по крайней мере для разработанного алгоритма.

### Литература

1. Ярбус, А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения / А.Л. Ярбус. – АН СССР. – М.: Наука, 1965.
2. Демидов В.Е. Как мы видим то, что видим / В.Е. Демидов. – Наука и прогресс. – М.: Знание, 1979.
3. Koziol P., Eye Pupil Location Using Webcam / M. Ciesla, P. Koziol. – ResearchGate. – Krakow, 2012.
4. Mobile Operating System Market Share Worldwide [Electronic resource] / StatCounter GlobalStats. – StatCounter, 2020. – Mode of access: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>. – Date of access: 23.09.2020.
5. Types of Morphological Operations [Electronic resource] / Matlab Help. – The MathWorks, Inc. – Mode of access: <https://www.mathworks.com/help/images/morphological-dilation-and-erosion.html>. – Date of access: 13.11.2020.
6. Trott, M. Profiling the Eyes: faithful or ROTen? Or Both? [Electronic resource] / M. Trott. – Wolfram Research Blog, 2016. – Mode of access: <https://blog.wolfram.com/2016/03/02/profiling-the-eyes-phiathful-or-roten-or-both/>. – Date of access: 24.02.21.
7. Center of Mass [Electronic resource] / HyperPhysics. – Department of Physics and Astronomy, Georgia State University, 2016. – Mode of access: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/cm.html>. – Date of access: 15.11.2020.
8. OpenCV documentation [Electronic resource] / Open Source Computer Vision Library. – OpenCV team, 2020. – Mode of access: <https://docs.opencv.org/>. – Date of access: 12.03.2020.



# МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА

Дерюшев А. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: deryushev@bsu.by*

Рациональное использование материальных ресурсов невозможно без постоянного контроля, что особенно актуально в транспортной сфере, где пройденные расстояния измеряются сотнями тысяч километров, а затраты на топливо и запчасти – миллионами рублей. В свою очередь, рациональная организация такого контроля предполагает его полную автоматизацию, что не только значительно уменьшает затраты на персонал, но и повышает качество контроля. Целью данной работы является создание аппаратно-программной системы мониторинга транспортных средств, включающей мониторинг средств перевозки пассажиров, грузовых перевозок, работы специальной техники (тракторов, погрузчиков, экскаваторов и бульдозеров).

Разработанная система реализует следующие функции:

- контроль местоположения;
- контроль пробега;
- контроль топлива;
- контроль моточасов;
- контроль выполнения операций;
- контроль прицепного оборудования;
- контроль заполнения бункера;
- контроль урожайности поля;
- контроль работы стрелы крана;
- контроль работы ковша;
- контроль топлива в цистерне;
- контроль места разгрузки/загрузки;
- контроль загрузки/выгрузки бетона;
- контроль подъемов кузова;
- контроль раздачи топлива;
- контроль для точного земледелия;
- контроль нагрузки на ось;
- контроль режимов работы двигателя;
- контроль температурного режима;
- контроль уровня сыпучих материалов;
- контроль глубины вспашки;
- контроль открытия дверей;
- контроль давления в шинах;
- идентификация водителей;
- блокировка двигателя;
- видеонаблюдение.

Аппаратная часть системы состоит из управляющего модуля, включающего микроконтроллер, GPS-трекер, GSM-модуль и подключаемых к ней датчиков и модулей: датчик уровня топлива, датчик расхода топлива, датчик давления в шинах,

датчик чтения информации с форсунок, датчик уровня сыпучих материалов, датчик угла наклона, датчик давления на ось, датчик температуры, модуль чтения информации с CAN-шины.

Разработанная программная составляющая системы состоит из серверной части, веб-приложения пользователя, мобильных приложений для Android и iOS.

Серверная часть представляет собой набор микросервисов, реализующих разные функции: сбор «сырых» данных от аппаратной части, преобразование форматов, фильтрация данных, хранение данных и др.

Интересной функцией серверной части является реализация программных датчиков, которые воспринимаются пользователем так же, как аппаратные, но не требуют никаких расходов на оборудование. Например, на программном уровне реализованы датчик сливов топлива, датчик загрузки транспортного средства, датчики работы механизмов, датчик нахождения в заданной пользователем геозоне.

На рисунке 1 приведен веб-интерфейс приложения, на рисунках 2 и 3 – различные экраны мобильного приложения.

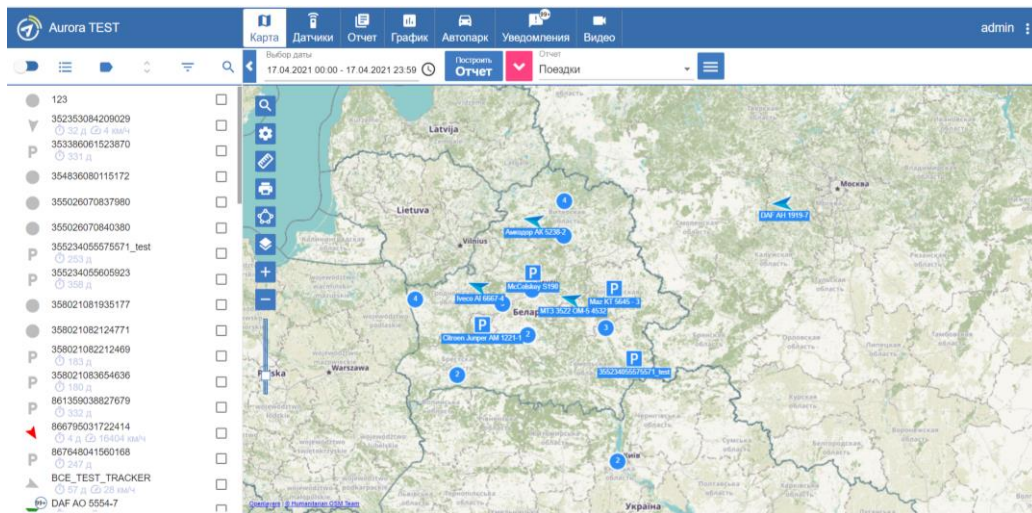


Рис. 1. Веб-интерфейс системы мониторинга

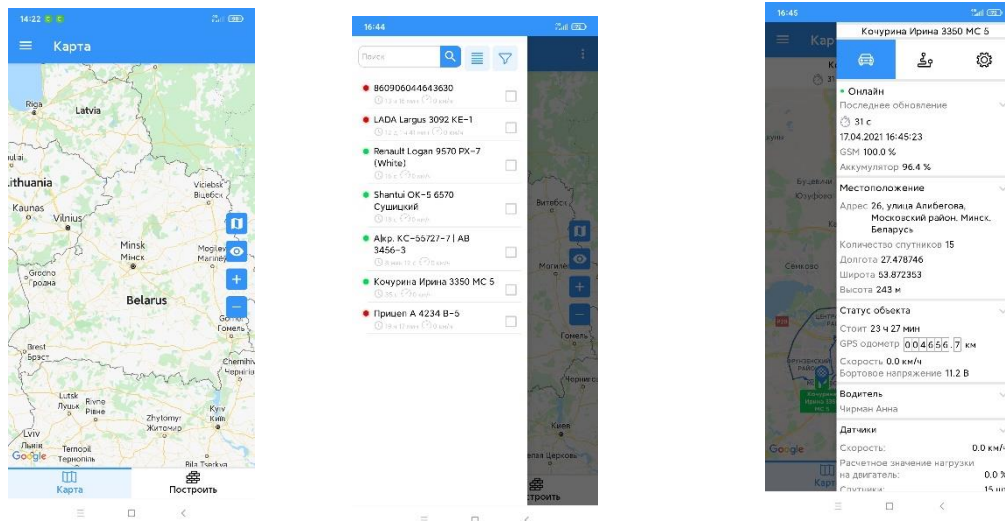
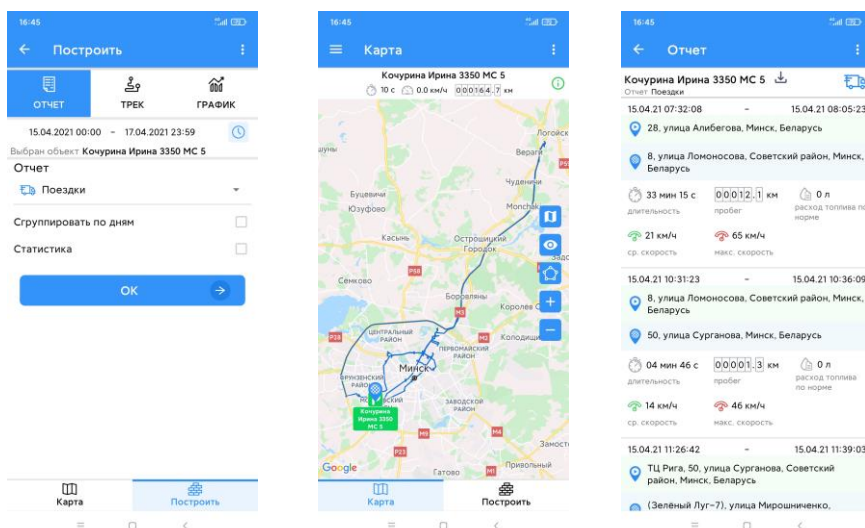
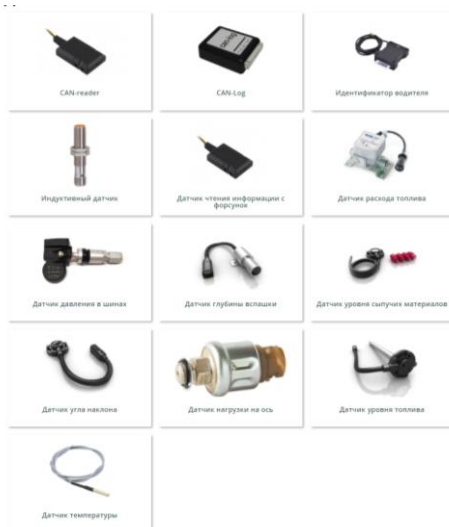


Рис. 2. Основной экран мобильного приложения



*Рис. 3. Построение отчетов, треков и графиков*

На рисунке 4 приведены фотографии различных датчиков системы.



*Рис. 4. Датчики системы мониторинга*

В настоящее время система активно эксплуатируется, производится перевод текстовой информации на различные языки (к настоящему моменту поддерживается 12 языков и все часовые пояса).

Анализ получаемых системой данных дает интересные результаты и позволяет дальше совершенствовать алгоритмы фильтрации данных датчиков и сами датчики.

В перспективе в систему будут внедряться алгоритмы обработки получаемой видеoinформации; будет добавлен логистический модуль, позволяющий не только отслеживать текущую ситуацию, но и планировать загрузку транспортных средств.

# СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ПРАВОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Дерюшев А. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: deryushev@bsu.by*

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения необходимость владеть правовой информацией, однако объем ее огромен, при этом информация постоянно меняется. На помощь приходят современные технологии, например, смартфоны, которые всегда и везде с нами.

Целью данной работы – разработка системы для доступа к правовой информации в сотрудничестве с Национальным центром правовой информации Республики Беларусь. В результате разработана система, включающая серверную часть и мобильное приложение «Эталон-online», доступное как в Google play, так и Appstore.

Преимущества мобильного приложения:

*Информативность.* Получение доступа со смартфона ко всему законодательству Республики Беларусь, судебной и правоприменительной практике.

*Оперативность.* В любой момент 24/7 позволяет пользоваться правовой информацией, знать свои права и обязанности.

*Актуальность.* Все правовые акты в актуальном состоянии. Нет необходимости искать действующую редакцию документа в иных источниках.

*Выбор режима работы.* Установив приложение, можно работать только с бесплатным контентом или зарегистрироваться и получить доступ ко всему массиву (более 300 000 документов).

*Персонализация.* Сохранение необходимых правовых актов и отслеживание изменений в них.

*Удобство.* Не нужно «грузить» память смартфона большим объемом данных, поскольку функционал мобильных приложений включает наиболее оптимальный набор функций для работы в системе.

*Отсутствие лимитов по доступу.* Нет ограничений по времени работы в системе.

*Работа в автономном режиме.* Возможность работы с сохраненным контентом и функциями приложения без подключения к Интернету.

Доступ к документам осуществляется в двух режимах работы:

- для любого желающего без регистрации и оплаты;
- для зарегистрированных пользователей с оплаченным доступом.

Зарегистрированным пользователям во вкладке «Войти» необходимо ввести запрашиваемые идентификационные данные и получить доступ ко всему массиву документов в актуальном состоянии.

Незарегистрированные пользователи могут бесплатно работать с текстами Конституции и всех кодексов Республики Беларусь (со всеми изменениями и дополнениями). Для этого необходимо перейти в раздел «Кодексы» в приложении.

Также для всех открыт доступ к ряду социально-значимых документов в актуальном состоянии (например, к более, чем 1300 документам банка данных «Административные процедуры»).

Поиск документа осуществляется с помощью строки «Быстрого поиска» или по реквизитам с использованием более точного «Расширенного поиска» в

соответствующем разделе приложения. Запрос для поиска может вводиться как с клавиатуры, так и при помощи голоса.

Найденные документы можно сохранить на свое устройство (смартфон, планшет) и работать с ними без доступа к сети Интернет, а обновления документов загрузить, когда появится такая необходимость.

Чтоб не «скроллить» весь документ в поисках необходимой информации, можно воспользоваться навигацией по содержанию документа (главам, статьям и т.п.), что особенно полезно при работе объемными документами.

На рисунке 1 приведены скриншоты различных экранов приложения.

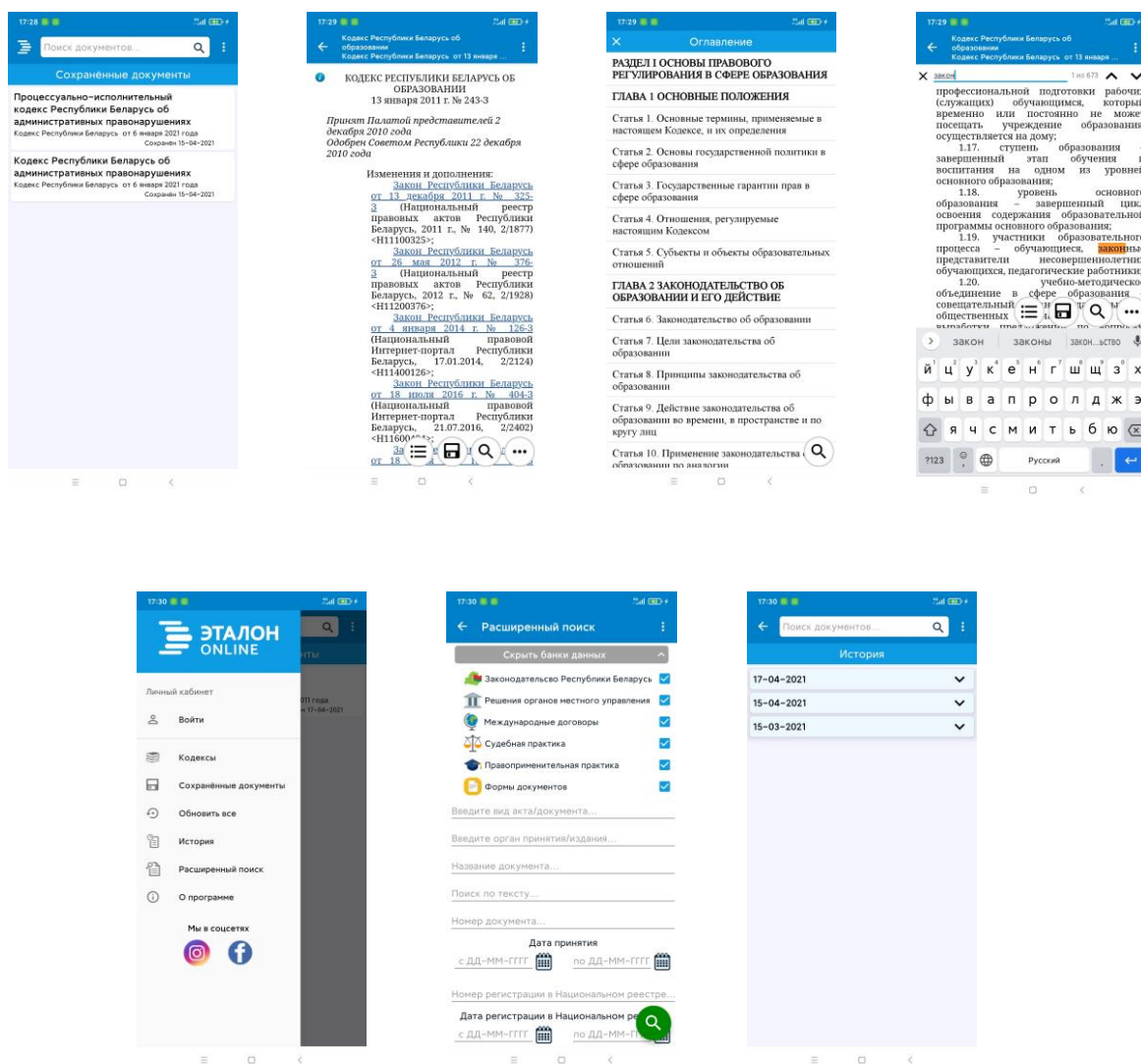


Рис. 1. Интерфейсы системы

В настоящее время система успешно введена в промышленную эксплуатацию, производится ее поддержка и совершенствование.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ОГИБАНИЕМ ПРЕПЯТСТВИЙ

Сидоренко А. В., Акула К. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: sidorenkoA@yandex.by*

При внедрении мобильных роботов для развития различных прикладных областей одной из актуальных является проблема определения местоположения робота и мониторинг его движения. При решении подобных задач используются нейросетевые алгоритмы, алгоритмы обучения с подкреплением, включая алгоритм SARSA, алгоритм Q-learning, Deep Q-learning. Использование указанных алгоритмов основано на применении принципов моделирования. Критерием оптимизации в каждой из представленных моделей является определение вознаграждения в зависимости от числа производимых итераций.

В представленной работе рассматривается модель управления движением мобильного робота в некоторой среде при известном начальном местоположении робота, расположения целевых точек с учетом огибания встречающихся на пути движения препятствий. В качестве структуры управления движением мобильного робота, позволяющей отслеживать одну из заданных опорных траекторий, используется модель Khepera, в которой робот движется по идеально ровной поверхности без скольжения, а положение робота задается координатами  $x, y, \vartheta$  ( $\vartheta$  определяет угол вращения мобильного робота, как правило, относительно оси  $x$ ).

При моделировании используемая нами модель входит в состав блоков пакета Mobile Robotics Toolbox (ROS) [1]. В модели представлены блоки кинематической модели робота, блок датчика расстояния, а также два блока визуализации.

В модели движения группы роботов применяется пакет Mobile Robotics Simulation Toolbox на операционной системе Linux при использовании пакета визуализации Gazebo. Взаимодействие обеспечивается через пакет для Matlab ROS Toolbox [2]. Robotics System Toolbox поддерживает генерацию C++ кода, что позволяет создавать узлы ROS непосредственно из Simulink – моделей.

Анализ данных, полученных при верификации разработанной модели и данных, полученных при реализации традиционных алгоритмов показал, что производительность предложенного алгоритма по расчету значения вознаграждения от количества итераций превышает результаты использования других алгоритмов более чем в 20 раз при одинаковом количестве итераций.

## Литература

1. Описание пакета ROS Toolbox. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/products/ros.html>- Date of access: 23.11.2020.
2. Описание пакета Mobile Robotics Simulation Toolbox. [электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/66586-mobile-robotics-simulation-toolbox> (Date of access: 23.11.2020).

## **СЕКЦИЯ 3. ОБЛАЧНЫЕ И СЕРВЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

# ПРИМЕНЕНИЕ КРИПТОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

**Андрианов К. А., Перез Чернов А. Х.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: 2528951@gmail.com, alex.pereztchernov@gmail.com*

Предлагается использовать существующие крипто-экономические инструменты для цифровой трансформации сервисных областей, прежде всего в туристической области. Внедрение упрощает взаимодействие авторов, инвесторов и туристических компаний на этапе создания нового предложения как совместного цифрового актива. Повышается скорость определения рыночных цен на выполнение составных услуг, а также контроль за справедливым распределением вознаграждения.

Ключевым экономическим элементом платформы является взаимодействие участников в рамках сложного контракта. Туристический маршрут с посещением нескольких городов может быть представлен как набор связанных контрактов на оказание транспортных услуг, размещения в гостиницах, предоставления питания, услуг гида. Представление контракта как набора услуг с фиксированными границами качества и цены будем считать интеллектуальным продуктом. Таким продуктом будет управлять как крипто-активом с собственным жизненным циклом и отдельной токенизированной стоимостью. В ходе финансирования проектов участники меняют денежные средства на токены, где каждый выпущенный токен представляет собой долю участника в проекте. Для технической реализации данного функционала используются смарт-контракты [2, 4].

После создания, голосования участников и отбора подобного продукта наступает этап специализации контракта. А именно поставщики услуг посредством аукциона определяют рыночные границы качества и стоимости составляющих контракта. В рамках туристической отрасли биржевые торги можно использовать с целью определения цены на услугу на основе спроса в конкретной географической локации, времени и другим параметрам. Кроме того, биржевые торги позволят определить ставку рабочего времени участников туристического маршрута, таких как экскурсоводы, музыканты, водители, у которых применяется способ оплаты за время, а не за количество оказанных услуг. Победители аукциона обязуются исполнить контракты на заявленных условиях и в фиксированных границах времени и объема оказания услуг. Факт оказания услуги или проведенной работы фиксируется отдельным сервисом, именуемый оракулом, который независим от прочих участников системы. По факту подтверждения оракулом осуществляются распределения денежных средств между участниками контракта и инвесторами исходного неспециализированного контракта. Для разрешения финансовых претензий по фактам ненадлежащего оказания услуг предусмотрена процедура арбитража.

Выбор блокчейн платформы для реализации проекта ограничен теми блокчейнами, которые поддерживают использование смарт-контрактов. В настоящее время наиболее функциональной средой исполнения смарт-контрактов является EVM (Ethereum Virtual Machine). Данная среда поддерживается несколькими блокчейнами, такими как Ethereum, Matic, Hyperledger, R3 Corda. Данные блокчейны могут быть запущены как в публичном, так и в приватном режиме [1, 3].



Важен выбор механизма консенсуса, который представляет собой решение участников о состоянии сети, блоков и транзакций. Для платформы предполагается использование консенсуса на основе доказательства владения долей (Proof of Stake). Это позволяет осуществлять большее количество транзакций, при этом сохраняет безопасность даже при небольшом количестве участников [5].

Для защиты персональных данных на разрабатываемой платформе предполагается использование SSI- сервиса. SSI (Self Sovereign Identity) представляет собой технологию, которая позволяет создавать идентификаторы персональных данных, контролировать их использование и верификацию. Владелец такого идентификатора имеет возможность предъявить его для верификации своих персональных данных без непосредственного предоставления их посреднику. Данный подход уже имеет практическое применение, например, в сфере образования и медицины Сингапура [6].

Предлагаемый механизм реализации бизнес-процессов участников экономической отрасли позволит трансформировать экономическую отрасль в крипто-экономическую, которая основана на протоколах взаимодействия участников сети и способствует созданию надежной, безопасной и справедливой системы.

На рисунке 1 представлена общая программная архитектура проекта. Ключевыми уровнями являются: смарт-контракты в сети блокчейн, микросервисы платформы и приложения прикладной сферы. Такое разделение позволяет быстрее адаптировать платформу к другим экономической отраслям.

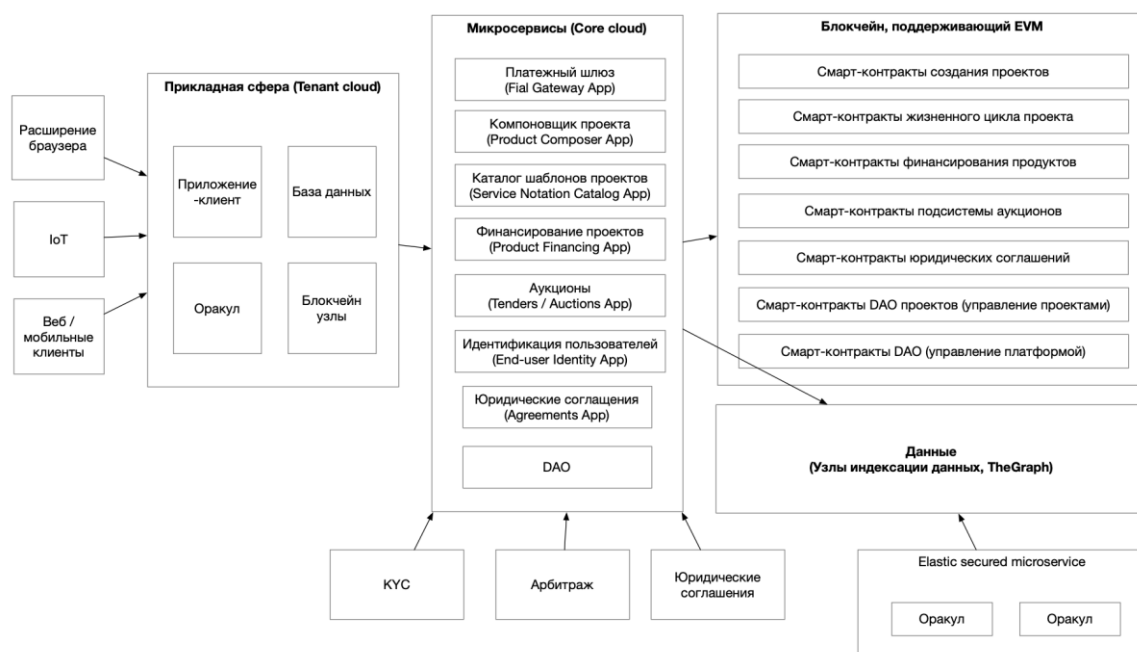


Рис. 1. Архитектура проекта

Рассмотрим ключевые компоненты архитектуры проекта, находящиеся на блокчейн-уровне. Смарт-контракты создания проектов обслуживают создание двух типов крипто-активов: токен шаблона сложного контракта и токен специализации сложного контракта. Смарт-контракты жизненного цикла проектов предназначены для фиксирования отдельных стадий проектов, начиная от создания сложного

контракта и заканчивая активной фазой реализации проекта. Смарт-контракты финансирования проектов предоставляют обмен фиатных средств на токен проекта по временным и количественным условиям, заданными создателем проекта. Смарт-контракты аукционов фиксируют этапы формирования специализации контракта, которая осуществляется в системе OpenProcurement. Смарт-контракты DAO (децентрализованная автономная организация) разделены на уровни администрирования проектов и управления платформой.

Уровень микросервисов платформы предоставляет ключевые API и модели данных, призванные управлять дополнительными прикладными аспектами платформы. Например, связывать текстовые представления комплексных предложений и контрактов со специализируемыми параметрами на основе OpenLaw. Для упрощения создания контрактов и выполнения ключевых операций над ними предназначены компоненты компоновщик проекта, каталог шаблона проектов, финансирования проектов. Компонент аукционов позволяет упростить создание и просмотр аукционов. На этом же уровне выполняется идентификация и проверка пользователей.

На уровне данных хранящаяся в смарт-контрактах, а также внешних сервисах информация индексируется, хранится и предоставляется в доступ участникам платформы посредством API. Индексация данных осуществляется посредством сервиса TheGraph. Участники платформы также имеют возможность запуска отдельного сервиса TheGraph для аудита данных.

Уровень прикладной сферы предназначен для расширения функционала ядра платформы специализированными сервисами экономической области. Участники платформы предоставляют вычислительные ресурсы для запуска блокчейн узлов, узлов индексации данных, приложения-клиента, специализированных оракул-сервисов.

### Литература

1. Juan Garay, Aggelos Kiayias, Nikos Leonardos. The Bitcoin backbone protocol: Analysis and applications // *Advances in Cryptology—EUROCRYPT 2015. Part II.* — Lecture Notes in Computer Science, vol. 9057. — Berlin, Heidelberg: Springer, 2015.
2. Iness Tyan, Mariemma I. Yague, Antonio Guevata-Plaza. Blockchain Technology for Smart Tourism Destinations. Concept paper—2020
3. Korže, S.Z. How Smart Tourism Embrace Blockchains and Smart Contracts. *Mednar. Inov. Posl. J. Innov. Bus. Manag.* 2019, 11, 32–40.
4. Nam, K.; Dutt, C.S.; Chathoth, P.; Khan, M.S. Blockchain technology for smart city and smart tourism: Latest trends and challenges. *Asia Pac. J. Tour. Res.* 2019, 1–15.
5. Treiblmaier, H.; Önder, I. The impact of blockchain on the tourism industry: A theory-based research framework. In *Business Transformation through Blockchain*; Palgrave Macmillan: Cham, Switzerland, 2019; pp. 3–21.
6. Rejeb, A.; Keogh, J.G.; Treiblmaier, H. The Impact of Blockchain on Medical Tourism. In *Proceedings of the WeB2019 Workshop on e-Business*, Munich, Germany, 14 December 2019.

## **СОЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ. ОБ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ НОВОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ.**

**Перез Чернов А. Х., Позняк Ю. В., Толсташов А. О.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: pereztchernov@bsu.by, pazniak@bsu.by, talst@bsu.by*

По мере расширения использования информационных технологий стало возможным массивно собирать и хранить записи взаимодействия пользователей как с друг другом, так и различными информационными системами. С течением времени подобные записи и промежуточные аналитические выводы начали взаимно обогащаться и объединяться. Обогащенные цифровые профили пользователей стали исходным материалом для планирования рекламных кампаний и выработки рекомендаций. Анализ больших данных давно стал важной (а во многих случаях ключевой) составляющей при принятии решений в крупных бизнесах и информационных площадках. Возможность численного анализа проявлений социального поведения позволило исследователям более широко тестировать различные гипотезы и выдвигать объясняющие теории. Однако, математические методы и инженерные инструменты традиционного анализа больших данных несколько отличаются от подходов, требуемых при анализе социальных эффектов и массового поведения. Помимо обычных для анализа данных дисциплин добавляется набор подходов из теории графов и статистической физики.

Конечным результатом работы социального инженера является постановка, обоснование и сопровождение социоинженерного продукта, который включает в себя построение алгоритмов сбора и анализа сырых данных из социальных сетей, классификации пользователей и их активностей, выделение сообществ, подбор соответствующей модели воспроизведения социальной динамики, проектирование и прогнозирование возможных сценариев развития социальной системы, разработка информационных систем и нормативных правил, влияющих на ее устойчивое развитие.

Прикладные задачи, в которых в последнее время подобный инженерный и математический аппарат нашел применение, включают: контроль распространения слухов и фейковых новостей в социальных сетях, проектирование маркетинговых кампаний, анализ долговременного влияния бренда на экономические показатели, электоральные и социальные кампании, анализ коллективного поведения участников рынков, распространение эпидемий, выявление явных и скрытых лидеров мнений.

Подготовки и переподготовки специалистов с подобным профилем в Беларуси пока нет. Смежные специальности открыты в России на уровне магистратуры (“Современный социальный анализ” Высшей школы экономики). Широко известны в русскоязычном пространстве циклы постоянно действующих семинаров и мероприятий, проводимых под руководством Словохотова Ю.Л., в том числе в МГУ и ИПУ РАН РФ. В США предлагаются магистерские и докторские программы по аналогичным специальностям (программы в “New England Complex Science Institute”, “Santa Fe Institute”, “George Mason University”, “Rochester Institute of Technology”, “University of South Carolina”). Отдельные профильные дисциплины преподаются на факультетах безопасности (направление “Counter organized crime and terrorism”) и на

факультете анализа данных в социальных науках в Великобритании (“University College London”, “Oxford Internet Institute”).

Открытие в Беларуси переподготовки по этой специальности преследует цель улучшить эффективность нормативно-регулирующего моделирования различных социальных и экономических процессов, более системно планировать работы с сообществами, усилить качество сопровождения странового и отраслевого экспорта. Выпускники также могут использовать полученные навыки при работе в контрольных, следственных, экспертно-криминалистических центрах, службах финансового контроля.

Предложено следующее содержание учебных дисциплин по специальности переподготовки “Социальные системы и анализ больших данных” [1 – 5].

В блок гуманитарных и социально-экономических дисциплин внесены “Менеджмент в организации” и “Социальная психология”.

В блок общепрофессиональных дисциплин внесены дисциплины: “Специализированные языки для анализа данных”, куда включены разделы по машинному обучению; “Облачные вычисления” на основе квалификационных требований AWS Certified Cloud Practitioner и AWS Certified Machine Learning; “Моделирование социальных явлений методами статистической физики”.

Дисциплины специальности включают “Агентное моделирование в социальных системах”, “Динамические процессы на графах”, “Критические явления в финансовых и социальных системах”, “Анализ социальных и новостных медиа”, “Геопространственные системы и их анализ”.

Устанавливаются следующие сроки получения образования: 6 месяцев в очной (дневной) форме получения образования, 16 месяцев в очной (вечерней) форме получения образования, 22 месяца в заочной форме получения образования. При обучении планируется использовать кадровый потенциал физического и механико-математического факультетов БГУ, организационно-технические возможности Института переподготовки и повышения квалификации БГУ, наработки кафедры социальной и организационной психологии факультета философии и социальных наук БГУ.

### Литература

1. S. Thurner, R. Hanel, and P. Klimek, Introduction to the theory of complex systems. London, England: Oxford University Press, 2018.
2. S. E. Page, The model thinker: What you need to know to make data work for you. London, England: Basic Books, 2019.
3. I. Katsov, Introduction to algorithmic marketing: Artificial intelligence for marketing operations. Ил Катсов, 2017.
4. A. Burkov, The hundred-page machine learning book. Andriy Burkov, 2019.
5. R. Kissell, Algorithmic trading methods: Applications using advanced statistics, optimization, and machine learning techniques, 2nd ed. San Diego, CA: Academic Press, 2020.
6. M. Lopez de Prado, Advances in financial machine learning. Nashville, TN: John Wiley & Sons, 2018.

# РАЗВЕРТЫВАНИЕ МИКРОСЕРВИСНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ HEROKU

**Рафеенко Е. Д., Кондратьева О. М., Соболева Т. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: rafeenko@bsu.by*

**Heroku** – облачная PaaS (platform as a service)-платформа, поддерживающая ряд языков программирования, в том числе Java [1]. Она позволяет выложить Java приложение на бесплатный хостинг. Heroku имеет бесплатный тарифный план, который позволяет загружать не более 5 приложений на один аккаунт и, если приложение не активно в течение 30 минут, оно переводится в спящее состояние. Список поддерживаемых языков также включает Node.js, Scala, Clojure, Python, Go, Ruby, PHP. В данной работе рассматриваются особенности развертывания приложения с микросервисной архитектурой на платформе Heroku. В Heroku все приложения выполняются в легковесных Linux контейнерах, которые называются dynos. Каждый dyno принадлежит к одному из объявленных типов процессов и выполняет команду запуска, связанную с этим типом процесса. Эта команда описывается в специальном файле (Procfile). В частности, Web dynos принадлежат типу Web- процесс. Они получают весь HTTP трафик от маршрутизаторов. Также существуют рабочие dynos, предназначенные для выполнения длительных фоновых задач.

Развертываемое микросервисное приложение разработано с помощью фреймворка Vert.x. Eclipse Vert.x – это проект с открытым исходным кодом от Eclipse Foundation, который предоставляет удобную модель для построения микросервисов [2]. Vert.x имеет API для разработки асинхронных сетевых приложений, можно подобрать необходимые модули для приложения: взаимодействия с БД, мониторинга, аутентификации, логгирования, обнаружения сервисов и т.д. Vert.x – платформа полиглот, поддерживает ряд языков, использующих JVM.

Основные понятия, которые использует Vert.x – это verticle (вертикаль) и event bus (шина событий), позволяющая вертикалям взаимодействовать между собой. Вертикаль – единица развертывания в Vert.x, она обрабатывает входящие события, приходящие в event loop, такие как получение входящих сетевых буферов или сообщений от других вертикалей.

Для того чтобы развернуть микросервисное vert.x приложение в облачном сервисе Heroku необходимо выполнить следующие шаги.

1. Зарегистрироваться на сайте heroku.com.
2. В личном кабинете создать новое приложение: New -> Create new app, указать имя приложения и выбрать регион (Europe).
3. Т.к. приложение будет использовать базу данных, то ее нужно создать в Heroku. Бесплатно и без верификации cloud-провайдер поддерживает Postgres базу данных. Heroku также предоставляет возможность бесплатного использования других СУБД, например, MySQL, но для того чтобы их подключить необходимо ввести данные платежной карты для верификации (в том числе и для бесплатного тарифного плана).

Для создания базы данных нужно выбрать вкладку Resources созданного приложения, нажать кнопку Find more add ons и найти нужное дополнение. После создания базы данных имя пользователя, пароль и имя базы данных можно найти на вкладке Resources.

4. Heroku при развертывании приложения использует Maven, поэтому микросервисное vert.x приложение лучше создавать как Maven проект, добавив в pom.xml файл все необходимые зависимости.

5. Heroku при развертывании приложения использует Procfile. Его необходимо добавить в корень приложения (на одном уровне с pom.xml). Для vert.x микросервиса Procfile выглядит следующим образом:

```
web: java $JAVA_OPTS -Dhttp.port=$PORT -jar target/*-fat.jar
```

6. Heroku поддерживает развертывание приложений через GitHub. Поэтому развертываемое приложение необходимо выложить на GitHub, а на вкладке Deploy в личном кабинете Heroku подключиться к GitHub.

После успешного развертывания приложение будет доступно по url:

```
http://your-app-name.herokuapp.com/
```

Для удобства работы рекомендуется установить на свой компьютер консоль Heroku. В частности, с помощью CLI можно просматривать поток вывода логгера приложения: `heroku logs -a your-app-name -t`

Таким образом, в работе рассмотрена общая информация о разработке микросервисного приложения с помощью фреймворка Vert.x и его развертывании на облачной платформе Heroku. Поскольку приложение состоит из нескольких микросервисов, то представляет интерес организация их взаимодействия между собой. Полноценный поиск сервисов (Service Discovery) в Heroku можно организовать в Heroku Private Space. Private Space – это выделенный контекст для работы dynos - процессов и определенных дополнений (add ons) в изолированной сети. Но доступна такая возможность только на платной платформе Heroku Enterprise. В рамках стандартных возможностей vert.x микросервисы могут отсылать друг другу запросы, используя RESTful API. Также удобным средством взаимодействия может быть брокер сообщений. В частности, в Heroku доступно дополнение RabbitMQ – это программный брокер сообщений на основе стандарта AMQP. После подключения данного дополнения к каждому микросервису, становится возможен обмен сообщениями между ними.

### Литература

1. Heroku DevCenter [Electronic resource]. – Mode of access: <https://devcenter.heroku.com>. – Date of access: 21.01.2021.

2. Vert.x documentation [Electronic resource]. – Mode of access: <http://vertx.io/docs/>. – Date of access: 14.03.2021.

# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА eLAB ДЛЯ ШИРОКОГО КРУГА ПРИМЕНЕНИЙ

**Сытова С. Н., Дунец А. П., Коваленко А. Н., Черепица С. В.**

*Институт ядерных проблем БГУ, Минск, Беларусь, sytova@inp.bsu.by*

В докладе дается обзор информационной системы (фреймворка) eLab на основе свободного программного обеспечения (СПО), а также оригинальных программных инструментов, разработанных в ее рамках – автоматического импорта/экспорта данных, полнотекстового поиска, многоуровневой системы сортировки и фильтрации, «дерева предприятий» и др.

Выбор за основу СПО объясняется возможностью обеспечения валидации, верификации и сертификации разрабатываемых программных продуктов, поскольку исходные коды СПО, а также техническая документация, описывающая архитектуру продукта, протоколы и стандарты взаимодействия находятся в открытом доступе и доступны заказчику. Хорошо известно, что проприетарное ПО (коммерческое – например, продукты компании Microsoft) потенциально может содержать скрытые (незадекларированные) возможности, вызывающие, например, проблемы при повышенных требованиях к безопасности информации.

Фреймворк eLab [1] является системой клиент-серверной архитектуры, работающей под управлением операционных систем Windows и Linux класса лабораторная информационная система с элементами электронного документооборота на основе свободного программного обеспечения. В настоящий момент это – Debian GNU/Linux, Web-server Apache 2.4, сервер баз данных Firebird 2.5.6, сервер приложений PHP 7.3. Работа осуществляется через Web-интерфейс в многопользовательском режиме с разделением прав доступа посредством стандартных браузеров: Mozilla Firefox, Google Chrome, Microsoft Edge и др.

Фреймворк eLab реализован для широкого круга приложений: от контроля качества и управления запасами различных материалов (горюче-смазочные материалы, мясо-молочная промышленность, энергетика, медицина) до учета и надзора в области ядерной и радиационной безопасности, развития образовательных технологий, что означает, что система – легко модифицируемая и адаптируемая под условия проекта.

В частности, для эффективной реализации функций регулятора в области ядерной и радиационной безопасности – Департамента по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Госатомнадзор) – в 2016–2020 гг. разработана и внедрена Интеллектуальная информационная система сотрудника Госатомнадзора (ИИСН ГАН) для обеспечения контроля (надзора) в области ядерной и радиационной безопасности на основе фреймворка eLab (система eLab-Control), эксплуатация которой подтвердила корректность ее функционирования, устойчивость и надежность в работе. Система работает без сбоев, полностью гарантирует защиту от несанкционированного доступа, обладает высокой скоростью отклика на пользовательские запросы, обеспечивает наглядность и доступность информации, что существенно упрощает работу пользователей, не допуская их к излишней информации. В настоящее время с помощью ИИСН ГАН в Республике Беларусь на уровне регулирующего органа

ведется весь учет источников ионизирующего излучения, учет ядерного материала с отчетностью перед МАГАТЭ, надзор за строительством Белорусской атомной станции. На рис. 1 приведена экранная копия Модуля №1 ИИСН ГАН.

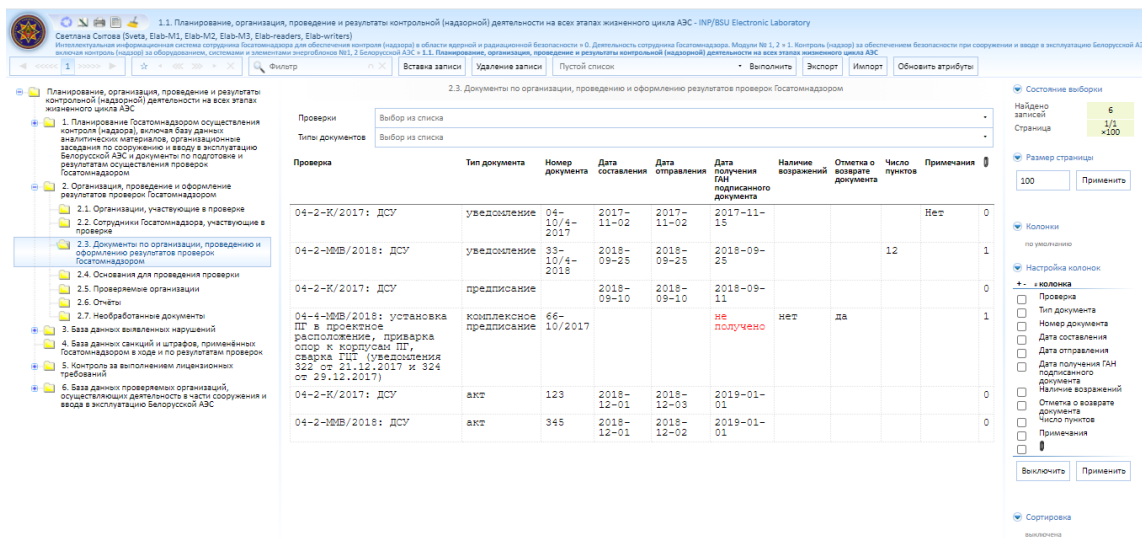


Рис. 1. Экранная копия Модуля №1 ИИСН ГАН

В рамках работы над ИИСН ГАН разработаны алгоритмы и программно реализованы:

- 1) углубленная спецификация кода ядра и баз данных системы с целью обеспечения общего системного подхода к получению и редактированию данных в БД;
- 2) собственная система элементов управления пользовательского интерфейса, включая специальные кнопки, в том числе для отправки электронных сообщений и проверки данных в государственных интернет-реестрах;
- 3) несколько уровней сортировки и фильтрации записей;
- 4) декларативный язык разметки для импорта сложных форм и данных из файлов Excel, текстовых файлов со специальными метками с указанием координат для динамических и статических данных;
- 5) модуль обработки входящей почты и вложенных в нее файлов;
- 6) система формирования итоговых документов по установленным образцам с возможностью пользователю вносить изменения в шаблоны;
- 7) «статистические» отчеты, система оповещений, журнал изменений;
- 8) инструмент «Дерево предприятий»;
- 9) полнотекстовый поиск по документам.

ИИСН ГАН может быть предложена МАГАТЭ в качестве интеллектуальной информационной системы регулирующего органа для обеспечения ядерной и радиационной безопасности, поскольку она полностью соответствует и реализует положения основных базовых документов МАГАТЭ в данной области [2–5].

В 2014 – 2018 гг. на основе фреймворка eLab создана оригинальная белорусская система управления контентом учебно-научного портала eLab-Science и электронный портал ядерных знаний BelNET <https://belnet.bsu.by/>. На основе eLab-Science также созданы электронные порталы научной направленности – портал в области информационных технологий и аналитической химии eLab <https://elab.bsu.by/> и портал в области нанотехнологий CoExAN <https://coexan.bsu.by/>.



Система управления контентом eLab-Science предоставляет возможность удаленной правки структуры портала и занесения документов, включая ввод текста, формул в LaTeX-подобной форме, загрузки ссылок, различных типов файлов, картинок, видео, а также средства поиска и фильтрации материалов и несколько уровней доступа к документам в зависимости от прав пользователей. В настоящее время контент портала содержит порядка полутора тысяч оригинальных документов, в том числе лекций и лабораторных работ, разработанных специально для портала лучшими преподавателями Республики Беларусь в области ядерных знаний.

Поиск в интернете по запросу «портал ядерных знаний» дает ссылки на корпоративные сайты национальных регуляторов в области ядерной и радиационной безопасности, либо сайты, созданные под эгидой отдельных корпораций (например, Росатома), либо международные порталы, созданные под эгидой МАГАТЭ. Также поиск по запросу «портал ядерных знаний» выдает в первых строках ссылки на электронный портал BelNET (см. рис. 2).

Дальнейшее развитие BelNET происходит в том числе через создание в его рамках информационной архивной онлайн-системы для быстрой бесплатной свободной публикации в интернете в электронном архиве материалов (черновиков статей, предпубликаций, научных отчетов, технической информации и т.д.) в области атомной энергетики, ядерных исследований и технологий.



Рис. 2. Портал BelNET

## Литература

1. Информационная система eLab для аккредитованных испытательных лабораторий / С. Н. Сыгова [и др.]. // Информатика. – 2017. – № 55. – С. 49-61.
2. Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources. IAEA/CODEOC/2004. – Вена: МАГАТЭ, 2004. – 122 с.
3. Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources. IAEA/CODEOC/IMO-EXP/2012. – Вена: МАГАТЭ, 2012. – 135 с.
4. Nuclear Material Accounting Handbook. IAEA Services Series No. 15. – Вена: МАГАТЭ, 2008. – 82 с.
5. Contents, format and structure of reports to the Agency. SG-FM-1172. – Вена: МАГАТЭ 2011. – 18 с.

**СЕКЦИЯ 4.  
АНАЛИЗ ДАННЫХ,  
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ  
И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

# ВЛИЯНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ПРОТЕЗОМ: КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Босяков С. М.<sup>1)</sup>, Назаренко Д. В.<sup>1)</sup>, Рубникович С. П.<sup>2)</sup>, Мулик П. С.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Белорусский государственный университет, Минск

<sup>2)</sup> Белорусский государственный медицинский университет

<sup>3)</sup> Белорусская медицинская академия последипломного образования

При полном отсутствии зубов нижней челюсти съёмные протезы с фиксацией на имплантатах позволяют эффективно восстановить жевательную функцию. Преимуществами использования таких протезов являются их хорошая стабилизация и жевательная функция, достаточное комфортное ношение, а также высокие показатели выживаемости имплантата после установки съёмного протеза.

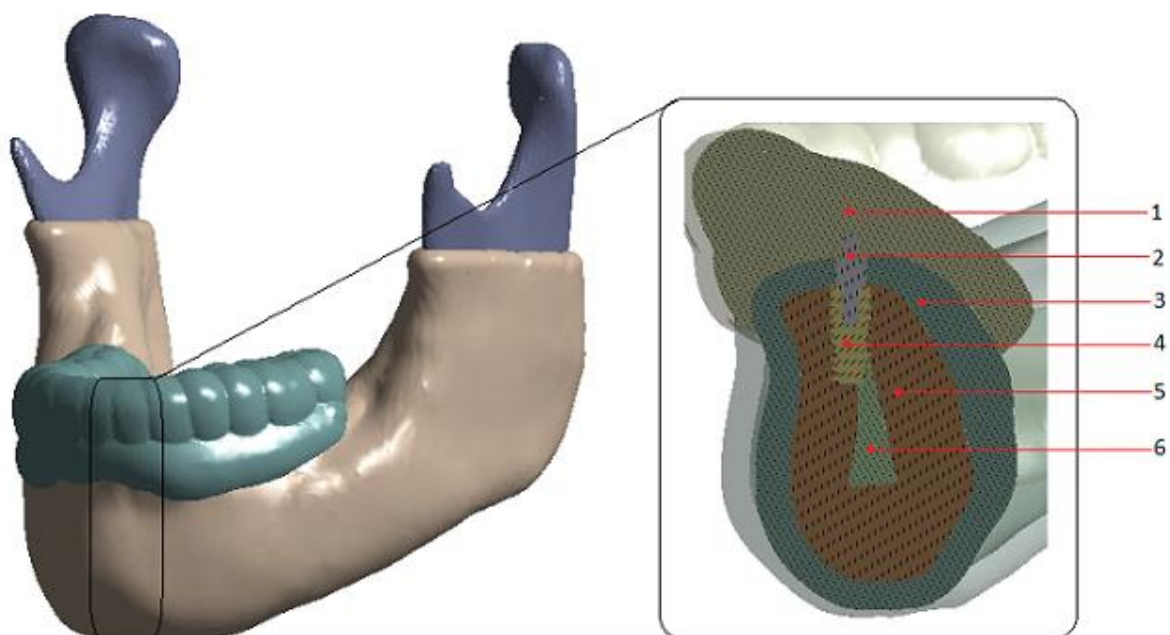
**Материалы и методы.** Для построения твердотельной модели нижней челюсти и зубочелюстного протеза использовались соответствующие данные компьютерной томографии. Обработка данных осуществлялась в пакете Mimics 13 (Materialise, Leuven, Belgium) с учетом губчатой и кортикальной костной ткани, а также слизистой оболочки. В среднем толщина слизистой оболочки составляет 3,0 мм. Моделирование имплантатов со сферическим соединением выполнено в пакете SolidWorks 2020 (Dassault Systems, France). Длина имплантата, диаметр сферического элемента, высота соединения составили 10,0 мм 4,2 мм и 9,4 мм соответственно. Модель нижней челюсти с установленным протезом на два имплантата представлена на рисунке 1.

Физико-механические свойства для элементов модели в соответствии с данными [1]-[5] представлены в таблице 1.

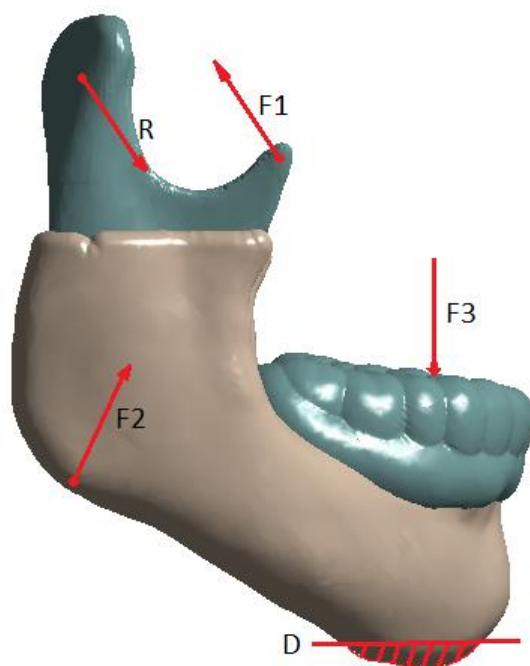
Табл. 1. Физико-механические свойства материалов модели.

Материал	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона
Губчатая костная ткань	1 370,0	0.30
Кортикальная костная ткань	13 700,0	0.30
Слизистая оболочка	19,6	0.30
Имплантат, атachment (абатмент)	110 000,0	0.35
Протез (акрил)	8300,0	0.28

Граничные условия заключаются в фиксации модели в области подбородка, суммарном усилии жевательной и внутренней крыловидной мышцы, жевательной нагрузке, прикладываемой к протезу, усилении височной мышцы, реакции в суставе [6]. Между элементами модели задаётся контакт типа Bonded. Граничные условия обозначены на рисунке 2.



*Рис. 1. Компоненты твердотельной модели зубочелюстной системы: 1 – протез, 2 – абатмент, 3 – слизистая оболочка, 4 – имплантат, 5 – кортикальная костная ткань, 6 – губчатая костная ткань*



*Рис. 2. Граничные условия для модели нижней челюсти с установленным протезом: F1 – усилие височной мышцы, F2 – суммарное усилие жевательной и крыловидной мышцы, F3 – жевательная нагрузка, R – реакция в суставе, D – область фиксации модели*

**Заключение.** Разработана твердотельная модель нижней челюсти человека с учетом распределения губчатой и кортикальной костной ткани, а также моделей зубных имплантатов и зубного протеза. На основе этих моделей выполнено конечно-элементное моделирование протезирования зубочелюстной системы при полном эдентулизме с опорой на шаровидные имплантаты. Проведен расчет напряженно-деформированного состояния конечно-элементной модели нижней челюсти с зафиксированным на двух шаровидных имплантатах протезом под действием распределенной нагрузки, соответствующей нагружению нижнего зубного ряда при жевании.

#### **Литература**

1. Bozkaya D., Muftu S., Muftu A. Evaluation of load transfer characteristics of five different implants in compact bone at different load levels by finite elements analysis // *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2004. Vol. 92. P. 523-530.
2. Chun H.J., Park D.N., Han C.H. Stress distribution in maxillary bone surrounding overdenture implants with different overdenture attachments // *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005. Vol. 32. P. 193-205.
3. Moldoveanu S.A.B., Munteanu F., Forna N.C. Impact of implant-retained mandibular overdenture on oral mucosa - a finite element analysis // *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*. 2020. Vol. 12, No. 1. P. 6-12.
4. Grandin H.M., Berner S., Dard M. A review of titanium zirconium (TiZr) alloys for use in endosseous dental implants // *Materials*. 2012. Vol. 5. P. 1348-1360.
5. Darbar U.R., Huggett R., Harrison A. Finite element analysis of stress distribution at the toothdenture base interface of acrylic resin teeth debonding from the denture base // *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1995. Vol. 74. P. 591-594.
6. Дударь, О.И. Определение усилий в жевательных мышцах при центральной окклюзии / О.И. Дударь, Д.И. Бобина, А.И. Ляшкова. – Пермь: ПНИПУ, 2016.

# ИТЕРАЦИОННЫЕ СХЕМЫ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В РЕАЛИЗАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА ЧЕБЫШЕВА ДЛЯ ДВУМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА.

**Волков В. М.<sup>1)</sup>, Мацулевич Е. И.<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: v.volkov@tut.by,*

<sup>2)</sup> *Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь*

Рассмотрим задачу Дирихле для двумерного уравнения Пуассона в прямоугольной области:

$$\frac{\partial}{\partial x} k(x, y) \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k(x, y) \frac{\partial u}{\partial y} = Q(x, y), \quad (1)$$

$$u(x = \pm 1, y) = u(x, y = \pm 1) = 0. \quad (2)$$

Для численного решения данной задачи используем спектральный метод на основе полиномов Чебышева [1]. На сетке чебышевских узлов

$$\omega_h = \left\{ (x_k, y_m), x_k = y_m = \cos \frac{k\pi}{N+1}, k = \overline{1, N}, m = \overline{1, N} \right\} \quad (3)$$

исходная дифференциальная задача (1) – (2) сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений

$$Av = q, \quad (4)$$

где матрица  $A$  имеет вид:

$$A = K \cdot (I \otimes D^2 + D^2 \otimes I) + K_x \cdot I \otimes D + K_y \cdot D \otimes I. \quad )$$

Здесь  $A \otimes B$  – Кронекеровское произведение матриц,  $D$  и  $D^2$  – матрицы спектрального дифференцирования Чебышева размерности  $N \times N$  первого и второго порядка соответственно, учитывающие нулевые краевые условия [1,2],  $I$  – единичная матрица такой же размерности,  $K, K_x, K_y$  – диагональные матрицы размерности  $N^2 \times N^2$ , содержащие значения функции  $k(x, y)$  и ее частных производных по  $x$  и  $y$  соответственно в узлах сетки (3), упорядоченных по столбцам.

Для решения системы уравнений (4) используем итерационный метод би-сопряженных градиентов с переобусловливателем. В рамках данного метода сравним два типа переобусловливателей, построенных на основе спектральной и разностной аппроксимации дифференциального оператора задачи (1), (2) с постоянными коэффициентами – матрицы  $A_{SP}$  и  $A_{FD}$  соответственно, а также дополнительной диагональной матрицы коэффициентов задачи, по принципу переобусловливателя Якоби. Диагональный переобусловливатель может быть применен к системной матрице  $A$  и правой части (4) до начала вычислений. Для реализации переобусловливателей  $A_{SP}$  и  $A_{FD}$  сравним методы переменных направлений (Alternative directions implicit, ADI) [3] и метод неполной LU факторизации (iLU).

Результаты численных экспериментов, касающиеся сравнения эффективности итерационных алгоритмов с использованием переобусловливателей на основе метода переменных направлений и неполной LU факторизации, представлены на рисунках 1, 2.

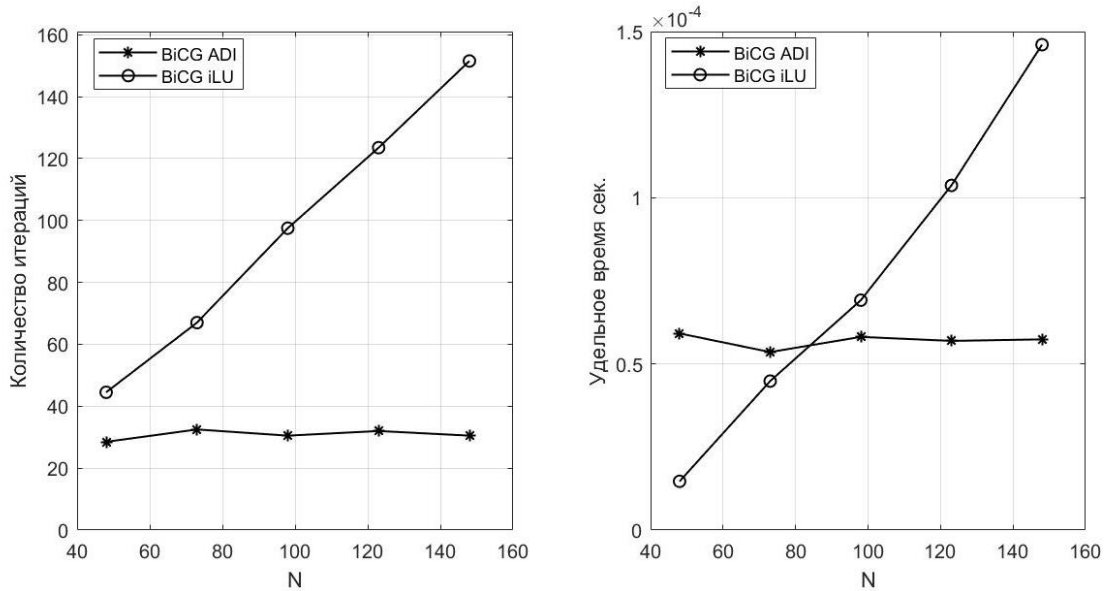


Рис. 1. Зависимость количества итераций и удельного времени на один узел сетки при использовании переобусловливателя на основе матрицы  $A_{FD}$ .

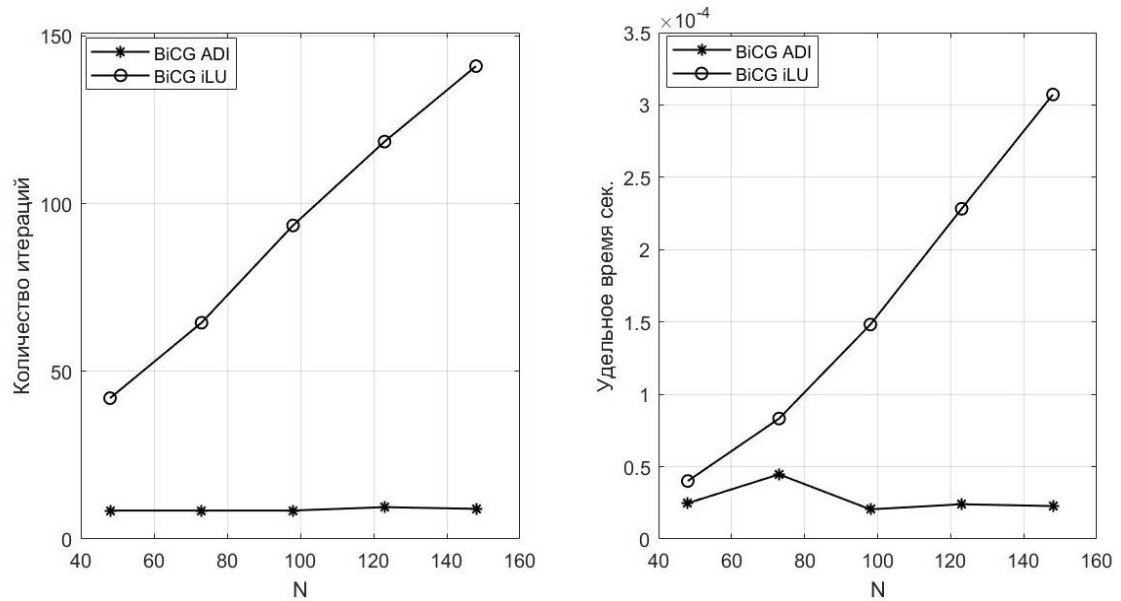


Рис. 2. Зависимость количества итераций и удельного времени на один узел сетки при использовании переобусловливателя на основе матрицы  $A_{SP}$ .

Коэффициенты задачи (1),(2) задавались в виде  $k(x, y) = \exp(-s(x^2 + 2y^4))$ ,  $f(x, y) = 1$ .

Как видно из представленных результатов, схема переменных направлений обеспечивает существенные преимущества итерационного метода би-сопряженных градиентов по сравнению с методом на основе неполной LU факторизации, при этом отмеченные преимущества возрастают с ростом количества узлов сетки  $N$ .

Эффективность переобусловливателя на основе матрицы  $A_{SP}$  наблюдается только в сочетании с методом переменных направлений. В случае iLU он проигрывает из-за более трудоемкой реализации по сравнению с  $A_{FD}$ . Несмотря на то, что компоненты матрицы  $A_{FD}$  трехдиагональные, за счет более быстрой сходимости метода с переобусловливателем в виде матрицы  $A_{SP}$ , имеющей полные компонентами аддитивного представления, в последнем случае обеспечивается более эффективная реализация спектральной схемы.

Отметим, что матрицы разностного и спектрального дифференцирования для задачи (1) – (2) с постоянными коэффициентами при любом сколь угодно большом количестве узлов сетки (3) удовлетворяет следующей оценке [4]:

$$1 \leq \|A_{FD}^{-1}A\| \leq \pi^2 / 4 \quad (5)$$

Оценка (5), согласно [5], позволяет рассматривать матрицу разностного дифференцирования  $A_{FD}$  наряду с  $A_{SP}$  в качестве спектрально-оптимального переобусловливателя для матрицы системы (4).

Представленные результаты показывают, что для реализации спектральных методов наряду с переобусловливателем в виде разностного аналога дифференциального оператора [4] может быть использована и спектральная матрица дифференцирования совместно с диагональным переобусловливателем Якоби и методом би-сопряженных градиентов в общем несимметричном случае оператора задачи. В рассмотренном примере использование в качестве переобусловливателя  $A_{SP}$  вместо  $A_{FD}$ , позволило вдвое сократить время реализации спектрального метода, и при этом суммарное количество итераций не зависело от количества узлов сетки.

#### Литература

1. Trefethen L.N. Spectral Methods in MATLAB. Philadelphia: SIAM, 2000.
2. Weideman J.A., Reddy S.C. A MATLAB differentiation matrix suite // ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS). 2000. Т. 26. №4. Р. 465–519.
3. Самарский А. А., Николаев Е. С. Методы решения сеточных уравнений. М.: Наука, 1978. — 532 с.
4. Orszag S. A. Spectral methods for problems in complex geometrics // Numerical methods for partial differential equations. – Academic Press, 1979. – С. 273-305.
5. Дьяконов, Е. Г. Минимизация вычислительной работы. Асимптотически оптимальные алгоритмы для эллиптических задач / Е. Г. Дьяконов. – М.: Наука, 1989. – 272 с.



# СОРЕВНОВАНИЕ-ЭСТАФЕТА: КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПАРАДИГМЕ

Гладких И. Ю., Привалов А. Н.

*ТГПУ им Л.Н.Толстого, Тула, Россия, e-mail: gladkihiu@gmail.com*

В современном мире зачастую различная деятельность людей является конкурентной борьбой между отдельными людьми и группами людей (команды, фирмы, государства и т. п.), причем зачастую это не бинарное, а противостояние множества сторон. Это, к примеру, и спортивные соревнования, и разработка каких-либо технологий коммерческими фирмами, и организация каких-либо предприятий, и перевооружение войск, и под это же определением можно рассматривать даже обычную коммерческую деятельность. В то же время целью этой деятельности, хотя и проходящей в конкурентной борьбе, не является само противостояние. При этом процесс достижения цели неоднороден, условия его проведения изменчивы, включая не только внешние, но и сами правила его проведения, а кроме того, для достижения поставленной цели зачастую необходимо выполнить ряд задач. Таким образом, эти процессы можно разделить на этапы, внутри которых четко определены задачи (цели этапов) и до определенного уровня с некоторыми допущениями условия (как внешние, так и правила проведения самого процесса) статичны. При этом мы понимаем, что в практической деятельности невозможно определить вероятность какого-либо события в 100%, а значит так или иначе мы рассматриваем в некоторой степени случайные процессы. Подводя итог всему выше сказанному, мы получаем задачи, рассматриваемые в теории игры, а именно соревнование эстафету. При этом опять-таки из-за практической природы описываемых процессов, характеристики, описывающие случайные элемент, зачастую получены в большей из наблюдений по предыдущему опыту и представлены в виде таблицы частот каких-либо событий, в результате мы лишь с некоторой долей уверенности можем сказать согласно какому закону распределения значений случайной величины будет верно предсказать возможные результаты процессов. Кроме того, обычно количество этапов в процессе (включая «подэтапы») достаточно велико. Таким образом, мы получаем задачу трудно поддающуюся чисто обработке чисто математическому аппарату. Однако с применением современных информационно-технических средств при должной подготовке данных можем получать достаточно точные результаты в приемлемые сроки со множеством различных условий, т. е. даже осуществить некоторый подбор или уточнение условий для наибольшей вероятности успеха у одного из конкурирующих субъектов.

Итак, нам будет необходимо выделить субъекты, конкурирующие между собой, в дальнейшем будем называть их игроками, их стартовые позиции и какую цель они пытаются достичь в конкурентной борьбе. Если процесс является непрерывный и не является конечным, то представим его как итерационный и будем рассматривать отдельную итерацию. Сами рассматриваемые процессы назовем прохождением от стартовых условий к поставленной цели или просто прохождением. При этом четко выделить отдельные этапы и их последовательность внутри этого процесса. Стоит так же отметить, что у одного и того субъекта для достижения цели последовательность, как и перечень этапов могут различаться тогда необходимо будет определить условия,

влияющие на выбор следующего Этапа. В то же время необходимо учитывать, что во многих описанных случаях успехом является не факт наискорейшего достижения поставленной цели, но факт достижения этой цели с наименьшими в сравнении с конкурентами потерями каких-либо ресурсов, а значит необходимо определить условия достижения успеха.

Сразу оговорим, что здесь мы не рассматриваем случаи, когда игроки влияют на прохождения друг друга. Т. е. мы говорим о независимых прохождениях.

Так как саму модель мы будем обрабатывать с помощью ЭВМ, то для удобства ее исполнения время в ней представим дискретной величиной, минимальной единицей которого будет раунд – интервал времени, за который все игроки совершают одну единственную попытку завершить этап. Однако на практике игроки не обязаны предпринимать попытки с одинаковой скоростью, и за один и тот же промежуток реального времени в реальности один из игроков может совершить несколько попыток завершения этапа, в то время как другой игрок не предпримет или не завершит до конца и единственной попытки. Поэтому раундом будем называть такой максимально продолжительный интервал времени, за который любой из игроков мог завершить не более одной попытки. И при таких формулировках в случае отсутствия в раунде попытки каким-либо игроком, говорим, что в модели игрок предпринял попытку с нулевым успехом.

Будем считать, что на каждом этапе по завершению раунда можно выдать некоторую числовую характеристику попытки игрока на данном этапе. Это может быть процент выполненных работ, эффективность предпринятых действий, величина совпадения полученного результата и желаемого и т. д. Для удобства оперирования будем представлять ее в процентном соотношении, где 0% - задача полностью не выполнена и 100% - задача полностью выполнена. Так для транспорта, перевезшего 5 тонн угля из требуемых 20 эта числовая характеристика будет 25%.

И так, в итоге мы получаем следующую формализованную картину. Для каждого Игрока определена некоторая карта маршрута из стартовых условий к поставленной цели, разделенная на пронумерованные этапы. Сами этапы не обязательно упорядочены, но номера их однозначно идентифицируют. По своей сути эта карта представляет из себя взвешенный ориентированный граф, при прохождении которого в каждой вершине определена некоторая функция, определяющая выбор следующей вершины. В качестве веса могут выступать затраты на этапе. В графе четко определены стартовая и «целевая» вершины, т. е. те условия, при которых начинается конкурентный процесс и завершается. В общем говоря, это граф с петлями и таким образом функция вершины может выбрать следующей вершину ту же, из которой была вызвана, а вес повторной попытки может отличаться от веса первой попытки, т.е. весом обладают ребра но не вершины, случаи, когда каждая попытка может иметь свой уникальный вес пока рассматривать не будем. Однако, для удобства будем представлять граф как граф без петель, а функцию вершины разделим на две:

1) функция прохождения этапа, которая отвечает за определение факта завершения процесса на текущем этапе и для не целевой вершины, необходимость перехода к следующему этапу-вершине, а также учет веса повторной попытки

2) функция перехода - выбора следующего этапа.

Обе функции оперируют числами. В общем случае функция определения следующего в качестве параметров берет числовую характеристику текущего раунда игрока. Так же параметрами этой функции могут выступать номер текущего раунда и

итерации в текущем этапе для случаев со сложными условиями, перехода в которых участвуют принимается во внимание не только результат попытки, но и количество пройденных раундов или предшествующих попыток. Возвращает функция номер следующего этапа.

Обе функции до некоторой степени имеют случайную природу. И если функция перехода для всех случаев рассмотренной задачи уникальна и в общем случае рассматривается по принципу черного ящика, кроме случаев с моновариантными маршрутами, то функция прохождения этапа для различных случаев все же имеет ряд общих черт.

В зависимости от описываемой практической задачи функция прохождения этапа может соответствовать марковскому или полумарковскому процессу. Так при заключении договора или совершении крупной единоразовой продажи не будет важно сколько раз ранее было предпринято попыток, важен лишь одновременный успех, что соответствует марковскому процессу. В противовес чему каждая попытка добычи ресурсов может приносить некоторую сумму ресурсов, которые необходимо потом будет транспортировать, тем самым прервав текущий этап, это, к примеру, вылов водных биологических ресурсов, что представим как полумарковский процесс. Данная функция опирается на таблицу частот или таблицу вероятностей, описывающих результативность игрока на текущем этапе. Таблицы эти получаются путем сбора статистических данных по деятельности и результативности игрока в условиях аналогичных текущему этапу или достаточно приближенных к ним. Благодаря аппарату математической статистики и теории вероятности есть возможность заменить эти табличные данные аналитическими – законом распределения значений случайной величины. То же самое возможно в случае аппроксимации результатов игрока.

В итоге мы видим структуру исходных данных модели представленную ниже.

#### **Структура исходных данных компьютерной модели**

##### ❖ Количество игроков

- Имя  $I$ -ого игрока
- Количество этапов эстафеты для  $I$ -ого игрока
  - Имя  $J$ -ого этапа  $I$ -ого игрока эстафеты
  - Вес этапа
  - Вес повтора этапа

*<Таблица возможных результатов игры для  $J$ -ого этапа>*

- Количество строк в таблице возможных результатов (ТВР)  $J$ -ого этапа

*<К-ая строка ТВР >*

- Закон распределения случайных чисел
- Левая граница диапазона генерации случайного числа
- Правая граница диапазона генерации случайного числа
- Общая доля от всего диапазона всевозможных значений результатов игры для  $J$ -ого этапа

Очевидно, что подобные решения повышают точность результатов пропорционально количеству завершенных моделирований. С учетом применения на множестве больших данных (как говорилось ранее на малом количестве исходных условий оптимальным будет чисто аналитический подход без проведения вычислительных экспериментов). А значит предвидится и значительный объем

вычислений. А значит программную реализацию модели стоит рассматривать в парадигме параллельного программирования.

Определим последовательность вычислений при разных декомпозициях. При декомпозиции отдельными экспериментами, очевидно, локальные вычисления совпадают с последовательным алгоритмом, элемент параллелизма связан лишь с рассылкой начальных данных и сбором результатов. При декомпозиции по командам определим следующую последовательность локальных вычислений (без учета рассылки и сборки данных, а также без контроля избыточности вычислений):

- 1) эмуляция раунда для отдельной команды
- 2) эмуляция раунда для всех команд, включает итерации этапа 1
- 3) эмуляция всех этапов для всех делегированных команд, включает итерации этапа 2
- 4) эмуляция делегированное количество экспериментов, включает итерации этапа 3

Если в шагах 2 и 4 цикл по счётчику (количество команд и количество экспериментов соответственно), то в шаге 3 цикл по условию завершения одной из команд эстафеты.

При декомпозиции по этапам определим следующую последовательность локальных вычислений (без учета рассылки и сборки данных, а также без контроля избыточности вычислений):

- 1) эмуляция отдельного раунда для отдельной команды
- 2) эмуляция отдельного этапа отдельной команды, включает итерации этапа 1
- 3) эмуляция одного этапа для всех команд, включает итерации этапа 2
- 4) эмуляция всех делегированных этапов для всех команд, включает итерации этапа 3
- 5) эмуляция делегированное количество экспериментов, включает итерации этапа 4

Если в шагах 3, 4 и 5 цикл по счётчику (количество команд, количество этапов и количество экспериментов соответственно), то в шаге 2 цикл по условию завершения этапа.

Инициировать процесс определения победителей по локально доступным данным на процессоре можно при завершении вычислений отдельного игрока или отдельного этапа при соответствующих декомпозициях или по завершению вычислений всей выделенной доли эмуляции в отдельном эксперименте.

В случае контроля избыточных вычислений на основе внешних данных при декомпозиции по этапам контроль можно проводить либо перед новым раундом, либо перед переходом к новому игроку, либо перед вычислением нового этапа, во всех случаях до первого сообщения о победителях. В тоже время контроль влияет на количество доступных «все еще не проигранных» эмуляций раундов внутри этапов, однако влияет на сам факт необходимости эмуляции какого-либо этапа для конкретного игрока, так как при определенных условиях игроки не победители просто не смогли бы добраться до этих этапов до завершения эстафеты. Однако определить данный факт в эксперименте возможно лишь по факту завершения вычислений предшествующих этапов и в сверке с количеством раундов у игроков-победителей, что при декомпозиции по раундам очевидно является не оптимизируемой задачей и избежать избыточных вычислений в общем случае невозможно. Таким образом, декомпозиция вычислений по этапам эстафеты не только накладывает жесткое ограничение на одинаковое количество этапов в каждом маршруте, но и подразумевает обязательные избыточные вычисления.

В то же время декомпозиция по отдельным эмуляциям (экспериментам) не подразумевает и не нуждается в контроле избыточных вычислений сопряжённых с передачей данных от процесса к процессу, одновременно с этим элемент локального контроля избыточности вычислений, по сути, дублируется в каждом из вариантов декомпозиции. Значит при выборе параллельных реализаций решения задачи эмуляции эстафеты с моновариантным маршрутом выбор должен быть сделан в сторону декомпозиции по отдельным эмуляциям эстафеты, как не требующему дополнительного взаимодействия между процессами. В то же время если необходимо произвести декомпозицию задачи внутри отдельных экспериментов, то декомпозиция по раундам в общем случае несет в себе избыточные вычисления, а значит выбор должен быть в таком случае в сторону декомпозиции по игрокам.

Очевидно, что декомпозиция по раундам не эффективна, так как количество раундов заранее не известно и, что важнее, заранее не известно расположение команд на маршруте по сегментам в каждый конкретный раунд. Таким образом декомпозиция по раундам подразумевает излишние вычисления, существенно превышающие другие варианты декомпозиции. В то же время декомпозиция по командам так же несет дополнительные вычисления связанные с синхронизацией маркера завершения игры. А значит при достаточном объеме исходных данных и ожидаемых вычислений оптимальным будет параллельное отдельное моделирование независимых эстафет на общих исходных данных

#### Литература

1. Larkin E.V., Bogomolov A.V., Privalov A.N., Dobrovolsky N.N. Relay races along a pair of selectable routes // Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: математическое моделирование и программирование. 2018. №1 С. 15-26.
2. J. von Neumann and O. Morgenstern: *Theory of Games and Economic Behavior* (Princeton Classic Editions). Princeton, Princeton University Press; 60th Anniversary Commemorative edition (April 8, 2007), 776 p.
3. P. Levy, Processus semi-Markoviens, Proc. Intern. Congr. Math. 3 (1954), 416–426, Amsterdam, The Netherlands.
4. P. Diaconis (2009). The Markov chain Monte Carlo revolution. Bull. Amer. Math. Soc. (N.S.) 46 179–205.
5. Ларкин Е.В. Многостадийные соревновательные игры // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. №5. С. 52-65.
6. Ларкин Е.В., Сычугов А.А. Соревновательные игры // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. №7-2. С. 108-116.
7. Ларкин Е.В., Ивутин А.Н. «Соревнования» в многопроцессорных компьютерных системах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2012. №12-2. С. 198-203.

# АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Голубева Л. Л., Мурашко А. С.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: goloubeva@bsu.by, sashamurashko@yahoo.com

В работе рассматриваются вопросы выявления внутренних закономерностей больших объемов данных методами машинного обучения для выполнения анализа и прогнозирования динамики продаж на примере исследования статистических данных о продажах парфюмерно-косметических товаров в магазинах торговой сети Rossmann.

Прогноз продаж является основой для планирования закупочной деятельности, страховых запасов, работы складской службы, привлечения или увольнения персонала, загрузки производственных мощностей и маркетинговых акций по стимулированию спроса [3, с. 135]. Ошибки прогноза приводят к дополнительным издержкам, в частности, увеличение ошибки прогноза на 1 % приводит к увеличению оборотных средств предприятия, расходуемых на страховые запасы, примерно на 2–3 % [3, с. 135–136].

Dirk Rossmann GmbH – одна из крупнейших торговых сетей в Европе, насчитывающая около 56 300 сотрудников и более 4000 магазинов косметики, товаров для дома, продуктов питания с ассортиментом более 12000 наименований. В 2020 году оборот компании в восьми европейских странах составил более 10 миллиардов евро. На продажи в магазинах влияют многие факторы, в том числе локация, промоакции, конкуренция, сезонность, государственные праздники и школьные каникулы. Менеджерам магазинов Россмана поручено прогнозировать ежедневные продажи на срок до шести недель.

Объектом исследования является динамика продаж данной торговой сети. Цель работы заключается в выявлении внутренних закономерностей, присущих исследуемому временному ряду, и прогнозирование его будущих значений с помощью различных методов машинного обучения. Исходные данные содержат 1 017 209 записей в тренировочном наборе и 41 088 записей в тестовом наборе. Ежедневные данные предоставлены за период с января 2013 по июль 2015 (2 года 7 месяцев). Дополнительно предложен набор данных о каждом из 1115 магазинов, в которых осуществлялись продажи. Задача – спрогнозировать величину ежедневных продаж в каждом из этих магазинов на указанный период [5].

Табл. 1 содержит описание данных, предоставленных в тестовом и тренировочном наборах.

Табл. 1. Структура тренировочного и тестового набора данных

Название столбца	Описание	Тип данных
Store	Уникальный идентификатор магазина	int
DayOfWeek	День недели совершения продаж (1 – понедельник, ..., 7 – воскресенье)	int
Date	Дата совершения продаж (год-месяц-день)	object

Sales	Величина продаж для указанной даты (указана только для тренировочного набора, так как эту величину и требуется спрогнозировать)	int
Customers	Число покупателей в указанную дату	int
Open	Индикатор работы магазина в указанную дату (0 – закрыт, 1 – открыт)	int
Promo	Индикатор проведения промоакции в указанную дату (0 – нет, 1 – да)	int
StateHoliday	Параметр, указывающий является ли указанная дата праздником и тип праздника: a – государственный праздник, b – пасхальные выходные, c – рождественские каникулы, 0 – нет	object
SchoolHoliday	Индикатор школьных каникул в указанную дату (0 – нет, 1 – да)	int

Таблица 2 содержит описание данных о магазинах.

Табл. 2. Структура набора данных о магазинах

Название столбца	Описание	Тип данных
Store	Уникальный идентификатор магазина	int
StoreType	Тип магазина: a, b, c, d (пояснения типам не даны)	object
Assortment	Тип ассортимента для указанного магазина: a – базовый ассортимент, b – доступен дополнительный ассортимент, c – расширенный ассортимент	object
Competition-Distance	Расстояние в метрах до ближайшего магазина-конкурента	float
Competition-Open-Since	Приблизительная дата открытия ближайшего магазина-конкурента	float
Promo2	Идентификатор участия магазина в продолжительной промоакции (0 – нет, 1 – да)	int
Promo2SinceYear Promo2SinceWeek	Год и календарная неделя начала участия магазина в продолжительной промоакции	float
PromoInterval	Месяцы начала очередных раундов промоакции Promo2. Например, объект “Feb,May,Aug,Nov” означает, что новые раунды промоакции для указанного магазина начинаются в феврале, мае, августе и ноябре каждого года	object

Первоначально в работе были проведены предварительный анализ и предобработка данных (создание новых признаков, логарифмирование величин, обработка пропущенных значений, приведение данных к удобному формату). **В результате был получен единый набор данных с восемнадцатью признаками, включающими как признаки из исходного тренировочного набора, так и данные о магазинах, а также новые, созданные вручную для повышения точности прогнозов, признаки.**

Далее был выполнен анализ внутренних зависимостей между параметрами исследуемого временного ряда (компонентный анализ [1], тест на стационарность),

установлена его стационарность и получены графики компонент временного ряда, выявлено наличие сезонности и его автокорреляционной функции. Эти действия позволили определить параметры модели ARIMA, которая является классической моделью, применяемой в анализе временных рядов. Были реализованы модели SARIMA и обобщенные аддитивные модели (библиотека Prophet [2]), применяемые для анализа временных рядов, а также общеприменимые методы машинного обучения, такие как: линейная регрессия, случайные леса, градиентный бустинг и их комбинация с помощью стекинга. Работа включала исследование информативности признаков и подбор параметров для моделей случайного леса и градиентного бустинга. Для оценки качества моделей использовалась RMSPE метрика – значение относительной среднеквадратичной ошибки.

Ниже приведена сводная таблица (см. табл. 3), содержащая названия реализованных моделей и соответствующие им значения относительной среднеквадратичной ошибки (RMSPE) [4].

Табл. 3. Сравнение результатов прогнозирования по метрике RMSPE

Модель	RMSPE
SARIMA ( $p=0, d=1, q=1$ ) $\square$ ( $P=0, D=1, Q=1, m=12$ )	0.28451
Prophet	0.37456
Линейная регрессия	0.25933
Случайный лес	0.11821
Градиентный бустинг	0.09941
Стекинг (Случайный лес + Линейная регрессия + Градиентный бустинг (500) -> Линейная регрессия)	0.10007

#### Литература

1. Лернер, Э.Ю. Экономическое моделирование и прогнозирование на компьютере. Учебное пособие / Э.Ю. Лернер, О.А. Кашина. – Казанский Государственный Университет, 2001. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://kek.ksu.ru/eos/Model/Content.htm>. Дата доступа: 19.05.2018.
2. Taylor, S.J. Forecasting at scale / S.J. Taylor, B. Letham. – PeerJ Preprints, 2017 [Electronic resource] Mode of access: <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.3190v2> Date of access: 02.02.2018.
3. Егоров, А.М. Алгоритм правильного прогнозирования продаж / Управление продажами. – ООО «ИД Гребенников», 2012, №03 (64). – С.134-144.
4. Мурашко, А.С. Анализ временных рядов методами машинного обучения: магистерская диссертация: специальность 1-31 81 08 «Компьютерная математика и системный анализ». – Минск, БГУ, Механико-математический факультет, Кафедра дифференциальных уравнений и системного анализа; науч. рук. Голубева Л.Л., 2018. – 77 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/202712>. Дата доступа: 13.06.2018.
5. Kaggle- Rossmann Store Sales [Electronic resource] / Mode of access: <https://www.kaggle.com/c/rossmann-store-sales/>. – Date of access: 21.09.2017.



# НАХОЖДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ

**Громыко Г. Ф.<sup>1)</sup>, Мацука Н. П.<sup>1)</sup>, Ильющенко А. Ф.<sup>2)</sup>, Лешок А. В.<sup>2)</sup>**

*<sup>1)</sup> Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
e-mail: grom@im.bas-net.by*

*<sup>2)</sup> Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа, Минск,  
Беларусь. e-mail: sdilav@tut.by*

Для моделирования тепловых полей в композиционных материалах, в частности, в деталях с покрытием, необходимо знать теплофизические свойства материалов. У композиционных материалов часто проявляется анизотропия в свойствах, что связано со структурой материалов. Моделирование композиционных материалов (КМ) содержит фундаментальную проблему, так как в макромасштабе они считаются однородными континуумами, а в микромасштабе – существенно неоднородными, т.е. компоненты или фазы композита различаются по свойствам, и между ними существуют явная граница раздела (интерфейс или межфазной слой). В связи с этим эффективные свойства КМ в целом зависят от характеристик фаз композитов (их свойств, объемного содержания, формы, размера, распределения и ориентации), состояния интерфейса или межфазного слоя, и внутренних взаимодействий (когезионных и адгезионных эффектов). Поэтому нахождение коэффициента теплопроводности для КМ является актуальной задачей.

Целью работы является исследование теплофизических свойств и тепловых полей в композиционном покрытии фрикционного диска в условиях торможения с контртелом при изменении влияния входящих в покрытие компонентов для обеспечения необходимых эксплуатационных свойств. Полагаем, что химические реакции между компонентами отсутствуют.

Металлографическое изображение реальной структуры (двумерный случай) вводится в компьютер в виде графического файла, который затем редактируется с помощью стандартных графических редакторов с тем, чтобы выделить значимые элементы структуры и убрать мелкие оттенки. Полученная карта образца дискретизируется с заданной степенью подробности и каждому элементу структуры, состоящему из элементов одного цвета, ставятся в соответствие определенные физико-механические свойства.

В работе использован ранее предложенный метод нахождения коэффициента теплопроводности композиционного материала на основе представительного объема (ПО) [1]. ПО композиционной системы отражает структурные компоненты включений по форме и с заданной степенью точности соответствует процентному объемному их содержанию в покрытии. Полагаем, что все включения распределены равномерно во всем объеме композиционного покрытия. Выбираем представительный объем системы так, чтобы он отражал все основные особенности покрытия и регулярно повторялся в покрытии. Причем, размеры ПО должны быть больше характерных размеров включений, но меньше характерного размера покрытия диска [2]. Тогда эффективный коэффициент теплопроводности такого элемента можем принимать, как

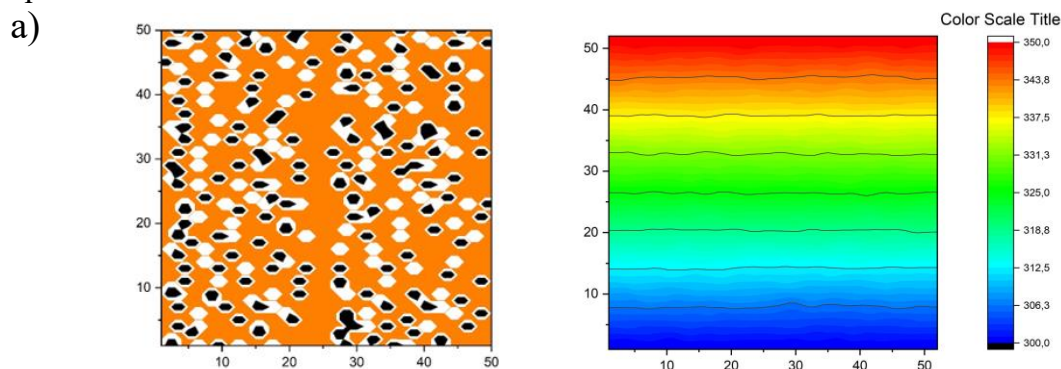
коэффициент теплопроводности композиционной системы покрытия фрикционного диска.

Необходимость поиска эффективного коэффициента теплопроводности композиционного слоя фрикционного диска обусловлена тем, что он сам имеет малую толщину и моделируется на решетке с очень мелким шагом, чтобы учесть физические размеры даже самых мелких включений (~10 мкм). В полной постановке решение задачи теплопроводности на такой сетке очень громоздкое.

Эффективность предлагаемого численного метода проверена на материале, состоящем из 2 компонентов: 40 % графита и 60 % бронзы. По правилу смеси коэффициент теплопроводности этого материала равен 145,2 Вт/(м·К), по формуле Оделевского – 106,15; расчетные результаты: для крупнодисперсного графита (100 мкм) – 82,88, для мелкодисперсного (10 мкм) – 69,08 Вт/(м·К). Экспериментальным путем установлено, что коэффициент теплопроводности для материала с крупнодисперсным графитом составил 75,4, тогда как с мелкодисперсным 64,1 Вт/(м·К). Таким образом, предлагаемый метод показывает не только наиболее близкие результаты к эксперименту, но и отражает существенное влияние размера частиц композиционного материала на коэффициент теплопроводности.

Также сравним результаты численного исследования для 5-компонентного композиционного порошкового материала на основе 12 % оловянистой бронзы, с пористостью 20 %, содержащего: 40 об.% графита марки ГЭ-1 со средним размером частиц 100 мкм; 5 об.% порошка свинца ПС-1 и 4 об.% порошка железа ПЖРВ 3.200.26. Расчетные данные показали, что значение коэффициента теплопроводности составило 44,7 Вт/(м·К). Экспериментальное значение коэффициента теплопроводности образцов, полученных из вышеприведенного состава, составило 42,3 Вт/(м·К). Стоит отметить, что отличие значений составляет всего 5,67 %.

Рассмотрим более детально влияние размеров частиц графита и их процентного содержания на распределения тепловых полей для материалов на основе 12 % оловянистой бронзы и графита карандашного марки ГК-1 и ГЭ-1. На рисунке 1 представлены ПО и распределения температурного поля внутри них при  $t = 10^{-2}$  с. Оранжевым цветом обозначена матрица из бронзы, черным цветом частицы графита, белым – поры. Видно, что нагрев материала сверху (тепловой эффект при торможении) внутрь области идет неравномерно, и отчетливо видны зоны с повышенной температурой, что объясняется учетом реальной структуры композиционного материала.



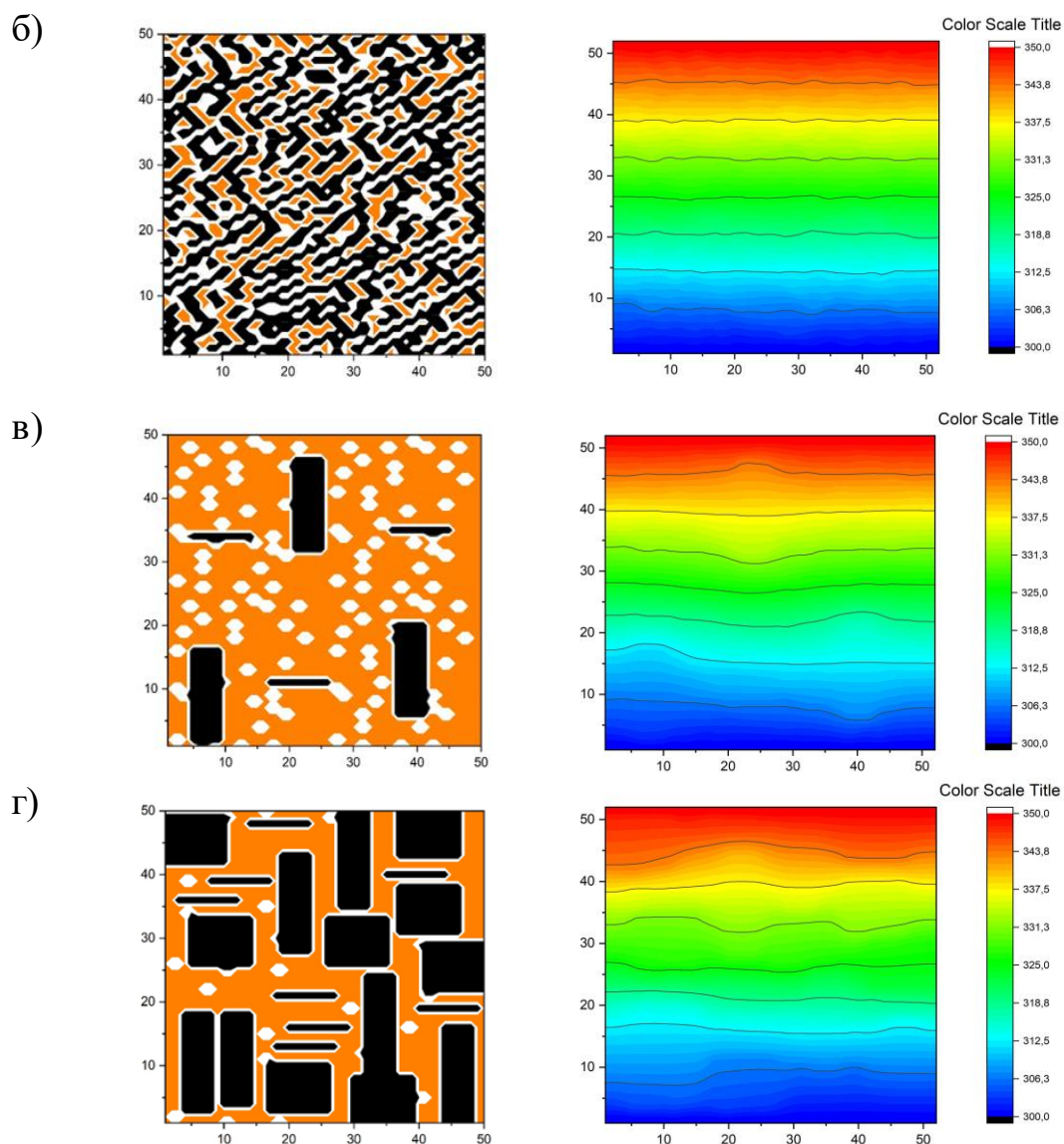


Рис. 1. Распределение компонентов и тепловых полей в ПО при  $t=10^{-2}$  с для материалов, содержащих 10 и 30% графита марки ГК-1 (а,б) и ГЭ-1 (в,г).

Коэффициенты теплопроводности для представленных материалов составили соответственно: а – 134, б – 328,2, в – 104,8, г – 173,5 Вт/(м·К). Т.е. использование мелкодисперсного графита обеспечивает более равномерное распределение тепла внутри КМ и существенно увеличивает его коэффициент теплопроводности, а, следовательно обеспечивает более быстрый и равномерный отток тепла от поверхности торможения.

#### Литература

1. Громько Г.Ф., Мацука Н.П., Ильющенко А.Ф., Лешок А.В. Численное исследование теплофизических свойств композиционного порошкового материала // Порошковая металлургия. – Минск, 2020. – С. 12–18.
2. Барздокас Д.И., Зобнин А.И. Математическое моделирование физических процессов в композиционных материалах периодической структуры // М.: Едиториал УРСС, 2003. – 376 с.

# О ТОЧНОМ РЕШЕНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА С ВАРИАЦИОННЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ

**Игнатенко М. В.<sup>1)</sup>, Янович Л. А.<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: ignatenkomv@bsu.by;*

<sup>2)</sup> *Институт математики НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
e-mail: yanovich@im.bas-net.by*

Пусть  $X$  – линейное пространство вещественных функций, определенных на отрезке  $[a, b]$  действительной оси  $\mathbb{R}$ , а  $F(x)$  – оператор или функционал, заданный на множестве  $X$ . Известно, что первый дифференциал Гато  $\delta F[x; h]$  отображения  $F$  в точке  $x \in X$  по направлению  $h \in X$  определяется равенством

$$\delta F[x; h] = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \frac{F(x + \lambda h) - F(x)}{\lambda} = \left. \frac{dF(x + \lambda h)}{d\lambda} \right|_{\lambda=0}.$$

В частности, если дифференциал  $\delta F[x; h]$  допускает представление в виде

$$\delta F[x; h] = \int_a^b a(x; t) h(t) dt,$$

где  $a(x; t)$  – некоторая функция, зависящая от  $x = x(s)$  и переменной  $t$ , то ее называют [1] вариационной производной первого порядка функционала  $F(x)$  по  $x$  в точке  $t$  и обозначают символом  $\frac{\delta F(x)}{\delta x(t)}$ .

Рассмотрим дифференциальное уравнение специального вида, содержащее вариационные производные первого и второго порядков искомого функционала  $F(x)$  :

$$\frac{\delta^2 F(x)}{\delta x(t) \delta x(s)} - \alpha \frac{\delta F(x)}{\delta x(t)} + \frac{\alpha^2}{4} F(x) = 0, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – любая функция, для которой существуют приведенные ниже интегралы.

**Теорема.** *Общее решение уравнения (1) определяется формулой*

$$F(x) = \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(t) dt\right) \left\{ C_1 + C_2 \int_T x(t) dt \right\}, \quad (2)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – некоторые произвольные функции, например, из пространств  $C(T)$  или  $L_2(T)$  ( $T = [a, b] \subseteq \mathbb{R}$ ).

Для доказательства теоремы вычислим первый дифференциал Гато  $\delta F[x; h]$  в точке  $x$  по направлению  $h$  ( $x, h \in X$ ) от функционала вида (2), используя определение:

$$\delta F[x; h] = \int_T \left[ \frac{\alpha}{2} \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(s) ds\right) \left\{ C_1 + C_2 \int_T x(s) ds \right\} + C_2 \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(s) ds\right) \right] h(t) dt.$$

Следовательно, вариационная производная первого порядка от этого функционала определяется правилом

$$\frac{\delta F(x)}{\delta x(t)} = \frac{\alpha}{2} \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(s) ds\right) \left\{ C_1 + C_2 \int_T x(s) ds \right\} + C_2 \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(s) ds\right).$$

Далее вычислим второй дифференциал Гаго и вариационную производную второго порядка от функционала (2). Получим, что

$$\begin{aligned} \delta^2 F[x; h_1, h_2] &= \iint_T \frac{\alpha^2}{4} \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(u) du\right) \left\{ C_1 + C_2 \int_T x(u) du \right\} h_2(s) h_1(t) ds dt + \\ &+ \iint_T \alpha C_2 \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(u) du\right) h_2(s) h_1(t) ds dt, \\ \frac{\delta^2 F(x)}{\delta x(t) x(s)} &= \frac{\alpha^2}{4} \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(u) du\right) \left\{ C_1 + C_2 \int_T x(u) du \right\} + \alpha C_2 \exp\left(\frac{1}{2} \int_T \alpha x(u) du\right). \end{aligned}$$

Подставляя полученные выражения вариационных производных первого и второго порядков в левую часть уравнения (1), получим, что функционал (2) действительно является общим решением уравнения (1).

Представленные результаты относятся к исследованиям в недостаточно разработанной области теории дифференциальных уравнений с вариационными производными, встречающихся в различных прикладных областях и математической физике.

Работа авторов [2] также посвящена проблеме точного и приближенного решения отдельных дифференциальных уравнений с вариационными производными первого и второго порядков. В частности, в ней демонстрируется интерполяционный метод для решения некоторых классов таких уравнений. Достаточно полная теория операторного интерполирования изложена в монографиях [3, 4].

### Литература

1. Далецкий Ю.Л. Бесконечномерные эллиптические операторы и связанные с ними параболические уравнения // Успехи матем. наук. – 1967. – Т. 22, вып. 4 (136). – С. 3–54.
2. Игнатенко М.В., Янович Л.А. О точном и приближенном решении отдельных дифференциальных уравнений с вариационными производными первого и второго порядков // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. – 2020. – Т. 56, № 1. – С. 51–71.
3. Янович, Л.А. Основы теории интерполирования функций матричных переменных / Л.А. Янович, М.В. Игнатенко. – Минск: Беларус. навука, 2016. – 281 с.
4. Янович, Л.А., Игнатенко М. В. Интерполяционные методы аппроксимации операторов, заданных на функциональных пространствах и множествах матриц / Л.А. Янович, М.В. Игнатенко. – Минск: Беларус. навука, 2020. – 476 с.

# ОБЗОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДАЖ В ОБУВНОМ РИТЕЙЛЕ

Каипов И. К., Чигвинцев К. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kaipov1995@gmail.com*

## Введение

Продажи в обувном ритейле характеризуется сезонностью и коротким жизненным циклом коллекций. Поэтому важно делать точные прогнозы продаж, остатки коллекций приводят к дополнительным логистическим расходам, потому что их нужно хранить до следующего сезона или уничтожить. В любом случае это приводит к потере прибыли. Большинство компаний хотят максимизировать свою прибыль. Все больше компаний пытаются использовать анализ данных для прогнозирования продаж, который помогает компаниям принимать правильные решения на основе данных. Ожидается, что глобальный рынок аналитики для розничной торговли вырастет с 4,3 млрд долларов в 2020 году до 11,1 млрд долларов к 2025 году при среднегодовом темпе роста (CAGR) 21,2%. [3]

В данном материале рассматривается обувная компания с развитой розничной сетью обувной продукции в России и Беларуси. В связи с прогрессом в области розничной аналитики конкурирующих компаний компания хочет разработать систему прогнозирования продаж для планирования распределения и пополнения обувной продукции. Пополнение запасов происходит не реже одного раза в 2 недели, поэтому горизонт прогноза равен 2 неделям. Желаемая точность прогнозов компании составляет максимум 10% погрешности для общего объема продаж. Компания также заинтересована в исследованиях по оценке потерянных продаж.

**Методы прогнозирования.** В данном материале рассматривается реализация трех методов прогнозирования продаж. Первый метод – это пример метода, используемого в текущих бизнес-планах. Второй метод является современным представителем методов временных рядов. И в-третьих, это один из самых популярных методов прогнозирования в сообществе специалистов по данным.

Первый метод носит название Like for Like (LFL). LFL – интуитивно понятный метод: поведение известного объекта используется для прогнозирования поведения аналогичного объекта. Обычно компании используют метод LFL для прогнозирования неизвестных событий. Например, компания В хочет оценить продажи в новом магазине. Он находит магазины со схожими характеристиками: население города, площадь магазина, регион, климат и т. д. Затем он оценивает продажи на основе аналогичных магазинов с некоторыми корректирующими параметрами. Открытие первого магазина в городе вызывает интерес и аналогично эффекту от новой коллекции, поэтому корректирующий параметр увеличит предполагаемые продажи.

Рассматриваемая компания также использует LFL для оценки продаж. Он работает следующим образом: для прогнозирования следующего месяца менеджеры по продажам проверяют продажи за аналогичный период прошлого года и корректируют его с учетом коэффициента роста бизнес-плана. На 2020 год коэффициент роста составлял 6%.

LFL – это простой метод, который игнорирует любой промежуточный анализ, специфичный для плановой экономики и стратегий продвижения. Однако прогноз LFL лежит в основе бизнес-плана рассматриваемой компании и будет сравниваться с другими методами прогнозирования в данном материале.

Второй метод Prophet – это библиотека с открытым исходным кодом для прогнозирования временных рядов, созданная Facebook и выпущенная в 2017 году. Это аддитивная регрессионная модель с четырьмя основными компонентами [4]:

- тренд;
- годовая сезонная составляющая, смоделированная с использованием рядов Фурье;
- еженедельная сезонная составляющая;
- праздничные и выходные дни.

Такие методы, как ARIMA и экспоненциальное сглаживание, включены в пакет Prophet с разным весом, с его сильными и слабыми сторонами, поэтому Prophet можно рассматривать как современного представителя методов прогнозирования временных рядов с разложением данных на основные компоненты.

Модель Prophet можно записать как формулу 1:

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \epsilon_t \quad (1)$$

Тренд  $g(t)$  – это линейная или логистическая функция для представления тренда. Самая важная особенность - автоматическое определение точек изменения в тренде или их установка вручную.

Годовые и недельные сезонные компоненты  $s(t)$  отвечают за моделирование сезонных изменений. Годовая сезонность улавливает сезонные изменения, повторяющиеся из года в год. Еженедельная сезонность предназначена для отображения изменений за неделю.

Компонент  $h(t)$  отвечает за отметку дней с аномалиями, например Пасха, Черная пятница, национальные праздники.

Ошибка  $\epsilon_t$  представляет собой периодические изменения, которые не учитываются в модели, предполагается, что она нормально распределена.

Прогнозирование с использованием Prophet основано только на количестве продаж, поэтому модель не принимает во внимание такие характеристики, как характеристики продукта или погоду. Но Prophet хорош для построения прогнозов по умолчанию для категории плавного спроса с большим преимуществом в настройке поведения компонентов прогноза.

Градиентный бустинг – это метод машинного обучения для задач классификации и регрессии, который строит модель прогнозирования в виде ансамбля слабых предикторов (обычно деревьев решений). [1]

**Оценка методов прогнозирования.** Для экспериментов была выбрана история продаж 32 магазинов из 386 по следующим причинам. Во-первых, эти магазины были выбраны, чтобы избежать случайных событий, таких как задержка пополнения, работа этих магазинов стабильна и не содержит необъяснимого поведения в истории продаж. Также все магазины не новые, работали не меньше года. Во-вторых, эти магазины расположены в Санкт-Петербурге и Новосибирске, и эти города являются наглядными примерами разных сроков доставки: 1–2 дня и 1–2 недели соответственно. В-третьих, легче увидеть разницу в прогнозах при небольшом количестве магазинов.

Период прогнозирования составляет 2 недели с 18.10.2020 по 31.10.2020. Период в 2 недели выбран, поскольку это максимальное время выполнения заказа в сети, поэтому это максимальный период времени, необходимый отделу продаж прогноза для разработки политики распределения товара.

Абсолютная ошибка в процентах (APE) и средняя абсолютная ошибка в процентах (MAPE) выбраны в качестве метрик, поскольку необходимо знать, насколько точны методы прогнозирования, и не имеет значения, меньше или больше прогнозируемое значение настоящего значения продаж. [2]

Прогноз продаж осуществляется для каждого дня, затем все дневные продажи суммируются, чтобы представить продажи за период прогноза, который также является периодом между пополнениями.

Все программы для расчета прогнозов написаны на языке программирования Python. Общая оценка метрик, позволяющих судить об эффективности алгоритмов представлена в таблице 1.

*Табл. 1. Сравнение метрик рассмотренных методов*

	LFL	Prophet	LGBM_ date	LGBM_ features	LGBM_ lags_ tweedie	Ensemble_ best
APE	27,8%	6,8%	4,0%	8,0%	2,9%	0,5%
MAPE	31,8%	15,9%	10,6%	13,2%	11,5%	12,2%
MEDIAN	25,6%	16,2%	6,4%	12,2%	8,9%	8,7%

Для увеличения эффективности продаж не рекомендуется рассматривать какие-либо решения, занижающие продажи, потому что заниженный прогноз ведет к более низким продажам, чем завышенный. Учитывая вышенаписанную рекомендацию, остаются LFL, Prophet и Ensemble\_best. Ensemble\_best имеет лучшие, чем другие кандидаты, поэтому лучше использовать ансамбль из Prophet и LightGBM, что подтверждает практические рекомендации использовать ансамбли моделей, а не отдельные модели.

Работа выполнялась при поддержке проектов БРФФИ-РФФИ Ф20Р-134

#### **Литература**

1. Boosting Algorithms as Gradient Descent / L. Mason [et al], 2000, p.513-517
2. Mood, A. Introduction to the Theory of Statistics / . McGraw-Hill, 1974. p. 229
3. Retail Analytics Market by Application (Merchandising Analysis, Customer Analysis, Performance Analysis), Business Function (Finance, Sales, Marketing, Supply Chain and Store Operations), Component, End-User, Region & Forecast to 2025 [Electronic resource] / Markets and Markets – Mode of access: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/retail-analytics-market-123460609.html> - Date of access: 26.03.2021.
4. Taylor, S.J. Forecasting at Scale / S.J. Taylor, B. Letham - The American Statistician, 2017 – 72(1), 35-42 p.



# МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ФУРЬЕ ДЕСКРИПТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВЕКТОРИЗАЦИИ

Коваленко Н. С., Василевич М. Н., Яшкин В. И.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
e-mail: kovalenkons@rambler.ru, vasilевич.m@gmail.com, yashkin@bsu.by

Для формирования признаков распознавания объектов используют описание контуров следующими типами дескрипторов, которые могут обладать свойствами инвариантности: цепные коды, сигнатуры, Фурье-дескрипторы [1]. С их помощью можно сформировать признаки, обладающие инвариантностью к сдвигу. Точное определение Фурье-дескрипторов по контурам в изображениях все еще остается перспективной исследовательской задачей. Рассмотрим особенности представления контуров объектов на основе Фурье-дескрипторов.

Значения Фурье-дескрипторов вычисляют с помощью преобразования Фурье изображения контуров объектов. Они представляют собой форму описания объекта в частотной области. Разложение в ряд Фурье можно интерпретировать как представление функции  $f(x)$  некоторой последовательностью чисел. Предположим, что цифровые границы объекта заданы на плоскости  $Oxy$ . Обозначим последовательно координаты точек границы:  $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$ . Начиная с произвольной точки  $(x_0, y_0)$ , будем обходить контур, как показано на рис. 1.

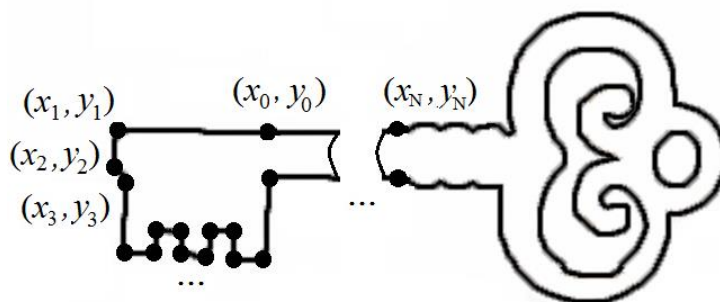


Рис. 1. Цифровые границы объекта

Тогда границу объекта можно представить в виде последовательности координатных пар:

$$f(k) = (x(k), y(k)), \text{ где } k = 0, 1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

Каждой паре координат (1) можно поставить в соответствие комплексное число:

$$f(k) = x(k) + iy(k). \quad (2)$$

Выражение дискретного преобразования Фурье для конечной последовательности задается уравнением

$$\tilde{F}(u) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) \exp\left(-i \frac{2\pi uk}{N}\right). \quad (3)$$

Для  $u = 0, 1, 2, \dots, N$ . Комплексные коэффициенты  $\tilde{F}(u)$  называются Фурье-дескрипторами границы. Обратное преобразование Фурье, примененное к данным коэффициентам, в соответствии с (2) и (3) позволяет восстановить границу, которая определяется функцией  $f(k)$ :

$$f(k) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \tilde{F}(u) \exp\left(i \frac{2\pi uk}{N}\right), k = 0, 1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

Фурье-дескрипторы однозначно описывают границы объекта. Дескрипторы нижних частот описывают общие сведения о форме контуров, а дескрипторы высоких частот – мелкие детали. Как известно, дискретное преобразование Фурье (ДПФ) по существу представляет собой алгоритм вычисления гармонических составляющих спектра  $C_n$  по заданным дискретным отсчетам аналогового сигнала  $u(x)$ , что значительно сокращает время обработки.

Дескрипторы должны быть как можно менее чувствительными к параллельному переносу, повороту и изменению масштаба объектов. Отметим, что количество дескрипторов, достаточное для описания формы объектов, зависит от сложности контура и решаемой задачи в целом. Для определения одного коэффициента ДПФ сигнальной последовательности из  $N$  отсчетов, необходимо выполнить около  $N$  операций умножения и сложения на комплексное число, а для нахождения всех коэффициентов объем вычислений составит  $O(N^2)$ . Если длины обрабатываемых массивов превышают тысячу единиц, то дискретная обработка сигналов в реальном масштабе времени требует высокопроизводительных вычислений, которые могут обеспечить компьютеры векторно-конвейерного типа.

Основной подход, который применяется при создании параллельных алгоритмов для компьютеров векторно-конвейерного типа, заключается в их структурировании на блоки и выделении наборов базовых операций для конкретных предметных областей. Задача состоит в том, чтобы выполнить удачное структурирование и осуществить рациональный выбор базовых операций. Естественно, после структурирования алгоритмов и выбора базовых блоков и операций появляется проблема, которая заключается в их эффективном отображении на архитектуру вычислительной системы.

Еще одна проблема, на которой остановимся – это автоматизации процессов распараллеливания. Из-за того, что проблема эффективного отображения алгоритмов на архитектуру вычислительной системы очень сложная, то предпринимаются попытки автоматизации распараллеливания. Осуществляется это либо средствами операционных систем, либо с помощью специальных компиляторов с языков высокого уровня.

Автоматическая векторизация это важная область исследований в ИТ, которая заключается в разработке методов поиска и распознавания фрагментов программных реализаций алгоритмов потенциально пригодных для компилятора к автоматическому преобразованию скалярных программ в векторные. Векторные операции могут добавляться в скалярные процессоры.

Такой подход удобно применять, например, в машинной 3D графике с использованием однородных координат, при вычислениях значений Фурье-дескрипторов с помощью преобразований Фурье. Увеличение скорости анализа

данных в реальном времени играет колоссальную роль в развитии искусственного интеллекта и так называемых «эволюционных алгоритмов». Большие данные могут также использоваться для оптимизации логистики, маркетинга, ритейла. С помощью анализа возможно создаются более совершенные методики обучения и совершенствуются системы машинного перевода. В качестве лингвистических ресурсов в них используются корпуса параллельных текстов, а не двуязычные словари. Системы на базе Big Data комплексно оценивают состояние здоровья пациента и предлагают индивидуальный план лечения заболевания для конкретного пациента. При этом, эти решения основаны только на принципах доказательной медицины. В спорте технологии основанные на Big Data позволяют оптимизировать состав команды, определить рыночную стоимость игроков и узнать их потенциал.

Возможность быстрого анализа данных может предоставить компьютеру рекомендательные алгоритмы на базе технологий машинного обучения и тем самым сделать работу алгоритмов автоматизированной.

Выбор признаков, применяемых для распознавания объектов, осуществляется на основе используемой формы представления данных об объектах, подлежащих распознаванию. Методы сегментации позволяют получить представление объекта в виде двумерного массива пикселей, расположенных вдоль границы области объекта. На основе такого представления в принципе можно строить описание объекта в пространстве, так называемых, первичных признаков, представляющих собой последовательность отсчетов.

В заключение отметим, что разумное применение математических методов и параллельных технологий в во всех отраслях, работающих на ИТ позволяют значительно ускорять и поддерживать на должном уровне развитие экономик, но и порождает новые отрасли. Перечисленные проблемы объединяют математические методы и алгоритмы распознавания и обработки данных. Наиболее значимые среди них связаны с Фурье-преобразованиями.

### **Литература**

1. Nixon, M. S. Feature Extraction & Image Processing for Computer Vision / M. S. Nixon, A. S. Aguado. – Academic Press, 2012. – 623 p.

# БАЙЕСОВСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ МОНТЕ-КАРЛО

Лобач В. И.

Белорусский государственный университет ФПМИ, Минск, Беларусь,  
e-mail: lobach@bsu.by

Машинное обучение представляет собой раздел искусственного интеллекта, который базируется на идее того, что системы могут обучаться на основе поступающих данных и знаний, выявлять закономерности, строить прогнозы и принимать решения с минимальным вмешательством человека. В последние годы все большее влияние на машинное обучение оказывает байесовский подход [1,2]. Он позволяет строить адекватные модели в условиях малых выборок, а также учитывать экспертные знания ещё до получения данных. Байесовский подход базируется на принципе объединения априорных предположений о распределении параметров рассматриваемой модели и эмпирических данных для получения апостериорного распределения вероятностей параметров рассматриваемой модели и обладает рядом преимуществ перед классическими методами. Этот подход предоставляет возможность автоматической настройки структурных параметров алгоритмов машинного обучения, обеспечивает корректную работу с данными, достоверность которых установлена не точно.

Рассмотрим вероятностное распределение  $p(X)$  (плотность распределения вероятностей одномерной или многомерной случайной величины). Метод Монте-Карло предполагает генерацию выборки из этого распределения

$$X_1, X_2, \dots, X_N \sim p(X).$$

Данная выборка может быть использована для оценки вероятностных интегралов вида

$$E\{f(X)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(X) p(X) dX \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f(X_i), \quad (1)$$

где  $f(X)$  – некоторая известная функция от  $X$ . К интегралам такого вида сводятся многие шаги при осуществлении байесовского подхода в исследовании вероятностных моделей. Например, такими интегралами являются функционал  $E(\ln(p(X, T/\theta)))$  на М-шаге EM – алгоритма, байесовская оценка неизвестного параметра  $\theta$  вероятностного распределения

$$E(\theta / X) = \int_{-\infty}^{\infty} \theta p(\theta / X) d\theta$$

(условное математическое ожидание, которое является оптимальной в среднеквадратическом смысле оценкой параметра  $\theta$ ) и т.д.

Байесовский подход в статистическом анализе основывается на теореме Байеса. Пусть  $\theta$  – вектор параметров модели, а  $X$  – имеющийся набор данных. Через  $p(\theta)$  обозначим априорное распределение параметра  $\theta$  (априорная информация о параметрах, то есть информация, полученная до проведения эксперимента). В процессе наблюдений эта информация постепенно уточняется. Ставится задача

оценивания неизвестного значения величины  $\theta$ , наблюдая ее косвенные характеристики, после чего для решения проблемы прогнозирования применяются прогнозирующие статистики на основе подстановочного принципа (вместо неизвестного параметра  $\theta$  используются его оценки). Априорное распределение вероятностей пересматривается на основе существующей реализации временного ряда  $X$  для получения апостериорной плотности распределения вероятностей  $p(\theta/X)$ . По формуле Байеса устанавливается связь между  $p(\theta/X)$ ,  $p(X/\theta)$ ,  $p(\theta)$

$$p(\theta/X) = \frac{p(X/\theta)p(\theta)}{p(X)} = \frac{p(X/\theta)p(\theta)}{\int_{-\infty}^{\infty} p(X/\theta)p(\theta)d\theta}.$$

Учитывая, что знаменатель в этой формуле не зависит от  $\theta$ , указанную выше взаимосвязь представляют в виде

$$p(\theta/X) \sim p(X/\theta)p(\theta) = \tilde{p}(X/\theta),$$

где  $\sim$  означает пропорциональность.

До конца 80-х годов прошлого века для построения байесовских оценок параметров на основе апостериорных распределений в качестве вычислительных методов использовали аналитические методы, такие как сопряжённые апостериорные распределения и т.д. Но в результате стремительного развития информационных технологий с конца 90-х годов 20 века начали распространяться новые методы, которые базируются на непосредственном моделировании выборки из апостериорных распределений. Одним из подходов к моделированию является моделирование по принципу Монте-Карло. Среди методов Монте-Карло в свою очередь выделяют итерационные методы Монте-Карло, которые базируются на основе построения Марковских цепей. К таким методам относится генерирование выборки по Гиббсу [5,6], алгоритм Метрополиса, Метрополиса – Гастингса [3, 4]. Основой моделирования выборки с помощью МСМС – метода служит построение Марковского процесса, для которого стационарное распределение переходов определяется функцией  $p(\theta/X)$ . Приведем общую схему МСМС – метода. Рассматривается вопрос о генерации случайной выборки -из многомерного распределения с плотностью в общем виде  $p(T)$  в многомерном пространстве с помощью методов Монте – Карло по схеме Марковских цепей (МСМС). В этих методах вводится некоторая цепь Маркова с априорным распределением  $p_0(T)$  и вероятностями переходов  $q_n(T_{n+1}/T_n)$  генерация выборки осуществляется следующим образом:

$$T_1 \sim p_0(T), \quad T_2 \sim q_1(T_2/T_1), \quad T_N \sim q_{N-1}(T_{N-1}/T_N). \quad (2)$$

Заметим, что сгенерированная таким образом выборка не является совокупностью независимых случайных величин. Однако, она подходит для оценки вероятностных интегралов вида (1). Часто берут однородную цепь Маркова, когда вероятность перехода  $q_n(T_n/T_{n-1})$  не зависит от момента времени  $n$ , т.е.  $q_n(T_n/T_{n-1}) = q(T_n/T_{n-1})$ . Основным вопросом, как выбрать вероятности перехода  $q(T_n/T_{n-1})$ , чтобы выборка, сгенерированная по схеме (2), была выборкой из распределения  $p(T)$ . Один из вариантов выбора  $q(T_n/T_{n-1})$  дается алгоритмом Метрополиса-Гастингса.

Он состоит в следующем. Пусть на шаге  $n$  сгенерировано значение  $T_n$ , тогда на шаге  $n+1$  генерируется точка  $T^*$  из некоторого предложенного распределения  $r(T/T_n)$  (например, нормального). Затем вычисляется величина

$$\alpha(T^*, T_n) = \min \left( 1, \frac{\tilde{p}(T^*)r(T_n / T^*)}{\tilde{p}(T_n)r(T^* / T_n)} \right)$$

Точка  $T^*$  принимается в качестве следующей точки  $T_{n+1}$  с вероятностью  $\alpha(T^*, T_n)$ . С вероятностью  $1 - \alpha(T^*, T_n)$  принимается  $T_{n+1} = T_n$ . Таким образом, определена цепь Маркова с вероятностью перехода

$$q(T_{n+1} / T_n) = \begin{cases} r(T_{n+1} / T_n) \alpha(T_{n+1}, T_n), & \text{если } T_{n+1} \neq T_n, \\ 1 - r(T_{n+1} / T_n) \alpha(T_{n+1}, T_n), & \text{если } T_{n+1} = T_n. \end{cases}$$

Алгоритм стартует из некоторого случайного значения  $T_0$  и несколько первых итераций игнорируются для того, чтобы забыть о начальном значении. Алгоритм работает лучше всего, когда вспомогательная функция  $r(T_{n+1}/T_n)$  близка к форме целевой функции  $p(T)$ .

В данной работе на основе байесовского подхода в машинном обучении рассмотрена задача оценивания параметров временных рядов, которая сводится к нахождению условных математических ожиданий. Условные математические ожидания являются оптимальными в среднеквадратическом смысле оценки. Численная реализация условных математических ожиданий сводится к вычислению многомерных интегралов, для вычисления которых используется *MCMC* – метод. На основе алгоритма Метрополиса-Гастингса построены цепи Маркова, которые использованы для приближенного вычисления условного математического ожидания *MCMC* – методом. Проведены компьютерные эксперименты, показывающие эффективность предлагаемого алгоритма оценивания.

#### Литература

1. Harrison, B. Deep Learning and Bayesian Methods /B Hamson // The European Physical Journal Conferences. - 2017. P.52 – 61.
2. Jun, Zhu. Learning with Bayesian Methods /Jun Zhu, Jianfei Chen, Wenbo Hu Big, Bo Zhang. 2017. Learning with Bayesian Methods. // National Science Review 2010. - P. 133 - 157.
3. Geweke, J. 2012. Bayesian estimation of state-space models using M-H algorithm and Gibbs sampling. /J. Geweke //Comput. Statistics and Data Analysis. 2012. - №2. P. 117– 130.
4. Gholami, G.H. Fundamental Concepts of MCMC Methods Proved on Metropolis-Hastings Algorithm. / G.H. Gholami, A. Etemadi, E. Fayyazi. // International Journal of advanced research in Computer Science. 2012. - №2. P. 114– 172.
5. Geman, S. 1984. Stochastic Relaxation, Gibbs Distribution, and Bayesian Restoration of Images. / S. Geman // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1984. - № 6. – P. 721 – 741.
6. Barber, D. Bayesian reasoning and machine learning. Cambridge University Press. /D. Barber. 2019. - 666 p.

# ВЕРИФИКАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ С ПОМОЩЬЮ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Люлькин А. Е.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: lulkin@bsu.by*

Функциональная верификация логических проектов дискретных устройств (ДУ) является одной из важнейших задач, которые возникают в процессе логического проектирования. В частности, достаточно часто логическое проектирование сводится к некоторой модификации исходного ДУ (например, с применением другого элементного базиса, в целях повышения быстродействия, при реализации в виде одной БИС с использованием других критериев оптимальности и т.д.). В этом случае необходимо проверить функциональное соответствие полученного ДУ исходному. Особенно это важно, если модификация выполняется вручную, что повышает вероятность возникновения ошибок.

Таким образом, под функциональной верификацией в настоящей работе понимается функциональное сравнение различных схемных реализаций ДУ или ДУ и некоторого его функционального описания. Если такое сравнение выполняется не на всей области определения функций (не на всех возможных входных воздействиях ДУ, а лишь на так называемых «рабочих» наборах), то это будет оговариваться отдельно.

Следует отметить, что большинство выполненных исследований в области функциональной верификации ДУ направлено на оптимизацию вычислительных процедур сравнения различных функциональных или структурно-функциональных описаний ДУ. Предлагаемый в настоящем докладе подход позволяет уменьшить трудоемкость программной реализации функциональной верификации за счет естественного привлечения для описания задачи, имеющей логический характер, средств логического программирования вместо представления громоздких процедур на алгоритмических языках.

Логическое программирование и созданные для его реализации инструментальные средства, в частности язык ПРОЛОГ и соответствующие системы программирования, находят все более широкое применение при решении различных задач с привлечением моделей и методов из теории искусственного интеллекта.

В докладе рассматриваются предикатные описания комбинационных и последовательностных схем, которые позволяют выполнить их функциональную верификацию с помощью логического вывода. Предикатные описания строятся с учетом возможности их реализации на языке ПРОЛОГ. Данная работа представляет собой развитие предыдущих работ автора для решения задачи функциональной верификации ДУ.

Разработанные предикатные спецификации были применены для описания ряда комбинационных и последовательностных схем, отлажены и проверены с помощью системы программирования Visual Prolog.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОВРЕЖДАЕМОЙ ОБЛАСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Мармыш Д. Е.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: marmyshde@bsu.by*

В работе рассматриваются некоторые методы машинного обучения для идентификации и анализа повреждаемой области (областей) твердого тела или системы твердых тел. В частности, развиваются метод логистической регрессии и метод опорных векторов, которые могут применять как по отдельности, так и быть взаимодополняющими при количественном и качественном анализе показателей повреждаемости.

Математическая теория повреждаемости была развита и обоснована в работе [1]. Аналитическое определение показателей повреждаемости (опасного объема  $V$  и интегральной повреждаемости  $\Psi$ ) затруднительно в силу существенной нелинейности задачи. Отметим, что согласно [1] повреждаемая область  $\Omega$  – это область, в которой действующие напряжения превышают предельные. С точки зрения машинного обучения, идентификация опасной области – это задача классификации по бинарному признаку

$$f(A) = \begin{cases} 1, & A \in \Omega \\ 0, & A \notin \Omega \end{cases} \quad (1)$$

где  $A$  – точка анализируемой области твердого тела (системы тел).

В работе [2] показано, что применение метода логистической регрессии является эффективным и устойчивым способом количественного определения показателей повреждаемости. Для качественного может быть применен метод опорных векторов, который позволяет не только идентифицировать повреждаемую область тела, но и построить кусочно-непрерывную функцию, ограничивающую данную область.

Метод логистической регрессии и метод опорных векторов являются методами линейной классификации, т.е. исходная выборка должна быть линейно разделима гиперплоскостью. Повреждаемые области являются нелинейными областями, поэтому для их анализа предварительно необходимо применить классифицирующее ядро к заданной выборке [3]. Практика показывает, что наилучшее разделение позволяет получить применение полиномиального ядра или радиальной базисной функции.

## Литература

1. Щербаков, С.С. Механика трибофатических систем / С.С. Щербаков, Л.А. Сосновский. – Минск БГУ, 2011. – 407 с.
2. Мармыш, Д.Е. Применение логистической регрессии к вычислению повреждаемости твердого деформируемого тела / Д.Е. Мармыш // Механика машин, механизмов и материалов, № 1 (54), 2021. С. 46–53.
3. Cristianini, N. An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods / N. Cristianini, J. Shawe-Taylor. – Cambridge University Press, 2000. – 204 p.



# ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГРАФЕНА И СИЛИЦЕНА В РАМКАХ ОБЩЕГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Нагорный Ю. Е., Политаев Д. Н., Журавков М. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: nagorny.yury@gmail.com*

Графен и силицен представляют собой два материала из разряда наноструктур. Данные структуры являются однослойными пластинками из углерода и кремния соответственно. Их ячейки образуют шестиугольники, в вершинах которых располагаются атомы.

Модель общего гармонического поля (ОГП) [1] базируется на предположении, что в молекулярной структуре имеет место взаимодействие всех атомов со всеми. Учёт всех возможных связей мало необходим для реальных целей, так как с увеличением расстояния резко падает сила. Минимально возможный радиус действия сил равен длине валентной связи. Именно такая структура, с центром в одном из атомов, включённая в круг радиусом, равным этой связи, рассматривается в работе [2] в качестве базовой. Она включает в себя четыре атома.

Матрица жёсткости структурного элемента, разлагается на набор матриц жёсткости четырёх отдельных типов элементов: пары упругих отрезков [3], моделирующих валентную связь – тип 1 и силу Ван-дер-Ваальса – тип 2; и два угловых элемента [4] между парой валентных связей, исходящих из одного атома – тип 3, и угловой элемент между валентной связью и связью Ван-дер-Ваальса – тип 4. У каждого из них своя жёсткость.

Коэффициенты для матриц жёсткости этих четырёх элементов получены пересчётом, через собственные частоты колебаний трёхузловых фрагментов, силицена и графена соответственно. Эти фрагменты применяются для моделирования системы из атома и двух его ближайших соседей.

Для получения частот в обоих случаях решается уравнение

$$\det([K] - \omega^2 [M]) = 0, \quad (1)$$

где  $[K]$  – матрица жёсткости системы,  $[M]$  – диагональная матрица, содержащая на главной диагонали массы атомов соответственно углерода  $m_C = 2,00824 \cdot 10^{-26}$  кг и кремния  $m_{Si} = 2,6929 \cdot 10^{-26}$  кг,  $\omega$  – собственная частота колебаний структуры.

Для графена рассматривается система из двух линейных упругих отрезков, моделирующих валентные связи, и упругого угла с жёсткостью соответственно  $k_1 = 938$  ккал·моль<sup>-1</sup>·Å<sup>-2</sup>,  $k_\gamma = 126$  ккал·моль<sup>-1</sup>·рад<sup>-2</sup> [5]. Для силицена к паре отрезков добавляется третий упругий отрезок, предназначенный для моделирования связи атомов, расположенных через один. Их жёсткости составляют:  $k_1 = 161,7$  Дж·м<sup>-2</sup> и  $k_2 = 9,3$  Дж·м<sup>-2</sup> [6].

Решение уравнения даёт набор из трёх частот. С их помощью составляются системы из трёх уравнений (1): где  $[K]$  – матрица жёсткости трёхузлового фрагмента (GHF – general harmonic field). Она состоит из матрицы жёсткости, построенной на предыдущем этапе с добавлением двух матриц жёсткости упругих углов типа 4 и одного упругого отрезка типа 2 для графена. Для силицена вместо матрицы жёсткости

упругого отрезка используется матрица угла типа 3. Результирующая матрица содержит полный набор из четырех независимых коэффициентов. Превышение числа коэффициентов над числом уравнений приводит к неоднозначности решений. Возникает зависимость трёх коэффициентов от четвёртого. Для графена это [7]:

$$\begin{aligned}
k_{1(GHF)} &= \frac{1}{6} \left( 3k_1 - 6k_{2(GHF)} + 10 \frac{k_{\gamma 1}}{a^2} + \right. \\
&+ \left. \sqrt{9k_1^2 + 18k_1k_{2(GHF)} - 36k_{2(GHF)}^2 - 60k_1k_{\gamma 1} + 60k_{2(GHF)}k_{\gamma 1} + 100k_{\gamma 1}^2} \right), \\
k_{\gamma 1(GHF)} &= \frac{1}{5} a^2 \left( -3k_1 - 8k_{2(GHF)} + 15 \frac{k_{\gamma 1}}{a^2} + \right. \\
&+ \left. \sqrt{9k_1^2 + 18k_1k_{2(GHF)} - 36k_{2(GHF)}^2 - 60k_1k_{\gamma 1} + 60k_{2(GHF)}k_{\gamma 1} + 100k_{\gamma 1}^2} \right), \\
k_{\gamma 2(GHF)} &= \frac{1}{2} a^2 \left( 3k_1 + 6k_{2(GHF)} - 10 \frac{k_{\gamma 1}}{a^2} - \right. \\
&- \left. \sqrt{9k_1^2 + 18k_1k_{2(GHF)} - 36k_{2(GHF)}^2 - 60k_1k_{\gamma 1} + 60k_{2(GHF)}k_{\gamma 1} + 100k_{\gamma 1}^2} \right).
\end{aligned} \tag{2}$$

В общем виде для силицена зависимость выглядит так [8]:

$$\begin{aligned}
k_{1(GHF)} &= \frac{1}{6} \left( 3k_1 - 6k_{2(GHF)} + 4k_2 + \right. \\
&+ \left. \sqrt{9k_1^2 + 18k_1k_{2(GHF)} - 36k_{2(GHF)}^2 - 6k_1k_2 + 24k_{2(GHF)}k_2 + 16k_2^2} \right), \\
k_{\gamma 1(GHF)} &= \frac{1}{5} a^2 \left( -3k_1 - 8k_{2(GHF)} + 6k_2 + \right. \\
&+ \left. \sqrt{9k_1^2 + 18k_1k_{2(GHF)} - 36k_{2(GHF)}^2 - 6k_1k_2 + 24k_{2(GHF)}k_2 + 16k_2^2} \right), \\
k_{\gamma 2(GHF)} &= \frac{1}{2} a^2 \left( 3k_1 + 6k_{2(GHF)} - 4k_2 - \right. \\
&- \left. \sqrt{9k_1^2 + 18k_1k_{2(GHF)} - 36k_{2(GHF)}^2 - 6k_1k_2 + 24k_{2(GHF)}k_2 + 16k_2^2} \right),
\end{aligned} \tag{3}$$

где  $k_1$  и  $k_{1(GHF)}$  – жёсткость валентной связи соответственно в рамках поля центральных сил и ОГП,  $k_2$  и  $k_{2(GHF)}$  – жёсткость элемента, моделирующего силы Ван-дер-Ваальса связи соответственно в рамках поля центральных сил и ОГП,  $k_{\gamma 1(GHF)}$  и  $k_{\gamma 2(GHF)}$  – жёсткости угловых элементов типа 3 и 4 в рамках ОГП,  $a$  – длина валентной связи.

Подставив соответствующие значения  $k_1$ ,  $k_{1(GHF)}$  и  $k_2$  для графена и силицена, получим ограничения на коэффициент  $k_{2(GHF)}$ . Для графена пределы изменения составляют:

$$-123,413 \leq k_{2(GHF)} \leq 521,782 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}. \tag{4}$$

У силицена они лежат на промежутке:

$$47,13 \leq k_{2(GHF)} \leq 134,18 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}. \tag{5}$$

Рассчитаем набор коэффициентов для графена и силицена, взяв значение  $k_{2(GHF)}=50$  Дж·м<sup>-2</sup>, близкое к середине допустимых значений для силицена (5), и входящее в разрешённую область для графена (4). В этом случае для графена остальные коэффициенты равны:  $k_{1(GHF)}=634,4$  Дж·м<sup>-2</sup>,  $k_{\gamma_1(GHF)}=4,417 \cdot 10^{-20}$  Дж·м<sup>-2</sup>,  $k_{\gamma_2(GHF)}=1,07 \cdot 10^{-18}$  Дж·рад<sup>-2</sup>, для силицена имеем:  $k_{1(GHF)}=127,5$  Дж·м<sup>-2</sup>,  $k_{\gamma_1(GHF)}=2,97 \cdot 10^{-18}$  Дж·рад<sup>-2</sup>,  $k_{\gamma_2(GHF)}=5,32 \cdot 10^{-18}$  Дж·рад<sup>-2</sup>.

Моделирование выполняем для фрагментов графена и силицена, имеющих прямоугольную форму максимальным размером  $4 \cdot 10^{-9}$  м шириной и  $4 \cdot 10^{-9}$  м длиной. Граничные условия для обеих моделей предполагают равномерное растяжение за вершины шестиугольников границы «зигзаг».

Выполнение сравнения абсолютных значений модуля продольной упругости не корректно, так как его величина зависит от толщины образца, выбор которого для структур, толщиной в один атомный слой неоднозначен. Поэтому можно говорить только о качественном сравнении полученных результатов. В обоих случаях наблюдается выход на асимптоту с ростом длины образца и очень слабая зависимость от ширины образца. Абсолютные значения модуля продольной упругости находятся в пределах:  $0,58 < E < 0,95$  ТПа и  $0,70 < E < 1,66$  ТПа для графена и силицена соответственно.

Поведение коэффициента поперечной деформации для образцов графена и силицена имеет как качественные, так и количественные отличия. Общим является его уменьшение с ростом ширины образцов наноструктур с выходом на асимптоту. Увеличение же длины образцов даёт качественно отличные результаты: у графена рост данного показателя, а у силицена – его снижение. Абсолютные значения так же отличаются:  $0,326 < \nu < 0,472$  для графена и  $0,063 < \nu < 0,258$  для силицена.

#### Литература

1. Грибов, Л.А. Колебания молекул / Л.А. Грибов. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 544 с.
2. Zhuravkov, M.A. Finite element modeling of nanoscale structures / M.A. Zhuravkov, Yu.E. Nagomyi, V.I. Repchenkov // *Nanotechnologies in Russia*. – 2011. – V. 6. – № 9-10. – P. 597-606. DOI: 10.1134/S1995078011050168.
3. Нагорный, Ю.Е. Исследование механических свойств силицена в рамках модели поля центральных сил / Ю.Е. Нагорный, Д.Н. Политаев // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2017. – Вып. 9. – С. 341-346. DOI: 10.26456/pcascnn/2017.9.341.
4. Нагорный, Ю.Е. Исследование механических свойств силицена в рамках модели валентно-силового поля / Ю.Е. Нагорный, Д.Н. Политаев // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2018. – Вып. 10. – С. 485-491. DOI: 10.26456/pcascnn/2018.10.485.
5. Li, C. A structural mechanics approach for the analysis of carbon nanotubes / C. Li, T.-W. Chou // *International Journal of Solids and Structures*. – 2003. – V. 40. – I. 10. – P. 2487-2499. DOI: 10.1016/S0020-7683(03)00056-8.
6. Кривцов, А.М. Сравнение микромоделей описания упругих свойств алмаза / А.М. Кривцов, О.С. Лобода, С.С. Хакало // *Механика твёрдого тела*. – 2012. – № 5. – С. 44-52.
7. Журавков, М.А. Сравнительный анализ результатов численного моделирования механического поведения графена и силицена в рамках общего гармонического поля / М.А. Журавков, Ю.Е. Нагорный, Д.Н. Политаев // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2020. – Вып. 12. – С. 415-423. DOI: 10.26456/pcascnn/2020.12.415.
8. Нагорный, Ю.Е. Численное моделирование механического поведения силицена в рамках обобщённого гармонического поля / Ю.Е. Нагорный // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2019. – Вып. 11. – С. 336-344. DOI: 10.26456/pcascnn/2019.11.336.

# НЕПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МНОГОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЯДЕРНЫХ ОЦЕНОК ПЛОТНОСТЕЙ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ЯДРОМ

**Паланевич А. С., Жук Е. Е.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: alexander.palanevich@gmail.com*

Пусть регистрируются случайные наблюдения  $x = x(w) \in R^N$  над объектами  $w \in \Omega$ , принадлежащими к  $L$  классам  $\{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_L\}$ :

$$\Omega_i \cap \Omega_j = \emptyset, i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, L;$$

$$\bigcup_{i=1}^L \Omega_i = \Omega.$$

Обозначим истинный номер класса, к которому принадлежит объект  $w$ , через  $d^0(w)$ . Этот номер является дискретной случайной величиной со следующим распределением:

$$P(d^0(w) = i) = \pi_i, i = 1, 2, \dots, L;$$

$$\pi_1 + \pi_2 + \dots + \pi_L = 1.$$

Здесь  $\{\pi_i, i = \overline{1, L}\}$  – априорные вероятности классов. В рамках каждого из классов наблюдение  $x(w)$  описывается условной плотностью распределения:

$$p_i(x) = p(x | d^0(x) = i), i = 1, 2, \dots, L, x \in R^N.$$

Поставим перед собой задачу оценки номера класса для нового наблюдения по имеющейся классифицированной выборке (задача дискриминантного анализа). Для этого будем пользоваться байесовским решающим правилом (БРП) [1]:

$$\widehat{d}^0(x) = \underset{i=1,2,\dots,L}{\operatorname{argmax}} (\pi_i p_i(x)), x \in R^N,$$

где  $\widehat{d}^0(x)$  – оценка номера неизвестного класса для наблюдения  $x$ . Мы имеем дело с нерандомизированным решающим правилом [1]. Однако для пользования этим правилом необходимо знать  $\{\pi_i, p_i(x), i = 1, 2, \dots, L\}$ . Так как их точные значения неизвестны, то укажем способ построения оценок для этих величин.

Пусть  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in R^{nN}$  – классифицированная выборка и  $n_k$  – число наблюдений из выборки, которые относятся к классу с номером  $k$ . Тогда построим оценку для априорных вероятностей [1]:

$$\widehat{\pi}_k = \frac{n_k}{n}, k = 1, 2, \dots, L. \quad (1)$$

Условные плотности распределения будем оценивать с помощью ядерных оценок с прямоугольным ядром. Пусть  $\Gamma(x)$  –  $N$ -мерный параллелепипед с центром в точке  $x$  и сторонами  $h_i \in R, i = 1, 2, \dots, N$ , с “объемом”  $V = \prod_{i=1}^N h_i$ . Вводя функцию-индикатор  $I_{\Gamma(x)}(y)$ , равную единице, если  $y \in \Gamma(x)$ , и нулю – в противном случае, оценки плотностей запишем следующим образом [2]:

$$\widehat{p}_k(y) = \frac{1}{n_k V} \sum_{j=1}^n I_{\Gamma(y)}(x_j) \delta_{k, d^0(x_j)}, x_j \in X, j = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, L, y \in R^N. \quad (2)$$

Тогда для оценки номера класса, к которому принадлежит новое наблюдение  $x^*$ , получаем следующее подстановочное БРП [1]:

$$\hat{d}(x^*) = \underset{k=1,2,\dots,L}{\operatorname{argmax}} (\widehat{\pi}_k \widehat{p}_k(x^*)), x^* \in R^N. \quad (3)$$

Теперь сформулируем и докажем теорему, придающую построенному БРП содержательный смысл.

**Теорема.** Пусть по обучающей выборке  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in R^{nN}$  построены упомянутые выше оценки параметров модели  $\{\widehat{\pi}_k, \widehat{p}_k(x), k = \overline{1, L}\}$  из (1), (2). Тогда новое наблюдение  $x^* \in R^N$ , классифицируемое с помощью подстановочного БРП (3), относится к классу  $\Omega_d$  с номером  $d$ , когда количество наблюдений из выборки  $X$ , лежащих в  $\Gamma(x^*)$  и принадлежащих этому классу, является наибольшим среди остальных классов.

**Доказательство.** Для простоты рассуждений предположим, что максимум в БРП достигается на одном классе с номером  $d$ . Тогда:

$$\hat{d}(x^*) = d \Leftrightarrow \widehat{\pi}_d \widehat{p}_d(x^*) > \widehat{\pi}_k \widehat{p}_k(x^*), k = 1, 2, \dots, L, k \neq d.$$

Подставляя полученные ранее оценки параметров модели (1), (2), получаем:

$$\frac{n_d}{n} \frac{1}{n_d V} \sum_{j=1}^n I_{\Gamma(x^*)}(x_j) \delta_{d,d^0}(x_j) > \frac{n_k}{n} \frac{1}{n_k V} \sum_{j=1}^n I_{\Gamma(x^*)}(x_j) \delta_{k,d^0}(x_j);$$

$$\sum_{j=1}^n I_{\Gamma(x^*)}(x_j) (\delta_{d,d^0}(x_j) - \delta_{k,d^0}(x_j)) > 0.$$

Что и соответствует сформулированной выше интерпретации БРП.

#### Литература

1. Жук Е.Е., Харин Ю.С. Математическая и прикладная статистика//учебное пособие. –Минск, БГУ, 2005. – С. 192–208.
2. Multivariate Kernel Smoothing and its Applications / José E. Chacón, Tarn Duong –Taylor & Francis Group, LLC, 2018

# МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЦИФРОВОГО ТЕКСТА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЕГО АВТОРА

**Парамонов А. И., Труханович И. А.**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Беларусь, e-mail: anton\_paramonov@tut.by*

Идентификация авторства использует методы поиска информации и обработки естественно-языковых текстов с целью определения личности, кем был составлен исследуемый фрагмент текста. Этот процесс основан на изучении других документов этого автора и сопоставлении его «почерка». Решение задачи определения авторства может быть применено во многих сферах, таких как авторское право, анти-плагиат, анализ киберпреступлений, классификация сообщений и др. Методы идентификации авторства текста сегодня представлены действенными инструментами в криминалистике для разрешения вопросов о спорном авторстве, построение портрета автора, стиля и т. д.

Современные подходы к вопросу определения авторства используют разнообразный математический аппарат, среди них наиболее известны следующие методы: *критерий Стьюдента, меры расстояния, Байесовский классификатор, метод ближайших соседей, метод опорных векторов* и др.

С помощью критерия Стьюдента проверка авторства текста может производиться на основе средних значений некоторых характеристик [1]. Например, по среднему количеству букв в словах или по средней длине предложения. Первоначально производится объединение текстов автора в единый. После этого тексты разделяются на одинаковые выборки и получают для каждого текста три характеристики: число выборок  $n_1$ , значение среднего  $m_1$  и стандартное отклонение  $\sigma_1$ . То же самое проводится с текстом, полученным в результате объединения текстов, принадлежащих автору ( $n_2, m_2, \sigma_2$ ). Затем для каждого текста рассчитывается значение  $t$ -характеристики критерия. Среди текстов, принадлежащих автору, определяется тот, значение критерия  $t$  которого максимально. Метод достаточно нетребователен к ресурсам, но требователен к объёму текста и обладает относительно низкой точностью, может использоваться при определении авторов журнальных статей.

Проверка авторства с помощью евклидова расстояния между частотными словарями выполняется на основании минимальности расстояния между частотными словарями для каждого исследуемого документа/текста [2]. Частотный словарь автора составляется на основе его документов/текстов. Затем выполняется нормализация словарей, при этом уникальные слова, которые есть только в одном из словарей, пропускаются. Метод относительно нетребовательный по ресурсам, но достаточно хорошо проявляет себя на текстах одного жанра одинаковых предметных областей разного большого объёма.

Метод ближайших соседей может использоваться для определения авторства на основе сходства значений атрибутов текста [3]. В  $n$ -мерном пространстве атрибутов все тексты соотносятся к классу определённого автора (либо неизвестного). Метод является достаточно ресурсоёмким, но не очень требователен к объёмам текста и обладает приемлемой точностью, может применяться в классификации текстов коротких электронных писем.

Модели на основе машины опорных векторов достаточно близки к перцептронам и могут быть использованы в классификации текстов. Метод является достаточно ресурсоёмким, но на сегодняшний день является одним из самых точных, может применяться на текстах различных жанров и объектов.

Кроме прочего, в вопросе авторства текстов можно использовать нейронные сети [4]. Они могут обладать весьма высокой точностью и быть применимы для разных предметных областей, но требуют значительных затрат на обучение.

В последнее время все чаще в обработке текстов используются генетические алгоритмы [5]. Подход на основе генетических алгоритмов является на сегодня самым гибким, поскольку в нём может подбираться один из наиболее эффективных методов для каждой конкретной задачи. Вместе с тем его результаты и время работы не всегда могут окупаться в силу самой природы данного подхода. Ведь сначала идёт подбор множества правил, которые описывают признаки текста. Затем правила проверяются на текстах, авторство которых известно, для каждого оценивается значение функции приспособленности. Таким образом происходит процесс отбора. Прошедшие отбор правила подвергаются изменению (мутации), и затем процесс отбора повторяется достаточно много раз, пока не отберутся авторские правила.

Анализ существующих подходов для определения авторства в разрезе различных характеристик даёт возможность оценить состояние текущих возможностей в данной области. Методы были проверены в рамках различного рода задач, некоторые из которых были весьма специфическими. В целом можно сделать выводы, что простейшие методы (критерий Стьюдента, Байесовский классификатор) обладают весьма низкой точностью, применяются, как правило, только в комплексе с другими или с модификациями. Однако, достаточно тривиальный метод расстояний может успешно использоваться при определении авторства художественных текстов одного жанра, но в остальных случаях он, как правило, недостоверен. Вполне приемлемые результаты даёт метод ближайших соседей, который применим в области художественных текстов, а также и при сравнении журнальных статей, хоть и является затратным относительно выбранных признаков. Самыми же достоверными и точными можно назвать метод опорных векторов и нейронных сетей. Они дают высокую степень точности на текстах разных областей даже достаточно небольшого размера. Поэтому их можно использовать в достаточно широком диапазоне задач: от анализа диалогов в сети Интернет до авторства больших научных работ.

### Литература

1. t-критерий Стьюдента [Электронный ресурс] / проект Математика. – Режим доступа: [https://math.wikia.org/ru/wiki/T-критерий\\_Стьюдента](https://math.wikia.org/ru/wiki/T-критерий_Стьюдента). – Дата доступа: 25.03.2021.
2. Шумская А. О. Оценка эффективности метрик расстояния Евклида и расстояния Махаланобиса в задачах идентификации происхождения текста / А. О. Шумская // Доклады ТУСУР. – 2013. – № 3(29). – С. 141–145.
3. Агеев, М.С. Метод эффективного расчета матрицы ближайших соседей для полнотекстовых документов. / М.С. Агеев, Б.В. Добров // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2011. №3 - с.72-84.
4. Федоров А.А. Анализ авторства текста полносвязной нейронной сетью в Keras [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.bizkit.ru/2019/10/23/14754>. – Дата доступа: 25.03.2021.
5. Бодянский Е.В., Волкова В.В., Коваль К.В. Автоматическая кластеризация текстовых документов на основе генетического алгоритма с искусственным отбором // Радіоелектроніка, інформатика, управління. 2009. №2 (21). – С. 91–96.

# О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ СЛАБО СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МНОГОЧЛЕНОВ

**Расолько Г. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: rasolka@bsu.by*

В работе [1, стр. 58, 59] рассматривается квадратурный метод приближенного решения сингулярного интегрального уравнения с логарифмическим ядром

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \varphi(t) \ln |t-x| dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \varphi(t) K(x,t) dt = f(x), \quad -1 < x < 1. \quad (1)$$

Здесь  $K(x,t)$  и  $f(x)$  – известные функции из класса Гельдера  $H$ ,  $\varphi(x)$  – искомая функция.

В данной работе предлагаются алгоритмы численного решения уравнения (1) в разных классах функций по Мухелишвили [2, стр. 31] методом ортогональных многочленов, основной идеей которого является использование спектральных или квазиспектральных соотношений для входящих в уравнение интегралов.

Мы говорим, что функция  $\psi(x) \in h(0)$ , если на отрезке  $[-1+\varepsilon_1, 1-\varepsilon_2]$   $\varepsilon_1 > 0$ ,  $\varepsilon_2 > 0$ , она удовлетворяет условию Гельдера, а в окрестности точек  $\pm 1$  допускает интегрируемую особенность. Класс функций  $h(-1,1)$  – класс ограниченных в окрестности точек  $x = \pm 1$  функций.

Построенные согласно методике [3 – 6] спектральные схемы численного решения уравнения (1), в отличие от [1], получены на основе известных спектральных соотношений для слабо сингулярного интеграла:

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{T_k(t)}{\sqrt{1-t^2}} \ln |t-x| dt = \alpha_k T_k(x), \quad \alpha_0 = -\ln 2, \quad \alpha_k = -\frac{1}{k}, \quad k > 0, \quad T_k(x) = \cos(k \arccos x),$$

и квазиспектральных соотношений для слабо сингулярных интегралов, позволяющих получить точные аналитические выражения для интегралов, не прибегая к квадратурным формулам. Здесь и далее  $T_n(x)$ ,  $U_{n-1}(x)$  – многочлены Чебышёва первого и второго рода соответственно.

Имеет место

**Утверждение.** Для  $|x| < 1$  выполняются следующие квазиспектральные соотношения:

$$L_k(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{\frac{1-t}{1+t}} T_k(t) \ln |t-x| dt = \begin{cases} -\ln 2 T_0(x) + T_1(x), & k = 0, \\ \frac{\ln 2}{2} T_0(x) - T_1(x) + \frac{1}{4} T_2(x), & k = 1, \\ \frac{T_{k-1}(x)}{2(k-1)} - \frac{T_k(x)}{k} + \frac{T_{k+1}(x)}{2(k+1)}, & k \geq 2; \end{cases}$$



$$M_k(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{\frac{1+t}{1-t}} T_k(t) \ln|t-x| dt = \begin{cases} -\ln 2 T_0(x) - T_1(x), & k=0, \\ -\frac{\ln 2}{2} T_0(x) - T_1(x) - \frac{1}{4} T_2(x), & k=1, \\ \frac{T_{k-1}(x)}{2(k-1)} - \frac{T_k(x)}{k} - \frac{T_{k+1}(x)}{2(k+1)}, & k \geq 2; \end{cases}$$

$$J_k(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} U_k(t) \ln|t-x| dt = \begin{cases} -\frac{\ln 2}{2} T_0(x) + \frac{1}{4} T_2(x), & k=0, \\ -\frac{1}{2k} T_k(x) + \frac{1}{2k+4} T_{k+2}(x), & k \geq 1; \end{cases}$$

$$H_k(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} T_k(t) \ln|t-x| dt = \begin{cases} -\left(\frac{\ln 2}{2} + \frac{1}{8}\right) U_0(x) + \frac{1}{8} U_2(x), & k=0, \\ -\frac{1}{6} U_1(x) + \frac{1}{24} U_3(x), & k=1, \\ \left(\frac{\ln 2}{4} + \frac{1}{8}\right) U_0(x) - \frac{5}{32} U_2(x) + \frac{1}{32} U_4(x), & k=2, \\ -\frac{U_{k-4}(x)}{8(k-2)} + \frac{3k-4}{8k(k-2)} U_{k-2}(x) - \frac{3k+4}{8k(k+2)} U_k(x) + \frac{1}{8(k+2)} U_{k+2}(x), & k \geq 3. \end{cases}$$

При построении вычислительных схем используются интерполяционные многочлены для функции  $f(x)$  по узлам Чебышева первого рода [7] вида

$$f(x) \approx f_n(x) = \sum_{j=0}^n f_j^n T_j(x), \quad (2)$$

где  $f_0^n = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n f(x_k)$ ,  $f_j^n = \frac{2}{n+1} \sum_{k=0}^n f(x_k) T_j(x_k)$ ,  $j = \overline{1, n}$ ,  $x_k = \cos \frac{2k+1}{2n+2} \pi$ ,  $k = \overline{0, n}$ ,

или вида

$$f_n(x) = \sum_{j=0}^n f_j U_j(x), \quad (3)$$

$$f_j = G_j - G_{j+2}, \quad j = \overline{0, n-2}, \quad f_{n-1} = G_{n-1}, \quad f_n = G_n,$$

$$G_j = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n f(x_k) T_j(x_k), \quad j = \overline{0, n}, \quad x_k = \cos \frac{2k+1}{2n+2} \pi, \quad k = \overline{0, n}.$$

На основании (2) и (3) построено несколько интерполяционных многочленов функции двух переменных  $K(x, t)$ .

Приближенное решение уравнения (1) в классе функций  $h(0)$  вычисляется как решение следующего уравнения относительно новой неизвестной функции  $v_n(x)$ :

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} v_n(t) \ln|t-x| dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} v_n(t) K_{n,n}(x,t) dt = f_n(x), |x| < 1, \quad (4)$$

где  $K_{n,n}(x, t)$  – интерполяционный многочлен функции  $K(x, t)$  степени  $n$  по обеим переменным,  $f_n(x)$  – интерполяционный многочлен (2) функции  $f(x)$  степени  $n$ ,

$$\varphi_n(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} v_n(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} \sum_{k=0}^n c_k T_k(x).$$

Учитывая свойство ортогональности многочленов Чебышева в заданном классе и вышеприведенные квазиспектральные соотношения, из уравнений (4) получаем систему линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных  $c_k, k = \overline{0, n}$ .

Аналогично получена вычислительная схема приближенного решения уравнения (1) в классе функций  $h(-1, 1)$  на основании следующего уравнения относительно новой неизвестной функции  $v_n(x)$ :

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} v_n(t) \ln|t-x| dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} v_n(t) K_{n,n}(x,t) dt = f_{n+2}(x), |x| < 1, \quad (5)$$

где  $K_{n,n}(x, t)$  – интерполяционный многочлен функции  $K(x, t)$  степени  $n$  по обеим переменным,  $f_{n+2}(x)$  – интерполяционный многочлен (3) функции  $f(x)$  степени  $n+2$ ,  $\varphi_n(x) = \sqrt{1-x^2} v_n(x) = \sqrt{1-x^2} \sum_{k=0}^n c_k T_k(x)$ .

По аналогии с рассмотренным выше подходом, учитывая свойство ортогональности многочленов Чебышева в заданном классе и вышеприведенные квазиспектральные соотношения, из уравнений (5) получаем систему линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных  $c_k, k = \overline{0, n}$ .

Как показывают численные примеры, предложенные квазиспектральные методы при небольших вычислительных затратах на достаточно грубой сетке обеспечивают высокую точность приближенного решения, ограниченную лишь вычислительной погрешностью.

### Литература

1. Панасюк В.В., Саврук М.П., Назарчук З.Т. Метод сингулярных интегральных уравнений в двумерных задачах дифракции. Киев: Наук. думка, 1984. Расолько Г.А. Численное решение сингулярного интегро-дифференциального уравнения Прандтля методом ортогональных многочленов. Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. 2018; 3: 68–74.
2. Мухелишвили Н. И. Сингулярные интегральные уравнения. М.: Наука, 1968.
3. Расолько Г.А. Численное решение сингулярного интегро-дифференциального уравнения Прандтля методом ортогональных многочленов. Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. 2018; 3: 68–74.
4. Расолько Г.А. К численному решению сингулярного интегро-дифференциального уравнения Прандтля методом ортогональных многочленов // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. 2019; №1: 58–68.
5. Расолько Г.А., Шешко С. М., Шешко М. А. Об одном методе численного решения некоторых сингулярных интегро-дифференциальных уравнений // Журнал дифференциальные уравнения, 2019, том 55, № 9, с. 1285-1292.
6. Расолько Г.А., Шешко С.М. Приближенное решение одного сингулярного интегро-дифференциального уравнения методом ортогональных многочленов // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. 2020; 2: 10–20.
7. Пашковский С. Вычислительные применения многочленов и рядов Чебышева. М., 1983.

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА

Романова Ю. А.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: youliaromanova99@mail.ru

Оптический поток – это изображение видимого движения объектов, получаемое в результате перемещения наблюдателя относительно сцены.

Цель исследования – построение оптического потока и временных рядов, их визуализация, анализ данных рядов, осуществление прогноза.

Исследование проводится на основе видеопоследовательности (рисунок 1). Отслеживаемые точки выбираются на основе углового детектора Харриса.

Для построения оптического потока использован алгоритм Лукаса-Канаде, с помощью которого найден вектор смещения  $\vec{u}$  между пикселями на соседних кадрах видео с использованием функции яркости пикселей от положения на кадре и времени  $I$  и функции, определяющей весовые коэффициенты для пикселей  $g$ :

$$M \vec{u} = \vec{b}, \quad (1)$$

где

$$M = \begin{bmatrix} \sum_{i,j} g(x_i, y_j) \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 & \sum_{i,j} g(x_i, y_j) \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y} \\ \sum_{i,j} g(x_i, y_j) \frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y} & \sum_{i,j} g(x_i, y_j) \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \end{bmatrix},$$

$$\vec{b} = - \begin{bmatrix} \sum_{i,j} g(x_i, y_j) \frac{\partial I}{\partial t} \frac{\partial I}{\partial x} \\ \sum_{i,j} g(x_i, y_j) \frac{\partial I}{\partial t} \frac{\partial I}{\partial y} \end{bmatrix}, \vec{u} = \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \end{bmatrix}.$$

Если матрица  $M$  обратима (имеет ранг 2), вычисляются  $u_x$  и  $u_y$ , которые минимизируют ошибку  $E$ :

$$\hat{u} = M^{-1} \vec{b}. \quad (2)$$



Рис. 1. Визуализация оптического потока на примере для точек интереса на 1-ом и k-ом кадре

Таким образом, последовательно определяется смещение между двумя соседними кадрами для каждого из отслеживаемых пикселей, и образуются временные ряды.

Привычные методы регрессионного анализа не подходят, если временные ряды нестационарны, а также в случае отсутствия причинной связи между временными рядами.

**Тест Грейнджера** – процедура проверки причинной связи между временными рядами. В тесте Грейнджера последовательно проверяются две нулевые гипотезы: “ $Y_{it}$  не является причиной  $Y_{jt}$  по Грейнджеру” и “ $Y_{jt}$  не является причиной  $Y_{it}$  по Грейнджеру”, где  $i \neq j$ ;  $i, j = \overline{1, n}$  и  $n$  – количество рядов. Если р-значение выше уровня значимости (0.05), то нулевые гипотезы не отклоняются (см. рисунок 2).

**Стационарный временной ряд** – это тот, чьи характеристики, такие как среднее значение и дисперсия, не меняются с течением времени.

Для проверки на стационарность используется дополненный тест Дики-Фуллера (ADF) (рисунок 3). Стационарности временных рядов можно достичь посредством дифференцирования ряда один раз и повторяя тест снова, пока он не станет стационарным. После двухкратного дифференцирования получаются стационарные ряды, которые являются пригодными для построения модели векторной авторегрессионной модели VAR.

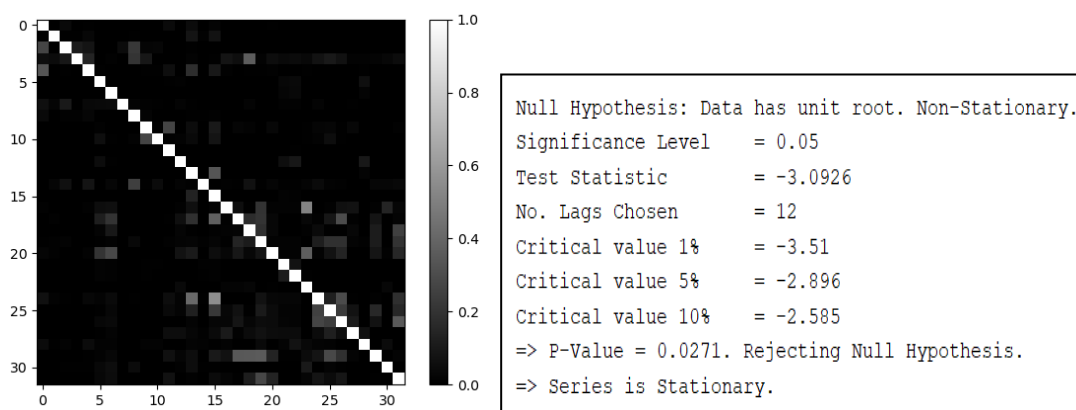


Рис. 2. – а) результат теста Грейнджера, б) результат теста Дики-Фуллера

Из рис. 2 следует, что нулевая гипотеза не отклоняется для большинства пар временных рядов, а как следствие, не для каждого временного ряда существует причинная связь с другим временным рядом.

Из рис. 3 видно, что “Test Statistic” лежит между критическими значениями, соответствующие уровням значимости.

Анализ построенных временных рядов происходит посредством **векторной авторегрессионной модели (VAR)  $p$ -ого порядка авторегрессии**. Чтобы выбрать правильный порядок авторегрессии VAR, необходимо воспользоваться критерием Акаике (AIC). Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Табл. 1. Значение AIC в зависимости от порядка авторегрессии

p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AIC	-511	-565	-2411	-2476	-2456	-2442	-2413	-2415	-2374

По результатам расчетов, представленных в таблице 1, выбран 4-ый порядок авторегрессии, так как при нем достигается минимальное значение AIC, следовательно, построена VAR (4).

**Критерий Дарбина-Уотсона (DW-критерий)** – статистический критерий, используемый для тестирования автокорреляции первого порядка элементов исследуемой последовательности. Значение этой статистики может варьироваться от 0 до 4. Исследовав автокорреляцию регрессионных остатков с помощью критерия Дарбина-Уотсона (**DW**), не обращаясь к таблицам, можно пользоваться приблизительным правилом и считать, что автокорреляция остатков отсутствует, если  $1.5 < DW < 2.5$ .

Таким образом на рис. 4 представлены значения критерия Дарбина-Уотсона для каждого временного ряда, где  $p_{i_x}$  и  $p_{i_y}$  – временные ряды по координатам  $x$  и  $y$  соответственно для каждого пикселя

Критерий Дарбина-Уотсона для каждого временного ряда

$p_{1_x}$	2.03	$p_{1_y}$	2.09
$p_{2_x}$	2.07	$p_{2_y}$	2.08
$p_{3_x}$	1.69	$p_{3_y}$	2.09
$p_{4_x}$	2.04	$p_{4_y}$	2.06
$p_{5_x}$	2.09	$p_{5_y}$	2.08
$p_{6_x}$	1.07	$p_{6_y}$	2.08
$p_{7_x}$	1.96	$p_{7_y}$	2.08
$p_{8_x}$	2.09	$p_{8_y}$	2.09
$p_{9_x}$	2.1	$p_{9_y}$	2.09
$p_{10_x}$	2.1	$p_{10_y}$	2.09
$p_{11_x}$	2.11	$p_{11_y}$	2.09
$p_{12_x}$	1.89	$p_{12_y}$	2.09
$p_{13_x}$	2.1	$p_{13_y}$	2.09
$p_{14_x}$	1.85	$p_{14_y}$	2.09
$p_{15_x}$	2.06	$p_{15_y}$	1.94
$p_{16_x}$	2.0	$p_{16_y}$	2.08

Рис. 3. Значения критерия Дарбина-Уотсона для многомерных временных рядов

Можно сделать вывод о том, что все временные ряды, кроме  $p_{6_x}$ , автокорреляция остатков отсутствует.

Исследуемые многомерные временные ряды были изначально нестационарными, поэтому после приведения их к стационарным (после двукратного дифференцирования) утеряны 2 значения для каждого временного ряда. Воспользуемся квадратичной формой левых прямоугольников для их восстановления дважды.

Таким образом получены следующие результаты прогноза для 4 значений каждого из рядов. На рис. 4 представлены предсказания и фактические данные для 101-104 кадра.

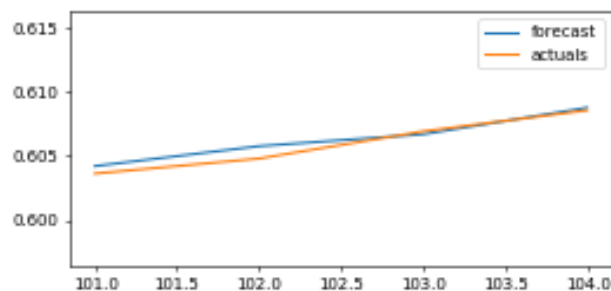


Рис. 4. Предсказанные и фактические данные

Для качественной оценки прогноза вычисляется полный набор метрик

- MAPE (**Mean Absolute Percentage Error**) – средняя абсолютная ошибка в процентах;
- ME (Mean Error) – средняя ошибка;
- MAE (**Mean Absolute Error**) – средняя абсолютная ошибка;
- MPE (Mean **P**ercentage Error) – средняя процентная ошибка;
- RMSE (**R**oot **M**ean **S**quare **D**eviation) – квадратный корень из среднеквадратичной ошибки;
- corr (Correlations) – коэффициент корреляции Пирсона статистическая взаимосвязь двух или более случайных величин.

Таким образом, получены следующие результаты, на основании которых можно сказать, что прогноз проведен качественно (см. рисунок 5):

		Оценка прогноза														
	p_1_x	p_2_x	p_3_x	p_4_x	p_5_x	p_6_x	p_7_x	p_8_x	p_9_x	p_10_x	p_11_x	p_12_x	p_13_x	p_14_x	p_15_x	p_16_x
MAPE	0.3631	0.4505	0.3231	0.082	0.1346	0.2152	0.3127	0.1128	0.5972	0.1678	0.4538	0.6057	0.2932	0.6501	0.104	0.668
ME	0.0014	0.0023	0.0015	0.0004	0.0006	0.0006	0.0008	0.0009	0.003	0.0009	0.0027	0.0032	0.0007	0.0034	-0.0006	0.0035
MAE	0.0014	0.0023	0.0015	0.0005	0.0006	0.0006	0.0008	0.0009	0.003	0.0009	0.0027	0.0032	0.0007	0.0034	0.0006	0.0035
MPE	0.3631	0.4505	0.3231	0.0634	0.1221	0.2152	0.3127	0.1128	0.5972	0.1678	0.4538	0.6057	0.2932	0.6501	-0.104	0.668
RMSE	0.0015	0.0023	0.0015	0.0006	0.0007	0.0007	0.0009	0.0011	0.0031	0.001	0.0027	0.0032	0.0008	0.0034	0.0007	0.0036
corr	0.4091	0.8643	0.84	0.979	-0.1132	0.689	0.6559	0.9979	0.0519	0.9702	0.1625	0.5165	0.779	0.6842	0.9984	0.6844

	p_1_y	p_2_y	p_3_y	p_4_y	p_5_y	p_6_y	p_7_y	p_8_y	p_9_y	p_10_y	p_11_y	p_12_y	p_13_y	p_14_y	p_15_y	p_16_y
MAPE	0.8083	1.0211	0.8749	0.5663	0.872	0.3294	0.3218	0.5474	1.0823	0.777	1.1144	0.7313	0.3808	0.8577	0.4408	0.7867
ME	-0.0042	-0.0036	-0.0031	-0.0037	-0.0046	-0.0002	-0.0002	-0.0036	-0.0032	-0.0022	-0.0034	-0.0021	-0.002	-0.0028	-0.0038	-0.0026
MAE	0.0042	0.0036	0.0031	0.0037	0.0046	0.0017	0.0017	0.0036	0.0032	0.0024	0.0034	0.0022	0.002	0.0028	0.0038	0.0026
MPE	-0.8083	-1.0211	-0.8749	-0.5663	-0.872	-0.0422	-0.0449	-0.5474	-1.0823	-0.7226	-1.1144	-0.6972	-0.3808	-0.8577	-0.4408	-0.7867
RMSE	0.0044	0.0038	0.0032	0.0037	0.0047	0.0023	0.0022	0.0037	0.0035	0.0028	0.0036	0.0027	0.0025	0.0032	0.004	0.0031
corr	0.8647	0.9579	0.9389	0.9243	0.8334	0.5645	0.5519	0.9335	0.8169	0.9521	0.8623	0.9695	0.5574	0.9584	0.9383	0.9262

Рис. 5. Оценка прогноза для временных рядов

### Литература

1. Медведев Г.А. Практикум на ЭВМ по анализу временных рядов: Учеб. Пособие / Г. А. Медведев, В.А.Морозов. – Мн.: Университетское, 2001. – 192с.
2. Anandan P. A computational framework and an algorithm for the measurement of visual motion // International Journal of Computer Vision. 1989. P. 283–310
3. Black M.J. Robust Incremental Optical Flow // Yale University. 1992. P.280
4. T. Tuytelaars and K. Mikolajczyk, Local Invariant Feature Detectors: A Survey, Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision. - 2007.- Vol3, №3.- P. 177–280.

# ВЕБ-СИСТЕМА ДЛЯ АДАПТИВНОГО ПОИСКА СОТРУДНИКОВ ИТ-КОМПАНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ЛОГИЧЕСКИМ ВЫРАЖЕНИЯМ

Савенко А. Г., Шерстнев А. С.

*Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь,  
e-mail: savenko@bsuir.by*

В настоящее время в бизнес-процессах предприятий все более важную роль стали занимать вопросы управления персоналом и подбора новых сотрудников. Особенно актуален этот вопрос в сфере информационно-коммуникационных технологий, так как данная задача может быть усложнена еще тем, что иногда не всегда понятно, какими компетенциями должен обладать сотрудник на момент начала работы над проектом.

Для решения проблемы подбора персонала для работы над проектами ИТ-компаний были разработаны подход подготовки, обработки и загрузки данных о компетенциях, а также гибкий алгоритм, который позволяет осуществлять поиск по загруженным данным. Гибкость алгоритма поиска достигается путем предоставления пользователям возможности формировать логические выражения из компетенций и автоматически формирует нужные обобщения компетенций в один класс, по которому в дальнейшем можно будет осуществлять поиск.

С точки зрения информационной модели системы реализуется сложный поиск на основе логических выражений. В данном случае целесообразно хранить информацию в виде связей между сущностями, при комбинировании которых можно добиться нужного критерия поиска. Сами сущности должны описывать как можно меньший объем информации для того, чтобы обеспечивать меньшую гранулярность и, следовательно, предоставлять более точные результаты. Связи должны быть односторонними и направленными, а их количество должно быть минимальным. Пример модели графовой базы данных в разрезе одного сотрудника представлен на рисунке 1.

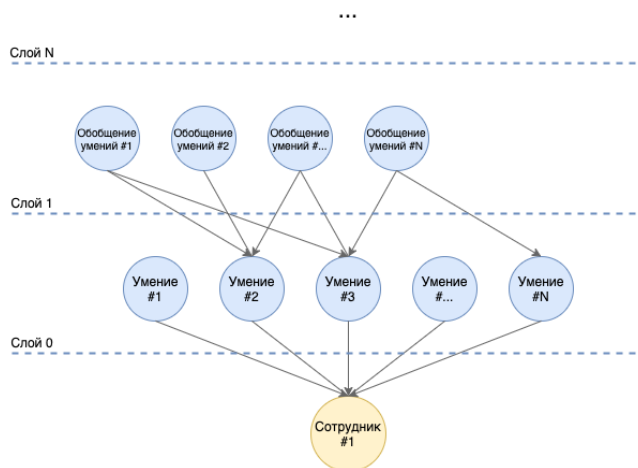


Рис. 1. Модель графовой базы данных

Как можно видеть из базовой модели, данные организованы в виде слоев. На самом нижнем уровне находится узел с информацией о сотруднике. Данный узел связан с узлами умений односторонней связью. В свою очередь узлы умений связаны со следующим слоем обобщений данных умений в более широкие группы понятий. Данное обобщение позволит системе поиска находить сотрудников по более широким понятиям их компетенций. Так же на одном условном слое связи между узлами запрещены, чтобы предотвратить цикличность при поиске.

Важной задачей при разработке адаптивного алгоритма поиска по компетенции является быстрое действие – необходимо обрабатывать большой объем данных за приемлемое время ожидания пользователя, а также гибкость в построении запросов поиска. Исходя из этого, необходимо рассмотреть пограничные случаи работы приложения, при котором поиск будет максимально неэффективным.

Количество связей между узлами двух слоев на заданном уровне определяется функцией  $L(k, m, n)$ , где  $k$  – количество узлов первого слоя,  $m$  – количество узлов второго слоя,  $n$  – номер уровня и при этом  $k > 0; m > 0; n \geq 0; k, m, n \in \mathcal{N}$ . Количество узлов следующего слоя задается функцией  $G(t, n)$ , где  $t$  – количество узлов предыдущего слоя,  $n$  – номер уровня и при этом  $t > 0; n \geq 0; t, n \in \mathcal{N}$ . Общее количество связей в многослойном графе, с ограничениями на связи описывается формулой 1.

$$R(t, n, L, G) = \begin{cases} R(G(t, n), n - 1, L, G) + L(t, G(t, n), n), & n > 0 \\ 0, & n = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где  $t$  – количество узлов на начальном слое;  $t > 0; t \in \mathcal{N}$ ;

$n$  – общее количество слоев;  $n \geq 0; n \in \mathcal{N}$ ;

$L$  – функция, определяющая количество связей между узлами двух слоев на заданном уровне;

$G$  – функция, определяющая количество узлов следующего слоя.

Общее количество узлов определяется по формуле 2.

$$E(t, n, G) = \begin{cases} E(G(t, n), n - 1, G) + G(t, n), & n > 0 \\ 0, & n = 0 \end{cases} \quad (2)$$

где  $t$  – количество узлов на начальном слое;  $t > 0; t \in \mathcal{N}$ ;

$n$  – общее количество слоев;  $n \geq 0; n \in \mathcal{N}$ ;

$G$  – функция, определяющая количество узлов следующего слоя.

Крайним худшим случаем для поиска будет являться количество связей, которое необходимо проверить с самого верхнего слоя до самого нижнего, то есть обойти весь граф. Функция, описывающая данный крайний случай создает связи между каждым узлом начального слоя и каждым узлом следующего и имеет вид  $L_{max} = (k, m, n) = km$ . Тогда скорость роста числа связей  $R(1, n, L_{max}, G_1)$  и количества узлов  $E(1, n, G_1)$  на  $n$  уровнях будет иметь вид, представленный на рис. 2.

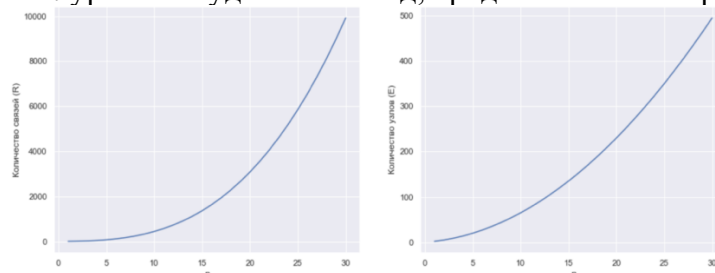


Рис. 2. Графики скорости роста числа связей и числа узлов при  $n$  числе слоев



Очевидно, что даже при небольшом количестве слоев  $n \leq 30$ , число узлов и связей довольно сильно различаются порядком, а сама зависимость далеко не линейна и ближе к степенной или экспоненциальной.

Помимо задачи непосредственно поиска, первостепенным является подготовка, обработка и загрузка данных в графовую базу, по которым и будет осуществляться сам поиск. Входными данными будет список умений, которыми обладают сотрудники. Они должны быть максимально конкретными для того, чтобы система смогла сама выявить нужные обобщения и классы, к которым данные умения относятся. Выходными данными являются сами умения, а также список обобщений, к которым данные умения относятся. Для формирования таких выходных данных, на первом этапе необходимо дополнить каждую входную компетенцию каким-либо ее определением или характеристикой. Для этого используется сервис Wikipedia в котором находится нужная компетенция и берется её краткое описание посредством Python библиотеки «wikipedia». На втором этапе происходит разбиение краткого описания на словосочетания и выбор только словосочетаний, в котором имя существительное является вершиной, то есть главным словом, определяющим характеристику всей составляющей. После чего формируется список пар значений «компетенция – именная группа» который и загружается в графовую базу данных.

Поисковой запрос может включать в себя основные логические операции, такие, как И/ИЛИ, а также операцию группировки с приоритетом, а сам процесс поиска представляет собой обход по графу. Однако вначале необходимо преобразовать входящее выражение в дизъюнктивную нормальную форму (ДНФ), где в качестве логических литералов выступают компетенции сотрудников. ДНФ позволит преобразовать любое входящее логическое выражение в вид дизъюнкции конъюнкций литералов, что даст возможность разбить алгоритм на два этапа:

- 1) Поиск всех сотрудников, обладающих несколькими навыками одновременно:
  - первый шаг – преобразование исходного выражения в ДНФ;
  - следующие шаги – цикл по всем конъюнктивным группам и формирование запросов для обхода графа с учетом включения всех умений из группы.

- 2) Объединение всех результатов предыдущего этапа и удаление дубликатов.

Так же ДНФ позволит произвести минимизацию логического выражения, что ускорит алгоритм поиска, за счет уменьшения количества логических литералов.

Для поиска путей на графе используется так называемый двусторонний поиск в ширину.

Еще одним ограничением, которое стоит учитывать является сложность логического выражения, которое можно составить при формировании запроса поиска. Так как входящее выражение от пользователя может быть неоптимальное с точки зрения логики (лишние повторы и комбинации), то необходимо реализовать алгоритм минимизации логического выражения. Минимизация логического выражения является *NP*-полной задачей.

Разработанная веб-система является полностью кроссплатформенной и может быть запущена на любой операционной системе поддерживающей интерпретатор Python, а также программную платформу Node.js и графовую базу данных Neo4j.

# АЛГОРИТМ ПОИСКА КОМБИНАЦИЙ МУТАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЛЕКАРСТВЕННО УСТОЙЧИВЫМ ТУБЕРКУЛЕЗОМ

Цурикова Е. А., Сергеев Р. С.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kattytsurikova@gmail.com

Математический анализ полногеномных данных микобактерии туберкулеза позволяет сегодня с высокой вероятностью прогнозировать устойчивость к лекарствам первой линии. В то же время устойчивость к лекарствам второй линии плохо объясняется однонуклеотидными полиморфизмами. Устойчивость к препаратам второй линии гипотетически может быть связана с взаимодействием набора мутаций, в то время как влияние каждой отдельной мутации незначительно. При реализации многомаркерных тестов на практике, которые учитывают аддитивные эффекты между множеством отдельных мутаций, возникает проблема вычислительной трудоемкости. В качестве решения проблемы предлагается алгоритм поиска комбинаций мутаций в сочетании с ансамблевым методом машинного обучения бустингом.

Пусть есть набор последовательностей  $N = \{N_1, \dots, N_k\}$ . Каждая последовательность  $N_i$  состоит из набора нуклеотидов и пропущенного символа  $\{A, T, G, C, -\}$ . Любое отличие  $j$ -ого символа  $i$ -ой последовательности  $N_{ij}$  от соответствующей позиции в референсном геноме  $N_{0j}$  будем считать мутацией. Вектор фенотипа  $Y = \{Y_1, \dots, Y_n\}$ , где  $n$  – количество элементов в выборке,  $Y_i = 1$ , если  $i$ -ый образец устойчив к препарату, и  $Y_i = -1$ , если восприимчив.

Рассмотрим матрицу генотипов размера  $n \times m$ , строки которой соответствуют последовательностям, а столбцы – позициям, в которых содержится хотя бы одна мутация,  $x_{ik} = 1$ , если в  $i$ -ой последовательности произошла мутация, соответствующая  $k$ -ому столбцу, иначе  $x_{ik} = 0$ . Чтобы не терять значимость мутаций, которые произошли в одной и той же позиции, и в тоже время учитывать их по отдельности, были сформированы две матрицы:  $XG$ , которая будет рассматривать мутации, произошедшие в одной позиции как одну, и  $XD$ , которая будет учитывать их по отдельности.

Если в образце  $x_k$  произошла  $i$ -ая мутация, то будем говорить, что  $x_k$  обладает признаком  $s_i$ . Если в образце  $x_k$  произошел набор мутаций с номерами  $(i_1, \dots, i_l)$ , то  $x_k$  обладает составным признаком  $(s_{i_1}, \dots, s_{i_l})$ . Обозначим через  $S_i$  множество тех элементов, в которых произошла  $i$ -ая мутация. Тогда  $S_{i_1, \dots, i_l}$  – множество элементов, в которых одновременно присутствует набор мутаций  $(i_1, \dots, i_l)$ . Особенностью задачи поиска комбинаций мутаций является то, что общее количество рассматриваемых мутаций значительно превосходит количество наблюдений  $n \ll m$ . Задача перебора всевозможных комбинаций мутаций требует больших вычислительных ресурсов. Чтобы избежать этой проблемы можно перейти с помощью приведенного ниже алгоритма от задачи перебора мутаций к задаче перебора образцов, поскольку их количество значительно меньше.

Основные шаги алгоритма:

Вход: выравнивание геномных последовательностей

1. Построить матрицу генотипов  $X$
2. На основании  $X$  построить супермножество
3. Из супермножества отобрать элементы по критерию
4. Выполнить переход от множеств к мутациям

Выход: комбинации мутаций и оценки их значимости

Для описания алгоритма удобно оперировать абстрактной сущностью *Element*, которая включает *positions* – набор индексов мутаций, которые произошли у набора образцов *samples*. Псевдокод построения супермножества  $S_m$  может быть описан следующим образом:

```
buildSuperSet( $X, m$ )
 $S_m = \{\}$ 
for  $j$  from 0 to  $m$ 
     $S_j = \mathbf{buildElementSj}(X, j)$ 
    joinWithSuperSet( $S_m, S_j$ )
```

```
addToSuperSet( $S_m, S_j$ )
```

Изначально супермножество представляет собой пустое множество. Затем при рассмотрении каждой мутации формируется *Element*  $S_j$ , включающий те образцы, для которых в матрице генотипов для  $j$ -ой колонки стоят единицы. Псевдокод функции **joinWithSuperSet** можно записать как:

```
joinWithSuperSet( $S_m, S_j$ )
for element in super set  $S_m$ 
    intersection = intersectElements(element,  $S_j$ )
    addToSuperSet( $S_m, intersection$ )
```

Для каждого элемента уже входящего в супермножество строится пересечение с новым элементом  $S_j$ , списки с номерами мутаций объединяются, а для списков образцов находится пересечение. Таким образом пересечение представляет собой построение множества образцов, в которых присутствуют мутации с обоих элементов, а затем  $S_j$  добавляется в супермножество.

Добавление нового элемента в супермножество выделено отдельно, поскольку возможны три ситуации:

- Добавляемый элемент является пустым по *samples*. Построенный на каждом шаге элемент  $S_j$  не может быть пустым по построению матрицы генотипов, а вот пересечение двух элементов во многих случаях является пустым. В таком случае оно не добавляется в супермножество.
- В супермножестве уже существует элемент с такими же *samples*. Тогда из двух элементов формируется новый с объединенными мутациями и добавляется в супермножество.
- В супермножестве нет элемента с такими же *samples*, тогда элемент добавляется в супермножество.

Для построения набора элементов супермножества используется ансамблевый метод машинного обучения – бустинг. Основная идея бустинга в последовательном построении сильного классификатора из набора слабых. В качестве слабых классификаторов выступают сами элементы супермножества, а именно принадлежит ли набору *samples* проверяемый образец. Для элемента  $el$  супермножества и проверяемого образца  $x_i$  классификатор будет иметь следующий вид:

$$h_{el}(x_i) = I[x_i \in el] - I[x_i \notin el] \quad (1)$$

При классификации используется оценка информативности. Пусть есть некоторый набор элементов супермножества  $S$ . Обозначим через  $tp(S)$  количество образцов, которые входят во множество  $S$  и являются устойчивыми, а  $fn(S)$  – количество образцов, которые также входят во множество  $S$ , но являются чувствительными. Тогда задача алгоритма заключается в том, чтобы одновременно максимизировать  $tp(S)$  и при этом минимизировать  $fn(S)$ . Эти два условия можно записать одной функцией, значение которой будет является оценкой информативности классификатора. Ее значение и надо будет максимизировать алгоритму:

$$J(S) = \sqrt{tp(S)} - \sqrt{fn(S)} \quad (2)$$

В ходе вычислительного эксперимента для всех лекарств первой линии, а также их комбинаций, алгоритм нашел одну доминирующую мутацию C2155175G, связанную с устойчивостью к лекарству изониазиду. При бустинге на этих выборках алгоритм добавлял к доминирующей мутации новые, относящиеся к маркерам филогенетических линий, при этом оценка информативности классификаторов не увеличивалась.

Одними из немногих препаратов, для которых играет роль матрица генотипов являются фторхинолоны: офлоксацин, левофлоксацин и их комбинация. По информации из TBDRandomDB, за лекарственную устойчивость к этой группе отвечают мутации по позициям 7570, 7572, 7581, 7582, и учет всех мутаций в одной позиции как одну смог выявить этот набор. Результат для фторхинолонов, за исключением левофлоксацина, можно считать удовлетворительным, поскольку с устойчивостью связан набор мутаций, распределенный по всей выборке, и как результат отдельная мутация наблюдается у маленького количества образцов.

Для аминогликозидов, за исключением канамицина, получились достаточно низкие оценки. В каждом наборе полученных мутаций присутствует мутация A1473252G, которая связана с устойчивостью к этой группе лекарств. Однако этой мутации, даже в сочетании с другими, недостаточно, чтобы построить хороший классификатор. Для лекарства канамицина алгоритм построил набор мутаций, в который вошла мутация G2715356A, связанная с устойчивостью именно к этому лекарству.

### Литература

1. Koser C.U. Whole-genome sequencing for rapid susceptibility testing of *M. tuberculosis* / C.U. Koser, J.M. Bryant, J. Vecq et al // *N Engl J Med.* – 2013. – Vol. 369. – P. 290–292.
2. Сергеев, Р.С. Алгоритмы анализа и поиска ассоциаций в генетических данных: дис. кандидата физ.-мат. наук: 12.00.01 / Р.С. Сергеев. – Минск, 2019. – 140 л.
3. Вапник В. Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным / В. Н. Вапник. – М.: Наука, 1979. – 448 с.

# О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ ОДНОГО СЛАБО СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МНОГОЧЛЕНОВ

**Шешко С. М.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: SheshkaSM@bsu.by*

В настоящей работе предлагается алгоритм численного решения сингулярного интегрального уравнения с логарифмическим ядром вида [1, стр. 58, 59]

$$\varphi(x) + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \varphi(t) \ln|t-x| dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \varphi(t) K(x,t) dt = f(x), \quad -1 < x < 1, \quad (1)$$

в классе функций  $h(-1,1)$  по Мусхелишвили методом ортогональных многочленов. Здесь  $K(x,t)$  и  $f(x)$  – известные функции из класса Гельдера  $H$ ,  $\varphi(x)$  – искомая функция. Класс функций  $h(-1,1)$  – класс ограниченных в окрестности точек  $x = \pm 1$  функций [2, стр. 31].

Построенные согласно методике [3, 4] спектральные схемы численного решения уравнения (1), получены на основе известных спектральных соотношений для слабо сингулярного интеграла:

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{T_k(t)}{\sqrt{1-t^2}} \ln|t-x| dt = \alpha_k T_k(x), \quad \alpha_0 = -\ln 2, \quad \alpha_k = -\frac{1}{k}, \quad k > 0,$$

$$T_k(x) = \cos(k \arccos x),$$

и квазиспектральных соотношений для слабо сингулярных интегралов, позволяющих получить точные аналитические выражения для интегралов, не прибегая, в отличие от методики [1], к квадратурным формулам. Здесь и далее  $T_n(x)$ ,  $U_{n-1}(x)$  – многочлены Чебышева первого и второго рода соответственно.

Имеет место следующее

**Утверждение.** Для  $|x| < 1$  имеет место равенства:

$$I_k(x) = \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} T_k(t) \ln|t-x| dt = \begin{cases} -\left(\frac{\ln 2}{2} + \frac{1}{8}\right) U_0(x) + \frac{1}{8} U_2(x), & k=0, \\ -\frac{1}{6} U_1(x) + \frac{1}{24} U_3(x), & k=1, \\ \left(\frac{\ln 2}{4} + \frac{1}{8}\right) U_0(x) - \frac{5}{32} U_2(x) + \frac{1}{32} U_4(x), & k=2, \\ -\frac{U_{k-4}(x)}{8(k-2)} + \frac{3k-4}{8k(k-2)} U_{k-2}(x) - \frac{3k+4}{8k(k+2)} U_k(x) + \frac{1}{8(k+2)} U_{k+2}(x), & k \geq 3. \end{cases}$$

При построении вычислительных схем используются интерполяционные многочлены для функции  $f(x)$  по узлам Чебышева первого рода [5] вида

$$f(x) \approx f_n(x) = \sum_{j=0}^n f_j^n T_j(x), \quad (2)$$

где

$$f_0^n = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n f(x_k), \quad f_j^n = \frac{2}{n+1} \sum_{k=0}^n f(x_k) T_j(x_k), \quad j = \overline{1, n}, \quad x_k = \cos \frac{2k+1}{2n+2} \pi, \quad k = \overline{0, n},$$

или вида

$$f_n(x) = \sum_{j=0}^n f_j U_j(x), \quad (3)$$

где

$$f_j = G_j - G_{j+2}, \quad j = \overline{0, n-2}, \quad f_{n-1} = G_{n-1}, \quad f_n = G_n, \\ G_j = \frac{1}{n+1} \sum_{k=0}^n f(x_k) T_j(x_k), \quad j = \overline{0, n}, \quad x_k = \cos \frac{2k+1}{2n+2} \pi, \quad k = \overline{0, n}.$$

На основании (2) и (3) получен интерполяционный многочлен  $K_{n,n}(x, t)$  функции двух переменных  $K(x, t)$  в виде разложения по многочленам Чебышева первого и второго рода:

$$K_{n,n}(x, t) = \sum_{m=0}^n T_m(x) \sum_{j=0}^n k_{m,j} U_j(t), \quad (4)$$

где

$$k_{m,j} = \frac{\delta_m}{(n+1)^2} \sum_{l=0}^n T_m(x_l) \sum_{r=0}^n K(x_l, x_r) (T_j(x_r) - \theta_j T_{j+2}(x_r)), \\ \theta_j = \begin{cases} 1, & j = 0, 1, \dots, n-2, \\ 0, & j = n-1, n, \end{cases} \quad \delta_m = \begin{cases} 1, & m = 0, \\ 2, & m \neq 0, \end{cases} \quad x_k = \cos \frac{2k+1}{2n+2} \pi, \quad k = \overline{0, n}.$$

Приближенное решение уравнения (1) в заданном классе функций разыскивается как решение следующего уравнения относительно новой неизвестной функции  $v_n(x)$ :

$$\varphi_n(x) + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \varphi_n(t) \ln |t-x| dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \varphi_n(t) K_{n,n}(x, t) dt = F_n(x), \quad -1 < x < 1, \quad (5)$$

где  $\varphi_n(x) = \sqrt{1-x^2} v_n(x)$ ,  $K_{n,n}(x, t)$  – интерполяционный многочлен (4) функции  $K(x, t)$  степени  $n$  по обоим переменным,  $F_n(x)$  – некоторая функция из класса  $C[-1, 1]$ , такая, что  $F_n(x_j) = f(x_j)$ ,  $x_j = \cos \frac{2j+1}{2n+2} \pi$ ,  $j = 0, 1, \dots, n$ .

Полагаем далее

$$\varphi_n(x) = \sqrt{1-x^2} v_n(x) = \sqrt{1-x^2} \sum_{k=0}^n c_k T_k(x), \quad (6)$$

$c_k$ ,  $k = 0, 1, \dots, n$ , – пока неизвестные постоянные.

Учтя свойство ортогональности многочленов Чебышева в заданном классе и вышеприведенные квазиспектральные соотношения из уравнений (6) получаем уравнение

$$\sqrt{1-x^2} \sum_{k=0}^n c_k T_k(x) + \sum_{k=0}^n c_k I_k(x) + \sum_{k=0}^n c_k \sum_{m=0}^n T_m(x) \omega_{m,k} = F_n(x). \quad (7)$$

В качестве внешних узлов  $x$  в (7) выберем узлы Чебышева первого рода, а именно,  $x_j = \cos \frac{2j+1}{2n+2}$ ,  $j = 0, \dots, n$ .

Из (7) получим систему линейных алгебраических уравнений

$$\sum_{k=0}^n c_k A_{j,k} = f(x_j), \quad j = 0, \dots, n, \quad (8)$$

$$A_{j,k} = \sqrt{1-x_j^2} T_k(x_j) + I_k(x_j) + \sum_{m=0}^n T_m(x_j) \omega_{m,k},$$

$$\omega_{m,k} = \begin{cases} 0.5 k_{m,k}, & k = 0, \\ 0.25 k_{m,k}, & k > 0. \end{cases}$$

Решив систему (8) относительно неизвестных  $c_k$ ,  $k = \overline{0, n}$ , приближенное решение уравнения (1) получаем по формуле

$$\varphi_n(x) = \sqrt{1-x^2} \sum_{k=0}^n c_k T_k(x). \quad (9)$$

Предложенная схема протестированы на примере решения модельной задачи при

$$k(x, t) = \frac{4t}{(x+2)(t+2)},$$

$$f(x) = 2x\sqrt{1-x^2} + \frac{2}{3}x^3 - x + (56 - 32\sqrt{3}) \frac{1}{x+2}.$$

Известно, что решением уравнения в данном случае является функция

$$\varphi(x) = 2x\sqrt{1-x^2}.$$

Как показывают численные расчеты, предложенный алгоритм при небольших вычислительных затратах на достаточно грубой сетке обеспечивает высокую точность приближенного решения, ограниченную лишь вычислительной погрешностью.

### Литература

1. Панасюк, В.В., Саврук, М.П., Назарчук З.Т. Метод сингулярных интегральных уравнений в двумерных задачах дифракции. Киев: Наук. думка, 1984.
2. Мухелишвили, Н. И. Сингулярные интегральные уравнения. М.: Наука, 1968.
3. Расолько Г.А., Шешко С. М., Шешко М. А. Об одном методе численного решения некоторых сингулярных интегро-дифференциальных уравнений // Журнал дифференциальные уравнения, 2019, том 55, № 9, с. 1285-1292.
4. Расолько Г.А., Шешко С.М. Приближенное решение одного сингулярного интегро-дифференциального уравнения методом ортогональных многочленов // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. 2020; 2: 10 – 20.
5. Пашковский, С. Вычислительные применения многочленов и рядов Чебышева. М., 1983.

# ОБ ЭФФЕКТИВНОМ МЕТОДЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ КРАТНЫЕ ЯДРА КОШИ, С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТЬЮ ИНТЕГРИРОВАНИЯ И ВЕСОМ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

**Якименко Т. С.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: yakimenkot@bsu.by*

Многие теоретические и прикладные задачи математической физики и механики приводят к сингулярным интегральным уравнениям (СИУ), общая теория которых в значительной степени разработана. Однако, приложения диктуют необходимость развития приближенных методов их решения, так как абсолютное большинство интегральных уравнений, а тем более сингулярных, в замкнутом виде решается лишь в редких частных случаях.

В настоящее время имеется немало эффективных численных методов, которые изложены в монографиях С.М. Белоцерковского, И.К. Лифанова, Б.Г. Габлулхаева, С.Г. Михлина, S. Prosdorf, а также в обзорах D. Elliott и M. Golberg.

В то же время для некоторых классов сингулярных уравнений численные методы разработаны мало. В первую очередь это относится к СИУ с ненулевым индексом, задача построения методов решения которых обладает специфическими трудностями, и к сингулярным интегральным уравнениям с кратными ядрами Коши и Гильберта.

При численном решении сингулярных интегральных уравнений необходимы квадратурные (кубатурные) формулы приближенного вычисления сингулярных интегралов, которые обладают регуляризирующими свойствами в равномерной метрике, наиболее естественной при численном решении.

В настоящем докладе предложены интерполяционные кубатурные формулы, обладающие регуляризирующими свойствами в равномерной метрике, для сингулярных интегралов, содержащих кратные ядра Коши, с прямоугольной областью интегрирования и степенно-логарифмическими особенностями на границе области, к необходимости вычисления которых приводят математические модели дифракции, упругости, аэродинамики. Исследована сходимость и устойчивость кубатурного процесса в равномерной метрике.

## **Литература**

1. Т.С. Якименко. Интерполяционные квадратурные формулы для сингулярных интегралов с ядром Коши и степенно-логарифмической особенностью. // Известия НАН Беларуси. Сер. физ.-мат. наук, – 2012. – № 3, стр.31-36.



## **СЕКЦИЯ 5.**

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ И ГРАФИКА**

# МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ЗДОРОВЫЕ ТКАНИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОРОТКОФОКУСНОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Апенко А. В.<sup>1)</sup>, Афанасьева В. А.<sup>1)</sup>, Волков В. М.<sup>1)</sup>, Гордеева Н. Н.<sup>2)</sup>,  
Зархин А. Ю.<sup>2)</sup>, Манкевич К. Ю.<sup>1)</sup>, Терехова И. С.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: v.volkov@tut.by,*

<sup>2)</sup> *АДАНИ, Минск, Беларусь, e-mail: gordeeva@adani.by*

Эффективность лучевой терапии зависит от ряда факторов, среди которых наиболее существенными являются определение целевого объёма облучения и подбор канцерцидной дозы, доставляемой в этот объём. Для кожных заболеваний границы целевого объёма определяются на основе анализа визуальной информации о форме и расположении кожного поражения, а также с применением специализированных методов диагностики (УЗИ, МРТ, КТ). В данной работе рассмотрены методы автоматизации подбора формы и размера аппликатора, ограничивающего зону облучения, при проведении лучевой терапии кожных заболеваний.

Исходные данные для выбора оптимальной апертуры источника излучения могут быть получены на основе анализа цифрового изображения участка кожи с определённым радиационным онкологом контуром патологии. Алгоритм выбора оптимальной апертуры содержит следующие шаги:

- предобработка цифрового изображения участка патологии и конвертирование его в бинарный формат, в котором четко зафиксированы границы зоны патологии;
- параметризация геометрии апертуры источника облучения;
- построение целевой функции, экстремум которой отвечает максимуму интеграла перекрытия апертуры источника и клинической зоны;
- вычисление оптимальных параметров аппликатора, определяющего зону облучения, которая полностью покрывает искомый объём и минимизирует лучевую нагрузку на здоровые ткани, для снижения риска лучевых осложнений.
- выбор и позиционирование аппликатора с геометрией, которая максимально отвечает оптимальным параметрам.

Ниже представлены результаты использования данного алгоритма для расчета оптимальных параметров аппликатора эллиптической формы. В качестве входных данных использованы цифровые снимки кожных новообразований реальных пациентов. Параметры эллиптического аппликатора определялись координатами полюсов эллипса и суммарным расстоянием от полюсов до произвольной точки данной кривой (5 параметров).

Для предобработки цифрового изображения использованы методы кластеризации, с помощью которых определялась граница видимой зоны патологии. Для построения геометрии клинической зоны бинарное изображение зоны патологии обрабатывалось фильтром низкой частоты [1,2]. Для поиска оптимальных параметров аппликатора использованы программные средства Matlab, Optimization Toolbox [3]. Целевая функция оптимизации аппликатора задавалась в виде:

$$\psi(p) = -\frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} s_{ij}(p)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij}} + \alpha \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |1 - \bar{a}_{ij}| s_{ij}(p)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |1 - \bar{a}_{ij}|}, \quad \psi(p) \xrightarrow{p} \min, \quad (1)$$

где  $a_{ij}$ ,  $\bar{a}_{ij}$  – элементы бинарного изображения клинической зоны и зоны патологии и,  $s_{ij}(p)$  – элементы апертуры эллиптического аппликатора,  $p$  – вектор параметров эллипса. Первое и второе слагаемые в целевой функции (1) выражают дискретные аналоги интегралов перекрытия зоны облучения с клинической зоной и областью здоровой кожи соответственно, величина параметра  $\alpha$  позволяет регулировать площадь прилегающих здоровых тканей, попадающей под облучение.

Результаты численных экспериментов представлены на рис. 1, где приведены исходное изображение зоны патологии, ее бинарный образ и оптимальная геометрия эллиптического аппликатора, обеспечивающая требуемое покрытие объёма поражения и минимизирующая лучевую нагрузку на здоровые ткани.



Рис. 1.

На основе разработанной методики расчета оптимальной геометрии аппликатора планируется создание программного приложения для автоматизации процедуры подбора оптимального по форме и площади аппликатора, а также контроля положения пациента в процессе проведения лучевой терапии кожных патологий. Контроль смещений пациента относительно первоначальной укладки, приводящих к неоптимальному дозовому покрытию патологического очага, и, как следствие, к неудовлетворительным результатам лечения, может быть осуществлён на основе анализа изображения с камеры видеонаблюдения. Положение максимума свертки текущего изображения с камеры и изображения, отвечающего оптимальному положению пациента, позволяет в режиме реального времени получать актуальную информацию об отклонении положения пациента от планируемого.

#### Литература

1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 768 с.
2. Matlab. Image processing toolbox. [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.mathworks.com/help/images/> – Date of access: 14.03.2021.
3. Matlab. Optimization toolbox. [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.mathworks.com/products/optimization.html> – Date of access: 14.03.2021.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУГУМЕНТАЦИЙ ПРИ СЕГМЕНТАЦИИ ЗДАНИЙ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ U-NET

**Жук А. О., Абламейко С. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: ales.zhook@gmail.com*

## **Введение**

Обнаружение и выделение зданий на спутниковых снимках – актуальная задача для различных приложений: построение карт местности, развитие инфраструктуры города, поиск незаконно построенных объектов. Обработать вручную большое число изображений потребует немало времени и ресурсов. Поэтому разрабатываются алгоритмы автоматической сегментации спутниковых снимков. Задача автоматического выделения усложняется плохими погодными условиями, разнообразием форм и цветов выделяемых конструкций.

Разработано большое число алгоритмов по выделению и сегментации зданий, многие из которых базируются на нейронных сетях. Классическая нейронная сеть для сегментации объектов – U-NET. Впервые была применена в 2015 году для сегментации медицинских изображений [1]. Часто используется модифицированная сеть, например, в работе [2] продемонстрирована возможность использования предобученной сети. Описана нейронная сеть U-NET, у которой в качестве расширяющего пути использовалась VGG11, обученная на весах ImageNet [3].

Мы, в нашей работе, предлагаем внести ещё дополнительные модификации. Добавить на этапе обучения такие трансформации как добавление шума, изменение яркости и контраста изображения, трансформация перспективы. И показываем, как это позволило улучшить результат сегментации.

## **Обучающее множество**

Для решения задачи сегментации зданий использовалось множество, описанное в [4]. Обучающее множество (аналогично и тестовое) содержит 180 цветных трёхканальных изображений различных поселений размера 5000 x 5000 пикселей с пространственным разрешением 0.3 метра. Пример изображения и его маски приведён на рисунке 1.



*Рис. 1. Пример изображения обучающего множества*

Следует отметить, что изображения в обучающем множестве и множестве для тестирования содержат снимки разных городов. Обучение нейронной сети на снимках одних городов, а тестирование на других позволяет понять как алгоритм адаптируется для других данных похожей природы.

### Архитектура сети и обучение

В данной работе использовалась архитектура, сходная с сетью, описанной в [2].

#### Параметры обучения сети:

1. Исходное множество было разбито на два: обучающее 150 и валидационное 30 изображений соответственно. На каждой итерации из каждого изображения обучающего множества случайным образом вырезается сегмент размера 768 x 768, все такие сегменты группируются в батчи и передаются на вход сети. Размер батча был выбран 8.

2. В качестве функции стоимости использовался focal loss [5].

3. На этапе создания обучающего множества дополнительно производились аугментации изображений, описанные в следующем разделе.

4. Мы использовали алгоритм оптимизации Adam [6] с коэффициентом обучения 0.0001. Во время тренировки модели коэффициент обучения несколько раз уменьшали.

### Аугментации

Стандартные аугментации данных, которые используются в задачах сегментации спутниковых снимков – это повороты на углы кратные 90 градусам и отражения. В данной работе мы предлагаем добавить дополнительные трансформации изображений. Ниже перечислен итоговый набор аугментаций:

- Поворот на случайный угол кратный 90 градусам
- Вертикальное отражение
- Горизонтальное отражение
- Добавление Гауссовского шума
- Случайное изменение hsv в некотором диапазоне.
- Случайное изменение яркости и контраста изображения.
- Трансформация перспективы изображения

На каждой итерации обучения для конкретного изображения вероятность того, что некоторая аугментация будет применена составляла 0.25.

Для тестирования и реализации аугментаций мы воспользовались библиотекой описанной в работе [7].

### Эксперименты и результаты

Для проведения экспериментов мы воспользовались возможностями облачных вычислений, предоставляемых Google Colaboratory [8]. Нам была выделена видеокарта Tesla P100 с 16GB памяти.

Результат оценивался с помощью метрик: точность и коэффициент Жаккара.

$$A = \frac{1}{n * m} \sum_{i,j}^{n,m} \begin{cases} 1, \text{ где } y_{ij} = \bar{y}_{ij} \\ 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$J = \frac{1}{n*m} \sum_{i,j=1}^{n,m} \frac{y_{ij} * \bar{y}_{ij}}{y_{ij} + \bar{y}_{ij} - y_{ij} * \bar{y}_{ij}}, \quad (2)$$

где  $y_{ij}$  – истинные значения пикселя,  $\bar{y}_{ij}$  – значение, предсказанное моделью,  $n * m$  – размер изображения.

В таблице ниже приведено сравнение результатов нескольких экспериментов: с использованием стандартных аугментаций, дополнительных аугментаций и решения [98].

Табл. 1. Результаты экспериментов

Модель, описанная выше + стандартные аугментации						
	Беллингхем	Блумингтон	Инсбрук	Сан-Франциско	Тироль	Общий
коэф. Жаккара	69.03	73.44	74.50	75.02	76.54	<b>74.12</b>
Точность	96.89	97.45	96.88	91.31	97.87	96.08
Модель, описанная выше + дополнительные аугментации						
коэф. Жаккара	69.95	75.19	75.46	77.29	77.69	<b>75.78</b>
Точность	96.96	97.61	97.06	92.26	98.00	96.38
Решение [9]						
коэф. Жаккара	69.75	72.04	74.64	74.55	77.40	<b>73.91</b>
Точность	96.77	97.13	96.83	91.14	97.92	95.96

Исходя из метрик выше можно сделать вывод, что для улучшения результата выделения дискретных объектов на спутниковых снимках, следует использовать различные трансформации изображений.

#### Литература

1. Ronneberger, O. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox. // MICCAI. – Springer, 2015 – pp. 234–241.
2. Iglovikov, V., TerausNet: U-Net with VGG11 Encoder Pre-Trained on ImageNet for Image Segmentation / V. Iglovikov, A. Shvets, – arXiv preprint, 2018 – 5p.
3. Russakovsky, O., ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge / O. Russakovsky, J. Deng, H. Su, et al. // International Journal of Computer Vision – Springer / 2015 – pp. 211-252
4. Maggiori, E., Can Semantic Labeling Methods Generalize to Any City? The Inria Aerial Image Labeling Benchmark / E. Maggiori, Y. Tarabalka, G. Charpiat, P. Alliez. // IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), July 23-28 – IEEE, 2017 – pp. 3226– 3229
5. Lin, T., Focal Loss for Dense Object Detection / T. Lin, P. Goyal, R. Girshick, K. He and P. Dollár. // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice, 22-29 Oct. – IEEE, 2017 – pp. 2999-3007
6. Kingma, D., Adam: A method for stochastic optimization / D. Kingma, J. Ba // International Conference on Learning Representations., Banff, Canada, April 14-16, 2014 – 15p.
7. Buslaev, A., Albumentations: Fast and flexible image augmentations / A. Buslaev, A. Parinov, E. Khvedchenya, V. I. Iglovikov, and A. A. Kalinin // Information – MDPI, 2020 – Vol. 11. – 4 p.
8. Google Colaboratory. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://colab.research.google.com>. Date of access: 06.09.2020.
9. Girard, N., Polygonal Building Segmentation by Frame Field Learning / Nicolas Girard, Dmitriy Smirnov, Justin Solomon, and Yuliya Tarabalka, – arXiv preprint, 2020 – 30p.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТРЕКИНГА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Заневская Я. Г.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: yanuzanevskaya@gmail.com*

Трекинг движущихся объектов на данный момент является одной из самых популярных тем для изучения в сфере компьютерного зрения. Несмотря на то, что данный раздел компьютерного зрения довольно хорошо изучен, отслеживание движения все еще является сложной задачей. Сопровождение отдельных классов объектов довольно сильно продвинулось за последние годы, в то время как универсального алгоритма для отслеживания все еще не существует.

Все методы сопровождения объектов делятся на три категории: методы сопровождения особых точек, методы сопровождения компонент и методы сопровождения силуэта [1].

Методы сопровождения особых точек – это методы, основанные на предположении о том, что положение любого движущегося объекта может быть определено набором особых точек, которые однозначно идентифицируют объект на каждом кадре. Особые точки – это точки, по которым можно классифицировать изображение, распознать его. Особые точки должны удовлетворять ряду ограничений, например, точки должны быть устойчивыми к изменениям яркости или контрастности изображения.

Методы сопровождения компонент – методы, которые применяются в случаях, когда движение объекта определяется простым смещением, поворотом или аффинным преобразованием. Компонента – это форма объекта, в самых простых случаях компонента может быть представлена простой геометрической фигурой: шаблоном прямоугольной или овальной формы. Сопровождение компонент – это итеративная процедура локализации, основанная на максимизации некоторого критерия подобия. На практике данная группа методов чаще всего реализуется с помощью сдвига среднего и его модификаций.

Методы сопровождения силуэта – методы, которые на каждом кадре определяют область, в которой находится объект, с помощью модели его силуэта. Модель силуэта строится, основываясь на кадрах, предшествующих данному. Силуэт может быть задан контуром или набором связанных простых геометрических фигур.

В данной статье остановимся чуть более подробно на методах сопровождения компонент. Для проведения сравнительного анализа данных методов была выбрана видеозапись, фрагмент которой можно увидеть на рисунке 1.



Рис. 1. Фрагмент исследуемой видеозаписи

Для исследования методов сопровождения компонент данная видеозапись была выбрана по нескольким причинам:

1. Объект отслеживания (в данном случае божья коровка) на ней практически одноцветный, не видеоизменяемый, объект.
2. На представленной видеозаписи нет сильных перепадов в освещении.
3. Движение божьей коровки может быть определено простым смещением и поворотом.

Для исследования методов сопровождения компонент к данной видеозаписи было применено три алгоритма: метод скользящего среднего (MeanSHIFT), метод адаптивного скользящего среднего (CamSHIFT) и алгоритм поиска по цвету [2].

Для того, чтобы реализовать первые алгоритма, необходимо выделить так называемый регион интересов (ROI – Region Of Interest) – область, которая будет отслеживаться (рис. 2). Алгоритмы будут применяться только к выделенному региону.



*Рис. 2. Регион интересов*

После применения к региону интересов преобразования, переводящего его в HSV – цветовое пространство и вычисления среднего значения цвета для выделенной области, можно применять алгоритм скользящего среднего и его модификацию.

Алгоритм CamSHIFT является модификацией алгоритма MeanSHIFT, но, в то время как окно поиска алгоритма скользящего среднего неизменяемо, окно поиска алгоритма адаптивного скользящего среднего адаптивно, то есть оно способно подстраиваться под изменение размера или угла поворота отслеживаемого объекта. Результаты применения этих двух алгоритмов приведены на рисунке 3.



*Рис. 3. Результаты применения MeanSHIFT и CamSHIFT*

Алгоритм поиска по цвету работает немного иначе. Ему на вход передается изображение, на котором будет вестись поиск, и область, которая будет искаться. Первым делом изображение переводится в черно-белое пространство изображений. Цвет, который примет пиксель после применения такого преобразования, зависит от того, насколько цвет пикселя исходного изображения отличался от среднего значения цвета пикселей области интересов. Если разница меньше порогового значения, то пиксель окрашивается в белый цвет, если больше - в черный. Таким образом строится маска, после применения которой к кадрам исходной видеозаписи можно определить движущийся объект. В данном случае был получен следующий результат:





*Рис. 4. Результат применения алгоритма поиска по цвету*

После программной реализации и применения каждого из описанных алгоритмов к видеозаписи были сделаны следующие выводы:

1. Самым удачным решением для отслеживания данного объекта оказался алгоритм поиска по цвету. С помощью него положение божьей коровки определяется наиболее точно.
2. Самым неудачным решением оказался алгоритм CamSHIFT, так как в данной ситуации нет необходимости в масштабировании или повороте рамки отслеживания (насекомое движется в одной плоскости и в любой момент времени находится на одинаковом расстоянии от камеры) и этот алгоритм в данном случае оказался довольно чувствительным к шумам, что привело к не совсем точному определению размера и угла поворота объекта.
3. Алгоритм MeanSHIFT показал неплохие результаты, однако из-за неизменяемости размеров рамки на некоторых кадрах объект выходил за ее границы.

Каждый из алгоритмов имеет некоторые недостатки и свои сложности в реализации. Например, при реализации алгоритмов MeanShift и CamShift необходимо было вручную определять регион интересов, а в алгоритме отслеживания по цвету необходимо было выбирать пороговое значение для максимально точного построения маски.

Рассмотренные методы отслеживания были реализованы на языке Python. Для работы с изображениями и видео использовалась библиотека OpenCV [3], которая позволяет быстро и эффективно обрабатывать графическую информацию.

#### **Литература**

1. Кустикова, В. Д. Курс лекций по разработке мультимедийных приложений / В. Д. Кустикова. – Нижний Новгород: Асар, 2013. – 20-29 с.
2. Comaniciu D. Real-time tracking of non-rigid objects using mean-shift / V. Ramesh, P. Meer // In Proceedings of the CVPR'00. – 2000. – p. 142-149.
3. OpenCV Official Website [Electronic resource]. – Mode of access: <https://opencv.org>. – Date of access: 8.03.2021.

# СЕГМЕНТАЦИЯ ПАЗУХ НОСА НА НАБОРЕ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Киселёв В. И.<sup>1)</sup>, Косик И. И.<sup>1),2)</sup>

<sup>1)</sup> Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: vlad.kiselev.99@gmail.com

<sup>2)</sup> Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Изображения пазух носа имеют очень четкие группы уровней интенсивности для трех разных областей: область кости, области слизистой и полость области пазух. Изображение показывает распределение пикселей по уровням серого оттенка, который ввиду своего характерного отличия позволяет более подробно и эффективно локализовать область возможной патологии. Поэтому целью сегментации пазух носа состоит в том, чтобы разделить изображение на три отдельные области. Для этого используется многоуровневый алгоритм порога. Алгоритм ищет два пороговых значения - T1 и T2 - по гистограмме изображения. T1 получается путем вычисления значения между первым и вторым кластерами и T2 из другого между вторым и третьим кластерами. Был применен алгоритм многоуровневого определения порога на основе метода Оцу для расчета порога. Пиксели, расположенные перед T1, будут преобразованы в черные пиксели, имеющие значения 0, пиксели, найденные между T1 и T2, будут преобразованы в серые пиксели, имеющие значения 127, и пиксели, расположенные после T2, будут преобразованы в белые пиксели, имеющие значения 255 [1].

Чтобы повысить точность сегментации изображения с помощью многоуровневой пороговой привязки на основе медианного значения, алгоритм ищет три пика из гистограммы изображения, а затем вычисляет пороговые значения, используя метод Оцу [2]. Таким образом, алгоритм состоит из следующих пяти основных шагов:

1. Поиск трех пиков из гистограммы изображения P1, P2 и P3;
2. Выбор трех начальных порога;
3. Расчет среднего уровня серого в каждом регионе G1, G2 и G3

$$G_n = \frac{\sum (I \times N_I)}{N} \quad (1)$$

где  $I$  – это уровни интенсивности, присутствующие в регионе,  $N_I$  – это количество пикселей в  $I$ ,  $N$  – все число пикселей в регионе

4. Расчет порогов T1 и T2

$$T_n = \frac{G_n + G_{n+1}}{2} \quad (2)$$

5. Сегментация изображения на три области, используя рассчитанные пороговые значения:

Уровень серого <T1 – черные пиксели  
T1 < уровень серого < T2 – серые пиксели  
Уровень серого > T2 – белые пиксели.

В настоящее время сверточная нейронная сеть является основой при построении нейронных сетей, которая и была рассмотрена в настоящей работе.

Архитектура U-Net построена на полностью свёрточной сети и модифицирована таким образом, чтобы обеспечить лучшую сегментацию в медицинской визуализации. U-сеть симметрична и пропускаемые соединения между путем понижающей дискретизации и путем повышающей выборки применяют оператор суммирования. Эти пропускаемые соединения предназначены для предоставления локальной информации глобальной информации при повышении частоты дискретизации. Из-за своей симметрии сеть имеет большое количество карт характеристик на пути повышающей дискретизации, что позволяет передавать информацию [3].

Стоит обратить внимание на то, что число карт объектов удваивается при каждом объединении, начиная с 64 карт объектов для первого блока, 128 для второго и так далее. Цель этого сокращающегося пути состоит в том, чтобы захватить контекст входного изображения, чтобы иметь возможность выполнять сегментацию. Эта грубая контекстная информация будет затем передана в расширяющую дискретизацию с помощью пропущенных соединений [4].

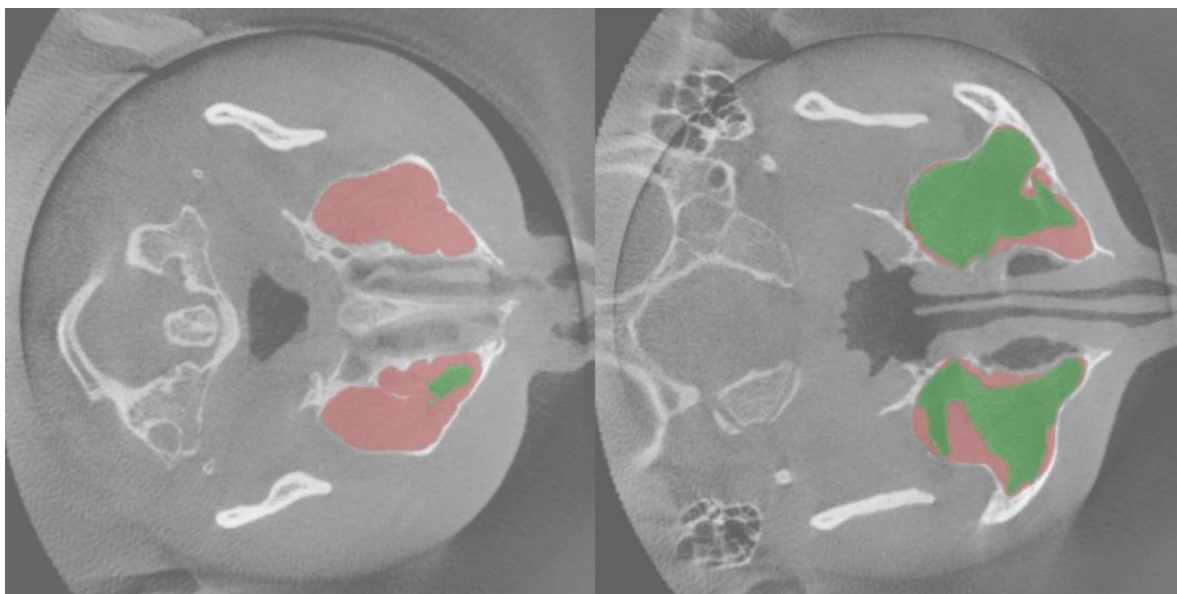
Среди достоинств архитектуры U-Net можно выделить. Нет плотного слоя, поэтому изображения разных размеров можно использовать в качестве входных данных. Поскольку единственными параметрами, которые можно узнать на свёрточных слоях, является ядро, а размер ядра не зависит от размера входного изображения. U-Net объединяет информацию о местоположении из понижающей дискретизации с контекстной информацией в расширяющей дискретизации, чтобы в итоге получить общую информацию, сочетающую в себе локализацию и контекст, что необходимо для хорошей сегментации [5].

В данной работе была использована архитектура U-Net. Было протестировано 10 бэббонов. В процессе рассмотрения модификаций бэббон DenseNet показал себя как наиболее эффективный инструмент.

По своему действию DenseNet разделяется на 3 вида: densenet121, densenet169, densenet201. Бэббон densenet201 имеет наиболее привлекательные показатели с точки зрения диагностирования различных заболеваний. В частности, при КТ-исследованиях пазухи носа выделяются четко.

Свёрточная нейронная сеть была сконструирована с использованием языка программирования Python с PyTorch в качестве основы. Была использована U-Net архитектура для извлечения функций из изображений и для двоичной классификации. Изображение было сначала масштабировано до 352x352 перед входом в сеть. Эта модель была обучена с использованием бинарной функции кросс-энтропии и мини градиентный спуск с импульсом. Изначально была загружена мини-партия, состоящая из 4 изображений. Потери в проверочном наборе рассчитывались потерей кросс-энтропии в каждую эпоху. Этот показатель обучения был снижен до одной десятой когда не наблюдалось уменьшение потери набора в течении 100 последовательных эпох.

В ходе работы данная программа на основе предварительно загруженных в нее КТ-изображений пазух носа улучшает сегментацию получаемых данных. Далее будут приведены примеры работы программы на рисунке 1. На этом рисунке можно рассмотреть пазухи носа. Зелёным цветом отмечен воздух в пазухах носа, розовым – слизь в пазухах.



*Рис. 1. КТ-изображение пазух носа*

В данной работе была разработана сверточная нейронная сеть модели U-Net, которая представляет собой наиболее подходящий программный продукт для выполнения целей данной работы. При ее применении в обработке КТ-изображений данная нейронная сеть позволяет более четко дифференцировать различные патологии, участки мягких тканей, слизистую оболочку.

В практическом аспекте выполнения анализа изображений пазух носа, полученных с помощью компьютерной томографии, является значимым компонентом и звеном как для представителей практических научных кругов (например, специалистов по лучевой диагностики), так и технических специалистов.

#### **Литература**

1. Neural Networks Based Tool For Diagnosis of Paranasal Sinuses Conditions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/221092985\\_Neural\\_networks-based\\_tool\\_for\\_diagnosis\\_of\\_paranasal\\_sinuses\\_conditions](https://www.researchgate.net/publication/221092985_Neural_networks-based_tool_for_diagnosis_of_paranasal_sinuses_conditions). – Дата доступа: 26.02.2021.
2. Zaman, H.B. Informatics: Bridging Research and Practice/ H.B, Zaman // Lecture notes in Computer Science. 2009.-Vol.5857.№5. -P.202-212.
3. Chen, C. Robust Multimodal Brain Tumor Segmentation via Feature Disentanglement And Gated Fusion/ C, Chen // Lecture notes in Computer Science. 2019.-Vol. 11766.№4.P.447-456.
4. U-Net: Convolutional Networks For Biomedical Image Segmentation – University of Freiburg [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lmb.informatik.uni-freiburg.de/people/ronneber/u-net/>. – Дата доступа: 11.03.2021.
5. La Rosa, F. A Deep Learning Approach To Bone Segmentation In CT Scans/ F. La Rosa // Alma Mater Studiorum. 2016/2017

# СЕГМЕНТАЦИЯ СОСУДИСТОЙ СЕТИ НА ВЫСОКОДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ГЛАЗНОГО ДНА

**Косик И. И.<sup>1)</sup>, Недзьведь А. М.<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: nedzveda@gmail.com*

<sup>2)</sup> *Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: ivankosik91@gmail.com*

Анализ состояния глазного дна позволяет получить важную информацию о наличии и стадии важных заболеваний, таких как: гипертоническая болезнь, сахарный диабет, ревматизм. Возможности автоматизированного получения информации о состоянии сетчатки являются определяющими для выявления патологий глазного дна и лечения заболеваний, ставших их причиной. Сегментация сосудистой сети и анализ ее характеристик является одним из важнейших этапов получения данной информации.

Высокое разрешение позволяет визуализировать множество мелких сосудов. Поэтому в данной работе предлагается использовать нейронную сеть с предсказанием на тайлах для достижения высокой точности распознавания тонких сосудов на высокодетализированных изображениях. Тайлы – небольшие изображения одинаковых размеров, которые и служат фрагментами большой картины.

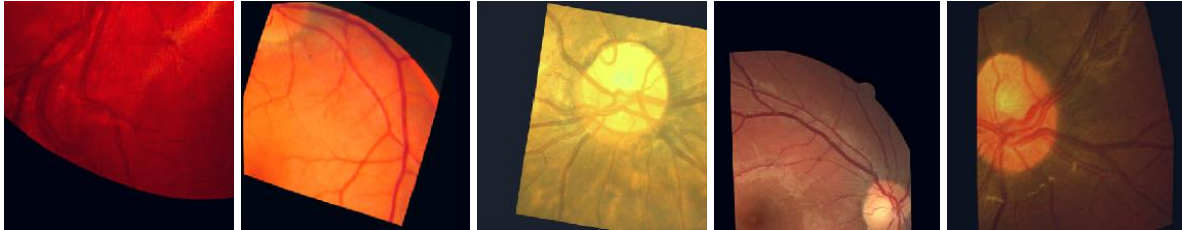
Для обучения нейронной сети использовались четыре открытых набора данных: DRIVE, STARE, CHASE DB1 and HRF. Для обучения изображения из всех наборов смешивались, чтобы получить модель нейронной сети, демонстрирующую хорошее качество сегментации на большем разнообразии снимков. Обучающая выборка составила 87 изображений; валидационная – 26; тестовая – 15.

Для получения высокого качества сегментации на реальных клинических изображениях, отличающихся большой вариативностью и наличием различных артефактов, к обучающим изображениям на каждой эпохе применялись различные фильтры из библиотеки albumentations: ColorJitter (для небольшой смены цветовых характеристик); ShiftScaleRotate, HorizontalFlip, VerticalFlip, RandomRotate90, OpticalDistortion, RandomBrightnessContrast, RandomGamma, MultiplicativeNoise и последующий Blur (для добавления размытых шумов), IAABoss, IAASharp, MotionBlur, GridDistortion. Дополнительно была реализована аугментация сжатия одной из сторон изображения для искажения пропорций.

Использовалась архитектура нейронной сети Unet с бэкбоном inceptionv3, предобученном на наборе данных ImageNet [1].

Основная сложность при обучении модели с данной архитектурой заключается в большом количестве параметров. Поэтому разрешение входного изображения сильно ограничено текущими аппаратными возможностями (количеством памяти видеокарты). На используемой для обучения видеокарте (GeForce GTX 1080 Ti с 11 ГБ видеопамяти) оптимальным является разрешение входного изображения около 352 x 352. При этом набор данных HRF содержит изображения с разрешением 3504 x 2336. Обычное сжатие изображения до такого маленького разрешения приводит к потере мелких сосудов. Поэтому использовался подход, при котором нейронная сеть

обучается на тайлах - частях изображений. Исходные изображения сжимались до разрешения 704 x 704, при котором мелкие сосуды еще не затираются. Каждое изображение валидационной выборки разбивалось на 4 тайла с размерами 352 x 352, таким образом количество валидационных изображений увеличивается в 4 раза. Для обучающей выборки использовался динамический подход: с помощью аугментации RandomSizedCrop на каждой эпохе из изображения 704 x 704 вырезался случайный кусок размером 352 x 352 либо немного больше, и сжимался (при необходимости) до 352 x 352. Пример полученных обучающих изображений приведен на рисунке 1.



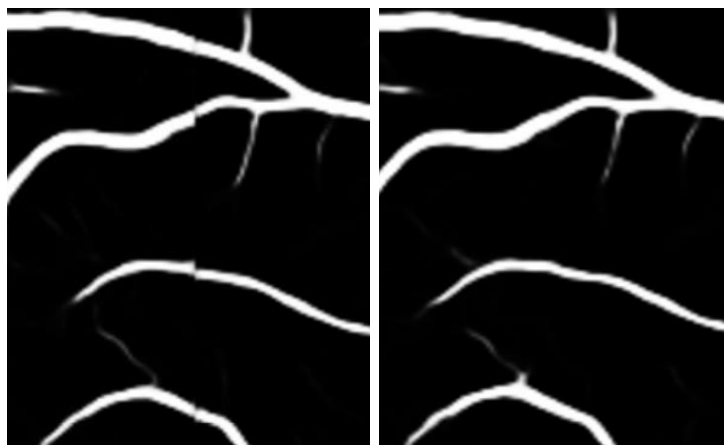
*Рис. 1. Примеры обучающих тайлов после аугментаций*

В качестве функции потерь использовалась комбинация бинарной кросс-энтропии и коэффициента Жаккарда. Данная функция потерь работает лучше с бинарными масками, а не полутоновыми. Поэтому при обучении маски сосудов после аугментации приводились к бинарным. Для последующего улучшения работы сети планируется проверить функции потерь, способные лучше работать именно с полутоновыми масками, например, Adaptive Wing Loss [2].

Первоначально сеть обучалась с замороженными весами архитектуры нейронной сети (которая уже предобучена на ImageNet) [3]. Использовался оптимизатор Adam, начальная скорость обучения (learning rate):  $5e-3$ . После этого веса бэкабона размораживались и использовались различные скорости обучения для начальных (низкая скорость обучения) и конечных слоев (высокая скорость обучения), т.к. начальные слои отвечают за общие фильтры и практически не требуют модификации, а конечные слои отвечают за специфические признаки, поэтому требуют больших изменений, чтобы подстроить их под наши данные. Используемый размер батча: 8.

В обучении использовалось деление валидационных изображений по сетке 2 x 2, т.к. разбиение на большее количество тайлов увеличивало время обучения, не улучшая результата. Для предсказания используется разбиение 3 x 3, т.к. позволяет лучше выделять тонкие сосуды.

Первоначально анализируемое трехканальное изображение сжимается до размера 996 x 996. После этого разбивается на 9 тайлов с разрешением 352 x 352 таким образом, чтобы каждый кусок захватывал часть соседнего тайла (10 пикселей). Это необходимо для устранения искажений на границе между двумя тайлами (рис. 2).



*Рис. 2. Пример вертикальной границы между двумя тайлами. а) Простое соединение соседних тайлов с видимым искажением на границе. б) Удалении части границы и перекрытие с соседним тайлом, используя альфа-смешение*

Для каждого тайла выполняется сегментация сосудов нейронной сетью. После чего они объединяются в одно изображение. На границах тайлов нейронная сеть немного искажает маску, поэтому у тайлов обрезаются граничные 5 пикселей. Затем они объединяются в ряды. Чтобы сгладить переход между двумя тайлами, их границы в 5 пикселей перекрываются друг с другом, и результирующая яркость рассчитывается с помощью альфа-смешения, создавая плавный переход. Таким же образом полученные 3 ряда тайлов объединяются в сосудистую маску целого изображения. После этого полученная маска растягивается до размера исходного изображения.

Работа выполнялась при поддержке проектов БРФФИ-РФФИ Ф20Р-134 и «Разработать прецизионный метод обнаружения и оценки степени выраженности дегенеративного повреждения диска зрительного нерва, как индикатора ранней гибели ганглионарных клеток сетчатки при оптиконеуропатиях различного генеза» в рамках ГПНИ «Трансляционная медицина».

#### **Литература**

1. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), Springer, LNCS, Vol.9351: 234--241, 2015, available at arXiv:1505.04597 [cs.CV]
2. C. Gros. SoftSeg: Advantages of soft versus binary training for image segmentation // C Gros, A Lemay, J Cohen-Adad // Medical Image Analysis, 102038, 2020.
3. Chen, C. Robust Multimodal Brain Tumor Segmentation via Feature Disentanglement And Gated Fusion/ C, Chen // Lecture notes in Computer Science. 2019.-Vol. 11766.№4.P.447-456.

# ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА

Крицкий А. И.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: alexeykrytsky@gmail.com

## Введение

Рассматривается проблема определения движения робота по видимому движению на изображениях, полученных с установленной на нем камеры. Это важная задача в компьютерном зрении, решение которой позволяет роботу самостоятельно ориентироваться в пространстве, контролировать правильность своего движения, сигнализировать о своих столкновениях с препятствиями.

Цель данной работы – подробно исследовать проблему определения движения робота по видимому с установленной на него камеры изображению и реализовать решение на практике, либо существующее, либо предложенное свое.

## Постановка задачи

Пусть на подвижного робота установлена камера, имея жесткое соединение с его ходовой частью. Начальным положением  $O$  будем считать то положение центра камеры робота в мировой системе координат, в котором та находилась в момент времени первого кадра видеопоследовательности. Эту точку будем считать началом системы координат  $OXYZ$  движения робота, где направление осей стандартно.

**Задача:** определить положение робота в системе координат  $OXYZ$  в каждый из моментов времени отснятых кадров видеопоследовательности.

### Допущения:

1) определим область точек неподвижной сцены как область, состоящую из точек, соответствующих определенному решению поставленной задачи (набору компонент векторов движения робота), которая занимает наибольшую площадь;

2) видимые сдвиги точек между двумя кадрами достаточно небольшие;

3) точка сохраняет свою интенсивность в течение малого промежутка времени.

Проведя рассуждения из [2], **геометрия** задачи сводится к следующему уравнению:

$$\mathbf{u}(x, y) = \frac{1}{Z(x, y)} A(x, y) \mathbf{v} + B(x, y) \boldsymbol{\omega}, \quad (1)$$

где  $A(x, y)$  и  $B(x, y)$  – известные матрицы при известных  $(x, y)$  и  $f$ ,  $\mathbf{x} = (x, y) = \frac{f}{Z}(X, Y)$  – проекция точки  $X$  на плоскость изображения,  $f$  – фокусное расстояние,  $\mathbf{v} = (v_x, v_y, v_z)$  – переносная скорость точки  $O$ ,  $\boldsymbol{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)$  – ее угловая скорость,  $\mathbf{u}(x, y) = (u(x, y), \vartheta(x, y))$  – оптический поток в точке  $(x, y)$ .

В работе будет рассматриваться частный случай, при котором камера совершает исключительно вращательное движение, тогда первое слагаемое в правой части уравнения зануляется.



### Общая схема алгоритма решения задачи

Матричное уравнение (1) в данном случае можно рассматривать как задание отображения  $g$ , которое по известному решению ( $\omega$ ) каждой точке  $x$  изображения ставит в соответствие ее сдвиг  $u(x)$  на следующем кадре видеопоследовательности так, как если бы эта точка принадлежала области неподвижной сцены.

$$g(\omega, x) = u. \quad (2)$$

Исходя из этого, предлагается следующая схема алгоритма решения поставленной задачи.

Пусть  $I$  – множество допустимых координат  $x$  точек изображения, а  $I(x, t)$  – яркость пикселя с координатами  $x$  на  $t$ -ом кадре видеопоследовательности. Рассмотрим два кадра:  $t$  и  $t+1$ .

**Шаг 1.** Выбрать множество  $W \subset I$  точек, для которых будет явно вычислен оптический поток.

**Шаг 2.** Вычислить оптический поток  $F$  для точек множества  $W$ .

**Шаг 3.** Сформировать семейство  $P$  двухэлементных подмножеств множества  $W$ :  $P \subset \{P_i = \{p_1, p_2\} : p_1, p_2 \in W\}$ .

**Шаг 4.** По каждому множеству (в рассматриваемом случае паре точек)  $P_i$  семейства  $P$  составить систему (1) и решить ее, в результате найдя соответствующее предполагаемое решение  $S_i$ .

**Шаг 5.** Составить множество точек  $E \subset I$ , которые будут участвовать в «голосовании» на следующем шаге.

**Шаг 6.** Завести список  $V$ , хранящий для каждого решения количество голосов за него. Организовать цикл по всем предполагаемым решениям  $S_i$ : для каждой точки  $p_j$  из  $E$  вычислить ожидаемый для решения  $S_i$  сдвиг  $u_j$  этой точки между рассматриваемыми кадрами видеопоследовательности, используя (1), и вычислить координаты сдвинутой точки  $(p_j + u_j)$ , а затем получить значение функции ошибки  $\rho(p_j, p_j + u_j)$ . Если для данного решения  $S_i$  значение  $\rho(p_j, p_j + u_j) \leq \varepsilon$ , то данное решение подходит для текущей точки  $p_j$ , и засчитать «голос» этой точки за это решение.

**Шаг 7.** Определить, какое из решений  $S_i$  выбрать в качестве верного решения поставленной задачи.

### Реализация алгоритма и тестирование

Программа реализации алгоритма была написана на языке Python 3.7, использовались библиотеки `numpy`, `opencv`. Для вычисления оптического потока использовался метод Лукаса-Канаде, который хорошо описан в [1]. Его работа проверялась на изображениях из набора данных открытого ресурса «middlebury» [5].

Был подготовлен набор тестовых кадров, снятых с вращающейся на штативе камеры с известным углом, который составил приблизительно  $\arctg(1/28) = 0.0356911$  радиан. Соответственно, ожидаемый вектор угловой скорости:  $s = [0, 0.0356911, 0]$ .

Эксперимент проводился для двух стратегий выбора множества  $S$  точек (рис. 1):

- 1) **grid**: выбираются точки на фиксированной сетке изображения;
- 2) **corners**: выбираются контурные точки. Первый подход показал лучший результат.

Табл. 1. Ошибка определения угла поворота вокруг оси OY, в радианах

Набор:	1: StaticThings	2: ForwardThings	3: BackwardThings
Grid	0,00192075	0,00005707	0,00081931
Corners	0,00217610	0,00092016	0,00129770

Сравним полученные результаты (таблица 1) с результатами алгоритмов, описанными в [4]. При тестировании на видеопоследовательности ошибка алгоритма Kanatani [3] колеблется обычно в пределах 0.02 – 0.46 радиан, Tomasi – в пределах 0.01 – 0.13, лишь в некоторых точках значительно сокращая ошибку ниже 0.01 радиана, а лучший достигнутый результат – 0,000348 радиана. Таким образом, даже простейшая реализация предложенного алгоритма дает хорошие результаты.

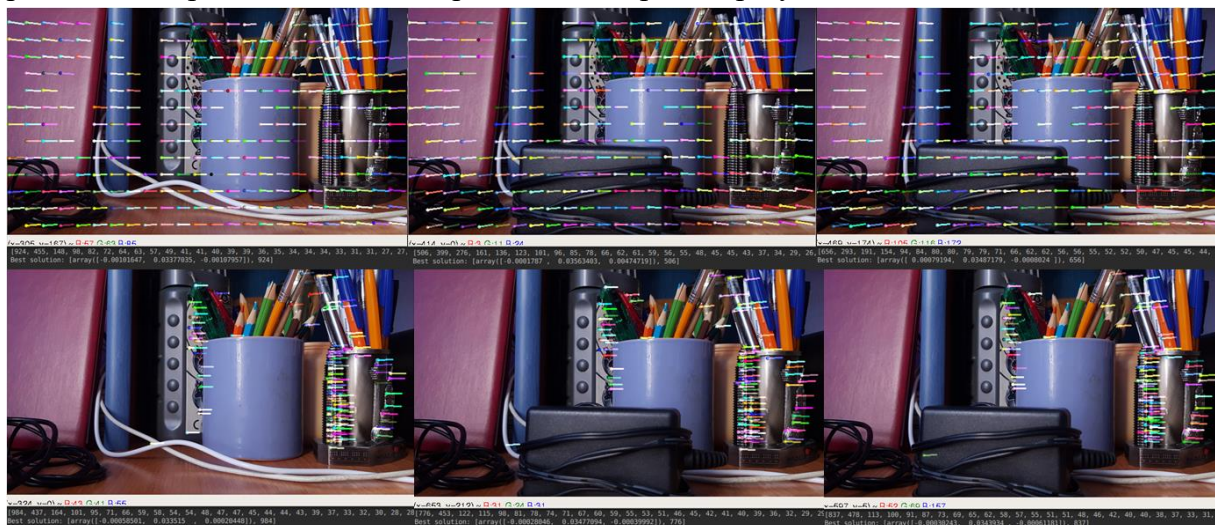


Рис. 1. Результаты тестирования реализации алгоритма на различных тестовых данных, по горизонтали: "StaticThings", "ForwardThings", "BackwardThings". Верхний ряд – стратегия «grid», нижний – «corners». Векторы показывают вычисленное по полученному решению ожидаемое видимое движение точек изображения в предположении, что они принадлежат области неподвижной сцены.

### Заключение

Была достаточно глубоко рассмотрена проблема определения движения робота по видимому движению на изображениях, полученных с установленной на нем камеры. Как результат, была поставлена задача и предложена общая схема алгоритма ее решения для частного случая. Алгоритм был программно реализован и протестирован на подготовленных специально для рассматриваемого случая данных.

### Литература

1. Bradski, G. Learning OpenCV : учеб. пос. / G. Bradski, A. Kaehler. – 1-е изд.-е. – США: O'Reilly Media, 2008. – 415 с. – С. 316–334.
2. A. R. Bruss, B.K.P. Horn.: Passive Navigation. Computer Vision, Graphics, and Image Processing 21, 3-20 (1983).
3. K. Kanatani.: 3-D Interpretation of Optical Flow by Renormalization. International Journal of Computer Vision, 267-282 (1993).
4. Пономарев, Е.С. Алгоритмы вычисления оптического потока в задаче определения собственного движения / Е.С. Пономарев, А.С. Григорьев // конференция «Информационные технологии и системы 2015». – 2015. – С. 464-470.
5. Optical Flow Datasets // Middlebury Optical Flow Page [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://vision.middlebury.edu/flow/data/>. – Дата доступа: 07.02.2020.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТИ DSDNET ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ТЕНЕЙ СО СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Найдович О. А.<sup>1)</sup>, Недзьведь А. М.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: o.naidovich@gmail.com

<sup>2)</sup> Объединенный Институт Проблем Информатики НАН Беларуси,  
Минск, Беларусь, e-mail: nedzveda@gmail.com

Обработка изображений связана со многими аспектами работы с визуальными данными, такими как сегментация и анализ изображения, видеонаблюдение, отслеживание движения и многое другое. И одной из важнейших задач обработки изображений является распознавание теней, отбрасываемых объектами.

Тень – это участок поверхности или область пространства, которая скрыта от прямых лучей света из-за препятствий от объекта. Знание того, где находится тень, позволяет нам сделать вывод о положении источника света, геометрии сцены, а также местоположении и параметрах камеры. Однако наличие тени может ухудшить производительность многих фундаментальных задач компьютерного зрения, таких как семантическая сегментация, обнаружение и отслеживание объектов. Следовательно, обнаружение теней изучается давно и представляет собой серьезную проблему компьютерного зрения.

Тень появляется тогда, когда объект частично или полностью перекрывает прямой источник света. Сама структура тени сильно зависит от свойств объекта, например от геометрии и высоты. Поэтому эффективнее проводить исследование на структурированных объектах, таких как здания. Тени подразделяются на 2 группы: отбрасываемые и собственные.

- Отбрасываемая тень – тень, проецируемая объектом по направлению от источника света. Такие тени появляются на зданиях с плоской крышей (см. рис. 1).

- Собственные тени – это тени, которые образуются на самих объектах. Как правило они появляются на зданиях с шатровой крышей (см. рис. 2).

Таким образом, геометрические особенности играют важную роль в определении области тени.

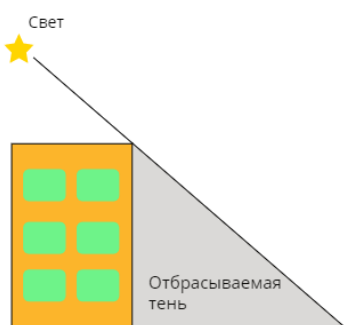


Рис. 1 Тень от зданий с плоской крышей [4]



Рис. 2 Тень от зданий с шатровой крышей [4]

Для сегментации тени использовалась модель нейронной сети DSDNet, предложенной в [1] и показанная на рис.3. В качестве каркаса для нейронной сети используется архитектура ResNet-101, где на каждом из пяти уровней, а именно: conv1, conv2\_x, conv3\_x, conv4\_x, conv5\_x - происходит ответвление результата в DS модуль. DS модуль предназначен для выявления семантических особенностей изображения и отличия областей от реальных теней. Он анализирует карту геометрических особенностей и заменяет ее на DS признаки принадлежности тени. Архитектура нейронной сети DSDNet реализована на языке программирования Python с использованием библиотеки PyTorch (исходный код нейронной сети: [2]).

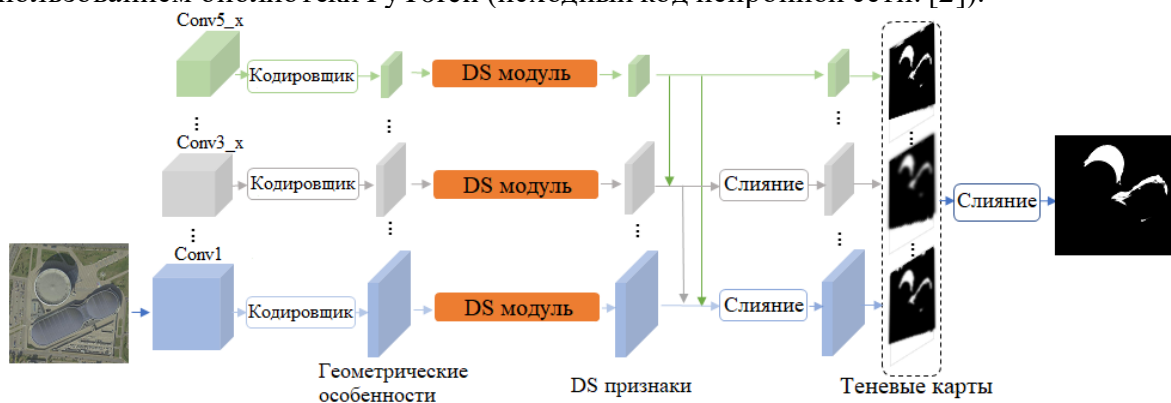


Рис. 3 Архитектура DSDNet

Для обучения нейронной сети использовался набор изображений, в котором каждая картинка приводилась к размеру 320x320. Также для расширения тренировочной выборки для каждой картинке создавалась отзеркаленная по горизонтали копия. В качестве тренировочных данных были использованы следующие наборы изображений: UCF[3] (135 картинок для тренировки, 110 для теста), SBU [3] (4089 картинок для тренировки, 638 для теста) и ISTD [3] (1870 картинок для тренировки, 540 для теста). Нейронная сеть DSDNet для обнаружения теней со спутниковых изображений позволяет выявить семантику изображения за счет DS модуля. Данный модуль значительно повышает точность сегментации теней посредством двойной верификации геометрических признаков, уточняющей принадлежности их к тени.

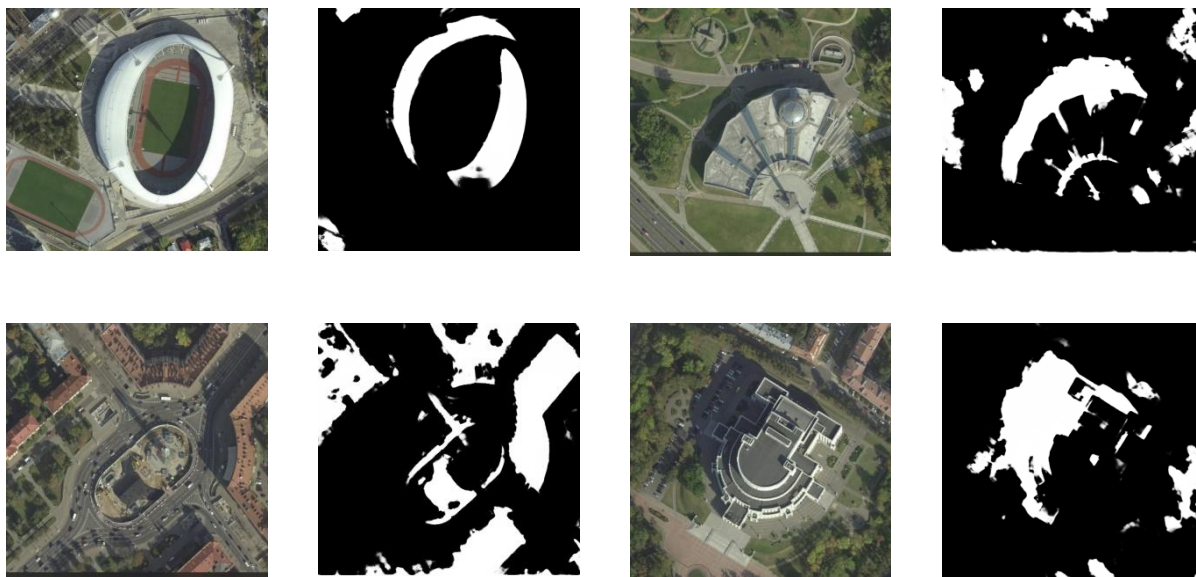


Рис.4. Результат работы DSDNet. Белая часть - тень. Черная часть - не тень [4]

Геометрические особенности могут принадлежать структуре объектов, например, зданий. DS модуль в архитектуре сети является дополнительным уточнением их принадлежности и в результате точность определения тени возрастает. Тем не менее, остаются случаи, когда сеть выдает неверный результат. Это может происходить или на изображениях со слабо выраженной тенью, где тень имеет очень схожую яркость с фоном, или где тень просто сливается с объектами. В силу небольшого количества размеченных спутниковых изображений нейросеть была обучена на публичных датасетах, в которых содержатся не только картинки зданий, но и другие объекты. Если нейросеть будет обучаться на данных, составленных только из спутниковых изображений городской местности, то ее точность будет повышаться. Создание новых датасетов будет дальнейшим развитием DSDNet для повышения эффективности ее работы с целью решения задачи сегментации теней со спутниковых изображений.

Работа выполнялась при поддержке проекта ГКНТ-Китай Ф20КИТГ-006.

#### Литература

1. Distraction-aware Shadow Detection [Electronic Resource] / City University of Hong Kong. – Mode of access: <https://quanlzheng.github.io/projects/Distraction-aware-Shadow-Detection.html>. – Date of access: 30.10.2020
2. Distraction-aware Shadow Detection [Electronic Resource] / GitHub. – Mode of access: <https://github.com/starkgate/Distraction-aware-Shadow-Detection>. – Date of access: 30.10.2020
3. Large-Scale Training of Shadow Detectors with Noisily-Annotated Shadow Examples [Electronic Resource] / Springer Science. – Mode of access: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-46466-4\\_49](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-46466-4_49). – Date of access: 17.07.2016
4. Сведения о данных дистанционного зондирования Земли на территорию Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Государственное предприятие "БелПСХАГИ". – Режим доступа: <https://www.dzz.by/izuchdzz>. – Дата доступа: 01.04.2020.

# ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ АНИМАЦИИ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОСПРИЯТИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Недзьведь А. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: e-mail: nedzveda@tut.by*

Анимация используется для отображения динамических процессов, происходящих в реальном мире. Структура анимированных объектов как правило имеет сложную структуру, каждый элемент которой необходимо обработать для представления движения на видео. Одним из простейших примеров является волнообразная анимация, в которой положение объекта меняется по гармоническому закону. В простейшем случае движение может быть описано уравнением движения  $y = \sin(x)$ . Таким образом, для представления анимации необходимы объект, фон и уравнения движения объекта. Существует еще ряд дополнительных объектов анимации, определяющих технологию отрисовки, например, процент перерисовки объекта, характеристики смещения. Кроме того, в анимации присутствуют примеры, где динамически меняется фон и форма самого объекта. Таким образом необходимо определить объект анимации, как элемент, который меняет свое положение в пространстве [1].

В настоящее время используются следующие методы анимации:

1. Спрайтовая анимация – анимация, реализуемая при помощи выделения объекта анимации как отдельного объекта, реализованного отдельно либо аппаратным, либо программным способом.

2. Морфинг – преобразование одного графического образа в другой за счет генерации заданного числа промежуточных кадров для обеспечения плавного перехода начального образа в конечный.

3. Анимация цветом – положение объектов не изменяется, меняется лишь цвет, в результате может возникать иллюзия геометрического смещения объекта.

4. 3D-анимация, отражающая проекцию трехмерной сцены на изображение.

5. Метод ключевых или опорных кадров (keyframing) – является наиболее распространённым способом создания анимации. Ключевым событием может являться не только изменение параметров одного из возможных преобразований объекта (положения, поворота или масштаба), но также изменение любого из допускающих анимацию параметров (свойства источников света, материалов и др.). После определения всех ключевых кадров система компьютерной анимации выполняет автоматический расчёт событий анимации для всех остальных кадров, занимающих промежуточное положение между ключевыми – промежуточных кадров.

6. Процедурная анимация – используется для моделирования движений, или эффектов, которые трудно воспроизвести с помощью ключевых кадров. В процедурной анимации рассчитывают текущие значения параметров анимации, основываясь на начальных значениях, заданных пользователем, и на математических выражениях, описывающих изменение параметров во времени.

7. Инверсная (обратная) и прямая кинематика. Инверсная кинематика – движение задаётся перемещением самого младшего объекта-потомка, что заставляет всю остальную цепочку перемещаться в соответствии с ограничениями на работу

сочленений объектов. В отличие от метода прямой кинематики, метод обратной кинематики допускает получение нескольких решений при наличии множества сочленений объектов.

Все эти методы предполагают наличие сложных структур, где сам анимированный объект может состоять из группы других анимированных объектов, например, динамически меняющийся фон может быть представлен в виде элементарных кубиков, которые взаимодействуют через уравнение Навье-Стокса [2]:

$$\frac{\partial \bar{\mathbf{u}}}{\partial t} = -(\bar{\mathbf{u}} \cdot \nabla) \bar{\mathbf{u}} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vartheta \nabla^2 \bar{\mathbf{u}} + F_{ext} \quad (1)$$

где  $\bar{\mathbf{u}}$  – это традиционное обозначение поля скорости (состоит из компонент по  $\mathbf{x}$  и  $\mathbf{y}$  направлениям – обозначаются они соответственно, как  $\mathbf{u}$  и  $\mathbf{v}$ ),  $p$  – это давление,  $t$  – время,  $\rho$  – плотность среды,  $\vartheta$  – кинематический коэффициент вязкости,  $F_{ext}$  – какие-либо внешние силы действующие на объект,  $\nabla$  – операция вычисления градиента.

В уравнении Навье-Стокса можно выделить пять частей:

$\frac{\partial \bar{\mathbf{u}}}{\partial t}$  – изменение скорости объекта,  $(\bar{\mathbf{u}} \cdot \nabla) \bar{\mathbf{u}}$  – перемещение объекта,  $\frac{1}{\rho} \nabla p$  – давление, оказываемое на объект,  $\vartheta \nabla^2 \bar{\mathbf{u}}$  – вязкость среды,  $F_{ext}$  – внешние силы, воздействующие на объект [3]. Следует отметить, что последние три части формируются окружающими объектами анимации, давление и вязкость описывают воздействие схожих соседних объектов то внешние силы формируются принципиально отличным объектом. Например, при анимации движения лодки по воде, вода образует фон. Она формируется из мелких однородных объектов, таких как шар или квадрат. Для этих мелких объектов справедливо определение давления и вязкости. Лодка является крупным однородным объектом и в данном случае ее движение формирует внешнее воздействие. Таким образом формируется система уравнений, в которой все объекты анимации связаны и эта система должна решаться в реальном времени. Достичь подобного результата можно посредством использования потенциала современных видеокарт [4]. Уравнения можно представить в виде математических функций, выходы которых зависят только от входных данных и констант, таким образом перенеся часть вычислений в шейдеры, или определить вычисления в пиксельных конвейерах, что позволяет получить значительное ускорение при вычислении анимации.

Кроме того, все анимированные объекты можно представить в виде системы непересекающихся множеств (disjoint-set-union или DSU) [5] в качестве расстояния учитывая положение, размеры и форму объекта анимации как на рис. 1.

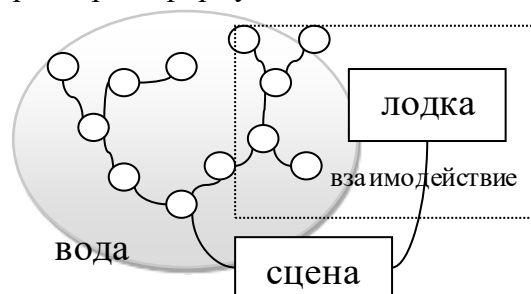


Рис. 1. Пример лодки и воды в виде системы непересекающихся множеств

Хранить структуру данных объектов анимации удобно в виде леса, то есть DSU становится системой непересекающихся деревьев. Все элементы одного множества объектов анимации лежат в одном соответствующем дереве, представитель дерева – его корень, слияние множеств суть просто объединение двух деревьев в одно. Такая идея с двумя эвристиками принадлежности объекта и положения ведет к высокому быстродействию получившейся структуры.

Таким образом сгруппировать вычисления используя структуру дерева графа, исключив повторяющиеся вычисления просто используя сдвиг, определяемый ветвями графа. По двум элементам в системе можно: 1) узнать, находятся ли они в одном множестве; 2) объединить множества, содержащие общую оценку.

Подобный подход к анимации позволяет рассматривать сцену как полноценный анимированный объект, который лежит в корне вычислений и содержит в своей структуре другие объекты. Этот подход особенно важен для формирования общего настроения при просмотре, так как эффекты изменения фона около основного объекта анимации влияют на когнитивное восприятие анимации пользователем.

### Литература

1. Ларин, С. В. Методика обучения математике: компьютерная анимация в среде Geogebra : учебное пособие для вузов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 233 с
2. Темам Р. Уравнения Навье — Стокса. Теория и численный анализ. — 2-е изд. — М.: Мир, 1981. — 408 с.
3. Хохлова Ю. Симуляция динамики жидкости и ее взаимодействие с твердой поверхностью средствами графических ускорителей //Ю. Хохлова, Д. Гладкий, и др./ ГрафиКон'2012: 22-я Международная конференция по компьютерной графике и зрению: Москва, МГУ имени Ломоносова, 01-05 октября 2012 г.: Труды конференции. – М.: МАКС Пресс, 2012, С. 180-183
4. Боресков А. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: Учеб. пособие // А. Боресков и др. / М.: Изд-во МГУ, 2012. – 336 с.
5. Т. Кормен. Алгоритмы. Построение и анализ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн / Издательство «Вильямс», 2013. – 1324с.



# АЛГОРИТМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА

**Русакович А. С.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

За последнее десятилетие технологии на основе компьютерного зрения стали быстрее и точнее идентифицировать людей. В настоящее время все более широкое распространение получают биометрические системы идентификации человека. Традиционные системы идентификации требуют знания пароля, наличия ключа, идентификационной карточки либо иного идентифицирующего предмета, который можно забыть или потерять. В отличие от них биометрические системы основываются на уникальных биологических характеристиках человека, которые однозначно определяют конкретного человека. К таким характеристикам относятся отпечатки пальцев, форма ладони, узор радужной оболочки, изображение сетчатки глаза. Распознавание человека по изображению лица выделяется среди биометрических систем, во-первых, тем, что, не требуется специальное или дорогостоящее оборудование, достаточно персонального компьютера и обычной видеокамеры. Во-вторых, не нужен физический контакт с устройствами, необходимо просто задержаться перед камерой на небольшое время.

Биометрические системы распознавания лиц имеют общие принципы работы. Для начала выделяется лицо человека, будь он один или находясь в толпе. Затем фиксируется фотография лица и начинается ее анализ. Программы для распознавания лиц анализируют узловые точки, такие как расстояние между глазами или форму скул. После этого черты лица преобразуются в цифровой код – отпечаток лица (faceprint). Далее код сравнивается с базой данных отпечатков лиц. Например, в работе [6] представлен алгоритм защиты лиц путем деидентификации т.е. затемнения деталей лица с помощью цифровой модификации видеоизображений. Другой способ описывается в работе [10], где используется комплекс атак на системы распознавания с использованием генеративной сети, не допуская при этом незаметной ошибки при распознавании. Изменения на уровне пикселей, так называемые заплатки лица человека предлагаются в работе [9]. Интересными примерами являются статьи [3, 4] где используются различные методы генерации изображений с внесением искажений, которые приводят к ошибочной классификации.

Анализ экспериментальных исследований показал, что предсказание модели распознавания лиц напрямую зависит от расположения таких точек лица на входном изображении. Кроме того, было обнаружено, что верхняя часть лица является более полезной для распознавания, чем нижняя. Тип модификации ограничен сложностью, точностью и скоростью доступных в настоящее время алгоритмов обработки изображений, а также качеством данных и деталей, необходимых для работы системы [1]. Собрав лучшие практики рассмотренных выше методов и минимизировав появление шумов с целью улучшения качества измененного изображения в данной работе предлагается подход, который поможет обеспечить защиту личных изображений при обработке моделями распознавания лиц путем внесения изменений в исходное изображение на уровне пикселей. Такие изображения могут привести к

кардинальным изменениям логики классификации. Исследование показало отклонение в 30 – 40% по сравнению с уже существующими методами.

### Алгоритм защиты информации в лице человека

Далее будут кратко изложены общие шаги, на которых базируется предложенный алгоритм защиты информации при распознавании лиц.

Пусть имеется исходное изображение  $I_{i,j}$ , представляющее собой матрицу размера  $m \times n$ , где  $i = \overline{0, m - 1}$ ,  $j = \overline{0, n - 1}$ . Разбив его на блоки размером  $8 \times 8$ , итерация за итерацией проводим сравнение окраски пикселей для выявления контрольных точек на изображении лица. Затем в выбранных блоках изображения вносятся пиксельные изменения (метки), которые незаметны при просмотре людьми, но приводят к формированию некорректных моделей в системах машинного обучения.

Сам процесс пиксельных изменений выглядит следующим образом: сканируя изображение, для каждого пикселя вычисляется предсказанный пиксель  $\hat{I}_{i,j}$ , ошибка предиктора  $E_{i,j}$  и статическая мера  $d_{i,j}$ . При успешном выполнении условий выбора пикселей происходит внедрение на основе схемы расширения разности и, далее, реализуется метка пикселей по схеме смещения гистограммы [6]. В данном случае внедрение сводится к добавлению в изображение комбинации пикселей (метки), которые воспринимаются алгоритмами машинного обучения как характерные для изображаемого объекта шаблоны и приводят к искажению распознавания человека.

### Результаты экспериментов

В качестве экспериментальных данных была использована серия  $224 \times 224$  8-битовых фотографий людей. В частности, хранение изображений организовано по стандарту JPEG т.к. он позволяет добиться высокого коэффициента сжатия сохраняя высокое качество. При этом, качество изображений, напрямую влияет на точность распознавания. Сжатие снижает степень успешности классификации изображения человека [2].

Выбранные изображения подвергаем пиксельному изменению таким образом, чтобы сохранить исходные характеристики, но при этом снизить точность распознавания лиц, а затем используем в тестировании. В результате получаем изображения с внесенными изменениями в контрольные области без видимых повреждений лица человека (рисунок 1).



группа изображений а группа изображений б

Рис. 1. Изображения до обработки методом (группа а) и после обработки (группа б) с указанием областей внедрения

Используя измененные изображения в модели, получаем искаженное представление о личности, т.е. понимание того, что делает человека уникальным. Эксперименты с выбранной группой изображений проводились с применением нейросетевого метода распознавания лиц. Результаты работы наиболее часто используемых методов распознавания представлены в таблице 1, где изображение человека классифицируется с меньшей степенью точности.

Табл. 1. Результаты оценки качества распознавания

Метод распознавания лица человека	Вероятность правильного результата распознавания изображения (до применения метода), %	Вероятность правильного результата распознавания изображения (после применения метода), %
Нейросетевой метод	97%	63%
Расчет геометрических характеристик лица [5]	86%	76%
Метод главных компонент [7]	95%	89%
Скрытые Марковские модели [8]	87%	78%

Изложенный алгоритм позволяет добиться высоких показателей качества с внедрением более одного бита на пиксель, однако остается восприимчивым к различного рода атакам и требует выполнения индивидуальных условий для избегания так называемой проблемы выхода значений пикселей из возможных пределов (0, 255). Под атакой в данном случае понимается комплекс мер, нацеленных на выявление изображений, обработанных подобными методами. Для увеличения стойкости можно использовать частотные алгоритмы, где перед добавлением в изображение комбинации пикселей происходят некоторые преобразования (зашумление, фильтрация и др.).

#### Литература

1. Абламейко С. В., Лагуновский Д. М. Обработка изображений. Технология, методы, применение / Учебное пособие. – Мн.: Амаффея, 2000. – 304 с.
2. Aditya P., Sen R., Druschel P., Joon Oh S., Benenson R., Fritz M., Schiele B., Bhattacharjee B., and Wu T. T. I-pic: A platform for privacy-compliant image capture. In Proceedings of the 14th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, pages 235–248, 2016.
3. Chen P., Zhang H., Sharma Y., Yi J., Hsieh C. ZOO: Zeroth Order Optimization Based Black-box Attacks to Deep Neural Networks without Training Substitute Models. AISec 17: Proceedings of the 10th ACM Workshop on Artificial Intelligence and Security, pages 15–26, 2017.
4. Dabouei A., Soleymani S., Dawson J. Fast geometrically-perturbed adversarial faces. IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), pages 1979-1988, 2019.
5. Manjunath B.S. A feature based approach to face recognition / B.S. Manjunath, R. Chellappa, C. von der Malsburg // IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit, pages 373-378, 1992.
6. Newton E., Sweeney L., Malin B. Preserving Privacy by De-identifying Facial Images, Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Technical Report, CMU-CS-03-119, pages 1-26, 2003.
7. Parveen Y., Kadian R. View-based and modular eigenspaces for face recognition // International Journal of Science and Research (IJSR), pages 989-992, 2013.
8. Samaria F.S. Parameterisation of a stochastic model for human face identification. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pages 138-142, 1994.
9. Shan S., Wenger E., Zhang J., Li H., Zheng H., Zhao B. Y. Protecting Personal Privacy against Unauthorized Deep Learning Models. In Proceedings of USENIX Security Symposium, pages 1-16, 2020.
10. Yang L., Song Q., Wu Y. Attacks on state-of-the-art face recognition using attentional adversarial attack generative network, Pattern Recognition and Intelligence Vision Lab, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing, pages 1-10, 2020.

# SMART CROPPING: ТЕХНОЛОГИЯ УМНОЙ ОБРЕЗКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Сорокина В. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: Viktoria.sorokina.96@gmail.com*

В данной работе рассматривается задача генерации изображений, представляющих одежду и обувь на модели, в каталог товаров электронной коммерции. Генерация изображений подразумевает нарезку входного изображения человека в полный рост на серию снимков, представляющих определенные товары. Нарезка изображений производится за счет решения задачи определения частей тела человека – задачи компьютерного зрения, которая вычисляет ключевые точки человеческого тела или объекта на изображении или видео. Также можно рассматривать задачу определения частей тела человека как проблему определения положения и ориентации камеры относительно данного человека или объекта.

Smart Cropping – полностью автоматическая система, позволяющая подготавливать изображения, формирующие каталог товаров, для классов плечевой, поясной и верхней одежды, а также обуви и головных уборов.

Архитектура системы представлена блоком сверточной нейронной сети на основе архитектуры OpenPose с VGG-19 для выделения признаков, а также алгоритмами для вычисления позиционного отношения между ключевыми точками человеческого тела, которые используются для обрезки по заданным правилам.

OpenPose – это глубокая нейронная сеть с прямой связью. Данный метод позволяет эффективно обнаруживать 2D-позиции частей тела человека на изображении RGB в реальном времени. Это делается путем обнаружения и ассоциации частей тела с использованием полей сходства частей (PAFs) и карт достоверности. Карта достоверности представляет собой функцию плотности вероятности для нового изображения, присваивающую каждому пикселю нового изображения вероятность, которая представляет собой вероятность принадлежности пикселя части тела в объекте на предыдущем изображении. Обнаружение частей тела происходит в последовательном стиле, выполняя прогнозирование снизу-вверх с использованием пространственного контекста. Извлеченная информация впоследствии используется для создания начальной структуры человеческого скелета в текущем кадре. Архитектура OpenPose представлена на рисунке 1.

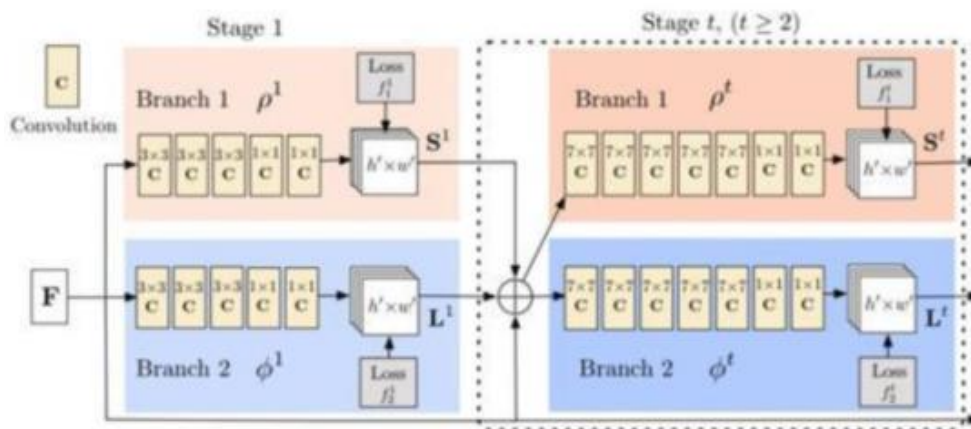


Рис. 1. Архитектура OpenPose

Smart Cropping – это метод, позволяющий производить обрезку автоматически без привлечения человеческих ресурсов. Чтобы реализовать такую обрезку исходного снимка и создание набора изображений, представляющих товары, нужно получить координаты ключевых точек человеческого тела, а затем вычислить позиционные отношения между ними через координаты каждой ключевой точки. Необходимо знать координаты трех точек, чтобы узнать угол, образованный тремя сторонами, а затем использовать диапазон значений этих углов, чтобы оценить позу человека на изображении и произвести корректную обрезку. Формулы для расчета этих углов показаны ниже.

Пусть известны 3 точки  $A(x_1, y_1)$ ,  $B(x_2, y_2)$ ,  $C(x_3, y_3)$  и соответствующие векторы:

$$\begin{aligned} \overrightarrow{AB} &: (x_2 - x_1, y_2 - y_1), \\ \overrightarrow{AC} &: (x_3 - x_1, y_3 - y_1), \\ \overrightarrow{BC} &: (x_3 - x_2, y_3 - y_2). \end{aligned} \quad (1)$$

Тогда

$$\begin{aligned} |AB| &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}, \\ |AC| &= \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2}, \\ \cos \angle A &= \frac{(x_2 - x_1)(x_3 - x_1) + (y_2 - y_1)(y_3 - y_1)}{|AB||AC|}. \end{aligned} \quad (2)$$

В ходе выполнения работы на наборе данных СОСО была обучена нейронная сеть на основе архитектуры OpenPose, способная распознавать 23 ключевые точки человеческого тела.

Полученные ключевые точки формируют прямые, составляющие позу человека, например, левое и правое плечи, левое и правое бедра и т.д.

Взаимное расположение полученных прямых является инструкцией к обрезке изображения. При этом все прямые классифицируются следующим образом – ключевые точки, составляющие прямые, относятся к классу «верх», если они расположены выше запястий, и к классу «низ», если ниже. Данная классификация необходима, т.к. в случае не нахождения одной или всех ключевых точек в паре

система автоматически спускается вверх/вниз по иерархии прямых в зависимости от типа обрезки.

Сведения о позиционных отношениях между данными прямыми позволили создать систему для автоматической обрезки изображений и сократить время подготовки изображений для электронного каталога товаров. Данная система была протестирована на реальных изображениях товаров одного интернет-магазина. Пример работы системы представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Пример работы Smart Cropping системы

Результаты, полученные в разработанной программе, могут быть использованы для обрезки изображений других категорий товаров.

### Литература

1. Chen, Y. Monocular human pose estimation: A survey of deep learning-based methods / Y. Chen, Y. Tian, and M. He // Computer Vision and Image Understanding – 2020. – Vol. 192
2. Liu, Z. A survey of human pose estimation: the body parts parsing based methods / Z. Liu [et al.] // Journal of Visual Communication and Image Representation – 2015. – Vol. 32, P. 10–19.
3. 2d/3d pose estimation and action recognition using multitask deep learning / Luvizon, D.C., Picard, D., Tabia, H. // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Salt Lake City, June 18-23 2018. – Salt Lake City, 2017. – P.5137–5146.
4. Bi-Manual Articulated Robot Teleoperation using an External RGB-D Range Sensor / Emily-Jane Rolley-Parnell [et al.] // International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Singapore, September 2018. – Singapore, 2018.
5. eCommerce Product Image Guide [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.threekit.com/blog/ecommerce-product-image-guide-2020>. – Date of access: 25.03.2021.
6. Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields / Zhe Cao [et al.] // 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, 21-26 July 2017. – Honolulu, 2017. – P. 1302-1310.
7. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition / Karen Simonyan and Andrew Zisserman // International Conference on Learning Representations, San Diego, May 7-9, 2015. – San Diego, 2015. – P. 1137–1149
8. He, K. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He [et al.] // 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition – Las Vegas, 2016. – P. 770-778
9. Gesture Recognition Based on Deep Learning / Tingxuan Zhang // Journal of Physics Conference Series – 2020. – P. 1449-1457
10. COCO dataset // COCO 2018 Keypoint Detection Task [Electronic resource] – Mode of access: <http://cocodataset.org/#overview> – Date of access: 05.04.2019.

# ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ НОРМАЛЕЙ СЦЕНЫ ПОСРЕДСТВОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КАРТЫ ГЛУБИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Стрюк П. П., Усатов А. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: krakazyab@gmail.com*

В современном мире при создании, например, компьютерных игр возникает необходимость создания и добавления в проект 3D объектов довольно маленького размера. Стремясь привнести реализма в игру, данные объекты создаются высокополигональными, что, при их большом количестве, является довольно ресурсоёмким. В противном случае, создавая данные модели низкополигональными, разработчики сохраняют ресурсы компьютера, однако проигрывают в качестве.

Одним из возможных решений данной проблемы является создание низкополигональной модели и наложения на неё, помимо текстуры, карты нормалей. В данной статье рассматриваются возможности преобразования карты глубины (DM), полученной с одиночной камеры при помощи различных алгоритмов в карту нормалей (NM). Преобразование такого типа используется, например, для уменьшения размера 3D моделей для использования в играх, особенно на мобильных устройствах. К сожалению, на данный момент используемые методики довольно медлительны. Многие операции выполняются «вручную».

Структура карт нормалей выполняется на основе технологии Normal Mapping, используемой для имитации неровностей поверхности на объекте. Она применяется, чтобы сделать финальную модель более похожей на её HP (High Poly) версию. С ее помощью можно добавить различные детали, которые нельзя передать через геометрию из-за ограничений полигонажа на проекте, и заставить модель выглядеть более скругленной для лучшей передачи освещенности и большей реалистичности.

Карты нормалей – это RGB изображения, где каждый из каналов (красный, зелёный, синий) интерпретируется в X, Y и Z координаты нормалей поверхности соответственно. Красный канал пространства касательных карты нормалей отвечает за ось X (нормали направлены влево или вправо), зелёный канал за ось Y (нормали направлены вверх или вниз) и синий канал за ось Z (нормали направлены прямо от поверхности).

В большинстве случаев для создания карты нормалей используется созданная заранее HP модель. Для создания корректной карты необходимо учесть множество факторов на HP модели.

В общем случае для решения задачи построения карты нормалей по изображению необходимо решить следующие задачи:

1. Детекция объекта;
2. Построение карты границ;
3. Построение карты глубины;
4. Получение «сырой» карты нормалей и решение проблем оптимизации и улучшения качества;
5. Вычисление RGB векторов на основе полученных карт.

Данный алгоритм можно представить в виде схемы (рис. 1).

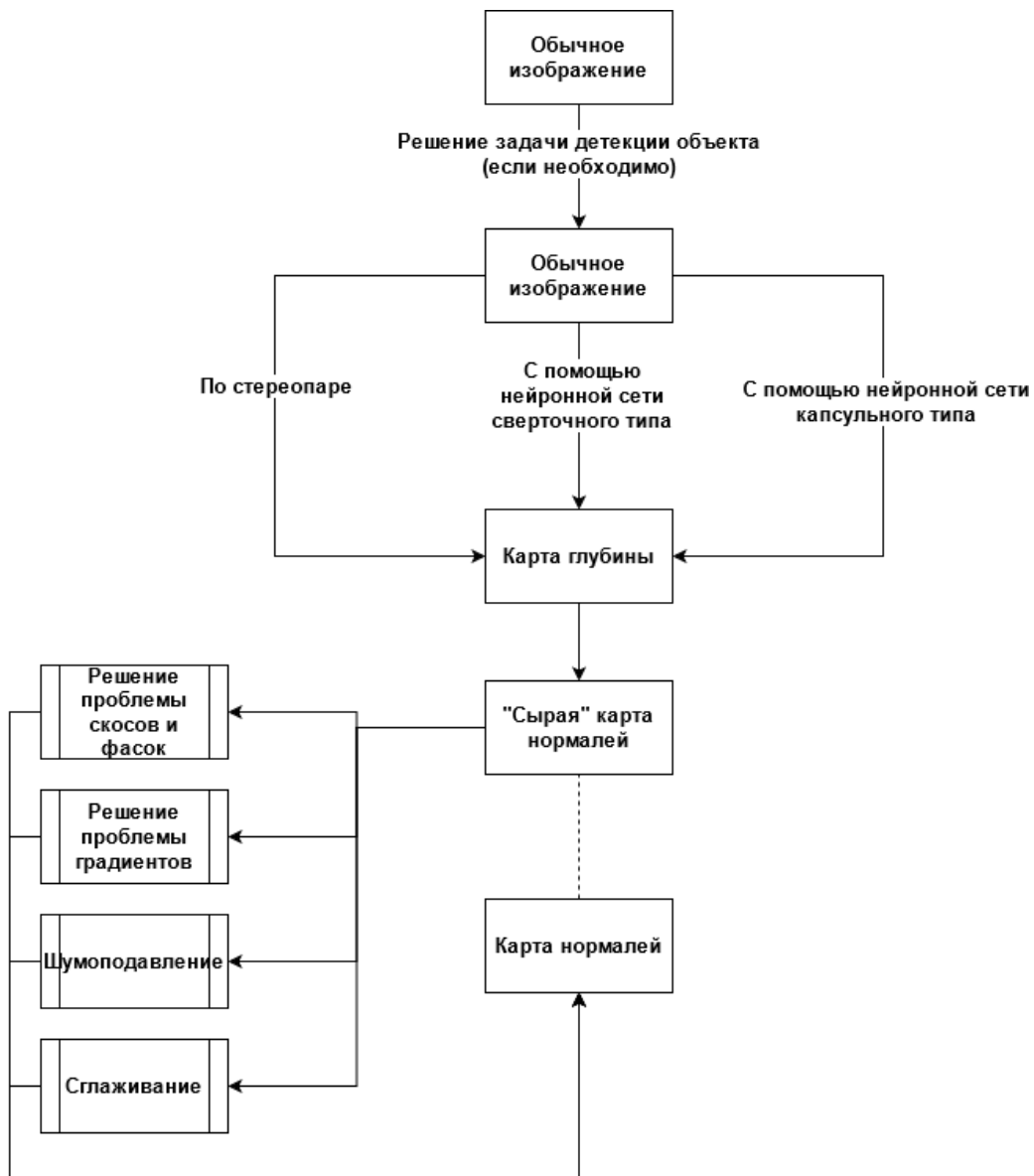


Рис. 1. Блок-схема алгоритма

Решение задачи детекции объекта не является необходимым при получении карты нормалей из готовой текстуры. В таком случае данный шаг пропускается. В противном случае применяется двухэтапный метод детекции объекта. На первом этапе селективным поиском или с помощью специального слоя нейронной сети выделяются регионы интереса – области, с высокой вероятностью содержащие внутри себя объекты. На втором этапе выбранные регионы рассматриваются классификатором для определения принадлежности исходным классам и регрессором, уточняющим местоположение ограничивающих рамок.

Получение карты границ в общем случае применяться не будет, однако для обучения нейронной сети необходим датасет, содержащий эту карту, построенную при



помощи дифференциального подхода второго порядка, который автоматически обнаруживает края с точностью до субпикселей.

Карта глубины изображения содержит в себе информацию о расстоянии между различными объектами или частями объектов, представленных на данном изображении.

Существует несколько способов получения карты глубины без использования спаренных камер и специальных «камер глубины»:

- по стереопаре: стереопару можно получить из обычного изображения, снятого на обычную камеру, применив к нему специальный алгоритм смещения. Такое изображение назовём псевдо стереопара. Смещением в данном случае называется процесс сдвига изображения на несколько пикселей по диагонали, а также сдвиг по вектору RGBA на некоторую величину;

- с применением нейронной сети свёрточного типа: для начала необходимо построить карту смещений, основываясь на спаренной фотографии (можно загрузить из интернета). Далее для каждой точки на одном изображении выполняется поиск парной ей точки на другом изображении. А по паре соответствующих точек можно выполнить триангуляцию и определить координаты их прообраза в трехмерном пространстве. Зная трехмерные координаты прообраза, глубина вычисляется как расстояние до плоскости камеры. После этого необходимо определить функцию потерь для новой карты  $y^*$ , где  $\varphi \in [0,1]$ , а  $n$  – количество пикселей.

$$d_i = \log(y_i) - \log(y_i^*) \quad L(y, y^*) = \frac{1}{n} \sum_i d_i^2 - \frac{\varphi}{n^2} (\sum_i d_i)^2$$

Гиперпараметр нужен для того, чтобы функция потерь меньше росла при большом количестве пикселей, предсказание для которых достаточно близко к реальному. Далее идёт обычное обучение нейронной сети путем обратного распространения ошибки, оптимизируя заданную функцию потерь;

- с применением нейронной сети капсульного типа: алгоритм аналогичен вышеописанному, но данный тип сетей показывает более точные результаты предсказания.

### Литература

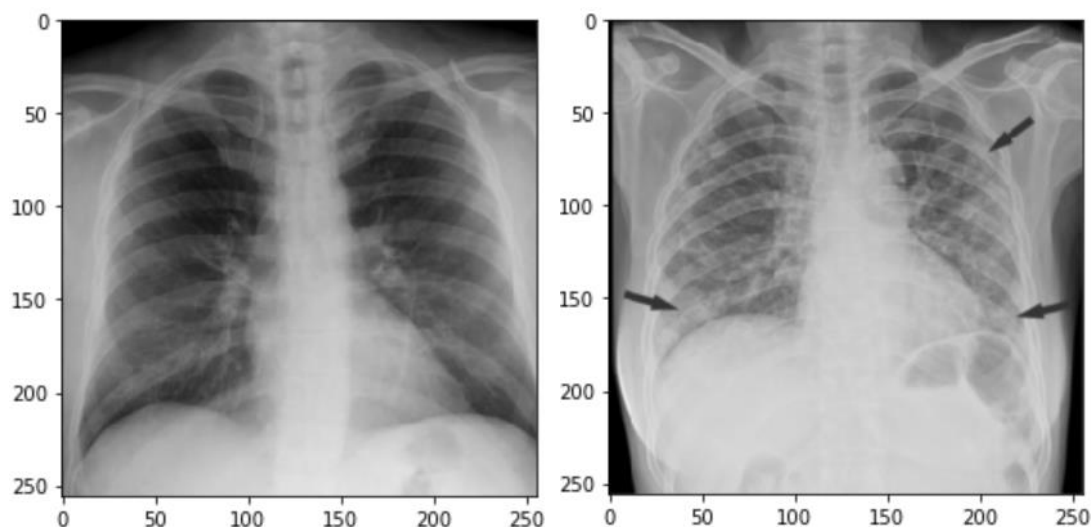
1. Soltani, A. A., Huang, H., Wu, J., Kulkarni, T. D., & Tenenbaum, J. B. Synthesizing 3D Shapes via Modeling Multi-View Depth Maps and Silhouettes With Deep Generative Networks. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 1511-1519).
2. Schuon, Sebastian, et al. "Lidarboost: Depth superresolution for tof 3d shape scanning. Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on. IEEE, 2009.
3. Malik, Aamir Saeed, ed. Depth map and 3D imaging applications: algorithms and technologies: algorithms and technologies. IGI Global, 2011.
4. Hinton, Geoffrey E.; Krizhevsky, Alex; Wang, Sida D. (2011-06-14). Transforming Auto-Encoders. Artificial Neural Networks and Machine Learning – ICANN 2011. Lecture Notes in Computer Science. 6791. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 44–51.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ БОЛЬНЫХ COVID-19 ПО МЕДИЦИНСКИМ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Усатов А. А., Недзьведь А. М.

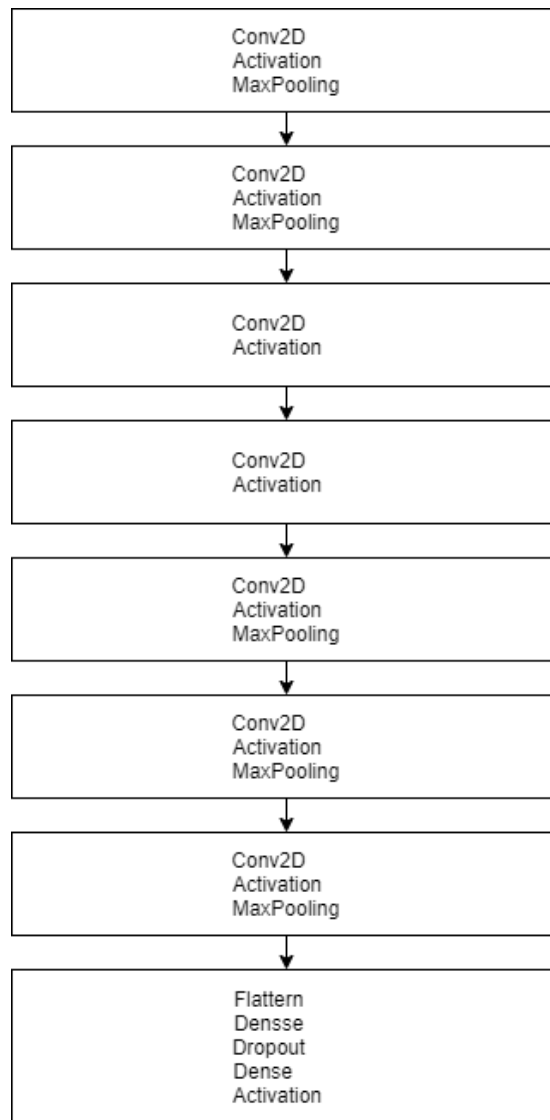
*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: ausatov@icloud.com*

С момента выигрыша конкурса ImageNet свёрточной нейронной сетью в 2012 году эта область постоянно развивается, что привело к сильному усложнению архитектур используемых нейронных сетей. Распространённой проблемой стало время обучения такой сети. В данной работе будет рассмотрена попытка сокращения времени обучения для нейронной сети, которая предназначена для обнаружения Covid-19 на рентгеновских снимках грудной клетки. Примеры их снимков человека без Covid-19 и пациента, у которого Covid-19 был диагностирован как показано на рисунке 1.



*Рис. 1. Рентген пациента с коронавирусом (справа) и без*

Чтобы избежать проблемы «затухающего градиента», которая иногда возникает при использовании популярной функции активации ReLU, вместо неё использовалась функция активации ELU. Архитектура используемой нейронной сети показана на рисунке 2.



*Рис. 2. Архитектура применяемой нейронной сети*

Одно из самых базовых возможных упрощений модели – снижение размерности входных данных путём приведения изображения к чёрно-белому формату вместо привычного RGB. Это втрое сокращает объём поступающих в нейронную сеть данных. Важно понимать, что это сокращает количество поступающих данных только на первый свёрточный слой, так как количество выходных каналов задаётся другим параметром.

Разница во времени обучения этой сети количестве входных каналов равна 1 и 3. При трёх входных каналах нейронная сеть обучалась 5 минут 55 секунд, а при одном нейронная сеть обучалась 5 минут 33 секунды. Обучение производилось на GPU Nvidia 1650 Ti. Увеличение количества входных слоёв с 1 до 3 увеличивает время обучения почти на 7% и не даёт заметного увеличения качества, что свидетельствует о полезности предлагаемого подхода.

Ниже приведены пример входного изображения и карта суммарной интенсивности свёрток после 19 слоя для этого изображения.

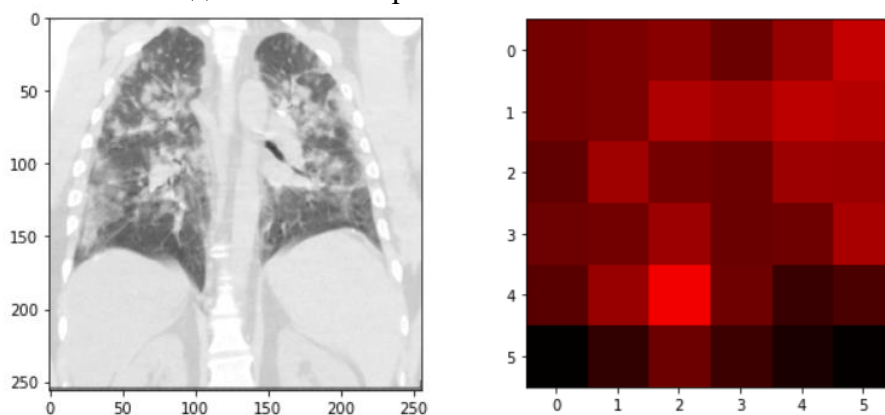


Рис. 3. Слева – пример поражённых лёгких, справа – карта яркости на выходе после 19 слоя

Чёрные области соответствуют областям, которые вносят наименьший вклад в результат.

После сглаживая и взвешенной суммы изображений выше получается следующая картина

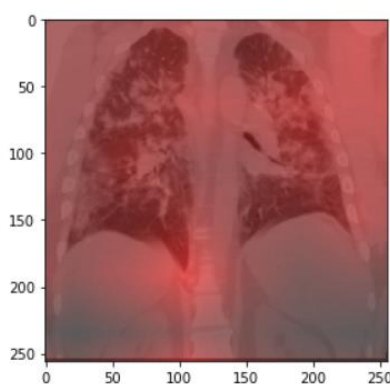


Рис. 4. Сглаженная карта яркости после 19 слоя

В некоторых местах более яркие (там, где сумма свёрток больше) участки находятся в местах отличных, от мест расположения признаков Covid-19. Это объясняется наличием там цветов с большей яркостью и тем, что это не последний слой сети, поэтому есть основания полагать, что нейронная сеть научилась обрабатывать подобные структуры.

### Литература

1. Дюдин, М.В. методы, модели и алгоритмы анализа и классификации растровых изображений рентгенограмм грудной клетки: дис. ... кандидата техн. наук: 12.00.01 / М.В. Дюдин. – Курск, 2016. – 154 л.
2. U-Net: нейросеть для сегментации изображений [Электронный ресурс] Павел Глек, 2018. Редим доступа: <https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/u-net-image-segmentation/>. – Дата доступа: 12.04.2021.

# ТЕКСТУРНЫЕ МЕТОДЫ ПОДСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА ЛЮДЕЙ В ПЛОТНОЙ ТОЛПЕ

**Шолтанюк С. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: ssholtanyuk@bsu.by*

На сегодняшний день задача мониторинга движения и поведения толпы является ключевой во многих сферах человеческой жизнедеятельности, например, городской планировке, службах безопасности, организации дорожного движения, средствах массовой информации.

Для решения этих задач, в частности, необходимо знать отдельные характеристики толпы, такие как количество людей, а также плотность, скорость и направление толпы. Так, плотность толпы играет решающую роль при организации контроля движения в общественных местах, а также в случае чрезвычайных ситуаций.

В данной статье рассмотрены методы и средства оценки плотности толпы и количества людей в ней.

Для оценки количества людей обычно используют алгоритмы, которые можно отнести к трём категориям: пиксельные, текстурные и объектные.

Пиксельные алгоритмы работают на основе локальных признаков, связанных с представлением отдельных людей на изображениях или видеопоследовательностях, таких как границы силуэта человеческой фигуры или головы.

При использовании текстурных алгоритмов происходит моделирование текстур скоплений людей, исходя из которого можно вычислить их количество.

Объектные методы выполняют эту задачу путём обнаружения отдельных людей на изображении.

Но эти методы применимы только при рассмотрении толпы малой плотности, и даже в этом случае множество факторов, такие как одежда, поза людей, положение и ракурс камеры, фон изображения, могут значительно влиять на результаты.

В данной статье рассматриваются текстурные методы. К ним, в частности, относятся такие методы как SIFT (Scale Invariant Feature Transform – масштабно-инвариантное преобразование признаков), преобразования Фурье, анализ при помощи вейвлетов и GLCM (gray level co-occurrence matrix – матрица совместной встречаемости уровней серого тона).

Для сравнения всех этих алгоритмов рассматривалась их работа на изображениях из набора ShanghaiTech (рисунок 1).



*Рис. 1. Пример изображения из набора данных ShanghaiTech*

Метод SIFT используется для выявления локальных признаков на изображении, которые представляются в виде ключевых точек (рисунок 2). Эти ключевые точки инвариантны относительно преобразований изображения, таких как масштабирование и поворот. Поэтому SIFT является действенным методом при решении задач обнаружения объектов, в частности поиска одинаковых объектов на разных изображениях, а также обнаружения сцены. При оценивании характеристик толпы ключевые точки, построенные при помощи SIFT, объединяются в кластеры, для которых определяется, представляют ли эти кластеры собой толпу или нет, а также плотность толпы для каждого из кластеров.



*Рис. 2. Ключевые точки, полученные в результате применения SIFT*

Таким образом, SIFT решает в основном задачу обнаружения толпы. Для использования этого метода для оценивания количества людей в толпе нужно

использовать дополнительные инструменты, например метод опорных векторов. Кроме того, для изображений с плотной толпой нахождение ключевых точек занимает достаточно много времени.

Преобразования Фурье могут быть использованы для обнаружения повторных образов на изображении толпы. Эти повторения убираются при помощи низкочастотного фильтра, после чего к полученному изображению применяется обратное преобразование Фурье. О плотности толпы и количестве людей в ней можно судить по локальным максимумам восстановленного изображения, которые в случае плотной толпы обычно соответствуют головам (рис. 3).



*Рис. 3. Точки максимума на изображении после применения преобразований Фурье*

При применении этого метода используется предположение, что толпа имеет однородную структуру, т. е. плотность толпы на рассматриваемом изображении постоянна. На практике такое условие, вообще говоря, не выполняется, поэтому обычно исходное изображение разбивается на непересекающиеся подмножества, в пределах каждого из которых скопление людей является однородным, и для каждого из этих подмножеств оценивается количество людей. Одним из главных недостатков данного метода является то, что по точкам максимума нельзя судить, представляют ли они толпу или нет.

Вейвлетные преобразования могут использоваться для построения векторов признаков, по которым затем можно оценить регрессионную модель опорных векторов с использованием истинных значений количества людей для изображений из обучающей выборки.

Матрицы совместной встречаемости уровней серого тона (GLCM) могут использоваться как для классификации участков изображения, так и для выделения признаков на основе функции совместного распределения вероятностей, зависящей от двух пикселей. Полученные векторы признаков опять же могут использоваться для построения регрессионной модели.

Таким образом, рассмотренные выше методы позволяют оценивать численность людей в толпе на основе свойств исходного изображения и его преобразований. Основным преимуществом этих методов является небольшое время их выполнения,

что позволяет применять их также к видеопоследовательностям. К недостаткам относится тот факт, что текстурные методы работают только с плотными скоплениями людей, причём часто необходимо предварительное определение положения толпы на снимке или видео. Поэтому текстурные методы применяются, как правило, совместно с другими средствами анализа толпы, например, с детекторами отдельных частей тела (например головы), методами кластеризации толпы, а также совместно друг с другом. Кроме того, на результаты работы текстурных методов сильно влияет качество исходных изображений и видеопоследовательностей. Это касается в том числе обучающего набора данных, для каждого образца из которого должно быть указано не только общее количество людей, но и их расположение (например, при помощи меток), ибо текстурные методы работают в основном с участками изображений.

#### **Литература**

1. Bansal, A. People Counting in High Density Crowds from Still Images / A. Bansal, K. S. Venkatesh // International Journal of Computer and Electrical Engineering. – 2015. – Vol. 7, № 5. – P. 316-324.
2. Arandjelovic, O. Crowd Detection from Still Images / O. Arandjelovic // BMVC 2008 : Proceedings of the British Machine Conference. – Leeds, 2008. / ed. board: M. Everingham and C. Needham – BMVA Press, 2008. – P. 53.1-53.10. – doi:10.5244/C.22.53
- Multi-Source Multi-Scale Counting in Extremely Dense Crowd Images / H. Idrees [et al.] // CVPR 2013 : Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – Portland, OR, USA, 23-28 June 2013. / IEEE, 2013. – P. 2547-2554.



## **СЕКЦИЯ 6. ЦИФРОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ И ОБЩЕСТВО**

# ЦИФРОВАЯ КОММУНИКАЦИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИАСФЕРЕ

Сарна А. Я.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: alsar.05@mail.ru*

Развитие современной медиасферы выстраивается как процесс совмещения и взаимосвязи информационно-коммуникационных технологий, используемых в средствах массовой информации и новыми медиа. Конвергенция технологических форматов и платформ указывает на усиление взаимодействия и объединения различных принципов и средств связи в условиях развития мультимедиа и информационных сетей. Она также описывает глобальные тренды, связанные с ускоряющейся разработкой и широким внедрением новых технологий, обеспечивающих применение цифровой конверсии контента в коммутируемых телекоммупьютерных и телефонно-кабельных линиях. Это позволяет существенно увеличить пропускную способность каналов и объем трафика для интернет-ресурсов, позволяя более эффективно управлять информационными потоками и воздействовать на динамику трафика за счет формирования горизонтальных связей между стремительно возрастающим количеством веб-сообществ и усилением их взаимосвязей. Однако такое лавинообразное увеличение интенсивности и плотности потоков информации может привести к т.н. «парадоксу разнообразия», который представляет собой один из возможных результатов электронно-коммуникационной революции, выражающийся в уменьшении качественного разнообразия информации по мере расширения ее общего объема за счет ускоренного развития и последующей монополизации информационной индустрии и медиасреды в целом. Данная ситуация приводит к тому, что коммуникационное изобилие может обернуться информационным парадоксом: «больше информации = меньше информации» («more diversity = less diversity»). Понятие парадокса разнообразия близко по своей семантике понятию «коммуникационного парадокса» (communication paradox), связанного с тем, что стремление СМИ удовлетворять запросы представителей большей части медиааудитории может оставлять без внимания интересы отдельных групп или слоев населения, что противоречит принципам гражданского (открытого) общества. Инициаторы преодоления такого парадокса предлагают обеспечить реальное, а не формальное право свободного доступа всех граждан к традиционным и новым медиа за счет использования новейших технологий. Потенциал их развития в такой системе проявляется прежде всего в том, что они позволят охватить всех, но обращаться при этом персонально к каждому, поскольку будут настраиваться индивидуально на запросы любого конкретного пользователя. Тенденция все более глубокой «персонализации обслуживания» вполне отчетливо обозначена уже в нынешних высокотехнологичных продуктах. Дальнейшая стратегия реализации инновационных проектов будет продолжать эту тенденцию по мере совершенствования электронной техники и цифровых технологий, что отчетливо проявляется в настоящее время применительно к сфере занятости населения, возможностей трудоустройства и осуществления самых разных видов деятельности.

**СЕКЦИЯ 7.  
ЭКОНОМИКА, МАРКЕТИНГ И  
ФИНАНСОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

# ЮНИТ-ЭКОНОМИКА КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИКИ В МАРКЕТИНГЕ

Архипова Л. И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Беларусь, e-mail: l.arkhipova@gmail.com*

В цифровом бизнесе сегодня используется множество метрик и КРІ для отслеживания параметров бизнеса и оценки его эффективности. В поддержку алгоритмического бизнеса и маркетинга разработано множество цифровых инструментов, включая сервисы веб-аналитики и бизнеса (ВІ). Это позволяет принимать data-driven решения, то есть решения, основанные на данных. Мощным дополнительным способом оперативной оценки прибыльности действующей бизнес-модели и эффективности стратегий маркетинга является такой инструмент, как unit economics или, юнит-экономика (UE). Длительный и сложный процесс оценки экономических результатов и эффективности бизнеса в юнит-экономике разбивается на более мелкие и управляемые блоки, что позволяет провести декомпозицию задач, распределить внимание между важными составляющими бизнеса и выполнить оценку оперативно и качественно. Юнит-экономика отвечает на простой вопрос – зарабатывает ли бизнес на конкретном пользователе (юните) или нет. Для ответа необходимо рассчитать: сколько денег потрачено на привлечение пользователя (клиента) и сколько денег заработано с пользователя (клиента). Понимание юнит-экономики даёт несколько преимуществ, связанных с принятием бизнес-решений [1]:

- наполнение финансовым смыслом ключевых составляющих бизнес-модели;
- упрощение оценки точки безубыточности;
- упрощение расчета маржинальной прибыли на единицу продаж;
- упрощение оценки доходности инвестиций и анализа рентабельности;
- получение «простого» инструмента для прогнозирования прибыльности бизнеса.

Юнит-экономика рассматривается специалистами как метод экономического моделирования, который помогает определить прибыльность бизнеса через расчет прибыльности бизнес-юнита (единицы товара или одного клиента, пользователя или подписчика) в конкретной бизнес-модели. В data-driven маркетинге используются более 30 показателей, ключевым из которых является прибыль и рентабельность продаж. Для того, чтобы обеспечить прибыльность бизнеса в интернет-маркетинге следует сфокусировать внимание на двух важнейших метриках: САС и LTV [1, 2].

САС (customer acquisition cost): оценивает, сколько стоит привлечение одного клиента. Важным является *время возврата САС* или периода, за который полученная прибыль от нового клиента полностью окупит затраты на его привлечение.

LTV (lifetime value): ценность клиента на протяжении всей его жизни, как потребителя продуктов или услуг компании, которая демонстрирует, какую прибыль приносит клиент за время взаимодействия с компанией и брендом. Метрика позволяет оценить, насколько интересны ваши товары или услуги, и, при необходимости, скорректировать стратегию удержания пользователей (клиентов).

Юнит-экономика рассчитывает ценность, которую клиент приносит бизнесу, пока он остается лояльным и зависит от того, сколько средств инвестируется для привлечения этого клиента. Целевое соотношение этих метрик зависит от конкретного бизнеса и отрасли. Показатель UE является одним из важнейших показателей для корректировки *маркетинговой стратегии по продукту/услуге*. Его рекомендуется оценивать при принятии маркетинговых решений по работе с различными каналами привлечения.

Для интернет-маркетинга и цифрового бизнеса важнейшей задачей является достижение определенного *баланса* между жизненной ценностью клиента (LTV) и стоимостью привлечения клиента (CAC). Сравнивая показатели LTV и CAC, можно оценить прибыльны ли маркетинговые усилия и стратегии, а также насколько они окупаются. Можно выделить три основных сценария баланса между показателями LTV и CAC [1]:

$CAC < LTV$  – *сильная юнит-экономика*. Наилучшим для бизнеса является соотношение  $LTV : CAC = 3 : 1$ . В этом случае можно предположить, что увеличение бюджета маркетинга с большой вероятностью окупится.

$CAC = LTV$  – *стагнация бизнеса*. Это означает, что привлечение одного покупателя стоит столько же, сколько клиент тратит на ваш продукт. Для бизнеса это отрицательный результат – не возвратятся первоначальные затраты. В этом случае следует искать способы изменить бизнес-модель или модели продаж, привлечения и ценообразования. Рекомендуется также инвестировать в программы лояльности, увеличивая, соответственно, LTV клиентов с помощью дополнительных up-sell и cross-sell техник, а также предоставляя персонализированное обслуживание с учетом клиентского опыта.

$CAC > LTV$  – *отрицательная юнит-экономика*. Затраты на привлечение клиентов превышают LTV, компания находится в зоне финансовых потерь: чем больше клиентов компания будет привлекать по действующим каналам (увеличивая трафик), тем больше будут финансовые потери. В таких условиях не следует масштабировать бизнес, необходимо пересмотреть бизнес-модель, а также каналы привлечения и продвижения.

Существует множество калькуляторов и ПО для расчета юнит-экономики, как способа управления продуктом и бизнесом, которые используются для имитационного моделирования реально реализуемых стратегий маркетинга. Изучая различные бизнес-сценарии, каналы и способы привлечения трафика, а также, оценивая вероятность достижения требуемых коэффициентов конверсии на входе и выходе из «воронки» продаж, при одновременном снижении издержек на обслуживание этого трафика, можно выбрать наиболее приемлемые для бизнеса сценарии и стратегии. На рисунке 1 представлена схема расчета юнит-экономики, учитывающая основные показатели бизнеса [3 – 5].

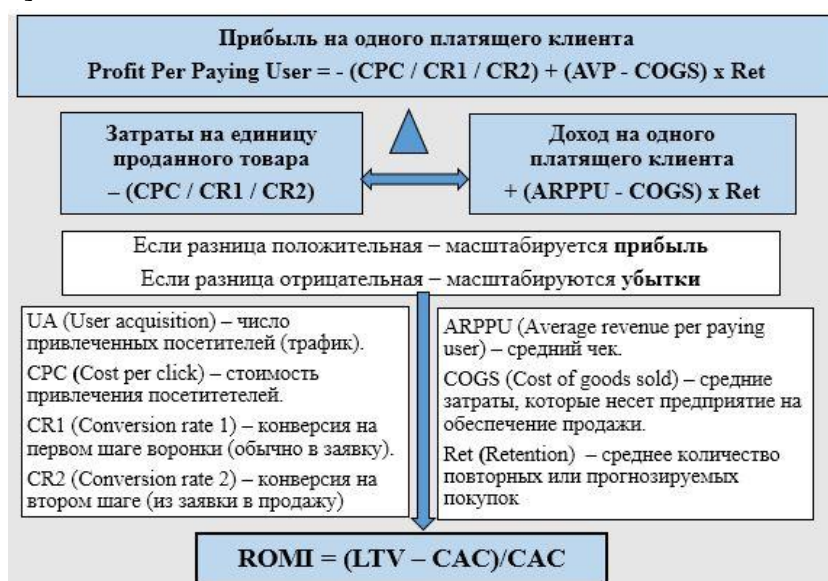


Рис. 1. Расчет юнит-экономики (адаптировано)

Оценивая юнит-экономику по перечисленным показателям, можно быстро рассчитать ROMI (Return on marketing investment), то есть оценить какой возврат получит бизнес на вложение денег в определенный канал привлечения и дистрибуцию. Использование инструмента UE является эффективным для решения следующих задач маркетинга и бизнеса:

- 1) выявлять проблемы, препятствующие увеличению прибыльности;
- 2) определять оптимальные стратегии маркетинга при работе с клиентами;
- 3) использовать для прогнозирования затрат на привлечение и продажи;
- 4) оценить потенциал продукта как долгосрочной ценности для клиента;
- 5) оценивать точку безубыточности;
- 6) анализировать эффективность запуска стартапов и их масштабирование.

Таким образом, юнит-экономика – это подход, в котором сравниваются все расходы, связанные с конкретным клиентом, и все доходы, которые он принёс (принесет) компании. Положительный или отрицательный результат свидетельствует о том, создается ли прибыль или генерируются убытки.

С помощью этого инструмента, помимо оперативной оценки доходов и затрат бизнеса, можно отслеживать каждую транзакцию, определять точку безубыточности, а также принимать обоснованные решения по масштабированию бизнеса. Все перечисленные возможности инструмента подчеркивают его уникальность, как незаменимого средства управления стратегиями в интернет-маркетинге.

#### **Литература**

1. Unit Economics: Striking a Balance between Customer Lifetime Value and Acquisition Cost [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.altexsoft.com/blog/business/unit-economics-striking-a-balance-between-customer-lifetime-value-and-acquisition-cost/>. – Дата доступа: 12.03.2021.
2. What Are Unit Economics and Why Are They Important in Early Stage Startups? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lightercapital.com/blog/what-are-unit-economics/>. – Дата доступа: 11.03.2021.
3. Калькулятор юнит-экономики от JetStyle: зачем он нужен и как пользоваться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ue.jet.style/?utm\\_source=cossa.ru](https://ue.jet.style/?utm_source=cossa.ru). – Дата доступа: 2.03.2021.
4. Онлайн расчет прибыли от маркетинговых акций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://retailengineering.ru/yunit-ekonomika-onlajn-kalkulyator/>. – Дата доступа: 12.11.2021.
5. <https://retailengineering.ru/yunit-ekonomika-onlajn-kalkulyator/>. – Дата доступа: 12.11.2021.
6. Поиск предельных значений метрик в смешанных моделях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://khanin.info/blog/109>. – Дата доступа: 22.02.2021.

# БАНКИНГ ДЛЯ МАЛОГО БИЗНЕСА: БИЗНЕС В ПОСТКОВИДНЫЙ ПЕРИОД

**Бичель И. С.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: igor.bichel@gmail.com*

Пандемия COVID-19 стала серьезным вызовом для предприятий малого бизнеса (далее – МБ) во всем мире.

Для банков произошедшее в 2020 г. в части работы с предприятиями малого бизнеса стало ускорением тех изменений, которые уже были на стадии разработки.

В частности, сегодня наблюдается ускорение цифровизации с сопутствующими инвестициями в технологии и платформы, которые обеспечивают эффективность, взаимодействие с клиентами и цифровой обмен информацией, что в конечном счете способствует финансовым учреждениям максимально эффективно работать с клиентами малого бизнеса.

COVID-19 заставил более 75 % из 200 опрошенных банков изменить свою будущую стратегию, уделяя больше внимания цифровизации [1].

На ранних этапах локдауна, когда наблюдался всплеск электронной коммерции, банковский сектор последовал аналогичной тенденции. В этот период все больше людей начали выбирать цифровой банкинг: к концу марта 2020 г. использование мобильных приложений выросло на 72 %, а снятие наличных снизилось на 60 % в конце апреля, по сравнению с периодом начала пандемии [1].

COVID-19 не только привел к изменению банковских привычек потребителей, но и самим банкам также пришлось измениться, сосредоточившись больше, чем когда-либо, на инструментах цифрового банкинга:

- 89 % европейских «банкиров» отметили, что COVID-19 увеличил скорость изменений в банкинге с нескольких лет до нескольких месяцев;
- 54 % банков планируют сократить физическую сеть филиалов;
- 66 % европейских «банкиров» заявили о планах увеличить инвестиции в цифровой банкинг и услуги;
- 84 % европейских «банкиров» отметили, что им нужно ускорить свой внутренний процесс создания токенизированных, виртуальных или физических карт;
- 75 % европейских «банкиров» отметили, что COVID-19 навсегда изменил модели бизнес-банкинга и назвали его «переломным моментом» [1].

Вместе с тем, среди предприятий малого бизнеса наблюдается разочарованность в цифровых банковских услугах. Так, 78 % из 400 опрошенных британский малых предприятий заявили, что вспышка COVID-19 сделала их более зависимыми от цифрового банкинга, чем когда-либо прежде. При этом, 84 % малых предприятий недовольны своим опытом взаимодействия с банками, 75 % малых предприятий говорят, что банки «должны делать больше», чтобы предлагать лучший цифровой опыт [2].

Учитывая растущее недовольство опрошенных малых предприятий, банки должны действовать быстро, чтобы устранить недостатки и использовать эту возможность для оцифровки собственных услуг, иначе возникнет риск потери доли рынка:

- 89 % из 400 опрошенных британских малых предприятий считают, что после COVID-19 важно, чтобы банки предлагали больше цифровых услуг бизнесу;

- 67 % малых предприятий говорят, что, если их банк не может предоставить хорошие цифровые сервисы, они с большей вероятностью перейдут в другой банк;
- 28 % сменили банк за последние два года [2].

При этом основной причиной, которая послужила «триггером» для смены банка были:

- более качественная онлайн- и цифровая поддержка клиентов (31 % из 112 опрошенных);
- более качественные услуги (29%) [2].

Вместе с тем, 68 % из 400 британских малых предприятий говорят, что цифровые сервисы для бизнеса развиты не настолько сильно, как цифровые сервисы для физических лиц [2].

Таким образом, сегодня малые предприятия нуждаются в цифровых банковских услугах. С началом пандемии COVID-19 цифровые каналы для малых предприятий стали практически единственным способом управлять финансами, подавать заявки на кредиты и проводить платежи – поэтому им пришлось адаптироваться, и теперь они не хотят возвращаться к старым методам.

Среди опрошенных 400 британских малых предприятий, основными претензиями в отношении банковских сервисов были:

- ограничения в том, что они не могут делать на цифровых платформах, не платя больше (33 %);
- долгий срок принятия решения о кредитовании и негибкие кредитные предложения (30 %);
- сложность интеграции банковских сервисов с другими бизнес-системами (29 %) [2].

Отвечая на вопрос о своих будущих банковских потребностях и функционале, которые они хотели бы видеть, опрошенные отметили, что наиболее важным является:

- возможность контроля поступлений и списаний со счета в режиме реального времени (82 %);
- возможность отправки и контроля прохождения платежей со счета (80 %);
- возможность интеграции банковских сервисов с другими системами, такими как бухгалтерский учет, для ускорения принятия решений по кредитам (77 %) [2].

Результаты исследования показывают, что малые предприятия хотят большей интеграции, выбора и гибкости цифровых банковских счетов для бизнеса. И, хотя банки предпринимают определенные шаги по улучшению цифровых услуг, необходимо делать еще больше, особенно тем, кому все еще мешает наследие старых сервисов.

По итогам 2020 г. в Республике Беларусь было внедрено 7 инноваций для сегмента малого бизнеса.

#### а) Платежи.

Сфера платежей лидирует в количестве инноваций. Это неудивительно, учитывая, что в 2020 г. она получила значительный стимул к развитию: из-за закрытия в карантин магазинов, кафе, ресторанов значительно вырос рынок доставки и e-commerce, и, как следствие, объемы и безналичных платежей. Кроме того, бизнесу потребовались более простые и удобные средства приема оплаты, нежели классические терминалы для оплаты картой.

Все это нашло свое отражение в 2 ключевых трендах.

Первый – QR-платежи, позволяющие клиентам максимально быстро делать платежи, используя лишь свой смартфон. Такие решения внедряли Беларусбанк [3], РРБ-Банк [4].

Второй тренд – «превращение» смартфонов в терминалы для приема платежей. Такие решения внедрил Приорбанк [5].



Третий тренд – онлайн-кассы. Их внедрением весьма активно занимались БелВЭБ [6], Белгазпромбанк [7], МТБанк [8] и Приорбанк [5].

б) Нефинансовые услуги.

Значительную роль в этом сегменте инноваций играет онлайн-бухгалтерия и подача отчетности. Их внедрением весьма активно занимались Банк «Решение» [9], Альфа Банк [10], Приорбанк [5].

Важной услугой, особенно в условиях пандемии, является сервис проверки контрагентов. Такие решения внедрил ВТБ-Банк [11].

в) Онлайн-открытие счета и регистрация бизнеса.

Открытие счета онлайн долгое время было определенной «фишкой» небанков и для своего времени это выглядело революционно. В 2020 году, с карантином, ограничением на передвижения и встречи, онлайн-открытие счета стало, по сути, must-услугой. В 2020 г. он появился МТБанке [8], Приорбанке [5], Беливестбанке [12].

г) Финансирование. В 2020 г. онлайн-кредиты для малого бизнеса начал предоставлять БелВЭБ [6].

Таким образом, практически каждый банк в Республики Беларусь, независимо от степени его цифровой зрелости, сосредоточился на улучшении своих цифровых услуг и функционала, необходимого пользователям для управления своими средствами, быстрого доступа к финансированию и интеграции с иными системами. Вместе с тем, цифровых услуг в банках Республики Беларусь реализовано недостаточно в сравнении с зарубежными банками. И посткризис, вызванный COVID-19 дает возможность банкам Республики Беларусь изменить методы ведения бизнеса, и тем самым в дальнейшем опередить конкурентов.

### Литература

1. Will COVID-19 be a watershed moment for banking? // Аналитическое Агентство Marqeta [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.marqeta.com/resources/european-banking-survey?fbclid=IwAR0w6P2dOC47g6p3fZTP7WJQVdApFDCK9wA5tjxDw1ppmLeLJzujZb6feU/> – Минск, 2021. – Дата доступа: 01.04.2021.
2. Business banking done differently // Аналитическое Агентство Marqeta [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.marqeta.com/uk/resources/business-banking/> – Минск, 2021. – Дата доступа: 01.04.2021.
3. Официальный сайт ОАО «АСБ Беларусбанк» [Электронный ресурс] / – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://belarusbank.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
4. Официальный сайт ЗАО «Банк РРБ» [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://www.rrb.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
5. Официальный сайт Приорбанк ОАО [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://www.priorbank.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
6. Официальный сайт ОАО «Банк «БелВЭБ» [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://www.belveb.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
7. Официальный сайт ОАО «Белгазпромбанк» [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://belgazprombank.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
8. Официальный сайт ОАО «МТБанк» [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://www.mtbank.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
9. Официальный сайт ЗАО «Банк «Решение»» [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://rbank.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
10. Официальный сайт ЗАО «Альфа Банк» [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://www.alfabank.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
11. Официальный сайт ЗАО «ВТБ Банк» [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://www.vtb.by> – Дата доступа: 01.04.2021.
12. Официальный сайт ОАО «Беливестбанк» [Электронный ресурс] – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://www.belinvestbank.by> – Дата доступа: 01.04.2021.

# МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА ПОДДЕРЖКИ СОЦИАЛЬНО ОТВЕТСТВЕННОГО БИЗНЕСА И ПАРТНЕРСТВА С НИМ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ОПЫТ ЧЕХИИ

Елецких Т. В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
кафедра экономики, Минск, Беларусь*

Корпоративная социальная ответственность (КСО <sup>1</sup>) широко развивается в большинстве стран мира. Принципы КСО, среди которых уважение и соблюдение прав человека, забота о персонале и окружающей среде, ответственное инвестирование и борьба с коррупцией, активно внедряются как государством, так и бизнесом в свою практику, принимаются во внимание при формировании государственной политики, являются предметом международных инициатив. И сегодня ни у кого не вызывает сомнений тот факт, что КСО является:

- основой долгосрочного устойчивого развития бизнеса и общества;
- жизненно важным и общепринятым фактором конкуренции, роста деловой репутации и имиджа;
- нормой поведения современной компании и неотъемлемой частью системы социального прогнозирования, управления рисками и формирования акционерной стоимости.

По словам профессора Гарвардской школы бизнеса Майкл Портер: «Если бы корпорации анализировали свои планы по социальной ответственности, используя те же подходы, которые они применяют в принятии основных бизнес-решений, они бы обнаружили, что КСО – это намного больше, чем просто расходы, вынужденная деятельность или же благотворительная необходимость – это источник возможностей, инноваций и конкурентных преимуществ».

Правительства многих стран занимают активную позицию в продвижении принципов корпоративной социальной ответственности (КСО). Чехия – не исключение. Координирующая роль государства в сфере КСО появилась еще в 2008 году, когда Совет по качеству при Министерстве промышленности и торговли Чехии образовал специализированную группу по КСО. В 2012 году названное Министерство было официально назначено Национальным координатором по развитию КСО.

С принятием новой Повестки ООН и 17 Целей устойчивого развития (ЦУР) в 2015 году как государства-страны ООН, так и бизнес, и некоммерческий сектор адаптируют свои стратегии в сфере устойчивого развития и КСО.

---

<sup>1</sup> ИСО 26000. Социальная ответственность –(social responsibility) - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях

В 2016 году чешское правительство приняло новую Национальную Стратегию устойчивого развития (НСУР-2030). В ее разработку были вовлечены все министерства и более 300 учреждений, предприятий и организаций некоммерческого сектора. По мнению представителей МИД Чехии такое широкое обсуждение важно не только для учета всех мнений стейкхолдеров, но и для успешного достижения ЦУР. НСУР-2030 фокусируется на трех ключевых аспектах устойчивого развития, а также включает главу по государственному управлению, соответствующему устойчивому развитию (good governance). В 2017 году Первый Национальный Отчет по выполнению НСУР был презентован общественности.

В Чехии создан Совет по устойчивому развитию при Правительстве Чехии и Департамент по устойчивому развитию при Аппарате Правительства Чешской республики.

В Совет по устойчивому развитию включены представители министерств, образовательных учреждений, частного сектора, профсоюзов, Парламента, муниципалитетов. При Совете работает тематических комитетов, за каждым из которых закреплены конкретные ЦУР. Совет проводит информационную поддержку по ЦУР и КСО, в частности, администрирует интернет платформу, оказывает поддержку при проведении семинаров, публикаций, разрабатывает рекомендации и т.д. Административную поддержку осуществляют 10 сотрудников.

Основными задачами Департамента по устойчивому развитию при Аппарате Правительства Чешской республики является координация и кооперация с разными структурами государственного управления: Аппаратом Президента, с Аппаратом Сената Парламента, офисом Палаты Депутатов Парламента, с министерствами и другими структурами государственного управления. Интересный факт заключается в том, что Департамент по устойчивому развитию является членом Ассоциации социальной ответственности, объединяющей более 200 членов и выполняющей функции Офиса Глобального Договора в Чехии.

Для достижения ЦУР при поддержке правительства создана Национальная платформа по ЦУР; разработана система контроля за их достижением, поощряются мероприятия и партнерства, направленные на повышение информированности общества о новой повестке ООН; каждые два года готовятся Отчеты по ЦУР, которые рассматриваются Премьер-Министром, Правительством, Парламентом.

С целью внедрения принципов КСО в практику работы государственных органов, в частности в сфере закупок, в 2015 году в Чехии была одобрена Стратегия государственных закупок. Как следствие, в 2016 году стартовал проект «Продвижение и развитие социально ответственных государственных закупок», национальным исполнителем которого стало Министерство труда и социальных дел. Основная цель проекта – обеспечение наиболее эффективного расходования государственных ресурсов с учетом решения социальных задач, таких как занятость, социальная инклюзия, сокращения воздействие на окружающую среду. Основными принципами ответственных закупок являются: ответственное государственное управление; устойчивые затраты; достойные рабочие места; справедливая конкуренция и отношения с поставщиками; экологически чистые решения. Например, при тендере на уборку помещений в здании Министерства труда и социальных дел были заявлены следующие требования: наем людей, которые длительное время не могут найти работу, и экологически ответственный подход при уборке

Поощряя бизнес-сообщество и гражданское общество к социально ответственному поведению и достижению Целей устойчивого развития правительства многих стран разрабатывают национальные повестки по КСО и используют разнообразные инструменты и механизмы стимулирования, от мягких форм регулирования и мотивации до жестко определенных законодательством требований. Начиная с 2014 года в Чехии каждые 4 года принимается Национальный план действий по развитию КСО.

Основные разделы Национального плана по КСО отражают ключевые сферы и приоритетные направления поддержки со стороны государства. Среди них следующие:

1. Продвижение и поддержка концепции КСО
2. Диалог и кооперация среди КСО стейкхолдеров
3. Роль государства в продвижении КСО
4. Распространение и внедрение международных стандартов поведения:
5. Международная кооперация
6. Соблюдение прав человека
7. Социальные предприятия
8. Образование и исследования в области КСО
9. Награждение организаций за КСО
10. Защита потребительских интересов

Государство активно поддерживает информационные кампании, направленные на повышение знаний граждан, бизнеса и некоммерческих организаций в сфере КСО, исследования, публикации, национальный информационный портал, продвигает лучшие практики, организует диалог с бизнесом, работодателями, профсоюзами, бизнес ассоциациями и НКО.

Учитывая активную роль государственных служащих в продвижении КСО, в национальной повестке уделено повышению их информированности в области управления КСО развитием, создания благоприятных правовых условий для активной социальной деятельности бизнеса, поддержке организаций, которые в операционной и инвестиционной деятельности ориентируются на принципы устойчивого развития.

Государство ориентирует местные организации на использование международных стандартов, кооперацию с бизнесами других стран, вовлечение в международные инициативы, среди которых можно назвать такие как: CSR Europe, Enterprise 2020 Manifesto, European Alliance for CSR, UN Global Compact, World Business Council for SD.

Отдельная глава в Национальном плане посвящена соблюдению прав человека, созданию рабочих мест для социально уязвимых слоев населения. Следует отметить, что в стране принят Специальный план действий по бизнесу и правам человека на 2017-2022

Особое место в Национальном плане отведено поддержке развития концепции социального предпринимательства, социальных предприятий и предпринимательских инициатив. В Чехии создана соответствующая экосистема: есть специальное законодательство и программа поддержки, создается соответствующая инфраструктура и реестр социальных предприятий.

Для справки. К социальным предприятиям в Чехии относятся предприятия и организации, создающие рабочие места для инвалидов и социально-уязвимых слоев населения и направляющим не менее 50% прибыли на развитие. Вне зависимости от

формы собственности и организационно-правовой формы социальные предприятия имеют доступ к государственным закупкам.

В кооперации с Ассоциацией социальной ответственности, Сетью Глобального Договора Чехии и при финансовой поддержке государства недавно стартовал конкурс по достижению ЦУР. Победители конкурса определяются на основе голосования общественности.

Чехия пошла по пути требования обязательной подготовки нефинансовой отчетности для компаний, численность персонала которых превышает 500 человек. Соответствующие изменения были внесены в «Закон о бухгалтерском учете».

Одним из важнейших инструментов продвижения КСО является обмен практиками реализации социальных проектов. Чешский бизнес и некоммерческий сектор активно использует ЦУР при формировании стратегии развития КСО в своих организациях, внося тем самым вклад в их достижение.

Например, мобильный оператор «Vodafone», в стратегии устойчивого бизнеса своей организации выделяет такие тематические области, как «Разнообразие и равенство», «Инновации в энергетике», «Развитие и работа для молодежи».

Мобильный оператор T-mobile, свою работу концентрирует в таких сферах, как права человека, условия труда, окружающая среда и противодействие коррупции; разрабатывает социально полезные мобильные приложения, предоставляет грантовую поддержку стартапам, женщинам, безработным; поддерживает некоммерческие организации в сфере продвижения ЦУР.

Розничная сеть Tesco, которая имеет 154 магазина в Чехии, активно работает в сфере поддержки местных инициатив некоммерческого сектора, реализует проекты по борьбе с отходами. В частности, под запретом акция «Купи один, второй получишь бесплатно» с целью мотивации людей к разумному и необходимому потреблению. Особое внимание эта компания уделяет помощи нуждающимся. Ежедневно на безвозмездной основе магазины поставляют свою продукцию в так называемые Банки продуктов-некоммерческие организации, которые формирует продуктовые пакеты для безработных и других категорий, испытывающих нужду. Учитывая высокую социальную значимость таких акций, государство предоставило налоговые льготы. Описанная практика широко используется во многих странах, в том числе в Америке, но у нас она пока не распространена.

В сфере переработки отходов, интересен опыт компании Armor - производителя картриджей. Приходя в страну, она организует пункты приема отслуживших свой срок картриджей, материалы которых полностью идут на вторичную переработку.

#### **Литература**

1. Strategic Framework Czech Republic 2030 (Electronic resource), 1918 -Mode of access: 15623\_Strategic\_Framework\_CZ2030\_Countrys\_NSDS.pdf
2. Development Cooperation Strategy of the Czech Republic 2018–2030, 2018.-Mode of access: CZ\_Development\_Cooperation\_Strategy\_2018\_2030.pdf(mzv.cz)
3. National Action Plan for Business and Human Rights 2017-2022, 2017 - Mode of access:
4. NationalActionPlanCzechRepublic.pdf (ohchr.org)
5. Národní akční plán společenské odpovědnosti podniků v České republice (NAP ČR), 2016 -Mode of access: NAP\_posledni\_sance\_ke\_zmenam.docx (mpo.cz)
6. National Report on the Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Mode of access: 15717Czech\_Republic.pdf (un.org)

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ В МАРКЕТИНГЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Канаш А. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: ershessa@mail.ru*

Каждый человек принимает решение эмоционально, под воздействием множества факторов. Но на любое решение можно повлиять на подсознательном уровне. Зачастую маркетологи с помощью мощных инструментов как бы подталкивают потенциального клиента к покупке и в целом к заинтересованности в какой-либо продукции.

Таких инструментов огромное множество и в совокупности они дают огромный положительный эффект в виде прибыли для организации. Прежде чем определять, какой инструмент стоит использовать, необходимо провести сегментирование и таргетирование. Это сделает дальнейшую работу маркетологов продуктивнее и эффективнее.

Поведение потребителей, как уже было замечено, зависит от существующих на данный момент условий. Так же и пандемия COVID-19 не является исключением. Инфлюенс-маркетинг смещает свои инициативы. Таким образом большее внимание уделяется именно тем продуктам и услугам, которые пользуются наибольшим спросом во время пандемии.

«Рекламодатели, которые обычно работают с инфлюенсерами в рамках проектов по продвижению средств для макияжа и ухода за кожей, перешли на товары для дома, такие как чистящие средства, освежители воздуха и дезинфицирующие средства для рук», – сказала Мэри Кин-Доусон, генеральный директор агентства Takumi. – Они использовали одни и те же факторы влияния, но для активации совершенно разных продуктов». [3]

Современные условия не позволяют многим организациям проводить масштабные маркетинговые кампании. Население потеряло значительную часть дохода, некоторые даже лишились работы. Практически все соблюдают самоизоляцию и в таких условиях спрос на многие товары минимален, растет только спрос на товары первой необходимости. В совокупности это вызывает кризис предприятий, у них нет продаж, а значит нет и прибыли, и денег на рекламу, а также нет особого смысла тратиться на рекламу. Аудитория все равно с высокой вероятностью не будет привлечена, так как во время пандемии предпочтение отдается скорее «выживанию», нежели «роскоши».

Маркетинг все больше переходит на просторы Интернета. «Раньше переход в Digital инициировал CEO или маркетолог, а сейчас – COVID-19» [1].

Интернет-маркетинг позволяет полностью проанализировать деятельность компании в Интернете.

Существует множество сервисов для подсчета посетителей web-страницы, калькуляция проведенного на сайте времени, определение поискового запроса, по которому человек перешел на ваш сайт и многое другое. Это ключевое отличие маркетинга в Интернете от классического маркетинга и это отличие дает огромное преимущество для компаний, особенно в период пандемии. Люди даже не выходя на улицу смогут увидеть ваши старания в продвижении товара или услуги.

У каждой организации должны быть свои «фишки» в маркетинге. Именно что-то инновационное и еще не заезженное имеет отличный механизм продвижения. Не стоит повторять то, что хорошо сработало у кого-то другого и то, что придумали не вы. Garsia Group запустили проект «Мэверики» – видеопроjekt со знаменитостями Минска, где они рассказывали о том, как наперекор всем шли по своему пути и отрывали собственный успешный бизнес [1]. Ранее такого никто не делал и исключительно по этой причине ролики набирали тысячи просмотров в социальных сетях и получали положительные отзывы от тех, кто их просмотрел.

Следует помнить, что для компаний практически нет инструментов продвижения, которые были бы бесплатными, особенно сейчас. SMM требует вложений даже если рекламный текст составляете вы сами. Площадки для размещения ваших предложений далеко не бесплатные, сейчас онлайн-сервисы выживают как могут и берут деньги практически за все. Сейчас часто даже для посетителя страницы просмотреть ее содержимое будет доступным по платной подписке.

Блогеры, социальные сети, видео, баннерная реклама и спецпроекты в интернете будут драйверами маркетингового рынка [1].

Интернет- маркетинг включает в себя:

- Создание ресурсов в сети;
- SEO;
- Электронная коммерция;
- Продвижение товаров и услуг в сети;
- Создание и продвижение брендов;
- PR в Интернете;
- Создание и распространение рекламы на различных площадках интернета, в том числе в социальных сетях и виртуальных мирах;
- Вирусный маркетинг;
- Партизанский маркетинг;
- Прямой маркетинг: e-mail маркетинг, SMS-маркетинг, использование ленты новостей (RSS);
- Монетизация [4].

SEO или поисковая оптимизация – способ продвижения сайтов, включающий комплекс мер по внутренней и внешней оптимизации для поднятия позиций сайта в результатах выдачи поисковых систем по определённым запросам пользователей. SEO расшифровывается как Search Engine Optimization. Данный инструмент оптимизации позволяет анализировать алгоритмы ранжирования систем поиска, выявление ключевых факторов ранжирования, анализировать текущий спрос и многое другое.

Рейтинг белорусских SEO-компаний – это ежегодный проект ресурса «Рейтинг Байнета», в результате которого определяются крупнейшие игроки белорусского рынка поискового маркетинга по ряду ключевых параметров.

С 2018 года составляются рейтинги с учетом специализации агентств в 5 номинациях: интернет-магазины, автомобили, строительство, мебель, услуги для бизнеса. В 2019 году в ТОП-5 вошли следующие белорусские компании: Seologic, Clickmedia, CROPAS, Allwrite и SEOExpert. Итоги Рейтинга позволяют SEO-

компаниям-участникам привлекать новых клиентов, оценивать конкурентное окружение и развивать свой бизнес [6].

К механизмам интернет-маркетинга относят вирусный маркетинг. Это метод популяризации рекламной информации, подразумевающий, что главными распространителями контента будут его получатели. Существует несколько видов распространения рекламы таким способом: видео, одиночные фотографии, коллажи, аудиомаркетинг, небольшие тексты, игры, флэш-мобы, креативные акции и т.п. [5].

Партизанский маркетинг включает различные действия анонимного характера в пользу компании заказчика.

Все перечисленные подходы используются для маркетинга в интернете, но для каждого вида продукции и для каждой компании они могут сработать по-разному. В условиях пандемии происходит ускоренная и вынужденная цифровизация экономики. Внедрение новых подходов в маркетинге и инноваций в производственные процессы позволяет предприятиям сохранить свои позиции на рынке, а также укрепить их.

Все инструменты, использовавшиеся ранее в интернет-маркетинге, используются и сейчас, но в больших масштабах, так как появилась необходимость перенести основное функционирование компаний в режим онлайн. Т.е., компании, которые не проводили рекламу в Интернете переходят в цифровой формат. Это не означает, что реклама становится хуже или упрощается работа маркетолога. Наоборот, маркетинг в Интернете в современном мире дает результаты намного быстрее и заметнее. Важно сохранить все привычные процессы, но перенести их в онлайн.

Множество преимуществ проявляется в режиме дистанционной работы и пандемии: развитие в новых современных направлениях, модернизация и реинжиниринг многих процессов бизнеса. Компании учатся проводить онлайн-воркшопы с клиентами, а менеджеры развивают свои управленческие качества в условиях дистанционной работы [2].

После такого опыта многие компании будут намного лояльнее и с большей долей доверия относиться к работе из дома. Современные тенденции помогают существенно экономить время, не нужно тратить время, чтобы добраться до места работы. Конечно, социальное взаимодействие в компании теряется, но цифровое взаимодействие с коллегами по электронной почте, Slack или Zoom помогает заменить некоторые из этих социальных аспектов для удаленных работников. Это отличная возможность для компаний, чтобы помочь обеспечить более высокий уровень взаимодействия со своей аудиторией, придумывая инновационные способы использования социального взаимодействия в рамках своих маркетинговых программ. Нетрудно заметить, что с ростом электронной коммерции потребители стали все более комфортно принимать решения о покупке полностью онлайн. В условиях пандемии даже была введена бесконтактная доставка для большей безопасности. Таким образом на данный момент происходят основные взаимодействия внутри сектора B2C. Влияние пандемии стало двигателем прогресса инновационного процесса, а также развития технологий маркетинга.

### Литература

1. Bel.biz Бизнес, стартапы, технологии [Электронный ресурс] / Сегодня все считают себя экспертами в маркетинге. И это главная ошибка». Head of Digital в TDI Group о важности маркетинга в кризисные времена. – 2020. – Режим доступа: <https://bel.biz/trends/head-of-digital-v-tdi-group-o-vazhnosti-marketinga-v-krizisnye-vremena/>. – Дата доступа



2. Cossa.ru – маркетинг в социальных медиа, digital-маркетинг, интегрированные маркетинговые коммуникации [Электронный ресурс] / Шведский подход к пандемии: интервью с основателем Deasign. – 2020. – Режим доступа: <https://www.cossa.ru/trends/263643/>. – Дата доступа:
3. vc.ru – бизнес, технологии, идеи, модели роста, стартапы [Электронный ресурс] / Эффективное продвижение в условиях COVID-19: новые возможности для развития. – 2020. – Режим доступа: <https://vc.ru/marketing/126584-effektivnoe-prodvizhenie-v-usloviyah-covid-19-novye-vozmozhnosti-dlya-razvitiya>. – Дата доступа
4. Маркетинг в социальных медиа. Интернет-маркетинговые коммуникации: Учебное пособие / Под ред. Л.А. Данченко. – СПб.: Питер, 2013. – 288 с.: ил.
5. Популярный сервис Email рассылки UniSender: рассылочный сервис с бесплатными шаблонами [Электронный ресурс] / Что такое вирусный маркетинг | Unisender. – Режим доступа: <https://www.unisender.com/ru/support/about/glossary/cto-takoe-virusnyu-marketing/>. – Дата доступа:
6. Рейтинг Байнета | Интернет агентства Беларуси [Электронный ресурс] / Топ рейтинг лучших SEO компаний Беларуси | Оптимизация и продвижение сайтов 2019. – 2018. – Режим доступа: <https://www.ratingbynet.by/ratings/seo/2019/>. – Дата доступа
7. Forbes [Electronic resource] / Working From Home's Impact On Marketing Strategy And Messaging – Режим доступа: <https://www.forbes.com/sites/forbescommunicationscouncil/2020/05/27/working-from-homes-impact-on-marketing-strategy-and-messaging/?sh=29d86df8a897>. – Дата доступа:

## ОЦЕНКА РЫНКА КРИПТОВАЛЮТ В СИТУАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

Кваша Д. Ю.<sup>1)</sup>, Никитенко П. Г.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kvasha\_dyu@bsu.by, kvasha\_dyu@mail.ru,

<sup>2)</sup>НАН Беларуси, e-mail: nikitenkopetr2@mail.ru

В сложившейся ситуации экономической нестабильности одной из главных экономических проблем является диспропорциональность экономики, которая в определенной степени только усиливает информационный хаос, всегда приводящий к сложности.

Новое состояние экономической системы крайне неоднозначно, так же, как и характер ее новой организации, т. е. после бифуркации может появиться множество новых структур. Эта особенность пороговых (бифуркационных или катастрофических) механизмов играет особую роль в развитии всей реальной действительности [1] и определении – станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более дифференцированный и более высокий уровень упорядоченности согласно теории самоорганизации. Экономическая система до кризисной ситуации развивалась по экспоненте в условиях цифровой глобализации. Каждый цикл развития экономики не конечен и продолжительность этих циклов перераспределения ресурсов определяют внешние и внутренние, прогнозируемые и непредвиденные факторы, постоянно воздействующие на развитие экономики. Такие интервалы спадов и роста периодичны и неизбежны в мировой экономике [2].

Всемирным банком темпы экономического роста проанализированы и оценены в 2020 году ниспадающими, требующими рецессии с учетом пандемии [3]. Данный кризис с момента организации Группы Всемирного банка в 1947 является самым глубоким в мировой экономике за многие десятилетия. При этом, прогнозируется сжатие экономической активности в 2021 году с учетом мер, принятых с целью замедлить распространение вируса и возможности избежать более неблагоприятных глобальных последствий.

Анализ рынка криптовалют позволяет выявить краткосрочные состояния валютных пар (конкретная криптовалюта соотносится к той или иной централизованной, фискальной валюте, в основном, доллару США/USD (далее – USD) и/или евро – EUR)), скользящих средних значений для определения признаков расхождения, краткосрочных критических периодов в развитии рынка, построения кривой темпа и скорости изменения курсов элементов, временных трендов и др., что необходимо для проектирования информационных, прогностических, дескриптивных и адаптивно-имитационных моделей, при соблюдении общих принципов интерпретации [4]; позволяет предположить, предвидеть возможные колебания курсов, кризисы, спады трендов в среднесрочной перспективе (от месяца до полугода) и в долгосрочной перспективе (от полугода до года, от года до 3 лет и т.д.).

В настоящее время существует более 100 криптовалют [2]. Периодически первая десятка наиболее активно развивающихся, с достаточно высокими показателями капитализации, т.е. приобретающими стоимость всех единиц отдельной криптовалюты, находящихся в обращении, по стоимости криптовалюты, по степени

своей анонимности и ряду других характеристик – изменяется, но некоторые из них не покидают своих позиций, например, такие как [6]:

- 1) Биткоин/Bitcoin/BTC (далее – BTC) – криптовалюта–первооткрыватель, которая лидирует по всем указанным показателям. Курс BTC по отношению к доллару в 2017 году вырос до рекордной отметки – 20000\$.
- 2) Эфириум/Ethereum/ETH (далее – ETH) – система, которая предлагает дополнительные функции, кроме совершения платежных операции и регистрация сделок с любыми активами (на базе контрактов вида блокчейн).
- 3) Лайткоин/ Litecoin/LTC (далее – LTC) – система, основанная на разработках BTC, но с некоторыми улучшениями – более высокая степень анонимности и скорость совершения операций.
- 4) Биткоин кэш/Bitcoincash/BCH (далее – BCH) – криптовалюта, возникшая 1 августа 2017 года как ответвление от BTC. Главное отличие от BTC – больший объем блока (8 Мб вместо 1 Мб), что благоприятно сказывается на скорости операций.

На рынке всех криптовалют, как любой динамической системы, отмечается постоянная коррекция [6]. В отношении BTC, исходя из данных последних сделок на мировых виртуальных биржах и обменных сервисах, сильное падение было мало вероятно, предполагалось продолжение повышения цены к концу 2020 году, в отношении LTC – наблюдались тенденции роста и постепенное продвижение во временных периодах. ETH держался условно стабильно, спады цены криптовалюты компенсированы повышением в краткосрочных временных периодах; были отмечены резкий рост цены к концу 2020 г. и укрепление позиции. BCH – несколько снижался в своей ценовой позиции в первом полугодии 2020 года, но по коррекции курс BTC вернулся к росту и в течение нескольких следующих месяцев цена BTC вырастет.

Данные о динамике курсов криптовалют графически отображены гладкими степенными кривыми, характерными для систем, проявляющих упорядоченное критическое поведение. Как видно из рис. 1, при сопоставлении графических моделей криптовалют BTC не изменит свои позиции на крипторынке и будет наблюдаться стабильный рост, у остальных криптовалют отмечаются некоторые спады и скачки с последующим перекрытием курсов. Таким образом, ранг–размерный анализ позволил выявить критические явления, выпадающие из рядов распределения значений отдельных криптовалют, что значительно повышает точность информационных моделей криптовалютных рынков.

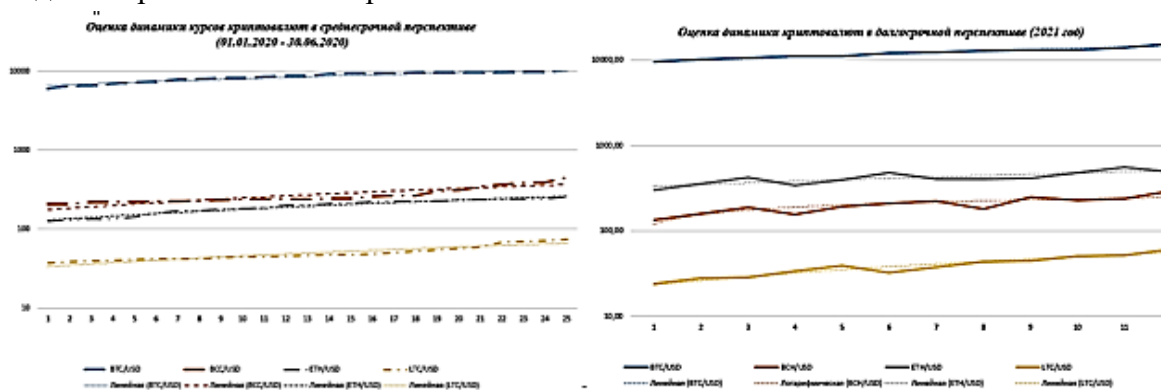


Рис. 1. Результаты сравнения распределения показателей зависимости курсов криптовалют в абсолютном выражении

Выделяя отдельные курсы по временным периодам можно проанализировать и спрогнозировать курсы криптовалют для определения рисков операций. Представленная графически прогностическая модель позволяет получить информацию об адекватно возможных состояниях (значениях) объекта, т.е. отдельной криптовалюты в будущем и (или) путях достижения этих состояний.

Определяя в целом влияние мирового кризиса в экономике, в связи с эпидемиологической ситуацией, на формации рынка криптовалют, учитывая резкий спад ВТС в марте 2020 года оказалось весьма отрицательным [7]. Пауза, выжидание на децентрализованном рынке позволила несколько минимизировать риски в 2020 году и избежать значительного отрицательного воздействия внешних событий на волатильность; первой и лидирующей криптовалютой остается ВТС.

### Литература

1. Академик Никитенко Петр Георгиевич / Национальная академия наук Беларуси, НАН экономики Беларуси; сост. П.Г. Никитенко [и др.]; науч. ред. П.Г. Никитенко, В.Ф. Медведев. – Минск : Право и экономика, 2019. 186 с. (Серия «Ученые Беларуси») – с эл. прил. (CD).
2. Крипто 2020 нововведения. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/channel/UCНор-jpf-huVT11Yw79umPw>. (Дата обращения 23.04.2020).
3. Pandemic, Recession: The Global Economy in Crisis. The World Bank Group. [Электронный ресурс]. <https://www.vsemirnyjbank.org/ru/publication/global-economic-prospects>. (Дата обращения 23.12.2020).
4. Кваша Д. Ю., Колесников А. В., Сиренко С. В. Саморганизованная критичность валютных рынков (при поддержке гранта БРФФИ, проект Г16Р–013) // Управление информационными ресурсами: материалы XIII Международной научно–практической конф., Минск, 9 декабря 2016 г. Мн. : Акад. упр. при Президенте Республики Беларусь, 2016. С. 251–252.
5. Кваша Д. Ю. Особенности и функции валютных рынков в условиях цифровой трансформации. // Подільський науковий вісник. Науки: економіка, педагогіка. 2019. № 4 (12). С 14–18.
6. Банки Беларуси. Кредиты. Вклады. Курсы валют. Курс Биткойна на сегодня. [Электронный ресурс]. URL: <https://myfin.by/crypto-rates/bitcoin-usd>. Myfin.by. (Дата обращения 21.01.2021).
7. Мировой экономический кризис уже на пороге. Объясняем, какие риски он несет для биткойна и майнеров. [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.by/turbo/s/forklog.com/mirovoj-ekonomicheskij-krizis-uzhe-na-poroge-obyasnyаем-kakie-riski-on-neset-dlya-bitkoina-i-majnerov>. (Дата обращения 21.04.2020).

# ТВОРЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ КРЕАТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ МАГИСТРАНТОВ

**Кремень Е. В., Кремень Ю. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kremenev@bsu.by, kremen@bsu.by*

В 2020 году на механико-математическом факультете БГУ в план обучения магистрантов был включен курс «Интернет-маркетинг. Магистратура. 1 курс». Для обеспечения этой дисциплины разработана программа [1], подготовлены учебные материалы [2 - 5] и создан электронный онлайн-ресурс в LSM Moodle [6], в состав которого вошли и творческие задания. Современный образовательный процесс нацелен на развитие у слушателей навыков самостоятельного обучения, в котором учащиеся сами моделируют индивидуальную траекторию обучения.

Определенные сложности при составлении программы были связаны с разным уровнем подготовки магистрантов. Не все они изучали основы Интернет-маркетинга на первой ступени обучения. Поэтому первая часть курса посвящена вопросам традиционного интернет-маркетинга: целям и формам представительства в Интернете, анализу конкурентов и формированию успешной стратегии продвижения, оптимизации и продвижению сайтов, проведению рекламных кампаний, лидогенерации, системам и инструментам веб-аналитики и др. Во второй части курса рассматриваются особенности мольного маркетинга: способы монетизации, таргетирование рекламы, партнерство, маркетинг влияния, способы вывода в ТОПы магазинов, UX/UI оптимизация приложений, ASO, push-уведомления и др. Особенностью курса можно считать его практико-ориентированную направленность. Курс достаточно большой. Он включает 18 часов лекций и 34 лабораторных занятий.

Так как на рынке труда востребованы креативные специалисты, способные порождать необычные идеи, отходить от традиционных схем и оперативно решать новые проблемы, то при разработке практических заданий курса ставилась цель сделать их творческими, чтобы задействовать в них технологии креативного обучения. В каждое задание была добавлена возможность личного выбора.

Задания предусматривают продвижение своих собственных ресурсов. Магистранты сами выбирают направление, которое им хотелось бы продвигать в Интернете. Это может быть сайт реальной компании, их собственной, или их знакомых, мобильное приложение или игра, возможно продвижение сайта компании в которой они работают, или это может быть индивидуальный не коммерческий проект. Так у слушателей появляется личная заинтересованность и повышается интерес к предмету. Приведем примеры таких заданий.

**Задание: «Империя, которую построю я».**

Выберите направление, которое Вы считаете самым интересным и перспективным для себя и которое Вам хотелось бы продвигать в Интернете. Это может быть реальная компания, индивидуальный проект, например продвижение своего курсового проекта с целью создания имиджа разработчика и т. д.

Необходимо проанализировать бизнес-процессы компании, выделить целевые группы для коммуникации, для каждой группы построить схему процесса контакта.

Отметить какие из коммуникаций могут быть перенесены в Интернет. Продумайте

и обоснуйте, что необходимо для реализации этих коммуникаций в Интернете.

Результат представьте в виде таблицы:

№	Целевая группа	Содержание коммуникации	Достижимость целевой группы через Интернет	Реализация коммуникации через Интернет	Какая цель достигается

На основании данных таблицы постройте структуру своего представительства в Интернете. Поясните, почему Вы выбрали для своего представительства именно такую форму. Оцените возможные риски и выгоду от предложенного проекта.

**Задание: «Гадание о добре и зле».** Множество конкурентов не повод для того, чтобы не заниматься интересным делом. Конкуренты - величайшее благо и источник вдохновения. Они необходимы нам, чтобы мы росли и совершенствовались.

Составьте список возможных конкурентов для Вашего проекта. Определите ключевых конкурентов и для основного проанализируйте его представительство в Интернете (сайт, блог, форум, мобильное приложение и т. д.), определите, какому типу целей присутствия в Интернете оно отвечает. Проанализируйте, правильно ли выбран тип цели. Подумайте каковы сильные стороны Ваших конкурентов? В чем они Вас превосходят? Каковы их недостатки и недочеты? В чем они Вам уступают? Какими Вашими качествами они не обладают? Можете ли Вы предложить что-то такое, чего не могут они? Каково Ваше конкурентное преимущество? В какой форме это преимущество может быть отражено в Интернете? По результатам анализа подготовьте план изменений, которые Вы должны внести в свой ресурс в Интернете.

Практика показала, что на момент начала изучения курса не у всех обучаемых уже есть готовые собственные ресурсы, к которым имеется полный доступ. Если у обучаемого еще нет готового ресурса для продвижения и он не готов в короткие сроки создать его сам, то можно взять любой существующий ресурс в интересующей его области и заниматься его продвижением. Даже у тех ресурсов, к которым у слушателя есть доступ, не всегда есть возможность применить свои идеи на практике, т.к. не все его идеи могут быть одобрены руководством. В таких случаях построение своей стратегии продвижения, опираясь на всесторонний анализ уже существующей, тоже вызывает большой интерес у обучаемых.

В большинстве заданий, в которых слушатели на выбранном для продвижения ресурсе составляют план маркетинговых мероприятий по изучаемой теме, предлагается составить такой же план для сайта механико-математического факультета. Например: «Сформулируйте УТП для ММФ и Академии веб-образования при ММФ БГУ», «Опишите целевую аудиторию сайта <http://mmf.bsu.by>, разбейте ее на группы и перечислите их. Для двух групп целевой аудитории составьте типовой портрет» или «Одна из целей сайта <http://www.mmf.bsu.by/> состоит в привлечении абитуриентов на факультет. Могут ли для выполнения этой цели быть задействованы социальные сети? Если да, то укажите, какие. Обоснуйте свой ответ. В какой форме должна вестись работа (группа, сообщество, консультант, реклама и т. д.)? На основе своих выводов подготовьте предложение для деканата ММФ БГУ по тактике работы с абитуриентами в социальных сетях».

Это с одной стороны позволяет слушателям попрактиковаться в продвижении не коммерческого ресурса, а с другой стороны может стать источником вдохновения для веб-программистов, поддерживающих сайт факультета. Такая же стратегия с продвижением своего продукта в Интернете и оценки продвижения и предложений по

продвижению ММФ была задействована в той части заданий, которые относятся к продвижению мобильных приложений и игр.

**Задание: "Продвижение в Google Play и App Store".**

1. В Google Play заголовок включает название и краткое пояснение. Придумайте для вашего приложения/игры не менее двух вариантов названий и пояснений.

2. Подготовить иконки для App Store и Google Play. Проанализировать иконки продуктов конкурентов. Какая самая удачная и почему? Какой элемент лучше всего передает суть продукта и особенности приложения? Можно ли вам его использовать и почему? Есть ли в иконках конкурентов общее в цветовом решении? Стоит ли придерживаться той же цветовой гаммы и вам? Почему?

3. Составьте семантическое ядро для своего приложения/игры. Укажите источники, из которых были взяты слова.

4. Проанализируйте, может ли приложение/игра продвигаться на рынках других стран? На какой еще язык можно локализовать приложение/игру?

5. Составьте план мероприятий для поднятия и удержания рейтинга в App Store и Google Play для вашего приложения/игры.

Есть и примеры заданий, относящихся к продвижению факультета: «Придумайте использование геймофикации в e-mail рассылке ММФ для слушателей Школы юного математика, как потенциальных абитуриентов. Продумайте сюжет игры».

По опыту проведения курса можно сказать, что творческие задания на первых порах вызывают у студентов некоторое замешательство. Но личный интерес помогает преодолеть эти трудности, далее процесс происходит быстрее и не вызывает затруднений. Идеи, высказываемые студентами, бывают очень неожиданными и интересными.

Невозможно стать высококлассным разработчиком, не имея представления о том, как далее будет продвигаться созданный продукт. В магистратуре на ММФ БГУ созданы все условия для формирования полноценных высококачественных специалистов. И наличие курса Интернет-маркетинг и полного его методического обеспечения тому подтверждение.

### **Литература**

1. Интернет-маркетинг. Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности второй ступени высшего образования (магистратуры) 1-31 80 03 Математика и компьютерные науки, профилизации «Веб-программирование и интернет-технологии», «Математическое и программное обеспечение мобильных устройств». № УД-7387/уч. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/235821>.

2. Кремень, Е. В. Digital маркетинг: практикум. В 4 ч. Ч. I. Продвижение мобильных приложений и игр / Е. В. Кремень, Ю. А. Кремень. – Минск: БГУ, 2020. – 64 с.

3. Кремень, Е. В. Digital маркетинг: практикум. В 4 ч. Ч. II. Продвижение в Google Play и App Store. Рассылка / Е. В. Кремень, Ю. А. Кремень. – Минск: БГУ, 2020. – 58 с.

4. Кремень, Е. В. Digital маркетинг: практикум. В 4 ч. Ч. III. Реклама / Е. В. Кремень, Ю. А. Кремень. – Минск: БГУ, 2020. – 52 с.

5. Кремень, Е. В. Digital маркетинг: практикум. В 4 ч. Ч. IV. Дополнительные инструменты продвижения / Е. В. Кремень, Ю. А. Кремень. – Минск: БГУ, 2020. – 51 с.

6. Курс «Интернет-маркетинг. Магистратура. 1 курс» доцента кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета Белорусского государственного университета Кремень Е.В., созданный для магистрантов первого года обучения <https://edummf.bsu.by/course/view.php?id=37>.

# ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАНСФОРМАЦИИ МАРКЕТИНГА

Медведева Л. Ф.

*Академия управления при Президенте Республики Беларусь, Минск, Беларусь,  
e-mail: medvedevaL15@mail.ru*

В настоящее время масштабная цифровая трансформация управленческих процессов становится ведущей тенденцией развития мировой и отечественной модели менеджмента, так как повышение конкурентоспособности организации, формирование долгосрочных конкурентных преимуществ напрямую связано с применением цифровых технологий. Способность эффективно использовать их в процессе управления бизнес-процессами рассматривается как обязательное условие успешной деятельности в конкурентной рыночной среде [1]. Цифровые технологии изменяют ландшафт современного маркетинга, преобразуя бизнес-модели, операционные задачи и клиентский опыт. Специалисты считают, что в ближайшие несколько лет критически важными для маркетинга будут технологии, связанные и зависящие от развития искусственного интеллекта (Artificial intelligence), больших данных (Big Data) и автоматизации. Различные комбинации технологий искусственного интеллекта, больших данных, а также программных платформ и продуктов по автоматизации ключевых процессов и функций маркетинга дают возможность выделить несколько приоритетных направлений трансформации маркетинга [2, 3].

**Клиентский опыт на базе технологий искусственного интеллекта.** AI способен анализировать поведение потребителей и шаблоны поиска, отслеживать данные из социальных сетей и блогов – это помогает маркетологам понять, как клиенты находят продукты и услуги компании, а также взаимодействуют с ними. Благодаря способности быстро и эффективно анализировать большое количество данных, применяются технологии машинного обучения (ML), которые дают возможность установить связи и лучше прогнозировать влияние различных точек контакта или взаимодействий клиента на его пути к полезному действию или покупке (CJM), то есть исследовать и учесть его клиентский опыт.

Дополненная и виртуальная реальность (AR и VR). Дополненная реальность (AR) объединяет цифровую информацию с физической средой в реальном времени, предоставляет уникальные индивидуальные возможности для совершения покупок (например, виртуальные примерки). Эти технологии изменяют и обогащают клиентский опыт.

**Искусственный интеллект и автоматизация в маркетинге (AI и Automation in marketing).** Автоматизация процессов маркетинга «правильно» соединяет людей и технологии, изменяет правила игры в маркетинге и позволяет маркетологам эффективно оптимизировать рабочее время за счет автоматизации задач, которые раньше требовали значительных временных и ручных усилий [4]:



*Алгоритмический маркетинг*: автоматизация маркетинговых процессов на базе алгоритмов, способных анализировать данные, выбирать и реализовывать оптимальные решения в соответствии с поставленной целью.

*Programmatic-реклама*: платформы и алгоритмы искусственного интеллекта, которые автономно принимают решения о показе рекламного сообщения по результатам торгов в режиме реального времени (RTB – аукцион).

*CRM-маркетинг*: модель взаимодействия с клиентами (Customer Relationship Management), которая реализуется путем автоматизации процессов взаимодействия с клиентами на этапах продаж.

**Данные и аналитика в маркетинге (Data and Analytics in marketing)**. Данные и аналитика являются важнейшими составляющими, обеспечивающими принятие решений в маркетинге, основанном на данных – отслеживание метрик и KPI для своевременной корректировки стратегий маркетинга. Связь аналитики больших данных и различных форм AI, включая прогнозную и предписывающую аналитику, поддерживает высокую степень информированности для эффективного взаимодействия с клиентами и принятия решений. Параллельно происходит переход к бизнес-аналитике, то есть, технологиям, приложениям и методам сбора, интеграции, анализа и представления бизнес-информации, используя прикладные программные инструменты Business Intelligence.

**Стратегии видео маркетинга (Video marketing strategies)**. Видео маркетинг фокусируется, главным образом, на увеличении вовлеченности. Видео контент развивается, а его интеграция в маркетинговые стратегии является жизненно важным элементом для привлечения клиентов. Видео изменило потребление контента, оно предоставляет информацию интерактивным и визуальным способом, что делает его эффективным методом информирования и убеждения клиентов. Большинство социальных платформ (Facebook, Instagram, YouTube, LinkedIn) предлагают функционал для этих целей, а AI позволяет отслеживать каналы и контент, управляя взаимодействием с клиентом.

**Многоканальные взаимодействия (Multi-touch attribution)**. Рост популярности многоканальных взаимодействий и развитие омниканального маркетинга предусматривает сочетание и согласование нескольких коммуникационных каналов, используя технологии, точно отслеживающие поведение потребителей (пользователей) на протяжении всего пути к покупке (полезному действию). Главное – это понять, какие точки/каналы взаимодействия приводят к максимальной конверсии.

Новые разработки в области искусственного интеллекта повышают конверсию и ее ценность. *Искусственный интеллект, как коммерческая возможность для компаний и отраслей, в ближайшее время увеличит производительность по всем направлениям маркетинговой деятельности.* Big Data совместно с AI и ML расширят возможности автоматизации маркетинга и его масштабирования, позволят брендам выделяться за счет персонализированных предложений и взаимодействий, создавая конкурентные преимущества. Следует подчеркнуть, что базовой формулой цифровой трансформации является интегрирование IT (информационных технологий) и OT (операционных технологий). Этот факт является ключевым в преобразовании

операционных процессов управления маркетингом. Менеджмент же в целом организации должен рассматривать цифровые технологии и инструменты не как независимые субъекты, а как часть экосистемы организации, которая обеспечивает оптимизацию бизнес-процессов, повышение операционной эффективности и производительности, предоставляя возможность комбинировать новые практики и формирующиеся ценности организации, превращая их в реально измеряемые улучшения по снижению затрат за счет экономии времени и ресурсов; сокращению сроков реагирования на изменение спроса на рынке за счет модификации продуктов/услуг с учетом гибких технологий; принятию управленческих решений за счет сквозного анализа данных (Big Data); повышения мобильности управления за счет внутренней интеграции подразделений и использования программных решений по бизнес-анализу и веб-аналитике с элементами прогнозирования; формированию конкурентных преимуществ организации за счет быстрого создания новых продуктов (например, MVP) под новые рыночные запросы, то есть раннего распознавания потребности рынка за счет изучения клиентского опыта. Именно такой подход характеризует цифровую трансформацию, которая базируется на организационных, операционных изменениях и интеграции цифровых технологий, процессов и компетенций на всех уровнях управления маркетингом организации.

#### **Литература**

1. Архипова Л. И., Медведева Л. Ф. От цифровой трансформации к цифровому бизнесу: проблемы управления / Архипова Л. И., Медведева Л. Ф. // Научные труды Республиканского института высшей школы, вып. 19, 2020. – Мн.: РИВШ, 2020. – с. 335-343
2. 42 Digital Marketing Trends You Can't Ignore in 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.singlegrain.com/digital-marketing/digital-marketing-trends-2021/>. – Дата доступа: 25.02.2021.
3. Five technology + trends changing digital marketing in 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.clickz.com/five-technology-trends-changing-digital-marketing-in-2020/260448/>. – Дата доступа: 2.03.2021.
4. Архипова Л.И. Agile-маркетинг в цифровом БИЗНЕСЕ // Актуальные проблемы современных экономических систем – 2020: сборник научных статей Международной научно-практической конференции; Брест, 27 ноября 2020 г. / БрГТУ; редкол.: А. Г. Проровский [и др.]. – Брест: БрГТУ, 2020. – С. 7-11.

# ЭКОСИСТЕМА ТИПОВЫХ ВЕБ-ПЛАТФОРМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ И НЕДВИЖИМОСТЬЮ

Шавров С. А.

*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: shavrov@ipps.by*

**Введение.** Переход к цифровой экономике основывается на комплексе стратегий. Среди них стратегия создания Национальных сервисов бизнес-процессов, стратегия построения Национальных инфраструктур данных, Национальных или типовых региональных ИТ-платформ [1]. Цель доклада – рассмотреть степень и потенциал реализации данных стратегий в определенной экосистеме Беларуси: «Управление земельными ресурсами и недвижимой собственностью».

**Основная часть.** Рассмотрим далее три проблемы: 1) какие Веб-платформы и какие электронные сервисы (далее – сервисы) уже предоставляются процессам управления экосистемы; 2) какие проекты по развитию сервисов намечены в Беларуси до 2025 года; 3) какие проекты пока отсутствуют, но целесообразны.

*Часть 1. Анализ текущего состояния сервисов и платформ в поддержку бизнес-процессов экосистемы.* Примером удачного проекта является Веб-платформа «Моя Республика» ([www.115.бел](http://www.115.бел)). Изначально она была создана Мингорисполкомом для одного региона (г. Минск), но в течении 1,5 лет с момента приемки в постоянную эксплуатацию превратилась в Национальную платформу сервисов всем городам страны. Еще один образец удачного стартап-проекта – платформа «Точное земледелие» Белорусской компании OneSoil ([www.onesoil.ai](http://www.onesoil.ai)), В 2020 году рейтинг компании и платформы стал среди наивысших в мире.

Мировая практика такова, что основные сервисы бизнес-процессам в рассматриваемой экосистеме оказываются Едиными геопространственными платформами с использованием Национальной инфраструктуры пространственных данных (НИПД). Концепция НИПД появилась в 2006 году в Европейском Союзе, отразилась в Национальных законах большинства стран мира, включая страны СНГ (РФ, Молдова, Грузия, Казахстан и др.). В Республике Беларусь понятия НИПД в законодательстве пока нет, а сервисы с использованием пространственных данных оказываются с множества различных платформ. Например, только в системе Госкомимущества Республики Беларусь имеется около десятка таких платформ (платформа государственного картографо-геодезического фонда Республики Беларусь, «Навигационная карта Республики Беларусь», геопортал земельно-информационной систем Республики Беларусь ([www.gismap.by](http://www.gismap.by)), платформа регистра стоимости ([www.vl.nca.by](http://www.vl.nca.by)), публичной кадастровой карты ([www.map.nca.by](http://www.map.nca.by)) и др. Отсутствие Единой платформы имеет множество недостатков. Например, невозможно совместить пространственные данные из различных источников различных ведомств. Данные из различных источников часто противоречат друг другу, поскольку были собраны в различное время и с различной неизвестной пользователю точностью. Данные нередко несовместимы между собой поскольку собраны и хранятся в различных форматах. На национальном уровне отсутствуют метаданные, то есть данные о данных.

Сервисы в поддержку бизнес-процессов транзакции недвижимости, ее аренды, доступны с множества несвязанных между собой платформ риэлтерских компаний (например, [www.t-s.by](http://www.t-s.by), [www.pakodan.by](http://www.pakodan.by) и др.), и с региональных платформ ([www.realt.by](http://www.realt.by)).

Сервисы в поддержку управления совместными домовладениями сосредоточены по множеству отдельных порталов совместных домовладений (например, [www.rm41.ucoz.net](http://www.rm41.ucoz.net) товарищества «Серебряные паруса»). Все эти порталы носят информационный характер и сервисов в поддержку основных бизнес-процессов не реализуют.

Сервисы автоматической оценки недвижимости, которые уже в ряде стран имеют юридическую значимость (например, Украина), в Беларуси оказываются платформами нескольких риэлтерских организаций с использованием исключительно собственных данных, что делает оценку весьма приблизительной (например, [www.t-s.by](http://www.t-s.by)).

Около 30 сервисов электронного правительства с единой платформы электронных услуг ([www.portal.gov.by](http://www.portal.gov.by)) оказываются путем выдачи данных по запросам из Единого государственного регистра недвижимого имущества. Ни одним из них электронные документы не предоставляются, что существенно ограничивает их применимость.

*Часть 2. Планируемое развитие.* Государственной программой «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы развитие рассматриваемой экосистемы регулируется подпрограммой «Региональное цифровое развитие» [2].

В рамках этой подпрограммы запланировано создание и развитие типовых сервисов на базе региональных государственных типовых цифровых платформ «Умный город (регион)». Состав сервисов не определен, но обозначено, что они будут обеспечивать бизнес-процессы в таких сферах, как жилищно-коммунальное хозяйство, учет и распоряжение недвижимым имуществом, строительство и территориальное планирование, управление объектами городской и транспортной инфраструктуры, объектами здравоохранения, образования, экологического мониторинга, участия граждан в управлении городом.

Предполагается также шаг к сервисам, основанным на пространственных данных. Для этого в период 2022–2025 годы намечено создание Национального геопортала. Он должен обеспечить применение на практике технологий информационного моделирования зданий BIM и городских пространств путем создания «3D-цифровых двойников» городов, что положит основу реинжиниринга бизнес-процессов моделирования развития городской территории и управления различными сферами жизни города.

Государственной программой «Земельно-имущественные отношения, геодезическая и картографическая деятельность на 2021–2025 годы» предусматривается развитие сервисов в обеспечение надзора за использованием и охраной земель по данным дистанционного зондирования земли, перевод сервисов исполнения административных процедур государственной регистрации недвижимой собственности в электронный вид [3].

Перечисленные меры развития экосистемы не закрывают в полной мере возможности развития ее сервисов.

*Часть 3. Рекомендации по дальнейшему развитию e-сервисов, национальных или типовых региональных платформ экосистемы управления.* Укажем на несколько следующих перспективных e-сервисов:

– сервис «Цифровая мгновенная ипотека». Должен обеспечивать т.н. «мгновенную ипотеку». За один клик – обращение пользователя ко всем банкам страны и принятие ими решения о предоставлении ипотечного кредита от 15 минут;

– сервис «Токенизация расчетов». Токенизация – технология, позволяющая обезопасить электронные платежи при помощи системы шифрования данных. Токенизация позволяет осуществлять платежи не разглашая данные карты/счёта пользователя. Информация о карте заменяется уникальными цифровыми идентификаторами – токенами. Сервис призван предоставить возможность выполнения расчетов, в том числе с зарубежными субъектами, в цифровой валюте;

– сервис «Умный контракт». Умные контракты в распределенной сети блокчейн считаются путем к революционным услугам совершения сделок с недвижимостью, когда одновременно с переводом умным контрактом платежей от продавца к покупателю осуществляется регистрация перехода права, если только контракт подписан электронными подписями, сохранен в P2P-сети и должным образом удостоверен;

– сервисы «Управление совместным домовладением». Комплекс сервисов должен реализовывать на единой платформе все бизнес-процессы управления совместными домовладениями по единым для всей страны регламентам. Для этого сервисы должны предоставляться с единой для всех товариществ платформы;

– сервис автоматической оценки недвижимости. Такой сервис становится возможным благодаря большим данным, но пока в Беларуси недоступен и не разрешен нормативными актами. В то же время международный стандарт модели автоматической оценки AVM [4] обозначает случаи ее применения в интересах кредиторов недвижимости, профессионалов в сфере недвижимости, государства, населения, налогообложения;

– сервис краудфандинга в обеспечение проектов девелопмента земельных ресурсов. Позволяет волонтерам коллективно финансировать проекты в альтернативу кредитам и займам. Прототип соответствующей платформы в Беларуси есть ([www.ulej.by](http://www.ulej.by)), но не предусматривает проекты, связанные с земельным девелопментом/редевелопментом;

– сервис «Разрешение имущественных споров». Позволяет разрешать имущественные споры субъектов гражданского права с участием профессионалов (геодезисты, землеустроители, регистраторы, медиаторы, нотариусы и др.);

– сервис «Электронные административные процедуры в строительстве, жилье и регистрации недвижимой собственности». Данный сервис дает возможность сократить в определенных случаях время оказания административной процедуры, например, по регистрации прав на недвижимость с нескольких дней до нескольких секунд за счет использования больших данных и искусственного интеллекта. Приведенный выше перечень может быть продолжен для 20-30 сервисов.

**Заключение.** Для реализации сервисов реинжиниринга деловых процессов экосистемы рекомендуется воспользоваться рекомендациями Оксфордского университета [4], которыми предложен следующий состав Национальных или типовых региональных ИТ-платформ.

**Платформы класса «Умная недвижимость» (Smart Real Estate).** Цель – сервисы содержания и мониторинга зданий.

**Платформы класса «Финансовые технологии недвижимости» (Real Estate Fintech).** Цель – сервисы процессам транзакций прав на недвижимость.

**Платформы класса «Экономика разделения» (The Shared Economy).** Цель – сервисы эффективного пользования недвижимой собственностью.

**Платформы класса «Строительство» (ConTech).** Цель – сервисы управления строительством по данным информационной модели зданий BIM

#### **Литература**

1. Шавров, С.А. Земельное администрирование и управление территориями в цифровой экономике / С.А. Шавров. – Минск: «Медисонт», 2019. – 294 с.

2. О Государственной программе «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь, 2 февраля 2021 г. № 66 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 05.02.2021, 5/48755.

3. О Государственной программе «Земельно-имущественные отношения, геодезическая и картографическая деятельность» на 2021–2025 годы. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь, 29 января 2021 г. № 55 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 10.02.2021, 5/48771.

4. PropTech 2020: The Future of Real Estate [Electronic resource] University of Oxford Research, 2020, – Mode of access: <https://www.sbs.ox.ac.uk/sites/default/files/2020-02/proptech2020.pdf>. – Date of access: 20.01.2021.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙНА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ КОММУНИКАЦИИ

Шкор О. Н.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Минск, Беларусь, e-mail: sv-olga@tut.by*

Рынок цифровых коммуникаций развивается высокими темпами: объем информации, которую необходимо распространять удваивается каждые полгода. Обилие контента вынуждает всех нас быстро делать выбор. И поколению Z удастся это делать всего за 9 секунд. В Западной Европе в настоящее время от 40 до 80% рекламной информации распространяется через цифровые каналы коммуникации.[1].

Не отстают от них и страны Азии, Россия, Беларусь. Особое внимание в этой связи стоит уделить интерактивным коммуникациям. Они позволяют ускорить процесс взаимодействия с потребителем. Основное отличие между традиционными и интерактивными каналами заключается в возможности осуществлять двустороннюю коммуникацию посредством цифровых технологий. А если компании удастся наладить диалог с потребителем и создать эмоциональную связь, ей будет намного легче сотрудничать с ним долгое время.

Кроме того, интерактивные каналы все еще остаются более дешевым по сравнению с традиционными медиа способом коммуникации. Не секрет, что стоимость одного контакта посредством электронной почты значительно ниже стоимости контакта при помощи прямой почтовой рассылки. В этой связи свое место в медиaprостранстве занял маркетинг влияния (Influence Marketing). Это достаточно современная форма воздействия на потребителя с помощью оригинальных средств в сети Internet.

Многие компании в настоящее время добровольно отдают часть своих полномочий потребителю. Они проводят опросы, изучая общественное мнение о новом продукте еще до его появления на рынке, и часто инновационные решения являются инициативой самих потребителей.

Общение с потребителем становится более непринужденным, эффективным, способствуют установлению более крепких связей между компаниями и их клиентами. Экосистему рынка Influence Marketing формируют продюсерские компании, специализированные агентства, биржи блогеров. Блоги предоставляют всем любителям общения возможность выразить свое мнение или поделиться своими знаниями с другими. Большей частью общение происходит один на один, поэтому для компании это не лучший способ распространить информацию о своей продукции или завязать диалог с потребителями.

Это один из лучших способов установить связь со своими потребителями и получить информацию о том, чего они ожидают от компании. Кроме того, это очень эффективный способ управления информационным потоком. В Беларуси есть условия для развития этих каналов коммуникации, особенно в больших городах, где имеются Интернет с хорошим покрытием, а также молодая, активная и высокообразованная целевая аудитория. И здесь очень важна честность и прозрачность диалога.

Вот именно здесь может пригодиться технология блокчейна, которая позволяет создать прозрачные программы лояльности для потребителей. Продавцы создают свою фирменную валюту, которой клиенты будут пользоваться для получения каких-либо бонусов или вознаграждений. Блокчейн позволил бы нескольким брендам использовать одну и ту же валюту для своих программ лояльности, а вознаграждения

от одного бренда могли бы переводиться на другие, использующие ту же валюту. Это будет определенной добавочной стоимостью для клиента, и повлечет за собой увеличение вовлеченности и удержание клиентов [2]. Персонализация и хорошая база данных – залог успеха онлайн-CRM, использование информации из баз данных и персонализация позволяют обращаться к потребителю тогда, когда он хочет этого и заинтересован в получении информации.

Разумеется, с созданием программы лояльности на основе технологии блокчейна, связаны большие затраты, необходима адаптация инфраструктуры и создание новых пользовательских приложений для использования блокчейна. Однако это не причина отказа от использования данной технологии. Компаниям следует внедрять инновационные решения, чтобы улучшить качество взаимодействия с целевой аудиторией. В конечном итоге использование блокчейна даст положительные результаты.

Технология блокчейна обеспечивает необходимое регулирование транзакций между брендами и влиятельными лидерами мнений, обеспечивая обе стороны прозрачностью и безопасностью. Это также помогает в аутентификации пользователей и вовлеченности, которую маркетологи получают от этих транзакций, что позволяет маркетологам различить реальных пользователей от ботов. Благодаря блокчейну, лидеры мнений получают безопасный способ произвести оплату за помощь компаниям в их усилиях по маркетингу в социальных сетях, а компании в свою очередь получают возможность более эффективно сотрудничать с лидерами мнений. Тут же возможно есть и первый бонус для самих пользователей – отсутствие долгой и муторной регистрации. Если разные ритейлеры научатся без лишних действий со стороны пользователя привязываться к его криптовалютному кошельку и просто отправлять туда кэшбек. Как это примерно сейчас происходит с банковскими картами.

По мнению специалистов рынок цифровых коммуникаций достигнет зрелости года через два, когда любое коммуникационное устройство будет предоставлять возможности интерактива или доступа во Всемирную сеть. Цифровые каналы перейдут в разряд традиционных способов общения. Кроме этого они будут эволюционировать и постепенно произойдет их слияние с цифровыми устройствами и традиционными медиа.

К тому же цифровые каналы коммуникации – один из наиболее мощных и доступных для использования инструментов эмоционального брендинга. Лидеры мнений сталкиваются с проблемами в создании контента для своей аудитории и взаимодействии со своими поклонниками из-за недостатка времени и технических ограничений. С помощью децентрализованных приложений (DApps), лидеры мнений могут улучшить возможности взаимодействия и укрепить отношения со своей аудиторией в социальных сетях [3]. Кроме того, такие приложения могут помочь улучшить как взаимодействие с данными, так и платежи в блокчейне с текущими данными социальной сети.

### **Литература**

1. Сичко Т.Н., Цифровые коммуникации теснят традиционные медиа [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://new-marketing.ru/issues/2007/7/32/>. – Дата доступа: 15.03.2021.
2. Как блокчейн влияет на маркетинг [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://letknow.news/publications/kak-blokcheyn-vliyaet-na-marketing-31567.html> – Дата доступа: 15.03.2021.
3. Тулянкина, С.Н. Как сделать публикации в СМИ, и что это дает вашему бренду [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://news.pressfeed.ru/kak-delat-publikacii-v-smi/>. – Дата доступа: 15.03.2021.



**СЕКЦИЯ 8.  
ОТКРЫТЫЕ ДАННЫЕ И РЕПОЗИТОРИИ  
ОТКРЫТОГО ДОСТУПА**

# СОЗДАНИЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ

**Атьман В. В., Ковалевич И. А.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: vlad.atsman@gmail.com, kovalevich\_ia\_18@mf.grsu.by*

Совершенствование логистики автомобильных перевозок в международном сообщении существенно повышает эффективность транспортных услуг и позволяет предприятию снизить затраты. Работа большинства компаний любого размера и всех отраслей немыслима без взаимодействия с логистическими компаниями.

В предлагаемом приложении перевозчики могут получать персонально подобранные рекомендации грузов и узнавать о вариантах следующих заказов. Все выплаты осуществляются быстро и без комиссий. В веб-приложении есть множество функций, которые помогут фильтровать и искать грузы. Можно искать по типу прицепа, местоположению, дате получения и продолжительности перевозки. Также можно сортировать грузы по грузоподъемности, расценкам за милю, цене и весу в зависимости от предпочтений перевозчика. Подробная информация обо всех будущих, настоящих и прошлых грузках находится прямо на платформе. Серверная часть приложения реализована с помощью языка Java. Java представляет собой высокоуровневый объектно-ориентированный язык программирования и платформу вычислений. Платформа Java EE предназначена для помощи разработчикам в создании крупномасштабных, многоуровневых, масштабируемых, надежных и безопасных сетевых приложений. Сокращенное название таких приложений – «корпоративные приложения», предназначенные для решения проблем, с которыми сталкиваются крупные предприятия. Однако корпоративные приложения полезны не только для крупных корпораций, агентств и правительств. Преимущества корпоративного приложения полезны и даже важны для индивидуальных разработчиков и небольших организаций во все более сетевом мире.

В ходе выполнения задачи был разработан дизайн интерфейса, структура серверной и клиентской части приложения, определена логика веб-приложения между сервером и клиентом, разработана база данных. Разработка данного веб-приложения базируется на таких технологиях как Spring Boot Framework, Bootstrap. Для разработки графического интерфейса использовался Bootstrap, HTML, CSS. Для реализации передачи данных между серверной частью приложения и базой данных используется Spring Data. Для организации уровня доступа к данным и бизнес-логики используется Data JPA, Spring MVC. Построение систем аутентификации и авторизации было осуществлено с использованием Spring Security.

Программным обеспечением на сервере, занимающимся хранением данных и их выдачей в нужный момент, служит база данных. MySQL – самая популярная в мире база данных с открытым исходным кодом [1].

## Литература

1. Документация MySQL [Электронный ресурс]/Корпорация Oracle. – Редвурд Шорс, 2021. – Режим доступа: <https://www.mysql.com/>. – Дата доступа: 25.02.2021.

# **ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДОВ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАЗВИТИИ**

**Атьман В. В., Ковалевич И. А., Рудикова Л. В.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь  
e-mail: vlad.atzman@gmail.com, kovalevich\_ia\_18@mf.grsu.by, rudikowa@gmail.com*

Визуализация городских данных играет важную роль в интерпретации и передаче городских данных. В частности, это помогает поместить анализируемые данные в правильный контекст и обеспечивает обратную связь на этапе анализа. Таким образом, визуализация городских данных оказывает большое влияние на специалистов по обработке данных, политиков и граждан, которые понимают и меняют город. Однако для обработки данных до уровня, который мы можем понять, требуются большие усилия. Простые, хорошо задокументированные наборы данных, предоставляемые коммерческими компаниями, такими как Google, недоступны в городах, а большая часть городских данных еще даже не существует. Даже если данные доступны, их нелегко получить, и в некоторых случаях требуется разработка новых аналитических методов для сбора правильных данных. Важно, чтобы разработчик визуализации данных продумал, как активно вмешиваться в процесс сбора и анализа городских данных.

Программное обеспечение для визуализации данных используется для создания визуальных представления данных, которые могут помочь вам выявить закономерности и различных тенденций. Поскольку все больше и больше компаний начинают использовать Интернет как канал доставки информации, возрастает спрос на инструменты визуализации в Интернете. Таким образом, есть необходимость разработки специального программного обеспечения. JavaScript стал выбранным языком программирования для работы с клиентской частью. Решения тонких клиентов на основе JavaScript удовлетворяют потребности визуализаций данных в сетевой среде.

Разрабатываемая Интернет-система предполагает обработку данных объектов городской среды и предоставление этих данных в наглядном виде пользователю [1-5]. Это позволит взглянуть на города и их районы в обширном масштабе, оценить имеющуюся ситуацию и использовать данную информацию для улучшения благосостояния отдельных городских районов и городов в целом.

Обработанные данные могут быть полезными городским службам в решении таких вопросов, как, например, озеленение территории города или размещения новых жилых комплексов. Информация, полученная системой, также может пригодиться туристам для выявления наиболее подходящих маршрутов для путешествия, абитуриентам при поиске учебных заведений и жителями города для выявления лучших районов для жизни и трудоустройства.

Основными целями формирования индекса качества городской среды являются следующие.

1. Определение текущего состояния городской среды.
2. Постоянный мониторинг развития городской среды.
3. Сопоставление условий жизни в разных городах РБ.

4. Формирование общедоступного механизма по наблюдению за работой органов власти.

5. Вовлечение всех заинтересованных граждан в работу по улучшению городской среды.

Индекс формируется на основе множества индикаторов, которые складываются из нескольких типов городских пространств в соответствии с критериями качества городской среды.

Основными пространствами, с которыми чаще всего сталкиваются жители городов являются: жильё и прилегающие территории (жилые дома, двор жилых домов, парковки возле дома и др.); дорожное пространство (дороги, развязки, эстакады, мосты, тоннели); озелененные территории (все озелененные пространства города); социальная инфраструктура (школы, больницы, университеты, спортивные комплексы); административная инфраструктура (административные объекты, места торговли, остановки общественного транспорта, аэропорты, вокзалы и т.д.); общегородское пространство (все территории города).

Отметим также основные критерии качества городской среды.

1. Безопасность – определяется уровень безопасности городских пространств.

2. Комфортность – доступность городских пространств для разных групп людей, включая людей с ограниченными возможностями.

3. Экология и здоровье – позволяет определить экологическую ситуацию в городе.

4. Разнообразие городской среды – определяется уникальность архитектуры городской среды, узнаваемость города, возможности города для расширения.

5. Современность и актуальность городской среды – позволяет оценить город с точки зрения возможностей для жителей, а также основные направления развития для человека в городе.

6. Эффективность городского управления – оценка работы органов власти.

Для разработки серверной использовался язык программирования Java. Java – это многоплатформенный, объектно-ориентированный и сетевый язык. Это один из наиболее часто используемых языков программирования. Java также используется в качестве вычислительной платформы и считается одним из быстрых, безопасных и надежных языков программирования, которые предпочитает большинство организаций для создания своих проектов.

Хотя Java содержит около пятидесяти ключевых слов, его интерфейс прикладного программирования (API) обширен и богат, есть многочисленные методы, которые можно напрямую использовать в любом коде: Java-API включает в себя методы, которые могут использоваться для любых целей, в том числе, создание сетей, подключение к базам данных, синтаксический анализ XML, обработку ввода-вывода.

### Литература

1. MySQL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MySQL/>. – Дата доступа: [28.03.2020].

2. Hibernate [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Hibernate/>. – Дата доступа: [25.03.2020].

3. Habr [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/435144/>. – Дата доступа: [22.03.2020].

4. Spring Framework [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Spring\\_Framework/](https://ru.wikipedia.org/wiki/Spring_Framework/). – Дата доступа: [28.03.2020].

5. Spring Boot [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.bmstu.wiki/Spring\\_Boot/](https://ru.bmstu.wiki/Spring_Boot/). – Дата доступа: [21.03.2020].

# РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ДАННЫХ В АЛЬГОФЛОРИСТИКЕ

**Бальцевич П. Г., Шевелева О. А., Карпович В. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: polina.baltsevich@gmail.com*

Под биоразнообразием обычно понимается видовое богатство, подразумевая, что все виды имеют право на существование и представляют реальную либо потенциальную ценность для человека [1]. В рамках существующих программ по биоразнообразию сравнительно мало внимания уделяется представителям низших растений, в частности водорослям, играющим многостороннюю роль в функционировании биосферы, что обусловлено, как правило, нехваткой специалистов в области альгологии и трудностями, связанными с изучением этой сферы. Однако без знаний о водорослях невозможно ни полное представление о биоразнообразии, ни глубокое понимание процессов, происходящих в окружающем мире, поскольку в значительной мере они определяются именно этими микроскопическими организмами [2].

Вместе с тем, понимание природных процессов на современном этапе развития науки немислимо без системного анализа данных, накопленных исследователями всего мира. Из этого логично вытекает необходимость свободного обмена научными данными, реализация которого возможна благодаря средствам информационных технологий. Наиболее разработанной из обобщенных систем по биоразнообразию в настоящий момент является GBIF, включающая в себя достаточно обширную коллекцию данных о водорослях [3]. Наиболее разработанной из специализированных альгологических систем является AlgaeBase [4]. Помимо этого, существуют открытые информационные системы, основанные на базе коллекций музеев и университетов, а также узкоспециализированные системы, посвященные отдельным группам водорослей.

Хотя проблемы сохранения генофонда растительного мира в целом и царства низших растений в частности в Беларуси не менее актуальны, чем во всем мире, в настоящий момент не существует какого-либо открытого ресурса, который содержал бы информацию о видовом богатстве водорослей нашей страны. Несмотря на обилие исследований по изучению альгофлоры Беларуси [2], доступ к результатам большинства работ затруднен. В упомянутых ранее международных системах данных по Беларуси крайне мало, либо они отсутствуют вовсе. Предпринимаются попытки по созданию информационных систем, описывающих биоразнообразие нашей страны (например, проект FloraFauna), однако и там не уделяется внимания водорослям [5].

В связи с этим было принято решение о создании информационной системы, объединяющей в себе данные реализованных исследований, а также обладающей инструментарием для регистрации новых данных. Такая система может быть востребована как в учебном процессе при подготовке специалистов, так и в научных исследованиях, в экологическом мониторинге, а также в мониторинге редких, исчезающих и раритетных видов водорослей.

Система состоит из двух частей. Первая часть – база данных видов водорослей, встречающихся в Беларуси. За основу взят “Таксономический каталог” Т.М. Михеевой [6], современное систематическое положение таксонов приводится в соответствии с базой данных AlgaeBase. В качестве хранилища данных используется облачный сервис MongoDB Atlas [7], а для хранения медиа-контента используется Firebase Cloud Storage [8]. На данный момент в базу внесено свыше 1400 видов из 134 семейств.

Другой способ пополнения базы – внесение актуальных данных, получаемых в ходе текущих исследований и регистрируемых при помощи второй части системы. Эта часть представляет собой веб-приложение, реализованное при помощи библиотеки ReactJS [9], а также сторонних open-source библиотек, в частности, Leaflet для работы с картами [10]. Необходимые функции приложения выявлялись прямо в процессе исследования, посвященного изучению фитоперифитона, формирующегося на искусственных субстратах на примере р.Свислочь [11].

В системе предусмотрена возможность создания отдельных проектов и обеспечение многопользовательского доступа к ним для совместной работы над исследованием. На первом этапе закладки образцов и сбора материала в приложении указываются координаты точек, что позволяет впоследствии привязывать данные полученных проб к этим конкретным точкам. Помимо координат, прямо на месте можно фиксировать другие данные, например температуру воды, глубину, тип субстрата и т.д. На следующем этапе при помощи приложения составляется список найденных в пробах видов, а база данных дополняется видами водорослей, которые не были внесены ранее. Информация о самих видах, в свою очередь, дополняется новыми точками находок и сведениями о физико-химических свойствах пробы. Для определения видов и работы с цифровой камерой в исследовании было использовано уже готовое программное обеспечение TourView, проектируется возможность импорта получаемых с его помощью измерений и микрофотографий непосредственно в базу данных, во-первых, для удобного и структурированного хранения всей относящейся к исследованиям информации, во-вторых, для потенциальной обработки и распознавания изображений.

На данный момент система требует дальнейшего тестирования и доработки функционала, необходимого для универсального использования системы в различных типах альгологических исследований, после чего планируется ее широкое внедрение в учебный и рабочий процесс.

### Литература

1. Залепухин, В.В. Теоретические аспекты биоразнообразия: учеб. пособие / В.В. Залепухин. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2003. – 192 с.
2. Михеева, Т.М. Альгофлора беларуси: разнообразие, продукционные возможности, значимость в экосистемах, изменения в процессе эволюции / Т.М. Михеева // Вест. Бел. гос. ун-та. Сер. 2. – 2010. – №2. – С. 36–47.
3. Global Biodiversity Information Facility [Electronic resource]. – Copenhagen, 1999. – Mode of access: <https://www.gbif.org/> – Date of access: 1.04.2021.
4. Guiry, M.D. AlgaeBase: An On-line Resource for Algae / M.D. Guiry // Cryptogamie Algologie. – 2014. – №35. – P.105–115.
5. Биоразнообразие Беларуси [Электронный ресурс]. – Минск, 2012. – Режим доступа: <http://florafauna.by/> – Дата доступа: 10.04.2021.
6. Михеева Т. М. Альгофлора Беларуси. Таксономический каталог. – Минск: БГУ, 1999. – С. 396.
7. MongoDB Atlas [Electronic resource]. – New York, 2007. – Mode of access: <https://www.mongodb.com/> – Date of access: 10.04.2021.
8. Firebase [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <https://firebase.google.com/> – Date of access: 10.04.2021.
9. React – A JavaScript library for building user interfaces [Electronic resource]. – 2013. – Mode of access: <https://reactjs.org/> – Date of access: 10.04.2021.
10. Leaflet – A JavaScript library for interactive maps. [Electronic resource]. – 2011. – Mode of access: <https://leafletjs.com/> – Date of access: 10.04.2021.
11. Актуальные проблемы изучения и сохранения фито- и микобиоты : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Респ. Беларусь, Минск, 11–13 нояб. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т; под ред. В. Н. Тихомиров [и др.]. – Минск : БГУ, 2020. – С. 37–41.

## **ВЕБ-РЕСУРС ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В НАН БЕЛАРУСИ**

**Григянец Р. Б.<sup>1)</sup>, Молчан Ж. М.<sup>1)</sup>, Венгеров В. Н.<sup>1)</sup>, Успенский А. Ал.<sup>2)</sup>**

*<sup>1)</sup> ОИПИ НАН Беларуси, Минск, Беларусь,*

*e-mail: griganec@bas-net.by, molchan@basnet.by, vengerov@basnet.by*

*<sup>2)</sup> Республиканский центр трансфера технологий, Минск, Беларусь,*

*e-mail: uspenskiy@mail.ru*

Создаваемая в НАН Беларуси автоматизированная система информационного обеспечения инновационной деятельности и трансфера технологий (АСИО ИДТТ) предназначена для оперативного предоставления информации о предлагаемых технологиях и технологических запросах, бизнес-предложениях и бизнес-запросах, предложениях по сотрудничеству в области НИОК(Т)Р в виде так называемых профилей – формализованного представления соответствующей информации, принятого в сетях трансфера технологий (ТТ).

Кроме того, использование АСИО ИДТТ позволит экспортировать белорусские профили в зарубежные сети ТТ, такие как Европейская сеть поддержки трансфера технологий (Enterprise Europe Network, EEN; <http://een.ec.europa.eu>), сеть американской Ассоциации университетских менеджеров по ТТ (AUTM, <https://autm.net>), российская (RTTN, <https://www.rttm.ru>), евразийская (создаваемая в ЕАЭС) и др.

На основании проведенного авторами анализа структур и функциональных возможностей сетей ТТ международного и национального уровней предложена концепция архитектурного решения и обоснованы функциональные возможности построения АСИО ИДТТ. Макетный образец АСИО ИДТТ представляет собой распределенный программно-технический комплекс, который имеет модульную структуру с возможностью развития и модернизации ее частей, и включает основные подсистемы: управления сервисом и администрирования; ведения баз данных; обработки запросов и предложений; услуг для резидентов, фирм и инвесторов; виртуальной выставки; статистики.

АСИО ИДТТ обеспечивает оперативное предоставление информационных услуг в соответствии с бизнес- и технологическими предложениями, запросами белорусских и зарубежных предприятий-разработчиков, производителей, потребителей высокотехнологичной продукции, а также осуществляет постоянную обратную связь при поиске партнеров.

Макетный образец АСИО ИДТТ уже функционирует на базе интернет-портала Республиканского центра трансфера технологий (<http://icct.by>), постоянно модернизируется и интегрируется в основные международные сети ТТ. Внедрение системы позволит снизить временные, трудовые и технологические затраты на подготовку информационных материалов по ТТ, таких как бизнес- и технологические предложения, запросы, поиск партнеров и т. п.

# ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

**Игнатенко Н. И., Рудикова Л. В.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: eldervald@gmail.com, rudikowa@gmail.com*

Данная работа посвящена анализу инфраструктуры городов, а конкретнее, выявлению таких районов для проживания, которые максимально удовлетворяют предпочтениям пользователя. Современный рынок недвижимости предоставляет мощные средства для поиска как жилья, так и коммерческих объектов: сервисы объявлений об аренде и продаже недвижимости, карты цен. Актуальность исследования заключается в том, что найти системы для анализа инфраструктуры крайне трудно, их функционал беден, и, зачастую, они показывают лишь количество различных типов социальных объектов в регионе, при этом, не учитывая ни приоритет, ни тот факт, что, например, спортзалы могут быть безразличны человеку. Поэтому разрабатываемая система преследует следующие цели: без особых затрат адаптироваться к любому городу; учитывать интересы пользователя в области социальных активностей; выдавать наглядную картограмму инфраструктуры; представлять собой веб-приложение, которое способно работать на любом компьютере с доступом к сети Интернет. Для осуществления идеи реализации именно веб-приложения была выбрана архитектура клиент-сервер. Так благодаря такому разделению все данные будут храниться на сервере, на нём же будут выполняться все вычисления. На клиенте будут отображаться данные и результаты вычислений в удобной для пользователя форме. Ключевой частью системы выступает алгоритм генерации тепловой карты, суть которого заключается в следующем: на вход подаются объекты и их приоритеты, которые задаёт пользователь; результатом является тепловая карта, для каждой точки которой задан цвет, яркость которого зависит от «качества» инфраструктуры. «Качество» инфраструктуры определяется вполне чётким критерием – плотностью вероятности того, что пользователь будет удовлетворён заданным местоположением относительно инфраструктуры вокруг него. Стохастическая модель позволяет учитывать расстояния до объектов, их тип и пользовательский приоритет. Данные об инфраструктуре можно получить из открытых источников, например, OpenStreetMaps. Система реализовывается с использованием современных технологий и подходов к разработке программного обеспечения. Серверная часть веб-приложения использует микросервисную архитектуру [1]. Таким образом, мы обеспечиваем независимость сервисов, отвечающих за хранение и обработку данных об инфраструктуре и сервиса, который генерирует карты. Предлагаемая разработка может представлять как коммерческую ценность, являясь частью сервисов по продаже и аренде недвижимости, так и академическую пользу, поскольку стохастическая модель показывает наглядное применение теории вероятности к практическим задачам.

## Литература

1. .NET Microservices: Architecture for Containerized .NET Applications [Electronic resource] / Microsoft Corporation, 2021. – Mode of access: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/microservices/>. – Date of access: 10.01.2021.



# О РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА ДЛЯ БРОНИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛУГ В БЕЛАРУСИ

**Кисель М. В., Рудикова Л. В.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: maria1999kisel@gmail.com; rudikowa@gmail.com*

В системах бронирования в настоящее время можно заказать как номер в гостинице, железнодорожные и авиабилеты, так и доставку билетов в театр, заказ трансфера, такси, цветов и прочих дополнительных услуг. Таким образом, система бронирования и резервирования является основным каналом сбыта продукта туристической и других направлений в индустрии.

В предлагаемой статье описывается сервис бронирования услуг, предназначенный для пользователей, которые планируют путешествия по Беларуси.

Данный ресурс предоставляет возможность пользователю проанализировать достопримечательности и интересные места в точке назначения, выбрать отель, в котором он планирует остановиться, помогает забронировать туры и транспорт, узнать мнение остальных пользователей и оставить свое, поделиться фотографиями достопримечательностей.

Предлагаемое решение связано с созданием единой системы, которая позволит забронировать тур, отель, транспорт, место в различных заведениях.

В статье приводится подробное описание системы, которая базируется на клиент-серверной архитектуре. Описывается каркас архитектуры приложения с разбиением на логические блоки: программно-серверная часть, клиентская часть и база данных.

Для построения веб-приложения используется также микросервисная архитектура [1, 2, 3], в которой прослеживается несколько сервисов, работающих независимо друг от друга. Микросервисная архитектура позволяет строить различные модули программного обеспечения независимо от языка программирования, платформы, СУБД и т.д.

Несомненно, выбранная тематика является актуальной, так как разрабатываемая система полностью модернизирует концепцию бронирования услуг в Беларуси, позволит улучшить опыт планирования туристического путешествия, а также поможет туристам собирать полную статистику о рейтинге достопримечательностей и интересных мест, что в дальнейшем поможет повысить качество обслуживания и разнообразие туристических путешествий.

## Литература

1. Microservices: An application revolution powered by the cloud [Electronic resource] / Mark Russinovich, 2021. – Mode of access: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/microservices-an-application-revolution-powered-by-the-cloud/>. – Date of access: 02.03.2021.

2. Microservices [Electronic resource] / Martin Fowler, 2021. – Mode of access: <https://www.martinfowler.com/articles/microservices.html>. – Date of access: 01.03.2021.

3. Microservice Prerequisites [Electronic resource] / Martin Fowler, 2021. – Mode of access: <https://martinfowler.com/bliki/MicroservicePrerequisites.html>. – Date of access: 01.03.2021.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПРОСОВ С ПОМОЩЬЮ JIT-КОМПИЛЯЦИИ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ СУБД CLICKHOUSE

**Кита М. А., Рудикова Л. В.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: rudikowa@gmail.com, kitaetoya@gmail.com*

ClickHouse – это столбцовая система управления базами данных (СУБД) для онлайн обработки аналитических запросов (OLAP), разработанная в компании Яндекс.

Одним из важнейшей функциональностью для аналитических запросов является агрегация данных по ключу с использованием синтаксиса SQL операции GROUP BY. Примерами таких запросов являются получение суммы, минимального максимальных полей колонки, различные специализированные функции, которые предоставляет СУБД ClickHouse. Данная задача не может быть эффективно решена для всех возможных типов данных и сценариев, текущая реализация в СУБД ClickHouse старается использовать различные подходы и специализации максимально подходящая к выполнению конкретного запроса.

Цель работы – ускорить выполнение операции GROUP BY за счет использования JIT компиляции. JIT компиляция это способ выполнения компьютерного кода который включает в себя компиляцию кода и его исполнение во время выполнения программы.

В случае с операцией GROUP BY это позволит добиться того, что код, сгенерированный с помощью JIT максимально оптимизирован под конкретный CPU, дает возможность использовать максимально эффективно регистры и инструкции конкретного процессора такие как AVX-256, AVX-512. Так же при использовании JIT компиляции сокращается размер исполняемого бинарного файла СУБД ClickHouse так как чтобы код был максимально эффективный текущая реализация использует все возможные специализации на уровне компиляции.

В качестве JIT компилятора был выбран LLVM проект программной инфраструктуры для создания компиляторов и сопутствующих им утилит, в частности JIT компилятор ORC [1-4].

## Литература

1. Paul, J. Improving Execution Efficiency of Just-in-time Compilation based Query Processing on GPUs // Johns Paul, Bingsheng He Shengliang Lu, Chiew Tong Lau / [Electronic resource]. – 2015. – Mode of access: <https://llvm.org>. – Date of access: 14.03.2021.
2. The LLVM Compiler Infrastructure / [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://llvm.org>. – Date of access: 14.03.2021.
3. ORC Design and Implementation / [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://llvm.org/docs/ORCv2.html>. – Date of access: 14.03.2021.
4. ClickHouse documentation / [Electronic resource]. – 2020. – Mode of access: <https://clickhouse.tech>. – Date of access: 14.03.2021.

## **О РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

**Неживинская А. Ю., Рудикова Л. В.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: alina.nezhivinskaya@mail.ru, rudikowa@gmail.com*

Современный город – не просто место проживания людей, это среда воплощения образа жизни и мировоззрения; пространство, которое является средоточием различного рода деятельности, социальной информации, культурной интеграции. Поэтому нельзя оставлять без внимания развитие городов и городской среды.

В работе представлена система, которая позволит автоматически осуществлять сбор данных в области городской среды, обрабатывать эти данные и предоставлять их пользователю в наглядном виде для дальнейшего анализа, является актуальной, так как позволит оценить текущую ситуацию в области городской среды и сделать вклад в преобразование городов.

Для проведения анализа городского хозяйства и городской среды необходимо объединить в единую общую систему информацию с разных Интернет-источников. В такую систему стоит включить данные о климатических и погодных условиях, информацию по территориальным и социальным сферам жизнедеятельности, а также структурировать информацию по расположенным на территории города объектам. В качестве источников данных в области географического местоположения и территориального деления могут выступать открытые картографические службы, например, OpenStreetMap.

Система предусматривает отдельный автоматизированный модуль, который извлекает данные с веб-сервисов, используя открытое API. Полученные данные преобразуются к необходимому формату и сохраняются. Впоследствии накопленные данные систематизируются и отображаются пользователю в виде графиков и схем.

Стоит отметить, что сведения о городской среде, хранимые данной веб-системой, могут быть использованы для выявления различного рода зависимостей и проверке разнообразных гипотез. Например, для управления городскими территориями может быть полезным знать общее количество жилых комплексов в конкретном районе города и сопоставить это с численностью населения выбранного района. Представленный подход может быть полезен городским службам в такого рода вопросах, как, например, озеленение территории города, размещения новых жилых и промышленных комплексов. Предприниматели могут использовать систему анализа городской среды для нахождения выгодного местоположения офисов, туристы для составления неповторимых маршрутов путешествий. Сферы использования описываемой системы не ограничены.

Таким образом, система сбора и анализа данных городской среды будет полезна для жителей городов, а также городских властей. Она позволит манипулировать имеющимися данными для развития городской инфраструктуры. Информация, полученная с помощью описываемой системы, может быть полезной во всех сферах городского хозяйства, начиная от строительства заканчивая развлечением.

# ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ПО ЛЕСНЫМ МАССИВАМ

**Рудикова Л. В., Баганец Н. А.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: rudikowa@gmail.com, baganets1999@gmail.com*

С каждым годом программное обеспечение все больше интегрируется в узкоспециализированные отрасли. Предлагаемая разработка позволяет оптимизировать и упростить работу с данными о лесах за счет оцифровки и сохранения полученной информации в базе данных для последующего анализа и построение цифрового профиля леса на основе результатов спектрального анализа.

Система представляет собой набор независимых микросервисов, развернутых с помощью технологии контейнеризации Docker [1], реализованных с использованием разных языков программирования в рамках подхода, известного как «микросервисная архитектура» [2], в котором приложение разделено на несколько работающих независимо друг от друга сервисов. Такими сервисами являются: сервис, отвечающий за аутентификацию пользователя и хранение его профиля, сервис, выполняющий роль планировщика задач, и другие. Такой подход позволяет реализовать высоконагруженные сервисы с использованием специализированных для этого технологий. Для взаимодействия с пользователями предлагается приложение SPA (Single Page Application), реализованное с использованием фреймворка React и TypeScript. Такой подход делает систему более гибкой, отзывчивой и доступной в любой точке мира.

C # был выбран в качестве языка программирования вместе с ASP.NET Core, фреймворком для создания веб-приложений. MySQL действует как СУБД. Для работы с базой данных использовалось Entity Framework Core. Выбранные технологии позволили наделить систему таким основным преимуществом, как кроссплатформенность, что позволяет независимо от операционной системы взаимодействовать с системой.

В приложении есть возможность проводить опросы на основе цифрового профиля. Сама экспертиза по лесным массивам – это эксперимент над этим профилем – изменение качества известной информации об объекте. Результаты экспериментов позволяют сравнить один лес с другим, получить новую информацию, ранее неизвестную. Один из наиболее очевидных примеров использования полученной информации – сравнение двух объектов с целью определения одинаковых видов флоры.

Таким образом, данная разработка представляется актуальной на данный момент, особенно с учетом богатого наследия нашей страны, и может использоваться как для чисто научных задач, так и в коммерческих целях.

## **Литература**

1. Docker: Software delivery in packages called containers [Electronic resource] / AWS Corporation, 2021. – Mode of access: <https://aws.amazon.com/ru/docker/>. – Date of access: 10.03.2021.
2. .NET Microservices: Architecture for Containerized .NET Applications [Electronic resource] / Microsoft Corporation, 2021. – Mode of access: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/microservices/>. – Date of access: 10.03.2021.

# О РАЗРАБОТКЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Рудикова Л. В., Друктько Д. С.

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: rudikowa@gmail.com, dasha\_09@mail.ru*

В современном мире распространены сервисы, которые направлены на получение информации, связанной с объектами города. Наиболее известные из них это сервисы карт, которые используются ежедневно сотнями тысяч пользователей. Эти системы получают общую информацию об объектах, расположенных в городе. С помощью них можно рассмотреть лишь точечную информацию о городской среде, однако нельзя в полной мере понять общее состояние городских областей, районов и городов.

Основной идеей создания данной системы является получение разрозненных данных из множества источников, данные которых могут использоваться для добычи новой, аналитической информации, а в дальнейшем и удобное отображение полученных данных пользователю.

Важнейшей частью системы является её архитектура, которая базируется на технологии складирования данных. Необходимо собирать данные из различных источников в разном виде, некоторые из которых не упорядочены. Для борьбы со сложностью системы необходимо использовать уровневую архитектуру, где слои реализованы независимо и абстрагированы от других [1]. Главный слой системы – сервисный слой, где происходит обработка данных, загруженных в систему. Также в нём можно выделить дополнительные слои: слой исходных данных, слой ядра и слой витрин данных.

Предлагаемая разработка может быть полезна как для людей, которые хотят переехать в конкретный город, так и для жителей, желающих получить полную информацию о состоянии родного города. Возможность манипулирования имеющимися данными понадобится городской администрации для развития городской инфраструктуры. Обработанные данные будут полезны городским службам, занимающимся решением таких проблем, как озеленение территории города или размещение новых жилых комплексов. Уникальность данной разработки состоит в том, что она позволяет объединить, систематизировать и отображать в удобном виде информацию об объектах городской среды, полученную из разных источников.

Таким образом, реализовав полностью необходимый функционал предлагаемой системы, можно оценить состояние объектов городской среды, а на основании построенных графиков проанализировать тенденции развития города.

## Литература

1. Рудикова, Л.В., Бандысик С. Ю Использование технологии складирования данных для построения архитектуры системы сбора и анализа данных произведений исторической ценности // Л.В. Рудикова // Технологии информатизации и управления : сб. науч. ст. Вып. 3. В 2 кн. Кн. 2 / под ред. А. М. Кадана, Е. А. Свирского. – Минск РИВШ, 2017. – С. 107-117.  
[https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/34143/1/Rudikova\\_Ispolzovaniye.PDF](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/34143/1/Rudikova_Ispolzovaniye.PDF).

# РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ И АНАЛИЗА ГОЛОСОВАНИЙ

**Рудикова Л. В., Ермак И. В.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: rudikowa@gmail.com, ermak.ivan.iv@gmail.com*

Современные реалии характеризуются огромным запросом на решение вопросов различного уровня на демократическом уровне, а также запросом на голосование, дающее информацию не только о количестве голосов, но и о их качестве. Разрабатываемая система предназначена для комплексной масштабируемой автоматизации работы системы голосований. Основная функция системы – дать заинтересованной структуре инструментарий для проведения голосований, а также для анализа их обобщенных результатов.

Ожидается, что данная система будет востребованной широким кругом организаций различного уровня, от жилищного кооператива до государственных структур для решения всех спектров задач, связанных с проведением голосований любого уровня, анализом результатов основываясь на выборках голосующих. Исходя из этого, результаты голосований дадут более конкретные знания о том, какие группы лиц поддерживают или не поддерживают отдельные решения.

Программа легко и быстро настраивается под конкретные требования заказчика. Важно отметить, что данные, передаваемые для аналитики, являются лишь обобщенными и никак не могут дать персональные данные голосующего, для того чтобы голос был защищён анонимностью.

Реализация ПО представляет из себя мобильное приложения для платформы iOS, а также сервер на языке Java и СУБД на MySQL. Клиентская часть реализует логику отображения элементов пользовательского интерфейса, а также работу по шифрованию и дешифровке локальных клиентских для защиты данных от подмены или получения третьими лицами, а также используются для передачи запросов другими пользователями в рамках одноранговой сети для анонимизации точки отправки голоса другого пользователя.

Серверная часть отвечает за хранение и анализ данных. В качестве СУБД используется MySQL [1]. Следует отметить, что необобщённые данные хранятся на сервере в зашифрованном виде, так что доступ к ним может получить лишь клиент с помощью дешифровки своим ключом.

Для клиентской части был использован язык программирования Swift. Разработан пользовательский интерфейс для работы с системами голосований, к которым он имеет доступ, а также для отслеживания своего голоса для исключения возможности некорректной фиксации голоса.

## **Литература**

1. Документация MySQL [Электронный ресурс]/Корпорация Oracle. – Редвурд Шорс, 2021. – Режим доступа: <https://www.mysql.com/>. – Дата доступа: 25.02.2021.

# ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ МИКРОСЕРВИСНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ДАННЫМИ О ГОРОДСКИХ МЕРОПРИЯТИЯХ

**Рудикова Л. В., Жвалевский А. И.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: lada.rudikowa@gmail.com, zhvaleuski.andrei@gmail.com*

В докладе представлена система, которая предоставляет единое место (агрегатор) с информацией о различных событиях и мероприятиях, проходящих рядом с пользователем. Проблема, с которой сталкиваются жители (пользователи) – это освещенность мероприятий в медиа пространстве, из-за чего даже самые активные жители не всегда получают своевременную информацию о событиях, которые они посетили бы или в которых поучаствовали бы. Сервис сочетает в себе функциональность «афиши», социальные возможности, а именно создание записей, комментариев для освещения и привлечения внимания к мероприятию, а также возможность создания программы по сбору средств для обеспечения финансовой поддержки мероприятия. Разработка данного веб-приложения является актуальной, так как в данный момент стремительно набирают популярность сервисы с платными подписками, позволяющие пользователям платить за доступ к эксклюзивным записям (например, Patreon [1], OnlyFans [2]).

Важной частью веб-приложения, является возможность пользователя создать мероприятие. Затем другие пользователи могут подписаться на мероприятие, заявить о желании участвовать и/или помочь с организацией. Создатель сможет добавлять информационные записи, фотоотчеты, а подписчики комментировать их, что позволяет поддерживать общий интерес. При включенной функции платной подписки, подписавшиеся пользователи смогут получить доступ к эксклюзивным записям и другим привилегиям, предусмотренным организаторами. Система реализуется с использованием современных технологий и подходов к разработке программного обеспечения. Для построения веб-приложения используется микросервисная архитектура, в которой приложение разделено на несколько работающих независимо друг от друга сервисов. Такими сервисами являются: сервис, отвечающий за аутентификацию пользователя и хранение его профиля, сервис, выполняющий роль планировщика задач (например, генерация и отправка уведомлений), подсистема оплаты и подписок, подсистема записей и комментариев и другие. Микросервисный подход позволяет разрабатывать различные модули системы независимо от выбранного языка программирования, платформы, подхода к хранению данных, позволяя с лёгкостью масштабировать высоконагруженные части при необходимости. Веб-приложение написано на платформе .NET и разворачивается с помощью технологии контейнеризации Docker. Для разработки клиентской части использованы связка Vue.js и TypeScript.

## Литература

1. Patreon [Electronic resource] / Patreon, 2021. – Mode of access: <https://www.patreon.com/about>. – Date of access: 20.02.2021.
2. OnlyFans [Electronic resource] / OnlyFans, 2021. – Mode of access: <https://onlyfans.com/about>. – Date of access: 20.02.2021.

# О РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОИСКА И ПРОДАЖИ НЕДВИЖИМОСТИ

**Рудикова Л. В., Корончик В. Ю.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: rudikowa@gmail.com, koronchik@icloud.com*

В настоящее время в мире происходит активное развитие рынка недвижимости и все большее число людей, предприятий и организаций участвует в операциях с недвижимым имуществом. Недвижимость выступает основой личного существования граждан и служит базой для хозяйственной деятельности, развития предприятий и организаций всех форм собственности.

Учитывая переход к цифровым технологиям в сфере недвижимости, как у многих агентов по продаже недвижимости, так и у покупателей недвижимости, возникает необходимость в специальном сервисе, который позволил бы либо агентам, либо любому другому человеку, желающему продать недвижимость, взаимодействовать с потенциальными покупателями путем отображения недвижимости, доступной для продажи через сеть Интернет.

На рынке недвижимости выделяются две его составляющие: первичный и вторичный рынок недвижимости. На первичном рынке это рынок, происходит продажа квартир в новых домах, недавно построенных, и даже тех, которые существуют только в проекте или только начинают строиться. Основными продавцами недвижимости на первичном рынке является государство или фирмы застройщики. На вторичном рынке недвижимость выступает как товар, ранее бывший в употреблении и принадлежащий определенному собственнику – физическому или юридическому лицу.

Данное приложение создано для вторичного рынка недвижимости, где продавец выставляет на площадку для продажи объект недвижимости уже ранее приобретенный. Целью данной работы является реализация приложения, позволяющего упростить процесс поиска и продажи недвижимости, искать недвижимость в любой точке мира и помогать в оценке стоимости квартиры при размещении объявления, используя машинное обучение. Приложение поможет максимально быстро и с минимумом усилий разместить объявление, купить или снять квартиру и комнату без посредников, найти земельный участок, загородное жилье.

Клиентская часть была реализована для мобильной операционной системы – iOS. Приложение разработано с использованием фреймворка UIKit. iOS SDK имеет встроенные инструменты для работы с машинным обучением, поэтому оценка стоимости недвижимости была реализована при помощи фреймворка CoreML [1, 2].

## **Литература**

1. Swift documentation [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://swiftbook.ru/content/languageguide>. - Дата доступа: 23.02.2021.
2. iOS documentation [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://developer.apple.com/documentation>. - Дата доступа: 23.02.2021.



# **ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**Рудикова Л. В., Кот В. В.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: rudikowa@gmail.com, kot.uladzislau@gmail.com*

Если у компании имеется парк транспортных средств, то их менеджмент является неотъемлемой частью для результативного использования ресурсов компании. Система, которая позволяет отслеживать местоположение транспортных средств, а также получать более подробную информацию, связанную с транспортным средством, например, о количестве топлива в баке автомобиля, может помочь с осуществлением мониторинга транспортных средств и предоставить опции для эффективного менеджмента.

Чтобы реализовать данную концепцию, каждое транспортное средство должно быть оснащено GPS-трекером. GPS-трекер – устройство, которое определяет местонахождение транспортных средств, а также предоставляет дополнительные сведения о транспортном средстве, например, находится ли оно в движении, текущую скорость и многое другое. Система представляет собой веб-приложение, а в качестве архитектуры данного приложения была выбрана клиент-серверная архитектура. Благодаря такому решению вся обработка данных происходит на сервере, а на клиенте они отображаются в удобной для пользователя форме.

Ключевой частью системы является отображение транспортных средств на карте, а также возможность просмотреть пройденные маршруты. Для этого пользователю необходимо выбрать сотрудника, а также промежуток времени, чтобы увидеть пройденный маршрут этим сотрудником за выбранный промежуток времени. Е пользователю имеется также возможность просматривать статистику по выбранному транспортному средству за определенный промежуток времени, например, количество затраченного топлива, пройденное расстояние и др. Стоит отметить, что у системы есть еще одна очень важная особенность: система позволяет пользователю просматривать отчеты по выбранному транспортному средству за определенный промежуток времени. Отчеты содержат определенную информацию о транспортном средстве, например, попадало ли транспортное средство в ДТП или использовалось ли транспортное средство в нерабочее время и многое другое.

Таким образом, данная система существенно упрощает контроль и мониторинг корпоративных транспортных средств. Предлагаемая разработка может быть полезна как для людей, которые имеют свой личный автомобиль, так и для целых компаний с большим количеством транспортных средств. Пользователи системы получают круглосуточный доступ к информации самого различного рода о транспортном средстве за любой промежуток времени.

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА «ЗНАМЕНИТЫЕ ДЕЯТЕЛИ БЕЛАРУСИ»**

**Рудикова Л. В., Лагута Д. В., Постник Д. А.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: rudikowa@gmail.com, dimalaguta4@gmail.com, d.postnik1@gmail.com*

В настоящее время информационные ресурсы представлены с помощью различных средств, таких, как печатные издания, средства массовой информации, телевидение, видеоролики, почтовые рассылки, сеть Интернет и др. Актуальность использования информационных технологий в различных аспектах жизнедеятельности общества диктуется широким распространением технологий мультимедиа, сетевых технологий, позволяющих использовать информационные технологии в качестве средства обучения, общения, интеграции в мировое пространство. Рассматриваемая тема включает создание Интернет-ресурса «Знаменитые деятели Беларуси» с информацией, которая будет полезной как для обычного человека, так и для ученых, проводящих различные исследования, анализирующих статистику о видах деятельности, исторических событиях и т.д. Системой предусмотрен просмотр и поиск требуемой информации о деятелях. Данный ресурс предоставляет возможность пользователю проанализировать информацию [1, 2].

Целью данной работы является разработка Интернет-ресурса, который позволит упростить некоторые задачи, с которыми сталкиваются люди при поиске информации. Приложение представляет из себя площадку для поиска информации, где каждый пользователь сможет найти все необходимые данные о интересующих его деятелях, а также о его работах, некоторых данных о жизни и профессиональной деятельности.

Данная система представляет собой веб-приложение, построенное на основе клиент-серверной архитектуры с применением принципов REST. Клиентская часть предоставляет удобный функционал для выполнения запросов серверу. Для написания сервера был выбран язык программирования Java. В качестве СУБД выступает MySQL. Для работы с базой данных использовалась технология ORM – Spring Data Jpa. Кроме того, для построения данного веб-приложения использовалась платформа для создания веб-проектов на Java, состоящая из множества независимых модулей – Spring Framework. Для клиентской части использованы HTML, фреймворк Angular, язык программирования Typescript, библиотека RxJS. Для стилизации приложения – собственные стили CSS, фреймворк Bootstrap. Выбранные технологии позволили наделить систему такими главными преимуществами как кроссбраузерность и кроссплатформенность, что позволяет любому пользователю, независимо от браузера и операционной системы, взаимодействовать с сетевой системой.

### **Литература**

1. Якобсон, А. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения / А. Якобсон, Г.Буч, Дж.Рамбо. – Санкт-Петербург: издательство «Питер», 2002. – 496 с.
2. Фаулер, М. UML. Основы / М. Фаулер. 3-е издание. – Санкт-Петербург: издательство «СимволПлюс», 2005. – 192 с.

# ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОДАЖИ НЕДВИЖИМОСТИ

**Юрчевский Р. К.**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь,  
e-mail: romanu1999@gmail.com*

Современный рынок недвижимости характеризуется большим количеством предлагаемых к продаже объектов, большим количеством сделок, интенсивным характером операций. Риелтор сталкивается с необходимостью учета и обработки большого количества данных как по собственным сделкам, так и по предложениям контрагентов.

Предполагается, что разрабатываемая система будет предназначена для комплексной автоматизации работы риелторов и агентств недвижимости. Основная функция разрабатываемого продукта – помочь агентству быстро и качественно предоставлять клиенту услуги по продаже или аренде недвижимости.

Для реализации веб-приложения используется клиент-серверная архитектура [1-3] с применением принципов REST. Клиентская часть реализует логику отображения элементов пользовательского интерфейса.

Серверная часть отвечает за бизнес-процессы, анализ и доступ к данным, которые хранятся в базе данных. Следует отметить, что серверная часть реализована с помощью языка программирования Go.

В качестве СУБД используется Postgres. Для клиентской части был использован HTML и JavaScript. Для стилизации приложения использовались собственные стили CSS. Веб-приложение разворачивается в изолированной среде с помощью технологий контейнеризации и оркестровки Docker [4-7] и Kubernetes.

## **Литература**

1. Якобсон, А. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения / А. Якобсон, Г.Буч, Дж.Рамбо. – Санкт-Петербург: издательство «Питер», 2002. – 496 с.
2. Фаулер, М. UML. Основы / М. Фаулер. 3-е издание. – Санкт-Петербург: издательство «СимволПлюс», 2005. – 192 с.
3. Маккоу, А. Веб-приложения на Golang / А. Маккоу. – М.: издательство «Питер», 2012. – 534 с.
4. Develop with Docker | Docker Documentation [Electronic resource] / Docker Inc, 2021. – Mode of access: <https://docs.docker.com/develop/>. – Date of access: 04.03.2021.
5. Compose file version 3 reference | Docker Documentation [Electronic resource] / Docker Inc, 2021. – Mode of access: <https://docs.docker.com/compose/compose-file/compose-file-v3/>. – Date of access: 04.03.2021.
6. Dockerfile reference | Docker Documentation [Electronic resource] / Docker Inc, 2021. – Mode of access: <https://docs.docker.com/engine/reference/builder/>. – Date of access: 04.03.2021.
7. Dockerize an ASP.NET Core application | Docker Documentation [Electronic resource] / Docker Inc, 2021. – Mode of access: <https://docs.docker.com/engine/examples/dotnetcore/>. – Date of access: 04.03.2021.

**СЕКЦИЯ 9.  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ОБРАЗОВАНИИ**

# КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

Аленский Н. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: alensky@bsu.by*

Контроль и оценка знаний приобретает особое значение при дистанционном обучении (ДО) в связи с эпидемией корона вируса. В докладе рассматривается, как объективно и справедливо оценить знания и умения студентов при изучении дисциплины “Методы программирования и информатика” на первом курсе механико-математического факультета БГУ с помощью образовательного портала MOODLE при полном или частичном ДО.

**Электронное тестирование**, которое проводится с использованием элемента “Тест”, должно проверять не столько формальное заучивание синтаксических правил того или другого элемента системы программирования, а понимание его использования на практике. Поэтому полезными являются тесты, в которых приведен фрагмент программы, и с помощью типа вопроса “Короткий ответ” или “Числовой ответ” необходимо определить его результат. Это эффективнее, чем “Множественный выбор” и “На соответствие” с предложенными вариантами ответов. Эти типы вопросов и другие их модификации лучше всего подходят для поиска ошибок. Для проверки теоретических положений удобно использовать такие типы вопросов, как “Выбор пропущенных слов”, “Выбор слова” и другие.

Если ответ на вопрос система не в состоянии формально оценить, рекомендуется использовать тип вопроса “Эссе”. Студент размещает файл или текст, который преподаватель проверяет и оценивает вручную.

Тесты автор предлагает использовать прежде всего для оценки знаний на контрольных работах, зачётах и экзаменах. В этом случае целесообразно подготовить несколько групп вопросов для разных категорий, из которого вопросы будут выбираться случайным образом. При прохождении такого тестирования с большой вероятностью у студентов будут одновременно разные вопросы. Тесты можно также рассматривать и как дидактический материал во время практических занятий и даже на лекциях. При этом у всех студентов одновременно должны высвечиваться одинаковые вопросы, чтобы можно было при необходимости обсудить ответы на них с помощью, например, видеоконференции.

Кроме тестирования для оценки знаний предлагаются **контрольные работы по отладке программ** с использованием элемента “Задание” в Moodle. Устанавливается время начала и окончания выполнения работы и предлагается выполнить задание различного уровня сложности. Краткий отзыв с оценкой “приклеивается” в Moodle каждому студенту.

По результатам таких контрольных мероприятий и выполнения лабораторных работ (примерно пять оценок) выставляется одна итоговая текущая оценка. Если у студента есть все положительные оценки, то она предлагается в качестве экзаменационной, а, значит, и рейтинговой в ведомость. Студент имеет право не согласиться с ней и сдавать экзамен.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВУЗОВСКУЮ НАУКУ

**Атдаева О. Г.**

*Туркменский государственный институт экономики и управления,  
Ашхабад, Туркменистан, e-mail: asomje@gmail.com*

В Туркменистане вопросу подготовки образованного молодого поколения уделяется огромное внимание. Создаются все условия для успешного становления духовно богатой и высоконравственной личности. Государство заинтересовано в том, чтобы максимально использовать потенциал молодежи в интересах развития экономики и социальной сферы. Именно образование как система формирования интеллектуального капитала нации и как одна из главных сфер генерации инноваций создает базовые условия для быстрого роста рынка на основе обновления технологий и продуктов. В целях всестороннего развития сферы образования, в нашей стране осуществляется ряд коренных реформ, направленных на внедрение инновационных методов обучения, развитие информационно-коммуникационных технологий и подготовку высококвалифицированных кадров.

Одно из перспективных направлений последовательной модернизации национальной системы образования – разработанная по поручению Президента Туркменистана Концепция развития цифровой образовательной системы страны. Ее основная цель – обеспечение высококачественной электронной образовательной информацией на всех ступенях образования, обогащение содержания и повышение качества образовательных услуг, совершенствование методики обучения [1].

Цифровизация экономики нашей страны модернизирует и всю систему образования. В подготовке кадров для различных отраслей экономики, а также тесного взаимодействия академических кругов, вузовской науки и производства, повышения их инновационного потенциала важная роль отводится Инновационному информационному центру, созданному при Министерстве образования Туркменистана. В созданном центре проводится работа по созданию национальной цифровой образовательной сети, к которой будут подключены все образовательные учреждения страны. Благодаря функционированию этой цифровой обучающей сети будут созданы оптимальные условия для повсеместного внедрения в Туркменистане безопасной цифровой образовательной среды, которая будет способствовать обеспечению надёжности для упрочения позиций всех отраслей цифровой экономики.

В области цифровизации образования в Инновационном информационном центре разрабатывается надёжная электронная платформа, обеспечивающая функционирование единой цифровой образовательной системы. С целью совершенствования компетенций работников системы образования в области цифровых технологий на базе Центра функционируют курсы повышения квалификации, на которых можно пройти курс электронного обучения при помощи ресурсов цифрового образовательного портала, а также дистанционное обучение с помощью телекоммуникационных и мультимедийных технологий.

Инновационный информационный центр координирует работу созданных в каждом вузе соответствующих инфраструктур. Так, при Государственном институте экономики и управления функционирует Центр экономических инноваций, созданный

в 2019 году, в котором преподаватели, аспиранты, магистранты и студенты института проводят фундаментальные исследования по формированию и развитию инновационной экономики, координации обучения, а также занимаются разработкой исследовательских программ по приоритетным направлениям науки Туркменистана с учетом задач развития инновационной и цифровой экономики.

В целях выполнения поручений Президента Туркменистана по переводу экономики нашей страны, а также системы науки и образования на цифровую платформу запущены программы по созданию соответствующей структуры и технического обеспечению. В связи с этим в ближайшее время предусмотрено осуществление целого ряда крупных проектов, направленных на создание многопрофильной инфраструктуры на основе инновационных технологий, увеличение объема, качества и ассортимента услуг связи, наряду с обеспечением широких возможностей Интернета. Для расширения ассортимента предлагаемых потребителям высококачественных телекоммуникационных услуг, увеличения скорости передачи данных предусмотрены работы по прокладке оптоволоконных сетей в столице и веляях страны. Данный проект позволит улучшить межотраслевой обмен данными, внедрить новые виды электронных услуг.

Внедрение различных видов Интернет-услуг стимулирует наших граждан на получение дополнительного образования, повышение своей квалификации посредством дистанционного обучения.

Широкое развитие вузовской науки во всех областях, внедрение фундаментальных знаний в студенческую среду, применение цифровых технологий характеризуют высшее образование на современном этапе.

«Программа Президента Туркменистана по социально-экономическому развитию страны на 2019-2025 гг.» ставит своей целью создание национальной системы образования, соответствующей высоким стандартам инновационной деятельности ведущих научно-образовательных центров мира. Этой актуальной задачей продиктована необходимость повысить качество и надёжность отечественной системы образования как фундаментальной для основы дальнейшего прогрессивного развития национальной экономики [2].

Обучение и научно-исследовательская деятельность современного студента неразрывно связана с использованием современных программных и технических средств, информационных технологий функционирования компьютерных сетей и глобальной сети Интернет. Образование в области современных компьютерных технологий позволяет студенту повысить свой профессиональный уровень и эффективно организовать научную исследовательскую деятельность. При этом важным и актуальным в достижении поставленной цели являются следующие направления:

- интенсификация научных исследований на основе применения современных компьютерных технологий;
- применение современных информационных технологий по обработке, систематизации и применению научной информации;
- моделирование научных исследований на основе цифровых технологий;
- разработка научных проектов на основе цифровых технологий;
- грамотный и корректный статистический анализ научной информации.

Очень важным в научных исследованиях является квалифицированное представление и оформление полученных результатов научных исследований, для

чего также необходимо изучать и применять соответствующие технологии. Как средство представления результатов исследований, информационные технологии раскрывают не только визуальные возможности, но и позволяют использовать такие современные инструментарии, как анимация, видео, позволяют широко применять графику и звуковое сопровождение.

Внедрение научных разработок и координация процессов хозяйственного и производственного управления в нашей стране позволит создавать «умные» города. Новые технологии создадут рабочие места в сфере компьютерных и информационных технологий. В связи с этим Президент Туркменистана обращает внимание на необходимость подготовки высококвалифицированных специалистов в сфере цифровой экономики.

Благодаря глобальной сети Интернет, сформировавшаяся мировая информационная система будет способствовать дальнейшему развитию науки в системе образования. Мировой опыт и анализ современной системы образования доказывают, что полученные знания в процессе обучения неразрывно связаны с дальнейшим развитием научной мысли.

Возможность получения любой информации из Интернета позитивно влияет на качество нашей ежедневной жизни и труда. Использование этой информации способствует принятию рациональных решений, более глубокому пониманию современных событий и явлений. Навыки работы с компьютерной техникой, знакомство с теоретическим и методическим материалами через сетевые технологии становится особенно важным и необходимым, положительно действует на дальнейший переход на цифровые технологии.

Таким образом, внедрение цифрового образования позволит нарастить человеческий капитал, привлечь инновационные средства в экономику и другие сферы для всестороннего развития общества. Образование и вузовская наука не только взаимосвязаны, но и результативны лишь в условиях взаимного обмена информацией. Только тесное взаимодействие в условиях сотрудничества обеспечит прогресс и инновационное развитие вузовской науки.

#### **Литература**

1. Президент Туркменистана утвердил Концепцию цифровой образовательной системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://turkmenistan.gov.tm/> – Дата доступа: 15.09.2017.
2. «Программа Президента Туркменистана по социально-экономическому развитию страны на 2019-2025 гг.». - А.: Туркменская государственная издательская служба, 2019.



# ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ НА ОСНОВЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОГО СТОРИТЕЛЛИНГА ИЗ ОПЫТА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ

Бадак Б. А., Долгополова О. Б.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: badak.bazhena@bk.ru*

Анализируя законы современной реальности, мы приходим к убеждению, что преподавателю необходимо использовать новые методы и формы проведения уроков, для этого нужно организовать учебный процесс таким образом, чтобы учащиеся с заинтересованностью и увлечённостью работали как на уроке, так и дома, а также наблюдали и оценивали результаты своей деятельности.

В течение 2020–2021 уч. года в ГУО «Лицей № 1 г. Минска» с помощью сервиса Google Classroom нами были созданы два курса «Информатика в 10 классе» и «Информатика в 11 классе» для классов физико-математической, экономической, химико-математической направленностей. Краткая структура курсов приведена на в качестве примера (рис. 1). На данных электронных курсах преподаватель может быстро создавать и проверять задания, рассылать объявления и начинать обсуждение, а учащиеся – обмениваться друг с другом материалами и отвечать на заданные преподавателем вопросы.

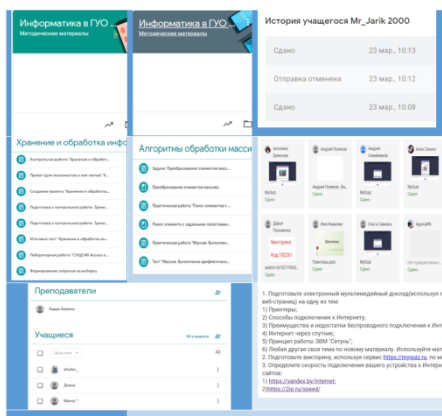


Рис. 1. Структура курсов «Информатика в 10 классе» и «Информатика в 11 классе»

В процессе преподавания информатики я применяю данные курсы. Они используют современную технологию «цифрового сторителлинга». Цифровой сторителлинг – это метод электронной коммуникации, основанный на организации мультимедийного контента вокруг одной истории [1, с. 60].

Приведём алгоритм разработки цифрового рассказа, создаваемого учащимися ГУО «Лицей № 1 г. Минска» в рамках учебного проекта в целях формирования медиа компетентности, закрепления базовых знаний для решения практических задач в области ИКТ, развития творческих способностей.

*Алгоритм разработки цифрового рассказа:*

**Разработка концепции.** Включал в себя выбор темы, определение целей и задач цифрового рассказа, целевой аудитории. Учащимся 10 классов был предложен проект

по разделу «Хранение и обработка информации в БД», а учащимся 11 кл было предложено задание по созданию проектов по наиболее трудным темам ЦТ.

**Сбор и анализ информации.** На данном этапе осуществлялся поиск информации по теме, ее анализ, размышления, выработка авторской позиции.

**Создание истории.** Подготовка сценария истории.

**Раскадровка.** На данном этапе производился окончательный подбор визуального материала, а также аудиоматериала.

**Монтаж.** Собранный контент соединялся в рабочем пространстве проекта.

**Презентация проекта.** Проекты демонстрировались как одноклассникам, так и преподавателям лицея, осуществлялась обратная связь, необходимые доработки.

**Публикация.** Работы учащихся размещены на персональном блоге преподавателя <http://badak-school-by.tilda.ws> в разделе «Актуально сегодня» – «Цифровой сторителлинг».

В таблице 1 приведены, характеристики проектов, выполненных учащимися ГУО «Лицей № 1 г. Минска».

Табл. 1. Характеристики проектов, выполненных учащимися

Форматы представления цифровых историй учащихся	Характеристика	Используемые сервисы	Тематика
Рисованное видео (дудл-видео)	Анимационный прием – лицеист наблюдает, как рука условного художника рисует стилизованные картинки по определённой теме.	VideoScribe, Powtoon	Тригонометрия (интегрированные уроки математики и информатики)
Анимированный сторителлинг	Лицеисты создавали и озвучивали видеоролик, все визуальные элементы которого находятся в движении.	Powtoon, GoAnimate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Логарифмы в реальной жизни</li> <li>• Производная функции вокруг нас</li> </ul>
Комиксы и раскадровки	С помощью онлайн сервиса Pixton лицеисты создавали собственных персонажей,	Pixton	Корни n-ой степени

	создавали свои сцены, объединяя их в комиксы и раскадровки.		
Презентации	Выполнение проектов на основе цифрового сторителлинга.	PowerPoint, Office Mix, Prezi, Sway	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Языки программирования</li> <li>• Аппаратные средства компьютера и др. темы учебной программы</li> </ul>
Видеомонтаж	Выполнение проектов с помощью видеоредакторов.	Windows Live, YouTube Editor	Хранение и обработка информации в базах данных
Веб-страница с мультимедийным контентом	Создание персональных веб-страниц на основе известной технологии(язык HTML или конструкторы шаблонов).	Wix, Site123, WordPress, zugo и др.	Основы алгоритмизации и программирования. Основные возможности языка Python. «От теории к практике»

Хочется отметить, что в процессе проводимого исследования в ГУО «Лицей № 1 г. Минска» с применением технологии цифрового сторителлинга, уровень внутренней мотивации учащихся повысился. В начале учебного года 70 % учащихся было с низкой мотивацией, 10% – со средней, 20 % – с высокой. В конце первого полугодия – 5 % – с низкой, 25% – со средней, 70 % – с высокой. Стоит заметить, что метод цифрового сторителлинга – новая форма проведения уроков, которая обеспечивает эффективную коммуникацию и эргономичную подачу информации, востребован в различных сферах общественной жизни. Современные программы и сервисы предлагают удобные инструменты разработки и ресурсы (шаблоны, коллекции изображений, видео – и аудиоэффекты), облегчающие создание цифрового сторителлинга и делающие эту технологию доступной для педагогов, владеющих необходимыми профессиональными ИКТ компетенциями.

#### Литература

1. Маняйкина Н. В., Надточева Е. С. Цифровое повествование: от теории к практике // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 10. – С. 60–64.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ MOODLE И ПАКЕТА DISCORD ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА МЕХМАТЕ БГУ

**Барвенков С. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: bars@bsu.by*

Начиная с сентября 2019 года в рамках курса «Методы программирования и информатика» на 1ом курсе мехмата БГУ использовалась система дистанционного обучения Moodle, установленная на сервере БГУ (edummf.bsu.by). Разработанный курс имеет модульную структуру и включает в себя:

1) рабочую программу – позволяет студентам получить полное представление о данном курсе: тематике модулей, видах учебной деятельности, формах и сроках отчетности;

2) форум – предназначен для дистанционных консультаций и общения преподавателя со студентами;

3) учебные модули – содержат структурированную учебную информацию, соответствующую рабочей программе;

4) ссылки на дополнительные информационные ресурсы.

Каждый учебный модуль изначально создавался таким образом, чтобы преподаватель мог использовать его не только и не столько для организации самостоятельной работы студентов, но и во время аудиторных занятий. Поэтому отдельный модуль описывает некую тему и включает в себя следующие ресурсы:

- лекции (режим предъявления материала), не просто повторяющие содержание очных лекций, но содержащие много дополнительной информации для самостоятельного изучения интересующимися студентами;

- лабораторные работы (режим обучения), содержащие задания по рассматриваемой теме модуля и предназначенные для закрепления теоретического материала;

- тестовые задания (режим контроля), задачи у которых выставлен крайний срок сдачи, предназначенные для диагностики текущих достижений студентов.

Такая структура курса позволяет преподавателю организовать личностно-ориентированный подход к первокурсникам. Каждый год в учебной группе обычно встречаются как студенты, которые занимались в школе программированием, так и студенты (обычно – участники олимпиад по математике) которых часто освобождали в школе от изучения предмета «информатика» и они слабо знают даже основы алгоритмизации и программирования. Использование СДО позволяет сделать вариативным и гибким изучение содержания курса на основе индивидуального темпа и степени осознания теоретического и практического материала. Кроме того, в случае пропуска занятия студентам обеспечивается самостоятельное освоение материала, и устранение пробелов путем повторения, предоставляется возможность лучше сориентироваться в общем объеме и содержании изучаемого материала, что обеспечивает своевременное его закрепление. Статистика мониторинга учебной деятельности студентов накапливается и систематизируется. Так как в системе Moodle ведется контроль за посещаемостью и активностью каждого студента, то эта информация позволяет преподавателю реализовать оптимальные для каждого

обучающегося образовательные траектории, своевременно влиять на учебную деятельность студентов. Также относительно легко внедрять балльно-рейтинговую систему оценки знаний и проводить анализ результатов обучения.

Поскольку Moodle создает и хранит портфолио каждого обучающегося: все сданные им работы, все оценки и комментарии преподавателя к работам, то преподавателю легко понять уровень владения предметом и скорость, с которой студент осваивает материал. Т.к. выполненные работы учащиеся размещают в системе прикрепленными файлами, и преподаватель либо оценивает работу, либо, указав на недостатки в комментариях, возвращает ее на доработку, то студент фактически получает при каждой попытке индивидуальную консультацию, что проблематично сделать в рамках аудиторных занятий.

Самостоятельная работа студентов служит основой высшего образования. Ведь только те знания, к которым человек пришел самостоятельно, становятся действительно прочным его достоянием. Именно поэтому высшая школа постепенно переходит от «передачи» студентам знаний в готовом виде к управлению их самостоятельной учебно-познавательной деятельностью [1]. Применение СДО позволяет эффективно использовать время на лабораторных работах. До очередной работы студенты получают задания и изучают методы их выполнения. А во время аудиторных занятий преподаватель лишь консультирует студентов по тем вопросам, с которыми они не могли справиться самостоятельно. Таким образом, использование в учебном процессе высшей школы СДО Moodle позволяет не только интенсифицировать обучение студентов, но и закладывает основу их дальнейшего постоянного самообразования.

Однако, в целом, как описывалось выше, использовалась ЭСО Moodle в качестве системы, дополняющей аудиторные занятия и делающей их более качественными. Но весной 2020 года в связи с пандемией COVID-19 в БГУ было принято решение о проведении занятий во внеаудиторной форме. Поскольку курс «Методы программирования и информатика» нами был уже разработан и наполнен заданиями вплоть до конца учебного года, то это позволило легко решить задачу перевода обучения в онлайн формат. Единственное, что пришлось решать – каким образом организовать онлайн общение со студентами в установленное расписанием время лабораторного практикума. На тот момент в развернутой на сайте версии Moodle не было подключено расширение, позволяющее организовать прямую групповую трансляцию преподаватель-студенты. Пришлось в этот момент использовать сторонние системы, что было не очень удобно по нескольким причинам:

необходимость установки на все компьютеры студентов нового ПО;

отсутствие в СДО Moodle статистики по посещаемости занятий, которые проводятся вне системы.

Первые несколько недель использовался пакет Discord, который позволял вести прямые трансляции экрана преподавателя, обмениваться во встроенном чате сообщениями, назначать различные роли слушателям. В частности, преподаватель мог видеть, что именно происходит на компьютере отстающих студентов. Также есть возможность всем, подключившимся к группе, наблюдать за работой не только компьютера преподавателя, но и любого выбранного студента. Система Discord показала свою жизнеспособность при обеспечении онлайн занятий в группе. Однако хотелось взаимодействовать со студентами в рамках Moodle. Это удалось после установки надстройки Big Blue button. Помимо описанных выше возможностей пакета

Discord важным плюсом являлось то, что можно использовать главное окно системы в качестве электронной доски, на которой при необходимости каждый печатает текст и выделяет нужные фрагменты лекций маркерами. Из недостатков отмечу, что часто сервера БГУ не могли справиться с возросшей нагрузкой в тот момент, когда одновременно много преподавателей пыталось вести видеоконференции.

В конце курса «Методы программирования и информатика» был проведен опрос студентов об их опыте использования среды Moodle. Среди плюсов использования системы дистанционного обучения отметили:

- использовать электронные материалы в любое удобное время (100 %),
- возможность получить в любое время индивидуальную консультацию (90 %),
- общение с преподавателем и одногруппниками через чат, форумы (90%),
- возможность многократно контролировать свое решение задачи с помощью комментариев преподавателя (80 %)
- понятные критерии оценивания и получения зачёта (100 %).

Таким образом, интеграция традиционных и современных дистанционных технологий в организации учебного процесса в высшей школе повышает эффективность всего учебного процесса в целом. ЭСО Moodle организывает продуктивную самостоятельную работу студента по овладению учебной дисциплиной, способствует формированию компетенций, обеспечивает возможность создания индивидуальных образовательных маршрутов, способствует формированию адаптивности, мобильности, умению искать и овладевать новыми знаниями. При этом возможно при необходимости использовать онлайн лекции использовать и другие средства, для групповой работы, например, Discord или Skype.

#### **Литература**

1. Кравченко, Г.В. Использование дистанционной среды Moodle в образовательном процессе студентов дневной формы обучения/ Г.В. Кравченко // Известия Алтайского государственного университета – 2013. – №2. – С. 23-25.

# СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО КОНТЕНТА ДЛЯ СЕТЕВОГО КУРСА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ В LMS MOODLE

**Булавская К. Д., Фролова Н. В., Позняк Ю. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: mmf.bulavska@bsu.by, mmf.frolovanv@bsu.by, pazniak@bsu.by*

По учебной дисциплине «Теоретическая механика» в электронной библиотеке БГУ имеется учебник [1] и учебно-методический комплекс [2]. В 2020 году в рамках междисциплинарной СНИЛ «Дистанционные образовательные технологии» был разработан ресурс, объединяющий модули активности типа «Тест» по теоретической механике [3,4] на платформе LMS MOODLE [5,6], который уже внедрен в образовательный процесс. Несколько рисунков для этого ресурса созданы в компьютерной математической системе GeoGebra.

Что касается теоретического материала, то в сетевых курсах [3,4] на данный момент в каждом занятии он предлагается студентам в виде doc-файлов. Все иллюстративные материалы в указанных файлах представлены статичными рисунками.

Для повышения интерактивности курса по теоретической механике было решено разместить контент в виде элементов курса типа «Книга» LMS MOODLE. Это позволяет разместить на веб-странице рисунки, поясняющие теоретический блок, и создает предпосылки для разработки новых элементов курса, например типа «Лекция», «Задание» и др. Материал для наполнения страниц Книги предоставлен авторами учебника [1].

Количество «Книг» устанавливается в соответствии с учебной программой дисциплины «Теоретическая механика». Учебник [1] состоит из 38 разделов, в которых 56 рисунков. Количество аудиторных часов, отведенных на лекции, согласно программе по теме «Кинематика» – 34 часа, «Динамика» – 54 часа, «Аналитическая механика» и др. – 32 часа. В сумме 120 часов лекций будут представлены шестьюдесятью элементами курса типа «Книга», который позволяет создавать многостраничный ресурс, подобный книге, с главами и подглавами.

В рамках выполнения курсовых работ был создан полный электронный курс «Теоретическая механика» на платформе LMS MOODLE.

## Литература

1. Вярвильская О. Н., Медведев Д. Г., Савчук В. П. Теоретическая механика: учебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/166748>. – Дата доступа: 24.03.2021.
2. Вярвильская О. Н., Медведев Д. Г. Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине Теоретическая механика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/31516>. – Дата доступа: 28.02.2021.
3. Теоретическая механика. Динамика: учебный курс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edummf.bsu.by/course/view.php?id=250>. – Дата доступа: 02.04.2021.
4. Теоретическая механика. Кинематика: учебный курс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edummf.bsu.by/course/view.php?id=823>. – Дата доступа: 02.04.2021.
5. Расширенные возможности СДО Moodle для разработки учебных материалов / Позняк Ю. В., А. С. Гаркун, А. А. Царёва // Информатизация образования 2008: интеграция информационных и педагогических технологий: материалы междунар. науч. конф., Минск, 22-25 окт. 2008 г./ редкол.: Новик (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2008. – 627 с. – Стр. 99-103..
6. MoodleDocs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.moodle.org/ru/>. – Дата доступа: 27.03.2021.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМ СОЦИОЛОГАМ

**Велько О. А. Кепчик Н. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: o.velko@tut.by, Nat.kepchik@gmail.com*

Математика является обязательной частью любой серьезной программы подготовки современных социологов, а социолого-математические методы становятся новыми методами социальных исследований и формируют современное мировоззрение будущего социолога. В наше время информатизация и компьютеризация становятся активными объектами использования в синтезе математики и информатики, что дает возможность выйти на создание определенной инновационной системы образования. Математика и информационные технологии неразделимы, и правильная организация учебного процесса существенно повышает эффективность изучения и понимания каждой из дисциплины.

Чаще всего на занятиях по высшей математике студенты решают математические задачи «вручную», но есть задачи, решение которых достаточно громоздкое и требует больших временных затрат. Отказаться от таких задач мы не можем, т.к. они, как правило, носят прикладной характер и дают возможность продемонстрировать применение математики в социологических исследованиях. Мы считаем, что большинство математических задач в курсе «Основы высшей математики» для студентов социологов можно решать с использованием компьютера. Для автоматизации решений задач не всегда требуются программирование, достаточно использовать пакет MS Excel, который является доступным и легко осваиваемым студентами. В результате такого подхода к организации учебного процесса появляется возможность сделать занятия более красочными и увлекательными, индивидуализировать процесс обучения, а также организовать интересную научно-исследовательскую работу.

Таким образом, дисциплина «Основы высшей математики» для социологов тесно взаимосвязана с дисциплиной «Основы информационных технологий», а обучение будущих социологов математическим дисциплинам с использованием информационных технологий позволяет повысить эффективность образования. У студентов формируется информационная компетентность, расширяются их знания и умения по применению информационных технологий в образовании и будущей профессиональной деятельности.

## Литература

1. Велько, О.А. Взаимодействие социальных и информационных технологий как когнитивное средство обучения будущих социологов / О.А. Велько // Методология и философия преподавания математики и информатики: к 50-летию основания кафедры общей математики и информатики БГУ / редкол.: В.А. Еровенко (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2015. – С. 219–222.
2. Кепчик, Н.В. Компьютерные аспекты преподавания курса «Математическая статистика» / Н.В. Кепчик // – Матэматычная адукацыя: сучасны стан і перспектывы: зборнік матэрыялаў Міжнароднага навуковага канферэнса, Могилев, 17–19 февраля 2004г. / МГУ. – Могилев, 2004. – С. 152–153.



# **ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ И КОМПЕТЕНЦИЙ РАЗРАБОТКИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ КАК ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Вельченко С. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: semmi.vall@gmail.com*

Проблема повышения эффективности подготовки студентов и магистрантов по специальностям 1-31 03 08 – Математика и информационные технологии (по направлениям), направление специальности: 1-31 03 08-01 – Веб-программирование и интернет-технологии механико-математического факультета, ее методического сопровождения согласуется с социальным заказом Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 г. [1], требующим перехода к новой парадигме образования, в основе которой находится «развитие у обучающихся способностей, дающих возможность самостоятельно усваивать знания, творчески их перерабатывать, внедрять его в практику и нести ответственность за свои действия». Подчеркивается, что ведущей задачей «станет формирование личности с системным мировоззрением, критическим, социально и экологически ориентированным мышлением».

«Современные требования к профессиональной подготовке будущего IT специалистов в области программирования» посвящены выявлению значимости развития «параллельных алгоритмов и программ» на основе информационного и деятельного подходов, выявлению требований, предъявляемых к методической системе обучения будущих IT специалистов основам параллельного программирования.

Идеи и технологии параллельных вычислений в настоящее время применяются не только на мощных вычислительных машинах, но и на персональных компьютерах и ноутбуках. Методы параллельного программирования для решения задач отличаются от методов логического, функционального и структурного программирования, дополняя их новыми этапами.

Программирование – это сложная деятельность, которая оказывает существенное влияние на развитие мыслительных процессов. Изучение технологии параллельного программирования изменяет способы алгоритмической деятельности, которые были сформированы опытом разработки последовательных алгоритмов. В настоящей работе описан характер этих изменений.

Пространственно-временная модель памяти предполагает, что в процессе изучения объективной действительности чувственные образы объектов, событий и действий в памяти человека возникают и фиксируются во времени с помощью модельных представлений, затем понятий. Путем обобщения понятий возникают абстрактные сложные понятия. В этой связи следует выделить четыре области памяти: чувственную, модельную, понятийную и абстрактную. В этих областях накапливаются во временной развертке чувственные, модельные и понятийные образы объектов, событий и действий.

Активированный образ в памяти представляет мысль. Мыслительный процесс, или мышление, – это способ активации последовательной цепочки образов (мыслей) для удовлетворения потребностей организма, приспособления к окружающей среде, достижения целей. Различают виды мышления: чувственное, модельное или понятийно-абстрактное. А если рассматривать мыслительный процесс в зависимости от типа образа, то можно выделить типы мышления: с помощью образов объектов и событий – пространственно-временное мышление, образов действий – алгоритмическое мышление.

Активация образов может происходить последовательно либо параллельно. Эти способы определяют соответствующий стиль мышления – последовательный либо параллельный.

Под разработкой параллельных алгоритмов и программ в мышлении будем подразумевать такой способ алгоритмической мыслительной деятельности, который при осознанной, специально организованной последовательности действий позволяет построить параллельный алгоритм.

Органичное включение указанных этапов в процесс решения задачи, осознание их важности являются составляющими способа алгоритмической мыслительной деятельности.

Помимо указанных в модели этапов (выделение подзадач, установление информационных зависимостей и организация информационного взаимодействия подзадач) важную роль играет понимание того, что все подзадачи, на самом деле выполняются параллельно (одновременно). Как показывает практика, этот факт декларируется студентам на словах, но фактически не воспринимается и не понимается в полной мере.

Понимание сути и особенностей параллельных вычислений – это длительный и, как показывает опыт, сложный процесс, в ходе которого «ломаются» привычные стереотипы как в трактовке (чтении), так и в составлении программного кода. При этом формируется новый способ алгоритмической деятельности – способ алгоритмической мыслительной деятельности.

Составляющие способа алгоритмической мыслительной деятельности позволили выделить критерии, по которым можно проводить оценку уровня его развития:

1. Критерий декомпозиции,
2. Информационно-аналитический критерий,
3. Критерий продуктивности.

Методическая система обучения будущих IT специалистов основам параллельного программирования должна целенаправленно формировать способ алгоритмической мыслительной деятельности за счет организации соответствующей деятельности и способствовать успешному усвоению учебного материала.

В качестве базовых дидактических принципов, определяющих структуру методической системы обучения будущих IT специалистов основам параллельного программирования, приняты:

- 1) принцип научности содержания и методов обучения, предполагающий соответствие содержания обучения и методов обучения уровню современной науки;
- 2) принцип доступности, соответствие которому обязывает определенным образом адаптировать сложную для восприятия и понимания теорию параллельных вычислений для обучения студентов в ММФ;

- 3) принцип нелинейности;
- 4) принцип рекурсивности.

**Выводы.** Требования современного информационного общества к уровню предметной подготовки ИТ специалистов определяют необходимость изучения основ параллельного программирования в системе предметной подготовки студентов и магистрантов по специальностям 1-31 03 08 – Математика и информационные технологии (по направлениям), направление специальности: 1-31 03 08-01 – Веб-программирование и интернет-технологии механико-математического факультета. Для формирования способа алгоритмической мыслительной деятельности к методической системе предъявляются определенные выше требования.

#### Литература

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 г. [Электронный ресурс] // протокол заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 мая 2017 г. № 10. – Режим доступа: <http://www.economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivosotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf>. – Дата доступа: 24.11.2019.
2. Краевский, В.В. Основы обучения: Дидактика и методика: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.В. Краевский, А.В. Хуторской. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 352 с.
3. Леонтьев А.А. Педагогическое общение. – М., 1979.
4. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание личности. – М., 1975.
5. Выготский Л.С. Собрание сочинений в 6-ти томах. – М., 1982.
6. Гальперин П.Я. Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий. Исследования мышления в советской психологии. М.: Наука, 1966. С. 236-277.
7. Пак Н.И., Степанова Т.А. Использование параллельных технологий обучения в курсах информатики // Новые информационные
8. Рубинштейн С.И. Проблемы общей психологии. СПб.: Питер. 2008. с. 713.

# ПРОЕКТНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

**Войтешенко И. С.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: voit@bsu.by*

Известная и часто используемая в учебных целях [1] Windows-ориентированная среда для программирования мобильных роботов и симуляции их поведения Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS) после выхода в 2012 году версии 4 больше не обновлялась и устаревает. Но тематические группы задач, сформулированные в [2,3], остаются актуальными при освоении других виртуальных сред моделирования поведения мобильных роботов. Напомним, уточним и обобщим эти задачи.

1. Разработка программ управления роботом с помощью встроенных инструментальных средств и языков программирования, а также с использованием универсальных языков программирования.

2. Программное создание собственного виртуального мобильного робота.

3. Создание нового варианта виртуальной среды.

4. Организация взаимодействия и группового поведения роботов [4].

5. Использование программных средств моделирования и визуализации мобильных роботов для решения сторонних задач.

Настоящий доклад основан на опыте использования виртуальных сред моделирования мобильных роботов при проведении занятий со студентами специальности «Прикладная информатика» (специализация «Программное обеспечение встроенных систем») ФПМИ БГУ.

В 2014–2017 гг. при обучении в качестве платформы использовалась MRDS и ее составляющие (VPL, VSE, CCR, DSS, поставляемые вместе с платформой стандартные виртуальные роботы, виртуальные сцены, примеры программ). Начиная с 2018-2019 учебного года, осуществлялся переход на использование платформы ROS (Robot Operating System) [5, 6] со средой симуляции Gazebo [7], бесплатную версию Webots [8], фреймворк для симуляции роботизированных систем V-REP [9].

В качестве основного методического приема использовался программный подход. Формулировалась цель проекта, предлагалась основная программная платформа, специфицировались требования к отчетной документации. В то же время разработка алгоритмов, выбор инструментов основной платформы, используемых при реализации проекта, необходимость привлечения и выбор дополнительных программных библиотек не регламентировались.

В некоторых случаях проект формулировался более подробно и фактически основывался на методическом приеме «конвейер задач» [10].

В силу специфики содержания образования программистов, основное внимание в проектах уделялось программным аспектам, а вопросы схемотехники, работы электроприводов, конструкции колес, стоек, креплений, исполнительных элементов и т. д., практически не рассматривались.

При формулировке заданий очевидным образом учитывалась специфика программных платформ ввиду существенного различия их назначения и функциональных возможностей.

*Примеры заданий из вышеприведенных тематических групп 1-3.*

Движение робота по заданной траектории/для достижения заданной цели с учетом препятствий виртуальной сцены; проезд в узкие/низкие ворота с необходимостью поворота или складывания выступающих частей робота (робот –трансформер); робот-погрузчик; робот, управляемый звуком/ словами («танцующий робот»); робот, распознающий номера домов или вывески (анализ изображения веб-камеры); разработка робота, способного строить карту окружающей его местности (виртуальной сцены).

*Примеры заданий из вышеприведенной тематической группы 5.*

Разработка некоторых аспектов системы управления «умным домом» на основе использования DSS платформы MRDS [11]; моделирование и анализ дорожного трафика на основе использования возможностей платформы Webots. Проект группы студентов, посвященный оценке влияния постройки новой ветки метро в г. Минске на загруженность автомобильных дорог, размещен на [github.com](https://github.com) [12].

Организация занятий по программированию виртуальных мобильных роботов и визуализации их поведения требует большой подготовительной работы как со стороны преподавателя, так и с точки зрения технической подготовки рабочего места студента. Некоторые из рассмотренных платформ требовательны к оборудованию (например, платформа Webots к графической карте компьютера).

### Литература

1. Гай, В. Е. Microsoft® Robotics Developer Studio. Программирование алгоритмов управления роботами / В. Е. Гай. – М.: ЭКОМ Паблишерз, 2012. – 184 с.
2. Войтешенко, И. С. Использование на лабораторных занятиях виртуальной среды для симуляции поведения мобильных роботов / Информатизация образования – 2014: педагогические аспекты создания и функционирования виртуальной образовательной среды: материалы междунар. науч. конф., Минск, 22-25 окт. 2014г. – Минск: БГУ, 2014. – С. 94-98.
3. Войтешенко, И. С. Сервисы для управления виртуальными мобильными роботами / Веб-программирование и Интернет-технологии WebConf2015 : материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12-14 мая 2015 г. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2015. – С. 47-48.
4. Ровбо, М.А., Овсянникова, Е.Е., Чумаченко, А.А. Обзор средств имитационного моделирования коллективов роботов с элементами социальной организации // Программные продукты и системы, 3(30), 2017. – С. 425-434.
5. Учебники по ROS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wiki.ros.org/ru/ROS/Tutorials/> – Дата доступа: 30.03.2021.
6. Джозеф, Л. Изучение робототехники с использованием Python / Л. Джозеф. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 250 с.
7. Gazebo [Electronic resource]. – Mode of access: <http://gazebo.org> – Date of access: 30.03.2021.
8. Webots User Guide [Electronic resource]. – Mode of access: <https://cyberbotics.com/doc/guide/index>. – Date of access: 30.03.2021.
9. Бжихатлов И.А. Моделирование робототехнических систем в программе V-REP. Учебно-методическое пособие / И. А. Бжихатлов. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 59 с.
10. Войтешенко И. С. «Конвейер задач» как альтернатива проектной деятельности // Информатика и образование. 2007. 10. С. 41–44.
11. Чарльз Стейси Харрис Третий. Автоматизация в доме с помощью Microsoft Robotics Developer Studio 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/archive/blogs/rucoding4fun/microsoft-rob> – Дата доступа: 30.03.2021.
12. Traffic manager [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/dmitars/Traffic> (дата обращения: 30.03.2021).

# НАЦИОНАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО И СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

**Ворожбыт А. В.**

*Украинский институт развития образования, Киев, Украина,  
e-mail: vorozhbyt.dtl@gmail.com*

В наше время реализуется современная образовательная парадигмы, которая предусматривает обеспечение равного доступа к качественному образованию для всех тех, кто должен учиться, и, особенно учеников учреждений общего среднего образования.

Быков В. Ю. говорит о том, что «создание и использование средств и технологий открытой учебной среды является качественно новым этапом развития систем сетевого обучения, который характеризуется формированием и реализацией в образовательном пространстве единой научно-технической и образовательной политики, основанной на принципах открытого образования» [1].

Авторы убеждены, что современный уровень внедрения в учебный процесс ИКТ позволяет создавать системы открытого образования, содержащие новые возможности для педагогов и учеников [2].

Учение [3] изложили теоретико-методологические взгляды на насущную для всей системы образования Украины проблему реализации учебного процесса в условиях карантина, вызванного пандемией COVID-19, и делают вывод, что процесс планирования образования в таких условиях требует принятия серьезных организационных мероприятий и не только на уровне самих учебных заведений.

Всеукраинская школа онлайн (ВШО) – бесплатная национальная платформа для дистанционного и смешанного обучения для учеников и учителей 5-11 классов учреждений общего среднего образования.

Над ВШО совместно работают Украинский институт развития образования, Министерство образования и науки Украины, Министерство цифровой трансформации Украины и ГО «Освитория» при поддержке UNICEF Ukraine и Швейцарии в рамках швейцарско-украинского проекту DECIDE, который выполняется Консорциумом ОО DOCCU и PH Zurich.

На платформе представлено уроки 18 предметов для средней и старшей школы, в каждом из них учебные материалы: видео лекция, конспекты уроков, тестовые задания. Компоненты онлайн-уроков учителя смогут интегрировать в уроки, в чем им помогут методические рекомендации на платформе. Все материалы отвечают государственным программам и календарному планированию.

Благодаря партнерам UNICEF Ukraine, которые помогают делать ВШО инклюзивной для детей с особыми образовательными потребностями: эксперты ЮНИСЕФ обеспечили обучение для авторов уроков и сопровождение по вопросам инклюзии, а также уже работают над переводом видео лекций на жестовый язык и создание аудио дорожек.

Уроки для ВШО готовят более 50 учителей, которые прошли профессиональный отбор, а потом и обучение (навыки з ораторского мастерства и работы перед камерой, не дискриминации, инклюзии, коммуникации).

По состоянию на апрель на платформе зарегистрировано более 30 000 учителей и 111 000 учеников, которые получают доступ к более чем 1300 уроков.

Алгоритм создания и экспертизы уроков ВШО:

1. Учителя ВШО продумывают каждый урок в деталях, пишут сценарий, конспект, тесты и подбирают визуальные материалы.

2. Готовый сценарий согласовывает методист, чтобы урок отвечал государственной программе.

3. За третий этап проверки отвечает литературный редактор.

4. Для того, чтобы учебный контент был доступен для детей с особыми образовательными потребностями, его проверяет эксперт по инклюзии.

5. Эксперт Украинского института развития образования дает оценку сценарию. В результате положительной оценки только после этого проходят съёмки.

6. Согласование визуального ряда (изображения, видео и т.д.).

7. Все участники проверяют смонтированный материал.

8. Эксперт Украинского института развития образования дает оценку уроку на платформе.

С помощью учебных уроков на платформе ученикам будет легче догонять обучение в случае карантина или болезни.

Чтобы воспользоваться платформой E-SCHOOL.net.ua, нужен лишь доступ к Интернету. Благодаря операторам мобильной связи Kyivstar, Vodafone Ukraine и Lifecell, обеспечено безлимитный доступ к сайту для всех абонентов.

Всеукраинская школа онлайн может стать залогом устойчивого, качественного и современного учебного процесса, основанном на принципах открытого образования.

#### **Литература**

1. Быков В. Ю. Открытое образование в Едином информационном образовательном пространстве / В. Ю. Биков // Педагогический дискурс. – 2010. – Вып. 7. – С. 30-35.

2. Серета И. В. Уровни сформированности информационно-коммуникационной компетентности педагогов учреждений общего среднего образования / И. В. Серета, Н. В. Савинова, Н. В. Стельмах, О. Г. Билюк // Информационные технологии и средства обучения. – 2019. – Т. 74, № 6. – С. 56-70.

3. Кухаренко В.М., Бондаренко В.В. Экстренное дистанционное обучение в Украине: Монография / Под ред. В.М. Кухаренка, В.В. Бондаренка – Харьков: Изд-во КП «Городская типография», 2020. – 409 с.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ MOODLE ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Галкин И. М.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: galkin@bsu.by*

Использование информационно-коммуникационных технологий в сфере образования – явление достаточно привычное, активно развивающееся, в последние годы в силу известных обстоятельств получившее особую значимость и новые перспективы и сферы применения.

Система управления обучением Moodle, одно из наиболее распространенных сегодня средств компьютерной поддержки образовательного процесса, обладает достаточно развитыми функциональными возможностями и может применяться в различных сферах и учреждениях образования. В Белорусском государственном университете эта система положена в основу реализации образовательного портала, поддерживающего различные виды обучающей деятельности.

Система Moodle может использоваться в режиме традиционных аудиторных занятий как достаточно эффективное средство поддержки учебного процесса, позволяющее обеспечить лабораторные занятия полезными текущими материалами и ссылками на нужные ресурсы, облегчить учет посещаемости, провести контрольные тесты для проверки знаний, дать информацию студентам для работы дома и обеспечить отложенный контроль выполнения аудиторных заданий.

Еще более важна роль подобной системы в режиме удаленного (дистанционного) обучения. В этом режиме повышается роль видеоконференций, обмена информацией через доступные формы обмена информацией (объявления, форумы, чаты, сообщения), тестирование становится инструментом самообучения, а не контроля. Подобная организация занятий требует от обучающихся умения самостоятельно разбираться в предложенных им специально подобранных преподавателем или дополнительных материалах, способствует развитию подобных навыков.

При обучении программированию в рамках дисциплины “Методы программирования и информатика” основным видом заданий являются учебные задания на реализацию разной сложности алгоритмов или применение изучаемых методов и технологий. Система Moodle предоставляет пользователям достаточно развитый набор элементов и ресурсов, поддерживающих перечисленные потребности преподавания, с оговоркой, что привычные для аудиторного режима занятий способы контроля самостоятельности выполнения заданий при дистанционном обучении требуют больше дополнительных усилий и в конечном итоге менее эффективны.

Вместе с тем в системе имеются некоторые недостатки, например, не поддерживается возможность выдачи индивидуальных заданий отдельным обучаемым, возможности структурирования курса ограничены одним уровнем – темами, механизм обмена сообщениями не позволяет обмениваться файлами и редактировать посланные сообщения по примеру развитых мессенджеров.

В целом же система Moodle на данный момент времени, несомненно, представляет собой серьезное современное и своевременное подспорье в решении многочисленных традиционных и возникающих вопросов обучения.



## О ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ ПО КУРСУ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Громко Н. И., Шешко С. М.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: Gromko@bsu.by, SheshkaSM@bsu.by

В соответствии с учебными планами всех специальностей экономического факультета БГУ дисциплина «Компьютерные информационные технологии» (КИТ) включена в государственный компонент образования. На факультете ведется интенсивная работа по созданию курса, адаптированного для дистанционного обучения (ДО). Сегодня этот вид обучения получил большую популярность и стремительно развивается, охватывая все большую аудиторию. Свои курсы дистанционно предоставляют ведущие университеты мира и образовательные организации, а преподавателями являются лучшие в своей области специалисты.

2020 г. был отмечен стремительным ростом роли ДО. Число пользователей массовых открытых онлайн-курсов (МООК), по данным Class Central [1], крупнейшего агрегатора МООК, за минувший год увеличилось на треть и превысило 180 млн. Они обучались в более чем 900 ВУЗах. В прошлом году зарегистрировано более 2800 новых курсов, 19 новых онлайн-степеней и 360 онлайн-сертификатов.

Табл. 1. Ведущие провайдеры МООК-платформ по итогам 2020 г.

	Количество пользователей, млн. чел.	Количество курсов	Количество сертификатов (Microcredentials)	Количество онлайн-степеней (MOOC-based degrees)
Coursera	76	4 600	610	25
edX	35	3 100	385	13
FutureLearn	14	1 160	86	28
Swayam	16	1 130	0	0
Всего в мире (без КНР)	180	16 300	1 180	67

Отметим, что платформы France Université Numérique (FUN, поддерживаемая Министерством национального образования Франции), XuetangX (созданная Министерством образования Китая и Университетом Tsinghua) и Российская национальная платформа «Открытое образование» реализованы на open-source платформе Open edX, разработанной MIT. Всего на Open edX создано более 35 тыс. курсов, которые изучают более 55 млн. человек на 53 языках.

МООК – это курс, построенный на основе современных педагогических концепций и технологий, имеющий массовый, легко масштабируемый характер, реализуемый с помощью современных информационных технологий.

С точки зрения преподавателей, достоинства МООК заключаются в предоставлении больших возможностей для лучшей организации учебного процесса, доступности и мобильности обучения, реализации профессиональных и личных целей преподавателя. Недостатки МООК связаны с педагогическим несовершенством

формата, особыми требованиями к образовательной системе, ресурсозатратностью и профессиональными рисками для преподавателя [2].

Первоначально курс КИТ на экономическом факультете был реализован на сетевой образовательной платформе eUniversity, которая функционировала в Белорусском государственном университете с 2005 г. и дала большой опыт работы с ДО. В настоящее время для организации смешанного и дистанционного обучения на Образовательном портале БГУ используется система управления курсами Moodle.

Лекции, лабораторные занятия и консультации по дисциплине КИТ проводятся посредством видеоконференций BigBlueButton или Zoom. При этом на Образовательный портал загружаются видеозаписи лекций и инструкций по решению типовых задач. Кроме того, на портале содержатся аннотация курса, указания по изучению, учебная программа, план проведения занятий и контрольных мероприятий, учебные материалы (презентации, лабораторные работы, ссылки на электронные учебники, коллекцию дисциплины в Электронной библиотеке БГУ и т.д.).

Курс КИТ разбит на 5 учебных модулей по темам в соответствии с учебной программой [3]. Большая часть дисциплины посвящена работе с электронными таблицами и базами данных. Изучив учебные материалы по модулю, студент выполняет предложенные лабораторные работы самостоятельно и проходит тесты в системе для контроля знаний. В каждом модуле имеются тесты для самопроверки, которые содержат теоретические вопросы и задачи, соответствующие теме лабораторной работы. Тесты для самопроверки призваны помочь студентам проверить и укрепить свои знания. Эти тесты можно проходить неограниченное число раз.

Задача в тесте представляет собой вопрос с фиксированным ответом – при ответе на вопрос данного типа, система предлагает студенту решить задачу на компьютере и ввести полученный ответ на вопрос. Исходные данные для задач представлены в виде файлов. Для различных вариантов тестирования (самопроверка, контрольная, экзамен) созданы файлы «Данные к тесту» с различными наборами данных.

Любые виды тестов состоят из групп вопросов и задач по темам. Во время тестирования студенты получают по одному или несколько вопросов из каждой группы, выбираемых в произвольном порядке. Оценка по теоретической части теста вычисляется автоматически в зависимости от веса вопросов и системы оценки. После выполнения контрольных или экзаменационных тестов студенты прикрепляют в систему файлы, содержащие решения задач. Окончательная оценка по контрольному тесту выставляется после проверки преподавателем-консультантом прикрепленного в систему документа. Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущего контроля знаний (текущей успеваемости) – 40% и оценки аттестации (экзаменационной оценки) – 60%.

При изучении дисциплины особое внимание уделяется исходным данным для задач, которые помогают студентам изучить традиции, форматы и методы представления экономической информации и получить представление о состоянии экономики РБ, глобальной экономики и финансовой системы. Владение подобной информацией позволяет в дальнейшем осуществлять поиск экономических данных, выполнять финансовые расчеты, строить графики и диаграммы для наглядного представления информации, проводить анализ данных и составлять прогноз.

Данные для задач, формирующих навыки по работе с рабочими книгами, листами и другими объектами MS Excel, берутся, к примеру, на сайте Национального статистического комитета РБ, где в виде таблиц и графических материалов

представлены социально-экономические показатели функционирования экономики нашей страны в виде таблиц и графических материалов. В учебном процессе также используются имеющиеся в свободном доступе базы данных, отчеты и рейтинги различных международных организаций и агентств, итоги торгов на биржах.

При обработке данных изучаются основные инструменты, предоставляемые табличным процессором, для сортировки, фильтрации, подведения промежуточных итогов, создания сводных таблиц и консолидации, анализ «что-если». Студенты выполняют также задания по решению оптимизационных задач, например, об ассортименте, о смесях, транспортной задачи, рассматривают балансовую модель.

При изучении основ программирования на Visual Basic for Applications, студенты могут ознакомиться с объектной моделью MS Office, овладеть навыками по созданию пользовательских экранных форм и работе с объектами табличного процессора, разобраться, каким образом запрограммировать действия, которые они уже умеют выполнять в MS Excel, для автоматизации своей работы.

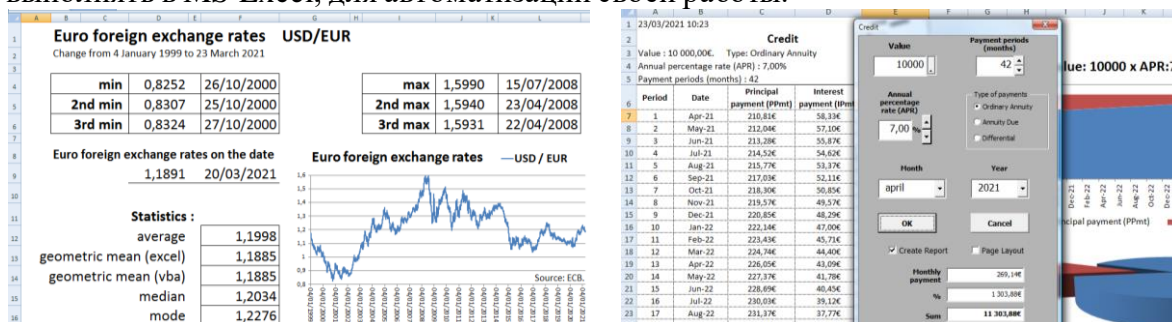


Рис. 1. Примеры результатов решений задач в MS Excel и VBA.

При изучении раздела, посвященного системам управления базами данных (СУБД), студенты смогут освоить базовые понятия теории реляционных СУБД, получить навыки по проектированию баз данных и работе с ними, изучить основы SQL. Все это поможет подготовиться к изучению таких направлений, как, например, Business Intelligence & Data Quality.

Образовательный портал экономического факультета (EduEcon.bsu.by) позволяет дистанционно изучать курс КИТ как при заочной, так и дневной форме обучения. Это актуально особенно сегодня во время пандемии. При этом ДО требует от студентов большой дисциплины, личной мотивации, настойчивости и силы воли. Обязательное присутствие студентов необходимо только по расписанию: при проведении видеолекций, вебинаров, видеоконференций, а также онлайн консультаций. Все материалы выложены на образовательном портале и студент может изучать, выбирая комфортное время и место для учебы. Опыт работы показал, что ДО позволяет успешно справляться с усвоением учебной программы по дисциплине КИТ.

### Литература

1. By The Numbers: MOOCs in 2020 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2020/> – Дата доступа: 22.03.2021.
2. Захарова, У.С. MOOK в высшем образовании: достоинства и недостатки для преподавателей / У.С. Захарова, К.И. Танасенко – М.: Вопросы образования, 2019. №3 – С.177-202.
3. Компьютерные информационные технологии: Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальностей № УД-8989/уч. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/253511> – Дата доступа: 22.03.2021.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ ИГР И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ» СТУДЕНТАМИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

**Капусто А. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: kapusto@tut.by*

Информационные технологии (ИТ) прочно вошли практически во все сферы жизни общества. Современное образование опирается на различные ИТ, которые не просто выступают как дополнение традиционных форм обучения и воспитания, а стали органичной и неотъемлемой частью целостной системы образовательного пространства.

Возможности использования ИТ в образовательном процессе широки и многогранны. Среди основных аспектов, выделенных исследователями, можно указать следующие, имеющие непосредственное отношение к высшей школе [1]:

- неограниченные возможности сбора, хранения, передачи, преобразования, анализа и применения разнообразной по своей природе информации;
- значительное расширение и совершенствование организационного обеспечения образовательного процесса;
- значительное совершенствование методического и программного обеспечения образовательного процесса;
- повышение мотивационной стороны обучения.

Использование презентаций при чтении лекций, размещение необходимых для занятий материалов на информационном образовательном портале учебного заведения, привлечение программного обеспечения (ПО) при выполнении различного рода вычислений, рассматриваются как необходимые вспомогательные средства повышения эффективности образовательного процесса. Вместе с тем, открытым остается вопрос разработки и использования методик системного последовательного применения специализированных программ при изучении математических дисциплин.

Рассмотрим вопрос использования ПО при изучении дисциплины «Теория игр и исследование операций» студентами экономических специальностей на примере возможности привлечения программ позволяющих получить решение задач линейного программирования (ЗЛП) симплексным методом (СМ).

Согласно структуре дисциплины [2] постановка ЗЛП и ее решение графическим и симплексным методом – содержание первых лекций и практических занятий. Бесспорно, что понимание идеи симплекс-метода будет более основательным и полным, если студенты не просто прослушают материал, но и получают навыки непосредственного выполнения всех шагов алгоритма СМ при решении ЗЛП. Вместе с тем, умение получать оптимальный план ЗЛП с помощью симплексных таблиц не является главной целью обучения студента-экономиста. Помимо вычислительных аспектов (скорость и точность расчетов), интерес и значимость имеют анализ и качественная оценка полученного результата. Поэтому для отработки навыков применения СМ нецелесообразно рассматривать задачи большой размерности. Метод искусственного базиса, требующий введения искусственных переменных, при

непосредственном применении на занятии позволит получить решение, в лучшем случае, двух задач. Рациональной в данной ситуации представляется демонстрация и обсуждение процесса решения по готовым симплексным таблицам с последующим размещением соответствующего документа на информационном портале. Для проведения практического занятия по теме «Экономический анализ двойственных ЗЛП» заранее полученные симплексные таблицы позволяют также сократить время технического выполнения расчетов и сконцентрироваться на основной цели. Следует заметить, что в указанных случаях привлечение ПО для выполнения СМ может быть выполнено преподавателем заранее, без участия студентов.

Активное и целенаправленное привлечение ПО на практических занятиях можно начать при решении целочисленных ЗЛП. Преподаватель самостоятельно определяет и рекомендует конкретную программу или онлайн-калькулятор и в течение нескольких минут дает студентам пояснения по решению ЗЛП с помощью приложения. Для примера можно рассмотреть ЗЛП с тремя переменными [3]:

$$f = 2x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 16; \\ x_1 + x_2 \leq 7; \\ 3x_1 + 2x_3 \geq 18; \end{cases}$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1,3}) \quad \text{и целые.}$$

Решение ЗЛП без учета целочисленности потребует построения пяти симплексных таблиц и приведет к оптимальному плану  $\bar{x}^* = (7; 0; 4,5)$ ,  $f^* = 18,5$ . При использовании метода ветвей и границ, ориентируясь на дробное значение  $x_3 = 4,5$ , будут построены и решены еще две ЗЛП. Решение каждой потребует построения новых пяти симплексных таблиц. В данном случае обе задачи имеют оптимальные целочисленные планы и дальнейшее ветвление не понадобится. Вместе с тем, без привлечения специализированного ПО, процесс построения и заполнения таблиц может занять всю пару, и цель занятия – освоить применение метода ветвей и границ для решения целочисленных ЗЛП – будет потеряна в вычислениях и заполнении таблиц. Если же своевременно снять весь объем рутинных вычислений со студентов, то можно рассмотреть несколько целочисленных ЗЛП требующих выполнения большего числа ветвлений, научиться иллюстрировать весь процесс при помощи дерева решений и еще уделить внимание задачам с практическим содержанием.

При изучении раздела «Специальные модели исследования операций» решение ЗЛП с привлечением ПО будет не просто уместным, но и необходимым, что обусловлено большой размерностью задач. Так, например, в случае решения задачи многокритериальной оптимизации методом равных и наименьших относительных отклонений при наличии трех критериев оптимизации и пяти исходных ограничений-неравенств для двух переменных, потребуется введение дополнительных трех переменных и пяти ограничений-равенств. С учетом балансовых переменных размерность канонической формы ЗЛП составит  $10 \times 12$ .

Ряд оптимизационных задач сетевого планирования и управления также предполагает построение математических моделей проектов в виде ЗЛП. К таким задачам относят следующие: оптимизация проекта по вложению дополнительных средств при фиксированном сроке выполнения, оптимизация проекта по времени

реализации при ограниченном вложении дополнительных средств, минимизация стоимости проекта при фиксированной его продолжительности.

Математическая модель задачи оптимизация проекта по вложению дополнительных средств при фиксированном сроке выполнения имеет вид:

$$\begin{aligned}
 f(\bar{x}) &= \sum_{(i,j) \in \bar{e}} x_{ij} \rightarrow \min; \\
 t_{iN}^o &\leq t_0, (i, N) \in \bar{e}; \\
 t_{ij}^o - t_{ij}^h &\geq d_{ij}, (i, j) \in \bar{e}; \\
 t_{ij}^o - t_{ij}^h &\geq t_{ij} - k_{ij}x_{ij}, (i, j) \in \bar{e}; \\
 t_{jr}^h &\geq t_{ij}^o, \text{ для всех } i, j, r \in E; \\
 t_{ij}^h &\geq 0, t_{ij}^o \geq 0, x_{ij} \geq 0, (i, j) \in \bar{e},
 \end{aligned}$$

где  $G = (E, \bar{e})$  – сетевой график выполнения проекта,  $t_0$  – срок выполнения проекта,  $t_{ij}$  – продолжительность работы,  $t_{ij}^h$  – время начала работы,  $t_{ij}^o$  – время окончания работы,  $d_{ij}$  – минимально возможное время выполнения работы  $t_{ij}$ ,  $x_{ij}$  – величина дополнительного вложения средств в работу  $t_{ij}$ ,  $k_{ij}$  – технологические коэффициенты использования дополнительных средств.

Для проекта, включающего пять событий, шесть действительных и одну фиктивную работу, математическая модель имеет вид ЗЛП с 20 независимыми переменными и 21 ограничением-неравенством, не считая условий неотрицательности переменных [4, с.229]. Поэтому выполнить оптимизацию проекта за одно аудиторное занятие возможно только с привлечением ПО.

Следует также отметить, что при изучении матричных игр с нулевой суммой отдельным вопросом рассматривается сведение матричной игры к паре двойственных ЗЛП, что также влечет потребность обращения к ПО при решении задач СМ.

Таким образом, своевременное и методически обоснованное привлечение ПО к организации учебного процесса позволяет рационально использовать время, правильно расставить акценты и значительно повысить качество, как подачи, так и усвоения учебного материала.

### Литература

1. Пашенко, О.И. Информационные технологии в образовании / О.И. Пашенко. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. – 227 с.
2. Теория игр и исследование операций: уч. программа УВО по уч. дисциплине для спец. 1-25 01 02 Экономика, № УД-8363/уч. [Электронный ресурс] / ЭБ БГУ: ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ: Экономика и экономические науки. – Мн, 2020. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/247158>. – Дата доступа: 30.03.2021.
3. Руководство к решению задач по математическому программированию / А.В. Кузнецов [и др.]; под общ. ред. А.В. Кузнецова. – Мн, Вышэйшая школа, 2001. – 448с.
4. Костевич, Л.С. Математическое программирование: Информ. технологии оптимальных решений: Учеб. пособие / Л.С. Костевич. – Мн.: Новое знание, 2003. – 424 с.

# ГРАФЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ СЕРВИСА «GLYPHR STUDIO»

**Концевая Г. М.**

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь,  
e-mail: kgm7@tut.by*

Графема – минимальная единица графической системы языка (системы письма), обладающая тем или иным лингвистическим содержанием. Формально графема может быть описана как линейно-осевая структура буквенного знака. Графематический анализ представляет собой важнейший начальный этап работы с текстом (как для человека, так и для систем автоматической обработки текста). В ходе графематического анализа определяются элементы грамматической структуры (слова, знаки пунктуации, числа, сокращения и т. д.), осуществляется разбивка текста на графемы, определение границ предложений, различение слов и служебных графем, распознавание собственных имен, сокращений и др. Предлагается использовать наработанный в контексте автоматической обработки текста инструментарий для освоения человеком возможностей графематического анализа в процессе языкового образования. Реализовать это можно посредством графематического компьютерного моделирования на основе специальных программных средств, например с помощью Glyphr Studio.

Glyphr Studio представляет собой бесплатный редактор шрифтов, основанный на HTML5. Glyphr Studio – очень доступный и понятный инструмент, который поможет создавать собственные шрифты студентам филологического и педагогического профиля без специальной предварительной подготовки. Glyphr Studio предоставляет инструментарий для выделения графем, создания на их основе сложных форм. Glyphr Studio предоставляет возможности для копирования и вставки, поворотов и переворотов, перетаскивания и масштабирования, указания путей при помощи кривых Безье с опорными точками, заданными в двух- или трехмерном пространстве. Glyphr Studio позволяет определить графему любой формы и затем использовать ее модель в других символах, где встречается данная графема или ее элемент. После этого можно внести изменение в привязанную фигуру (Linked Shape), и они вступят в силу во всех символах, где использовалась эта фигура (obdgpq). Отдельные созданные формы можно сохранить и использовать во множестве литер.

В результате графематического моделирования в Glyphr Studio получается единый HTML-файл малого размера, переносной и простой в использовании. Экспорт проекта осуществляется в файл \*.txt. Само приложение Glyphr Studio бесплатное, с открытым исходным кодом. Приложение Glyphr Studio можно использовать онлайн или скопировать себе в виде одного HTML-файла и работать локально. Компьютерное графематическое моделирование может и должно включать в себя моделирование рукописных шрифтов, что предоставляет значимые возможности в лингвистической, дидактической, реабилитационной работе с учащимися.

## **Литература**

1. Glyphr Studio. [Electronic resource] J of Log Lang and Inf 29, 221–253 (2020) – Mode of access: <https://www.glyphrstudio.com/> – Date of access: 01.04.2021

# СЕРВИС СЕМАНТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ RUSVECTÖRĒS В СОВРЕМЕННОМ МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

**Концевой М. П.**

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь,  
e-mail: kmp@brsu.by*

Семантические вычисления (Semantic computing) реализуют формальный анализ и обработку массивов лингвистических данных на основе вычисления их дистрибуции, лежат в основе всех современных нейросетевых сервисов автоматической обработки текста и углубляют понимание математики [1]. Дидактический потенциал семантических вычислений может быть выявлен в реализации на их основе эффективных решений следующих задач: усвоение глубокой необходимой устойчивой связи современной лингвистики с математикой и её практической реализации в современных информационных системах и сервисах; понимание на высоком уровне абстракции таких важнейших математических и лингвистических понятий как «вычисление» и «вектор». Семантическое расстояние между понятиями, выраженными словами естественного языка, вычисляется как расстояние между векторами словесного пространства. Таким образом, посредством семантических вычислений на новый уровень абстракции возводятся понятия «вычисление», «контекст» и определение вектора, который понимается более обобщенно, как произвольный математический объект, характеризующийся величиной и направлением в специальном конфигурационном пространстве.

Важнейшим инструментом для современных семантических вычислений является Word2Vec. Для образовательных целей удобно использовать сервис RusVectörēs (<https://rusvectores.org>), который вычисляет семантические отношения между словами русского языка. RusVectörēs фактически является «семантическим калькулятором» с предобученными дистрибутивно-семантическими моделями (word embeddings), с помощью которых пользователи могут вычислять семантические сходства между парами слов; находить слова, ближайшие к данному; выполнять над векторами слов алгебраические операции (сложение, вычитание, поиск центра лексического кластера и расстояний до этого центра); рисовать семантические карты отношений между словами; получать, в виде массива чисел, вектор и его визуальное представление для выбранного слова; генерировать контекстно-зависимые лексические подстановки для контекстуальных дистрибутивных моделей [2].

Семантические вычисления наглядно демонстрируют, что вычисления могут быть использованы в работе с любыми конструкциями, в том числе, языковыми. Знакомство с семантическими вычислениями и их практическая реализация на основе сервиса RusVectörēs может стать значимым фактором формирования вычислительной культуры в контексте преподавания информатики и математики.

## **Литература**

1. Nefdt, R.M. Formal Semantics and Applied Mathematics: An Inferential Account. [Electronic resource] / J of Log Lang and Inf 29, 221–253 (2020) – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s10849-019-09298-z> – Date of access: 01.04.2021
2. RusVectörēs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusvectores.org/ru/about/> – Дата доступа: 31.03.2021.



# ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Кравчук А. И.<sup>1)</sup>, Кравчук А. С.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: anzhelika.kravchuk@gmail.com,*

<sup>2)</sup> *Белорусский государственный экономический университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: alexander.s.kravchuk@gmail.com*

**Введение.** Рост объемов производимой информации, ее активное использование в различных сферах деятельности, создание современной сетевой инфраструктуры стали основными факторами возникновения и развития информационного общества в Беларуси [1, 2].

В частности, одним из приоритетных направлений процесса информатизации общества является информатизация образования. Материальной основой этого процесса стало несколько факторов:

- доступность Интернета даже в относительно удаленных регионах Республики Беларусь, который выступил как всереспубликанская база знаний, в том числе и по вопросам образования;
- начиная с 2000-х года в Республике Беларусь уделялось много внимания переоснащению учебных заведений компьютерной и периферийной техникой;
- безусловно положительно на информатизацию общества в целом и образования Республики Беларусь, в частности, сказалось такое негативное явление как широкая доступность нелицензионного программного обеспечения.

Следует отметить, что начался этот процесс информатизации образования, как и общества в целом, довольно хаотично. Вначале никто не имел никакого представления о направлении, в котором необходимо двигаться. Однако всецелым консенсусом в обществе было понимание, что без широкого внедрения информационно-коммуникационных технологий в обществе, государственном управлении и, конечно, образовании просто невозможно будет представлять Республику Беларусь как Европейскую страну.

Практически стихийная информатизация системы образования в Республике Беларусь продолжается и сейчас (несмотря на существующую концепцию [1]). Стихийность этого процесса в образовании объясняется тем, что его локомотивом до сих пор является информатизация государственного управления в целом (т.е. внешний фактор), а не внутренняя потребность отрасли.

**Активизация познавательной деятельности учащихся при использовании мультимедийных средств обучения.** Совершенствование способов учебной деятельности при наглядно-демонстрационном предъявлении материала может быть связано с уже рассмотренной возможностью интенсификации обучения за счет предъявления психологически и дидактически точно выстроенной концентрированной визуальной информации.

Создание данной концепции в связке с методами психоэмоционального воздействия на аудиторию и ее внедрение в обучение позволит интенсифицировать

как освоение материала слушателями, так и уверенное его воспроизводство в течении длительного времени. С другой стороны, это должно высвободить время для других видов учебной деятельности, в частности, участия в научной работе подразделений ВУЗ-ов [2, 3].

Особенности осуществления визуальных педагогических воздействий при использовании информационных технологий заключаются в различном сочетании и взаимодействии двух уровней психоэмоциональной деятельности слушателя:

- сознательного – результат воздействия комментариев преподавателя к последовательности графических образов на экране;
- подсознательного, воздействия ряда ярких визуально воспринимаемых и хорошо запоминаемых сообщений, выраженных в виде логической последовательности статичных и/или динамичных понимаемых слушателем «по умолчанию» образов [2, 3].

Очевидно, что интенсификация именно подсознательного уровня восприятия графических, а иногда и звуковых аналогий требует применения современных мультимедийных средств.

**Современное состояние понимания информатизации образования в Республике Беларусь.** На текущий момент экспериментально стало понятно, что информатизация образования – это не показ только анимации на занятиях, а комплексное понятие, которое должно вбирать в себя некоторые обязательные направления организационной работы:

- информатизации организационной деятельности педагога – это направление предполагает, что все отметки как о проведении занятий, так и оценивание работы учащихся необходимо перевести с «бумаги» в электронный вид;
- должно быть разработано концептуальное видение методик преподавания различных дисциплин с помощью информационно-коммуникационных технологий с учетом психоэмоциональных возможностей и способностей учащихся;
- централизовано должны быть разработаны учебные и методические пособия для ведения занятий посредством информационно-коммуникационных технологий;
- на базе Министерства образования Республики Беларусь создана общереспубликанская база учебных и методических пособий для ведения занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий для различных дисциплин.

Следует отметить, что если по первому направлению, уже достигнуты значительные изменения, то в остальных направлениях продолжает царить самобытная бессистемность, хотя общество и государство в Республике Беларусь уже давно достигли консенсуса в том, что информатизация сферы образования, способствуют не только ускорению научно-технического прогресса, интеллектуализации всех видов человеческой деятельности, но и созданию качественно новой информационной среды, обеспечивающей развитие творческого потенциала индивида [2].

Необходимо подчеркнуть, что презентации или электронные учебники по любому курсу лекций необходимо рассматривать как мощное средство не только повышения эффективности обучения, но и инструмент сохранения существующей системы

обучения в качестве базы, а также естественную «автоматическую» ее передачу будущим поколениям для дальнейшего совершенствования и развития вне зависимости от возрастного состава преподавателей.

Последнее обстоятельство, казавшееся несущественным еще несколько лет назад, уже выходит на передний план, т.к. возрастает риск кризиса преемственности поколений в данной области.

Таким образом, широкое применение информационно-коммуникационных средств в этой связи является практически единственным способом сохранения достигнутого уровня образования в республике Беларусь в будущем, когда связь поколений научно-педагогических работников будет нарушена полностью.

**Выводы.** Одним из приоритетных направлений процесса информатизации общества в Республике Беларусь является информатизация образования – процесс обеспечения сферы образования методологией, практикой разработки и оптимального применения современных информационно-коммуникационных технологий, ориентированных на наиболее эффективное освоение обучающимися излагаемого материала, а также процесс насыщения системы образования электронными пособиями, вобравшими в себя все наилучшие достижения в областях, указанных выше. Широкое применение мультимедийных средств в проведении лекционных занятий, позволяет существенно увеличить количество теоретического материала за время проведения лекционных занятий. Создание базы мультимедийных учебных курсов позволяет существенно поднять уровень образования в периферийных университетах на родственных специальностях.

#### Литература

1. Концепция информатизации системы образования Республики Беларусь на период до 2020 года / Министр образования Республики Беларусь [Электронный ресурс] URL: <https://edu.gov.by/statistics/informatizatsiya-obrazovaniya/> (Дата обращения: 28.03.21)
2. Исаева Г.Б. Современный период развития общества как характеристика процесса информатизации // Apriog. Серия: Гуманитарные науки [Электронный ресурс]. 2014. №1. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_21435313\\_77940499.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21435313_77940499.pdf) (Дата обращения: 28.03.21)
3. Сергеева Т.А. Информационные технологии в активизации познавательной деятельности учащихся // Наука и школа. 2006. № 6. С. 68-69.

# МАТНСАД В КУРСЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

Кремень Е. В., Кремень Ю. А., Расолько Г. А.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kremeney@bsu.by, kremen@bsu.by, rasolka@bsu.by*

В 2019 году вышло издание «Численные методы. Практикум в MathCad» [1]. Данное учебное пособие подготовлено в соответствии с программой курса «Численные методы» на механико-математическом факультете БГУ и отражает имеющийся в этой области опыт в проведении вычислительного практикума и лабораторных занятий по дисциплине. Пособие будет полезно студентам физико-математических специальностей университетов, а также широкому кругу специалистов, применяющих компьютеры при решении научно-технических задач.

Цель данного практикума – изучение методов решения задач вычислительной математики и закрепление полученных знаний путём выполнения контролирующих заданий. В пособие включены традиционные разделы курса, а именно: элементы теории погрешностей, приближение функций, численное интегрирование, численное решение нелинейных уравнений и систем уравнений, численные методы линейной алгебры, численные методы ОДУ, численное решение интегральных уравнений, а также краткий справочник пакета MathCad.

Каждая тема включает теоретический материал, примеры реализации алгоритмов и расчетные и (или) теоретические задачи. Не ставилось целью включить в пособие теоретические данные по темам в полном объеме, но авторы, по возможности, старались привести ключевые моменты, представить механизм вывода методов, особенно в тех случаях, когда их можно успешно использовать при апробации алгоритмов или проведении самостоятельных исследований. Для закрепления теории в каждой теме имеется набор заданий. Часть из них была специально подобрана таким образом, чтобы выполнение задач вручную было бы достаточно громоздко и трудоемко, но в тоже время могло бы быть просто и эффективно выполнено при помощи систем компьютерной математики.

Первый раздел пособия посвящен теории погрешностей. В нем не только рассмотрены различные виды погрешностей, но наглядно показано на примере графа вычислительного процесса как легко определить вклад любой ошибки, возникшей в процессе вычислений, в общую ошибку. Приведен материал по представлению вещественных чисел в компьютере, что позволяет студентам составить обоснованное представление как накапливается погрешность, что может повлиять на величину ошибки и т.д. Для этого традиционно теоретического раздела курса приведены примеры, решение которых выполнено в MathCad. Не достаточно просто получить результаты, не менее важно научить информативно представлять и правильно интерпретировать их. Проиллюстрируем сказанное на неустойчивых задачах, сохраняя нумерацию из пособия.

**Пример 1.7.** (Пример Уилкинсона). Многочлен  $P_{20}(x) = \prod_{i=1}^{20} (x-i) \equiv x^{20} - 210x^{19} + \dots + 20!$  имеет 20 хорошо отделимых корней  $x_1 = 1, x_2 = 2, \dots, x_{20} = 20$ .

Предположим, что только в одном коэффициенте, а именно, при  $x^{19}$  сделана ошибка порядка  $10^{-7}$ : вместо  $-210$  в развёрнутый вид многочлена  $P_{20}(x)$  подставлено число  $-(210+10^{-7})$ . Найти корни возмущённого многочлена.

**Решение.** Используя стандартную функцию *Solve* пакета MathCad легко получить, что малое возмущение, сопоставимое с точностью представления чисел типа *float* в C++ или *single* в *Pascal*, всего лишь в одном коэффициенте качественно изменило набор корней данного многочлена: половина из них перестала быть действительными.

```

P20(x) := ∏i=120 (x - i) expand → x20 - 210 · x19 + 20615 · x18 - 1256850 · x17 + 53327946 · x16
ε := 10-7
P20ε(x) := P20(x) + ε · x19

P20ε(x) solve →
(
20.421950736128862539 - 0.99920096301467263026i
20.421950736128862539 + 0.99920096301467263026i
18.157194069462876092 - 2.4702001696684093328i
18.157194069462876092 + 2.4702001696684093328i
15.314745238025578287 - 2.6986234741794991425i
15.314745238025578287 + 2.6986234741794991425i
12.846211191858680184 - 2.0621808696504566696i
12.846211191858680184 + 2.0621808696504566696i
10.921250266389798514 - 1.1022433306161360392i
10.921250266389798514 + 1.1022433306161360392i
9.570955272465015054
9.1119625132871649535
7.9941304081491038352
7.0002544665135506656
5.9999941752981573736
5.000000060774215633
3.999999997810378794
3.0000000000001633824
1.99999999999999918
1.0
)

```

**Пример 1.8.** Линейная система  $\begin{cases} x + 10y = 11, \\ 100x + 1001y = 1101 \end{cases}$  имеет единственное решение  $x = 1, y = 1$ . Допустив абсолютную погрешность в  $0,01$  в правой части

первого уравнения, получим возмущённую систему  $\begin{cases} x + 10y = 11,01, \\ 100x + 1001y = 1101 \end{cases}$  с единственным решением  $x = 11,01$ ,  $y = 0$ , которое значительно отличается от решения исходной системы. Проанализируем полученные результаты.

	Given		
	$x + 10y = 11$		
	$100x + 1001y = 1101$	Find(x,y) →	$\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$
$\epsilon := 0.01$	Given		
	$x + 10y = 11 + \epsilon$		
	$100x + 1001y = 1101$	Find(x,y) →	$\begin{pmatrix} 11.01 \\ 0 \end{pmatrix}$
$\epsilon := 0.005$	Given		
	$x + 10y = 11 + \epsilon$		
	$100x + 1001y = 1101$	Find(x,y) →	$\begin{pmatrix} 6.005 \\ 0.5 \end{pmatrix}$
$\epsilon := 0.00001$	Given		
	$x + 10y = 11 + \epsilon$		
	$100x + 1001y = 1101$	Find(x,y) →	$\begin{pmatrix} 1.01001 \\ 0.999 \end{pmatrix}$

Обратим еще внимание на материалы к теме «Численное решение интегральных уравнений». Тема решения интегральных уравнений, а тем более сингулярных интегральных уравнений, традиционно не имеет широкого представления в учебных практикумах. Кроме этого, в системах компьютерной математики до сих пор нет встроенных методов для решения таких уравнений. В пособии представлены основные сведения, необходимые для изучения и практического применения численного решения интегральных уравнений, построения численных методов и вычислительных технологий на их основе. Это также можно считать одной из основных отличий пособия от традиционных.

Поскольку с каждым годом расширяется круг инструментов, которые можно использовать при решении задач вычислительной математики, то и создание пособий для обучения студентов в которых бы освящались вопросы использования такого инструментария является актуальным.

Уже давно повсеместной практикой при проведении расчетов стало использование различных систем компьютерной математики, таких как MATLAB, Mathcad, Maple, Mathematica и др. Они представляют собой универсальные продукты с гибкими возможностями, включающих множество математических понятий и обладающие богатым набором методов для решения общих математических и научно-технических задач. Численные методы – это именно та дисциплина, в рамках которой использование систем компьютерной математики не просто уместно, но и необходимо.

Maple, MATLAB и Mathematica – это языки программирования, гибкие и мощные, но трудные в использовании и требующие длительного времени на изучение. Поэтому, в отличие от MathCad, пользовательский интерфейс их сложен, в нем легко допускать

ошибки, которые вынуждают проверять и отлаживать весь код. Программирование не визуально и не интерактивно.

Обучение с использованием MathCad может быть эффективно задействовано в ВУЗах любого профиля. Интерфейс Mathcad очень простой, решение математических задач дается с помощью привычных математических формул и общепринятых знакомых символов. Такое же представление имеют результаты вычислений. Mathcad очень хорошо подходит для выполнения технических расчетов и является мировым стандартом для инженерных вычислений, поэтому данное пособие будет интересно студентам естественно-научных и технических специальностей. Кроме того, благодаря тем же свойствам, Mathcad идеально подходит для эффективного использования в сфере образования. И с этой точки зрения пособие будет интересно как студентам, изучающим численные методы, так и преподавателям этой дисциплины.

Апробация заданий, приведенных в практикуме, показала, что у студентов вырабатывается стойкий навык к использованию специализированных математических систем, появляется уверенность в своих силах при работе с новейшими компьютерными технологиями, формируется более глубокий интерес к предмету численных методов и более широкий взгляд на изучаемые математические проблемы в целом.

#### **Литература**

1. Кремень, Е.В. Численные методы. Практикум в Mathcad: учеб. пособие / Е. В. Кремень, Ю. А. Кремень, Г. А. Расолько. – Минск : Вышэйшая школа, 2019. – 255 с.

## **ОБ ОПЫТЕ ПРОВЕДЕНИЯ КУРСА «ЯЗЫК ЗАПРОСОВ T-SQL» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЕКТЕ БГУ «ЗИМНИЙ УНИВЕРСИТЕТ – 2021»**

**Кремень Ю. А., Кремень Е. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kremen@bsu.by, kremenev@bsu.by*

В 2020 году в БГУ стартовал образовательный проект, направленный на расширение и углубление знаний в области гуманитарных и естественнонаучных дисциплин, а также освоение нового материала и создание условий для самообразования. В рамках этого проекта уже прошли «Летний университет – 2020» и «Зимний университет – 2021». В программу «Зимнего университета – 2021» был включен курс «Язык запросов T-SQL». Опыт проведения этого курса оказался очень интересным и позволил сделать некоторые выводы по использованию дистанционных технологий и их результативности для дополнительного образования студентов.

Состав слушателей оказался неоднородным. Были студенты БГУ с естественнонаучных и гуманитарных факультетов, были студенты других белорусских ВУЗов, студенты российских вузов и выпускники. Подобная неоднородность записавшихся на курс, вполне понятна и объяснима.

Для студентов того же или родственного факультета, где подобная дисциплина преподается для студентов одной из специализаций, это хороший шанс расширить свою специализацию, поскольку студентам БГУ прослушанные и успешно выполненные дисциплины по желанию вносят в приложение к диплому. Кроме того, поскольку большинство курсов в БГУ авторские, то у студентов появляется возможность взглянуть на предмет с несколько другой точки зрения, что также будет способствовать более глубокому усвоению предмета.

Интерес студентов, в план подготовки которых подобные предметы не входят, в частности студентов-гуманитариев, также вполне обоснован. Сегодня труд работников ИТ направления достаточно хорошо оплачивается, специалисты в области программирования востребованы на рынке труда. Поэтому студенты направлений, напрямую не связанных с ИТ, стремятся получить хотя бы базовые знания по программированию, базам данных и т. д., что возможно позволит им использовать полученные знания по своему профилю, но сегодня наиболее востребованы универсалы, работающие на стыке профессий. И это хороший стимул получить дополнительные знания.

Еще одна группа слушателей – это студенты других ВУЗов, которые признают авторитет БГУ, как ведущего ВУЗа и хотели бы прослушать курсы именно от преподавателей БГУ.

Кроме того, этот образовательный проект является новаторским и такая возможность компактно, в течение одной-двух недель пройти курс от преподавателей университета имеется далеко не везде.

Занятия проходили в онлайн-формате на платформе Образовательного портала университета <https://educareer.bsu.by>. В связи с эпидемиологической обстановкой нами уже накоплен достаточный опыт проведения занятий ИТ направления с использованием информационно-коммуникационных технологий. Особенность



проведения этого курса заключалась именно в сегментированности состава слушателей, из которой следует неоднородность их подготовки, а также в кратких сроках проведения.

Безусловно, понятие о предмете получили все слушатели. Кто-то глубокое и основательное, кто-то более поверхностное. Университетские курсы не являются научно-популярными и их усвоение требует достаточной подготовки, а порой и знание других предметов. Не все слушатели, пожелавшие прослушать данный курс обладали надлежащей суммой требуемых знаний, что безусловно делало прохождение этого курса для них более трудным. Поскольку по времени прохождения курсы «Зимнего университета» были ограничены студенческими каникулами, то наверстывание необходимых знаний также проходило для не совсем подготовленных слушателей в экстремальном режиме. Все эти факторы потребовали изменения структурирования материалов курса. Авторами был сделан вывод, что при наполнении учебных курсов на портале следует в качестве теоретического материала размещать необходимый минимум подготовительного материала. Указание ссылок на интернет-ресурсы возможно, но не всегда эффективно. Поскольку не каждый необходимый материал изложен просто, доступно и кратко. Для самых неподготовленных слушателей материал должен быть адаптирован автором курса, а вот для тех слушателей, которые уже имеют некоторый уровень подготовки можно размещать ссылки на достоверный материал различной степени сложности в Интернете.

Лекции и лабораторные занятия курса проводились с использованием инструмента для проведения видеоконференций BigBlueButton. Несмотря на то, что материалы курса были доступны как в текстовом виде на образовательном портале, так и в форме видеороликов на youtube, слушатели проявили большой интерес к видеоконференциям лекций, подтвердив слова Антуана де Сент-Экзюпери «Единственная настоящая роскошь – это роскошь человеческого общения». Во время занятий слушатели задавали вопросы, участвовали в обсуждениях.

Проведение практических и лабораторных занятий в онлайн формате требует от преподавателя значительно больших усилий. Чисто технически есть возможность продемонстрировать экран определенного студента всем остальным слушателям. В преподавании предметов программистского цикла это очень важно. Зачастую студенты при написании или выполнении кода попадают в ситуации, которые требуют достаточно точного описания, которое слушатель может дать неполным. В этом случае студент может просто показать свой экран и попросить помощи. Показывая экраны слушателей или демонстрируя свой экран можно имитировать работу на доске в аудитории. С тем неоспоримым преимуществом, что написанный код тут же может быть запущен и будет виден результат его выполнения. Невозможность видеть слушателей и непосредственно отслеживать их реакцию очень затрудняет процесс обучения. Демонстрация своего экрана другим позволяет студентам не только показать, как работает отдельный слушатель, но и использовать элементы командной работы. Что очень важно при выполнении реальных проектов на производстве. Не все из студентов включают веб-камеры. В таком случае достаточно тяжело понять почему студент отмалчивается на занятии: ему скучно, он не понял, вышел попить кофе, у него пропала связь или он молчит в силу свойств своего характера. Как показала практика студенты не охотно общаются на форуме. Для них привычнее создать для общения по теме предмета телеграмм канал или группу в Skype и др. Чат в BigBlueButton чаще всего используют при потере звуковой связи или для передачи ссылок, кусочков кода

и т. д. Рабочую атмосферу и вовлеченность слушателей поддерживают опросы в чате в процессе занятия, в том числе и в форме голосования. Такое голосование хорошо использовать при обсуждении сложных моментов как своеобразную замену тесту для замеченных преподавателем проблем в восприятии материала слушателями.

Поскольку уровень слушателей был разным, а кроме того, скорость усвоения материала у каждого разная, очень эффективным оказалось использование видеоматериалов. Авторские лекции, видео ролики решения задач курса были размещены на канале youtube. Студент мог просмотреть их в любое удобное для себя время. Это очень важно, если теоретически все понятно, но что-то упущено или не получается при выполнении примеров. Повторный последовательный просмотр создания рабочей задачи, что называется с нуля, по отзывам слушателей оказался особенно полезным.

В целом опыт проведения курса «Язык запросов T-SQL» в образовательном проекте БГУ «Зимний университет – 2021» оказался полезным и интересным. Возможно, на данном этапе была проведена недостаточная рекламная кампания образовательной программы. Как показал опрос в группах на механико-математическом факультете, не все студенты знали о такой возможности, но многие проявили заинтересованность. Авторам представляется, что данная образовательная программа имеет большое будущее и интерес к ней будет только расти.

#### Литература

1. Кремень, Ю.А., Кремень, Е.В. Использование канала YouTube при преподавании дисциплины «Базы данных и SQL» // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 : тез. докл. 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2018. – С. 61.

2. Курс «Язык запросов T-SQL» доцента кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета Белорусского государственного университета Кремень Ю.А., созданный для образовательной программы «Зимний университет – 2021» <https://educareer.bsu.by/enrol/index.php?id=59>.

3. Обучающий канал доцента кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета Белорусского государственного университета Кремень Ю.А. <https://www.youtube.com/channel/UCf1AbfbreuzeZFiYGgP7PdA>.

# ЭЛЕКТРОННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Кремень Ю. А., Кремень Е. В., Расолько Г. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kremen@bsu.by, kremenev@bsu.by, rasolko@bsu.by*

Активное внедрение информационных технологий в образовательный процесс ставит перед высшим образованием задачу построения и использования более гибкой и эффективной модели обучения, использования новых технологий формирования знаний и каналов доступа к ним.

Включение информационных технологий в учебный процесс влечет за собой изменение принципов построения учебных курсов, поиск новой структуры учебной деятельности и организацию новых форм подачи материала. Нужно найти и освоить новые средства и возможности повышения эффективности учебного процесса, разработать новые методические и дидактические системы, которые стимулировали бы активную самостоятельную учебную работу студентов и их творческую деятельность.

На педагогическом отделении механико-математического факультета БГУ изучается ряд предметов, тесно связанных с информатикой и программированием. Это блок дисциплин первого, второго и третьего курсов, включающий «Методы программирования и информатика» и Учебную (вычислительную) практику 1 и 2 курса, «Программирование на VB, VBA и Delphi» 2 курса, «Базы данных и SQL» 2 курса и «Веб-конструирование» 3 курса, которые и входят в образовательный кластер программирования и информационных технологий.

Преподавание предметов, связанных с программированием и информационными технологиями, имеют свою специфику. Это связано в первую очередь с тем, что все предметы кластера предполагают активное использование компьютера. Привыкая регулярно использовать компьютер на протяжении всего курса, студенты проще и более желательнее воспринимают новые электронные формы обучения.

Первоначально использование компьютерных технологий сводилось к использованию компьютера при подаче материала: презентаций, электронных конспектов лекций, электронных учебных материалов и т. д. Уже более двух лет при преподавании всех предметов кластера используется модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда Moodle. Сначала электронные курсы были локализованы на платформе для разработки и использования образовательных онлайн-ресурсов БГУ <https://dl.bsu.by/>. С 2019–2020 учебного года все курсы были переведены на образовательный портал механико-математического факультета БГУ <https://edummf.bsu.by/>.

Несмотря на то, все предметы данного образовательного кластера читаются для студентов очного отделения факультета, авторы считают необходимым наличие электронных курсов по предмету. Причем нужно обязательно включать в состав всех учебных курсов кластера теоретические материалы. Это могут быть материалы лекций или просто теоретические сведения, необходимые для выполнения конкретного

задания, как, например, в курсе вычислительной практики. Все преподаваемые авторами курсы в достаточной мере обеспечены учебно-методическими материалами, изданными на бумаге или в электронном виде. Студентам, для их прочтения требуется либо иметь печатное издание, либо иметь под рукой компьютерный девайс с установленной программой для прочтения документов. Просмотр веб-страницы электронного курса требует только браузера, что позволяет просматривать материалы с портала даже на смартфонах. Для обучающихся очень удобно, что материал структурирован и интерактивен, связан гиперссылками. Возможности использования CSS-стилей для оформления контента намного богаче чем при традиционной печати или при оформлении электронного издания. Особенно это важно при оформлении текста программ. Использование форматирования способствует более легкому пониманию и позволяет намного быстрее усваивать материал. При оформлении контента можно и нужно пользоваться некоторыми принципами SEO-оптимизации, применение которых позволяет пользователям за несколько секунд вычленивать на веб-странице главное. Для студентов, уже имеющих богатый опыт использования Интернета, такая подача материала привычна, удобна и не вызывает отторжения.

Конечно, любая самая богатая подборка электронного материала никогда не заменит живого общения ученика и учителя при обучении, воспроизвести воспитательную деятельность преподавателя или полноценно развивать и направлять исследовательскую деятельность студента. Поэтому электронные курсы призваны быть дополнением к основному курсу, средством поддержки профессиональной деятельности. Скорость восприятия материала у всех обучающихся разная. Всегда есть студенты, которым требуется просмотреть материалы еще раз более внимательно в своем темпе. Кроме того, если студент заболел и отсутствует на занятии в аудитории, он также может получить всю информацию занятия на портале.

На первом и втором курсах на занятиях по предмету «Методы программирования и информатика» активно используются тесты. Студентам понравились и оказались очень полезны тренировочные тесты. Проверяющие тесты по итогам нескольких занятий позволяют студентам постоянно поддерживать свой уровень знаний. Полезно также использовать тесты с других ресурсов. В курсе «Базы данных и SQL», например, используются тесты со стороннего ресурса. Вопросы по базам данных часто встречаются на собеседовании в IT компаниях. Есть ряд сайтов, где в качестве тестов можно решать задачи, и нередко на собеседовании интересуются каких успехов интервьюируемый достиг на том или ином сайте. Именно на таком сайте студенты решают задачи. Это не только поднимает уровень их профессиональной подготовки, но и повышает их самооценку, позволяет сравнить свои результаты, с результатами большего числа пользователей, заинтересованных в освоении предмета.

Среди студентов есть достаточное число эмоционалов, которым проще воспринимать материал наглядно в виде презентации. Поэтому обычно наряду с веб-страницами с обучающим материалом мы размещаем в курсах также и презентации. Есть опыт использования демонстрационных анимационных роликов. Такие ролики, например есть в курсе «Методы программирования и информатика» в теме Сортировки массивов и других.

Современное молодое поколение привыкло потреблять видеоконтент. В курсах «Базы данных и SQL» и Вычислительная практика используются обучающие видео ролики, созданные преподавателем и размещенные на его собственном канале на YouTube. Материалы пользуются успехом не только у наших студентов. Кроме того,

наличие видеороликов в курсе делает его конкурентоспособным на фоне многочисленных курсов в интернете.

Все курсы кластера содержат задания. Студенты заранее, с самого начала курса видят, какие есть задания и сколько их. Студент может выполнять задания в своем опережающем темпе.

Интерактивные возможности платформы Moodle позволяют не только наладить, но и стимулировать обратную связь, организовать диалог и постоянную поддержку со стороны преподавателя, обеспечить активное вовлечение учащихся в учебный процесс и возможность управления этим процессом.

В условиях сложной эпидемиологической ситуации было протестировано использование такого инструмента LMS Moodle, как видеоконференция. В принципе, и в обычное время можно дублировать аудиторное занятие в видеоконференции. Любые изображения, презентации могут выводиться на экран всех участников. Есть возможность показать рабочий стол любого участника видеоконференции. Студентам очень понравилось эта возможность. Это имитирует работу студента у доски. При использовании видеоконференций можно использовать чат видеоконференции, поскольку общение через динамики не всегда удобно студентам. Например, если в комнате общежития сразу несколько студентов участвуют в видеоконференциях, то динамики близко находящихся компьютеров могут исказить звук. Также в чате можно создавать мини опросы.

Поскольку все предметы образовательного кластера программирования и информационных технологий преподаются на педагогическом потоке, то для будущих педагогов опыт прохождения электронных курсов изнутри очень полезен.

Накопленный нами опыт использования информационных технологий позволил сформировать электронное методическое обеспечение образовательного кластера программирования и информационных технологий. Можно с уверенностью утверждать, что реализация обучения с использованием электронных курсов обладает бесспорным преимуществом, дает более высокую эффективность профессиональной подготовки по сравнению с чтением лекций, проведением практических и лабораторных занятий, консультаций, самостоятельной работы студента с учебником и другими литературными источниками. Но в то же время требует намного больше затрат со стороны преподавателя.

### Литература

1. Расолько, Г. А. , Кремень, Ю.А. Информационные технологии в образовании // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс] : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Беларус. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2019. – С. 34-38.
2. Кремень, Ю.А., Кремень, Е.В. Использование канала YouTube при преподавании дисциплины «Базы данных и SQL» // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 : тез. докл. 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Беларус. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2018. – С. 61.
3. Обучающий канал доцента кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета Белорусского государственного университета Кремень Ю.А. // <https://www.youtube.com/channel/UCf1AbfbreuzeZFiYGgP7PdA>.

# ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ONLINE ОБУЧЕНИЯ ПО НЕКОТОРЫМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ КУРСАМ

**Лысак В. В., Расолько Г. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: Lysak@bsu.by, rasolka@bsu.by*

На биологическом факультете БГУ уже продолжительное время используются средства образовательного портала БГУ, в частности, портал [edubio.bsu.by](http://edubio.bsu.by), разработанный на базе свободно распространяемой системы дистанционного обучения Moodle, представляющей собой инструментальную среду для разработки online курсов преподавателями. Здесь после систематизации и структурирования учебного материала по дисциплине он не сложно размещается на портале (учебные программы, список рекомендуемой литературы, вопросы для подготовки к зачету/экзамену, лекции, презентации, задания для лабораторных работ, тесты, видеоконференции и т. д.).

Например, по учебной дисциплине «Микробиология» кафедры микробиологии специальностей «Биология (по направлениям)», «Биохимия» и «Биоэкология» внедрен online ресурс «Микробиология» (<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=32>), включающий курс лекций, 42 презентации, материалы для тестирования (более 400 вопросов в банке вопросов; 6 промежуточных тестов; 1 итоговый тест). Число студентов, использовавших разработку – 194. Общий объем аудиторных часов, проведенных с использованием указанных разработок: лекций – 58 часов, лабораторных занятий – 22 часа, УСР – 6 часов.

По учебной дисциплине «Систематика микроорганизмов» специальности «Микробиология» внедрен online ресурс «Систематика микроорганизмов» (лекций – 50 часов, лабораторных занятий – 14 часов, УСР – 4 часа), включающий курс лекций, 29 презентаций, 2 итоговых теста (<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=33>).

По учебной дисциплине «Физиология микроорганизмов» специальности «Микробиология» внедрен online ресурс «Физиология микроорганизмов» (лекций – 40 часов, лабораторных занятий – 26 часов, УСР – 6 часов) включающий курс лекций, 15 презентаций, 5 промежуточных теста, 2 итоговых теста, состоящих из 70 вопросов (<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=31>).

Основная идея использования разработок состоит в предоставлении возможности студентам получать дистанционно обучающие материалы, а также прохождение тестирования, результаты которого учитываются на итоговой аттестации. По каждому курсу разработаны критерии выставления оценок на экзамене, включающие различные формы текущей успеваемости: компьютерное тестирование по нескольким модулям курса, успеваемость на лабораторных занятиях, итоговая контрольная работа по темам лабораторных занятий. Использование компьютерных технологий позволяет одновременно контролировать усвоение студентами большого объема информации (такие разделы дисциплины «Микробиология», как «Структурная организация клеток микроорганизмов», «Метаболизм микроорганизмов» и «Генетика микроорганизмов»), что было бы невозможно при проведении устного опроса, написания рефератов, эссе и т. п.

На надежность тестов значительное влияние оказывает сложность их выполнения, которое можно выразить через соотношение правильных и неправильных ответов на

включенные в тест вопросы. Считается, что наибольшую надежность и практическую ценность имеют тесты, в состав которых включены вопросы, на которые дают правильные ответы 50 – 80 % обучаемых. Повышению надежности теста способствует увеличение количества включенных в него вопросов. Статистика вопросов выявляет эффективные и неэффективные вопросы, а также вопросы с техническими ошибками, что позволяет непрерывно совершенствовать тесты. Таким образом система Moodle открывает принципиально новые возможности тестирования.

Все вопросы хранятся в базе данных по категориям и могут быть использованы при создании различных видов тестов. Из заданной категории выбор вопроса в тест и порядок его расположения осуществляется по принципу случайной генерации. Соответствующим образом формируются и список ответов. Это, несомненно, затрудняет возможность списывания и механического запоминания. Для каждого теста преподавателем может быть установлено количество попыток его выполнения, а также время на его прохождение.

Успешность процесса обучения пропорциональна соблюдению основных его принципов, таких как: научность, последовательность и системность, доступность, наглядность, индивидуализация, сознательность и активность в обучении, развитие самостоятельности, прочность полученных знаний и сформированных умений и навыков. С учетом данных принципов разработанные нами ресурсы позволяют эффективно организовать процесс обучения как за счет более полного формата представления учебного материала и оперативной возможности его пополнения, уточнения, корректировки, так и возможности выбора каждым студентом индивидуальной траектории изучения материала, тренинга и самоконтроля, использования прозрачной системы диагностики, коррекции и контроля знаний студентов. Таким образом, очевидно, что применение системы online обучения позволило повысить информационную насыщенность рассматриваемых учебных тем, увеличить скорость обучения и долю самостоятельной работы студентов.

COVID-19 вынудил срочно перейти на онлайн обучение в полном объеме. Во время занятий по расписанию студенты были обязаны зарегистрировать свое присутствие на портале, прослушать лекцию или объяснение нового материала, задать возникающие вопросы, обсудить возникающие проблемы в чате или в видеоконференции, выполнить тестовые или контрольные задания. Вторая часть работы – это самостоятельная работа в удобное для студентов время.

Итоговая отметка по учебной дисциплине – интегральный результирующий показатель, формируемый на основе оценки знаний обучающегося в ходе текущего контроля и текущей аттестации и учитывающий все положения рейтинговой системы, применяемой в БГУ: «Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине представляет собой комплекс организационных, учебных и контрольных мероприятий, обеспечивающих непрерывный мониторинг учебной деятельности и текущей успеваемости обучающихся в рамках изучения конкретной учебной дисциплины и позволяющих при проведении текущей аттестации выставлять обучающемуся итоговую (результирующую) отметку, объективно отражающую уровень приобретенных им знаний, умений и навыков».

При формировании рейтинговой оценки не только в случае online обучения весомую часть составляет тестирование, которое в педагогике выполняет важнейшие функции: *диагностическую, обучающую и воспитательную.*

Наиболее значимой при осуществлении тестирования является *диагностическая функция*, способствующая определению качества знаний обучающихся. Реализуя диагностическую функцию тестирования, можно одновременно оценивать прилежание, усердие и аналитические способности учащихся.

Обеспечение *обучающей* функции компьютерного тестирования заключается в мотивации студентов наиболее эффективно прорабатывать и усваивать предлагаемый учебный материал. Этому всемерно способствует наличие у обучающихся пособий [1 – 4], презентаций курса лекций, находящихся в свободном режиме доступа, вопросов для самостоятельной подготовки к тестированию, и обязательного итогового рассмотрения результатов тестирования с целью выявления наиболее сложных для восприятия вопросов.

Разработанные на портале курсы позволили в режиме online оперативно внедрить мероприятия по проведению лабораторных работ и экзаменов. При проведении online экзамена по «Микробиологии» были разработаны: итоговый тест по всей учебной программе, задания, на основании которых предлагалось заполнить таблицу по физиолого-биохимическим свойствам и группам прокариот, а также частный теоретический вопрос для развернутого ответа. Итоговая оценка формировалась следующим образом: 30% оценка по текущей успеваемости и 70% экзаменационная оценка.

Однако, опыт работы в online режиме выявил и ряд проблем:

- улучшение и обновление материально-технической базы вуза, повышение пропускной способности каналов связи с целью обеспечения преподавателей и обучающихся инструментами для максимально удобного использования современных технологий дистанционного обучения;
- преподавателям пришлось срочно дорабатывать дидактические материалы по дисциплинам, что занимает много времени;
- возникают технические сложности при организации совместной работы студентов, на преподавателя ложится большая нагрузка обратной связи со студентами, почасовой объем далеко выходит за рамки плановой нагрузки;
- увеличивается временная нагрузка на преподавателя и по проверке лабораторных работ в удаленном доступе;
- не все студенты достаточно ответственно относятся к работе в online режиме, не могут работать без постоянного контроля со стороны преподавателя;
- проведение лабораторных занятий в online режиме на экспериментальных специальностях не позволяет в полной мере обеспечить практико-ориентированный подход в обучении.

Несмотря на отмеченные проблемы, опыт работы в online режиме показал перспективность развития данного педагогического подхода и необходимости его внедрения в учебный процесс по каждой дисциплине.

#### Литература

1. Лысак В.В. Микробиология: учеб. пособие / В.В. Лысак. – Минск: БГУ, 2008. – 427 с.
2. Лысак В.В. Микробиология. Практикум: пособие / В.В. Лысак, Р.А. Желдакова, О.В. Фомина. – Минск: БГУ, 2015. – 115 с.
3. Лысак, В.В. Физиология микроорганизмов / В.В. Лысак. Минск: Изд. центр БГУ, 2014. – 210 с.
4. Лысак, В.В. Систематика микроорганизмов / В.В. Лысак, О.В. Фомина. – Минск: Изд. центр БГУ, 2014. – 304 с.



# ОБ АКТУАЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТСКОГО УЧЕБНОГО КУРСА ПО ЦИФРОВОЙ КУЛЬТУРЕ

**Паньшин Б. Н.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail:panshin@tut.by*

В настоящее время в сфере образования одним из актуальных вопросов является не только изучение использования возможностей цифровых технологий (цифровая грамотность), но и новое понимание значимости цифровой культуры для анализа данных и закономерностей развития цифровых технологий с тем, чтобы выйти за рамки постепенных улучшений и добиться трансформационных изменений в целях как повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия, так и саморазвития и самореализации специалиста.

Специальный междисциплинарный курс по цифровой культуре даст возможность более углубленного понимания значимости цифровой культуры для экономики и общества на основе учета взаимосвязей между искусством, технологиями и культурой в контексте все более динамичного и многообразного информационных взаимодействий индивидуумов, коллективов и стран. В том числе, улавливания смысла в информационных потоках, законов конвергенция формы интерактивных коммуникаций, оценки рисков цифровизации, внутренней логики цифровой трансформации в контексте гуманизации общественной жизни и технологий, воспитания у студентов привычки получать удовольствие от интеллектуальной деятельности рассматривая технологии через призму развития культуры и искусства (не случайно в Массачусетском технологическом институте свыше 15% учебных программ посвящены изучению искусства и культуры), развития у студентов навыков непрерывного обучения и ответственного применения цифровых технологий.

Исходя из системного подхода и концепции синергетики, цифровую культуру можно определить как постоянный и динамический процесс накопления человеком и сообществами знаний, умений и навыков в ходе адаптации к новой технике и технологиям и применения этих знаний и навыков для формирования среды, стимулирующей взаимодействие людей, в соответствии с объективными и естественными процессами самосборки и самоорганизации в ходе глобальной цифровой трансформации.

Анализ работ зарубежных и отечественных исследователей показывает, что цифровая культура - понятие широкое, не ограниченное рамками информатики и компьютерной грамотности, и требует рассмотрения в широком контексте проблем формирующегося информационного общества и эффектов цифровых трансформаций: отраслей, организаций, профессий [1].

Поэтому нужно рассматривать базовые составляющие и теоретический аппарат традиционной культуры: понятие универсалий, преодоление сложности развивающихся систем, этику и эстетику информационных ресурсов, технологий, цифровых платформ и т. д. Актуальность университетского учебного курса по цифровой культуре определяется следующими по значимости основными факторами и рисками цифровой трансформации:

1. Самозапуск разрушения мотивационных систем, при котором изменение структуры потребностей человека приводит к невозможности достижения им

социально значимых результатов деятельности, то есть к утрате потребности в творческом созидании и в эмпатии. По сути, так называемая цивилизация потребления становится на путь саморазрушения: происходит деструкция высших потребностей, место которых занимают низшие, а социум начинает деградировать. Цифровая культура состоит в требовании от индивидуума и самого социума определенного напряжения: понимания уровня угроз, осознания необходимости перехода к иному вектору развития.

2. Культура формирует личности членов общества, тем самым она в значительной степени регулирует их экономическое и социальное поведение. Если ранее мы считали, что вся жизнь вращается вокруг экономики (бытие определяет сознание), то в век информатизации и цифровизации все больший вес приобретает сознание, определяемое культурой. Во многих исследованиях все чаще рассматриваются вопросы влияния социальных сетей и сервисов на ослабление мотивационных систем в достижении человеком социально значимых результатов деятельности, на снижение потребности в творческом созидании и в сопереживании, на аспекты возникновения новых угроз, связанных с киберпреступностью и объемами фейковых новостей в сети.

3. Риски деградации естественного интеллекта. Скрытая сторона цифровых трансформаций состоит в появившейся возможности манипулирования потребностями человека. В результате наряду с появлением множества беспрецедентных возможностей развития возникает масса псевдоинноваций и проектов по взламыванию экономик и сознаний, массовых и индивидуальных. Наивысшие риски, генерируемые цифровизацией, ассоциируются прежде всего с киберугрозами во всем разнообразии их проявлений, за ними, с существенным отрывом, следуют такие риски, как деградация естественного интеллекта, транснациональный характер конкуренции и цифровая трансформация государства и общества. Последние два фактора воспринимаются не только как угрозы, но и как возможности, требующие эффективного управления.

4. Рост масштабов киберпреступности и деградации информационных потоков. Цифровая экономика – новая искусственная среда ведения бизнеса, а цифровая культура определяет смыслы и принципы сосуществования в цифровой среде. Потери от киберпреступлений в мировой экономике растут высокими темпами. Если стоимость мирового ИТ-рынка в 2020 году приблизилась к 4 трлн долларов, то на противодействие киберпреступности, фейкам и мошенничеству в глобальной сети мировая экономика потеряла от кибератак: в 2018 году - 1,5 трлн долл., в 2019 году – 2,5 трлн. долл., а к 2022 году эксперты прогнозируют общие накопительные потери бизнеса и индивидов - в 8 трлн., и к 2030 - 90 трлн долларов, соответственно. Только из-за прямых потерь от компьютерных преступлений предприятия теряют около 1,2 % своих доходов ежегодно.

Велик ущерб и от фейковых новостей, следствием которых является неоправданный рост и деградация информационных потоков. Причина этого во многом определена анонимностью поведения в Сети людей с низким уровнем культуры, а также скоростью и масштабами распространения вирусов и фальшивок.

По оценке ОЭСР, в ближайшие десятилетия мировая экономика будет наращивать свою внутреннюю взаимосвязанность и сложность, большинство перемен на глобальном уровне будут возникать эндогенно, а национальные экономики будут оперировать в постоянно изменчивой и мультикультурной среде. В связи с этим, в цифровой трансформации можно определить три важные момента, определяющие

значимость культуры: понимание ситуации (умение слушать, видеть и признавать реальность), чутье и обучение (предвидеть изменение ситуации и заранее формировать соответствующие навыки персонала), уверенности и лидерства (готовности и способности выдержать длительный процесс трансформации). В комплексе учет этих аспектов наиболее полно возможен с позиций знаний в сфере цифровой культуры.

Культура в своих подлинных основаниях остается пространством сохранения сложности, накопления наследия высших и уникальных творений человеческого духа, непрерывного поиска смысла жизни и ее истинных ценностей, сизифова усилия, максимизации в человеке человечности и минимизации животных начал и потому требует систематического изучения с учетом максимальной вовлеченности студента в образовательный процесс.

Особое место занимает информационное мировоззрение. Соответственно, феномен цифровой культуры обусловлен как необходимостью адаптации индивида к влиянию цифровой среды, так и его саморазвитием в ходе роста применения цифровых технологий и технических средств. Чтобы выйти за рамки поверхностных знаний об интеграции технологий и их применения необходимо более углубленное понимание тенденций и закономерностей цифровой трансформации.

Для чего и требуется специальный учебный курс по цифровой культуре.

#### **Литература**

1. Мошелла Д. Путеводитель по цифровому будущему: Отрасли, организации и профессии / Дэвид Мошелла; Пер. с англ. – М. : Альбина Паблишер, 2020. – 215 с.
2. Елькина Е.Е. Цифровая культура: понятие, модели и практики. Университет ИТМО, 2018 - [Электронный ресурс] -Режим доступа: <https://openbooks.itmo.ru> - Дата доступа -07.04.2021

# РЕДИЗАЙН ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ПОДГОТОВКИ К ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ

**Позняк Ю. В., Азаров А. И., Саванович Е. Б.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: Razniak@bsu.by*

В рамках дистанционной математической школы механико-математического факультета БГУ функционируют дистанционные курсы по подготовке к централизованному тестированию. В первоначальном варианте система дистанционной подготовки к централизованному тестированию [1] была разработана на основе изданий [2, 3] и включала три курса на платформе LMS MOODLE (dl.bsu.by/course/view.php?id=576, dl.bsu.by/course/view.php?id=597, dl.bsu.by/course/view.php?id=723).

Позже была издана книга [4], в которой изменилась подача материала для самостоятельного решения. Сокращение объема изданий [2, 3] до однотомника привело к значительному сокращению количества задач для самостоятельного решения. Именно на этих задачах и построены задания для самостоятельной работы, которые позволяют системно выстроить подготовку к централизованному тестированию, выработать и закрепить навыки быстрого и правильного решения задач, выделять главное, использовать опорные моменты, самостоятельно находить верные пути решения.

В связи с выходом однотомника [4] было решено осуществить редизайн онлайн-курсов по подготовке к ЦТ.

Каждый из трех курсов был разделен на 2 для удобства посеместровой оплаты (<https://dl.bsu.by/course/view.php?id=1592>, <https://dl.bsu.by/course/view.php?id=1591>, <https://dl.bsu.by/course/view.php?id=1527>). Переработка заняла достаточно много времени и затронула все 96 занятий, что было связано с изменением нумерации страниц и задач.

В систему подготовки к ЦТ были также внедрены 10 онлайн-тестов (<https://dl.bsu.by/course/view.php?id=1636>), которые включают свыше 300 тестовых заданий.

Механико-математическим факультетом осуществлено внедрение в образовательный процесс технологии дистанционного обучения в подготовке к ЦТ для 10-11 классов (Акты №2.4/404 и № 408 от 07.12.20).

Отметим, что издательство «Аверсэв» наконец-то предложило электронную версию [4] – <https://www.aversev.by/rus/katalog/tsentralizovannoe-testirovanie/23986>.

## Литература

1. Развитие дистанционной математической школы / Позняк Ю. В., Рабцевич Т. И., Петрушина Т. С. // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс]: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – С.45–47.
2. Азаров, А.И. Математика. 100 баллов успеха: курс за 5–9 классы / А.И. Азаров. – Минск: Аверсэв, 2017. – 639с.
3. Азаров, А.И. Математика. 100 баллов успеха: курс 10–11 классы / А.И. Азаров. – Минск: Аверсэв, 2017. – 576с.
4. Азаров, А.И. Математика. Пособие для подготовки к централизованному тестированию / А.И. Азаров. – Минск: Аверсэв, 2019. – 765с.

# РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО КУРСА ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЯМ

**Позняк Ю. В., Амелькин В. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: Pazniak@bsu.by*

В настоящем сообщении речь идет о разработке сетевого курса по дифференциальным уравнениям, которая осуществлялась в несколько этапов, используя ранее полученный опыт.

На первом этапе было определено учебное пособие [1], контент которого лег в основу сетевого курса. Содержание учебного пособия было разбито на 34 логически завершённые блоки.

На втором этапе в рамках выполнения нескольких лабораторных работ по учебной дисциплине «Компьютерный дизайн математического контента» (тема «Современные языки разметки математического контента») было выдано задание каждому студенту оцифровать один указанный выше блок. Материал блока размещался в элемент курса LMS MOODLE типа «Страница» в заранее определенном стиле. Все математические символы и формулы набраны в формате языка разметки TeX.

На третьем этапе, в связи с наличием в учебном пособии большого количества иллюстративного материала, было выдано задание на выполнение двух дипломных работ, направленных на создание динамических изображений в облаке (<https://www.geogebra.org/m/hf68vv9z>, <https://www.geogebra.org/m/ab36y7ga>) компьютерной математической системы GeoGebra.

Четвертый этап заключался в привязке всех интерактивных рисунков к страницам курса в LMS MOODLE.

Таким образом, на данный момент создан сетевой курс по дисциплине «Дифференциальные уравнения» (<https://edummf.bsu.by/course/view.php?id=252>), который объединяет 34 ресурса типа «Страница» с интерактивными рисунками. Эти материалы могут быть положены в основу разработки модулей активности LMS MOODLE типа «Лекция», «Тест», «Задание». Также материалы сетевого курса могут быть использованы для создания электронных учебников в компьютерных математических системах Mathematica, GeoGebra и др.

## Литература

1. Амелькин В. В. Дифференциальные уравнения / Амелькин - В. В. Минск: БГУ, 2011. – 291 с.
2. Реализация метода проектов в курсах «Компьютерный дизайн математического контента» и «Разработка мультимедийных приложений» / Позняк Ю. В. // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс] : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2019. – С. 42-44.

# РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 10 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ

**Позняк Ю. В., Загорцев И. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: razniak@bsu.by, mmf.zagorcev@bsu.by*

В проекте Кодекса об образовании Республики Беларусь который был принят в первом чтении [1] дистанционная форма получения образования выделена отдельной строкой.

Дистанционная математическая школа (ДМШ) механико-математического факультета БГУ [2] функционирует на платформе LMS Moodle [3]. В этой системе имеется модуль активности “Урок (лекция, занятие)”, который позволяет после каждого логически завершенного теоретического блока предложить обучающемуся ответить на вопросы и увидеть оценку своего понимания изученного материала [4,5]. Этот этап является очень полезным и необходимым действием в процессе дистанционного обучения.

Исходными материалами для создания логически завершенных блоков по геометрии 10 класса были выбраны элементы курса типа «Страница» LMS Moodle, которые были разработаны ранее [6]. Теоретические материалы были проанализированы и сопоставлены с соответствующими материалами в школьных учебниках по геометрии для 10-го класса [7, 8]. Это позволило оптимальным образом представить имеющиеся теоретические материалы в виде логически завершенных информационных блоков, которые и размещаются на информационных страницах модуля активности.

По теме «Пространственные фигуры многогранники и их изображения»: призма, прямая и правильная призма, пирамида, правильная пирамида – были образованы четыре информационных страницы. Три информационных страницы получились для темы «Объем шара и его частей». По две информационных страницы удалось построить для тем «Прямые и плоскости в пространстве» и «Конфигурации сферы (шара) с призмой и пирамидой, правильные многогранники». Для каждой из тем: «Угол как мера поворота подвижного луча вокруг данной точки, взаимное расположение точек, прямых и плоскостей: аксиомы стереометрии, сечение многогранников плоскостью, параллельность прямой и плоскости», «Параллельность плоскостей, сфера и шар, тела вращения и многогранники, перпендикулярность прямой и плоскости, перпендикуляр и наклонная», «Расстояния. Теорема о трех перпендикулярах, угол между прямой и плоскостью», «Двугранный угол, взаимное расположение плоскостей» было образовано по одной информационной странице.

В результате было создано 23 информационных страницы для 15 занятий. Такое количество информационных страниц обусловлено тем, что разделение теоретического материала в некоторых занятиях на несколько информационных блоков было необходимо для удобства оценивания знаний. После каждой информационной страницы были размещены по два кластера, каждый из которых состоит из 5 вопросов (два уровня сложности).

Вопросы и упражнения были адаптированы к условиям сетевой коммуникации с помощью тестовых заданий следующих типов: верно/неверно, короткий ответ, множественный выбор, числовой ответ. Для 15 занятий было создано 230 тестовых заданий. Для каждого вопроса определялся тип тестового задания, а затем этот вопрос оформлялся в соответствии с форматом модуля активности “Урок”.

Отметим, что система оценивания, нумерация кластеров и тестовых заданий, а также оформление рисунков заимствовано из работы [9].

### Литература

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3941&p0=2020087001>. – Дата доступа 09.04.2021.
2. Дистанционная математическая школа (ДМШ) ММФ БГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dl.bsu.by/course/index.php?categoryid=37> – Дата доступа 09.04.2021.
3. Позняк, Ю. В. Модель дистанционной математической школы / Ю. В. Позняк, А. Г. Яблонская, И. С. Бубер // Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса современного университета [Электронный ресурс]: сб. докл. междунар. интернет-конф., Минск, 1–30 нояб. 2013 г. – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/89689>. – Дата доступа: 10. 04. 2021.
4. Позняк, Ю. В. Возможности системы Moodle и актуальность ее применения в сфере образования / Ю. В. Позняк, А. С. Гаркун, А. А. Царёва // Инновационные технологии в образовании, науке и производстве : материалы Респ. науч.-практ. конф., Минск, 6-7 дек. 2007 г. - Минск, 2007. - С. 156-157.
5. Некоторые аспекты разработки нелинейной траектории изучения элементарной математики в дистанционном обучении (доклад) / Позняк Ю.В., Бубер, И. С. // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf 2015 [Электронный ресурс]: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12-14 мая 2015 г. : [дополнительный выпуск]. – Минск : БГУ, 2015. – 1 электрон. опт. диск. – С. 34-37. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/128269/1/WebConf2015.pdf>.
6. Дистанционная математическая школа. - Режим доступа: <https://dl.bsu.by/course/view.php?id=837>
7. Погорелов А. В.. Геометрия: Учеб. для 7–11 кл. общеобразоват. учреждений. – 5-е изд. – М.: Просвещение, 1995. – 264 с.
8. Латонин Л.А., Чеботаревский Б.Д., Горбунова И.В. Геометрия 10 класс. Учебное пособие для 10-го класса учреждений общего среднего образования. – Минск «Адукацыя і выхаванне», 2020.
9. Задора, В. С. Разработка модуля активности «Урок» для занятий по геометрии в 7 классе дистанционной математической школы : дипломная работа / Владимир Сергеевич Задора; БГУ, Механико-математический факультет, Кафедра веб-технологий и компьютерного моделирования; науч. рук. Позняк Ю. В. – Минск, 2021. - Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/255631>

# РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 7 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ

**Позняк Ю. В., Задора В. С.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: Pazniak@bsu.by*

В Проекте нового Кодекса об образовании Республики Беларусь [1] дистанционная форма получения образования выделена отдельной строкой.

Дистанционные технологии дают возможность создания систем массового непрерывного самообучения независимо от наличия временных и пространственных поясов. Дистанционная математическая школа (ДМШ) ММФ БГУ является одной из таких систем [2].

ДМШ механико-математического факультета БГУ функционирует на платформе LMS Moodle [3]. Каждое занятие по геометрии для 7 класса включает: форум, теоретический материал (теория и 10 примеров с решениями), задание для самостоятельной работы, задание для самостоятельной работы с решениями (10 задач), контрольное задание (10 задач), контрольное задание с указаниями для закрепления знаний. Такая структура каждого занятия при наличии мотивации позволяет обучающемуся научиться решать задачи.

Однако, с методических позиций, очень важным моментом является проверка правильности понимания обучающимся теоретических положений уже в процессе ознакомления с теоретическими материалами и предоставление возможности обучающемуся оценить степень усвоения учебных знаний на этом этапе. Этот момент является весьма полезным и, по-видимому, необходимым звеном во всем процессе дистанционного обучения. Для реализации этой цели в LMS Moodle [4,5] имеется подходящий модуль активности “Урок (лекция, занятие)”. Этот модуль активности позволяет после каждого логически завершенного блока теории предложить обучающемуся ответить на вопросы и увидеть оценку своих ответов.

Исходными материалами для создания логически завершенных блоков выступали ресурсы типа «Страница» LMS Moodle с необходимыми теоретическими материалами, которые были разработаны ранее. Теоретические материалы были проанализированы и сопоставлены с соответствующими материалами в школьных учебниках по геометрии для 7-го класса. Это позволило наилучшим образом представить имеющиеся теоретические материалы в виде логически завершенных информационных блоков, которые и размещаются на информационных страницах модуля активности.

По теме соотношения между элементами треугольника были образованы три информационные страницы. Две информационные страницы получились для следующих тем: геометрические фигуры, первый и второй признак равенства треугольников, третий признак равенства треугольников и серединный перпендикуляр к отрезку, прямоугольный треугольник, перпендикулярные прямые. Для каждой из тем: луч и угол, равнобедренный треугольник, признаки параллельных прямых, свойства параллельных прямых, расстояние, геометрические построения, основные задачи на построение была образована одна информационная страница.



В результате было создано 20 информационных страниц для 13 занятий. Такое количество информационных страниц обусловлено тем, что разделение теоретического материала в некоторых занятиях на несколько информационных блоков было необходимо для удобства оценивания знаний. После каждой информационной страницы были размещены по два кластера, каждый из которых состоит из 5 вопросов (два уровня сложности).

Для создания вопросов двух уровней сложности был проведен компаративный анализ теоретических материалов для 7 класса по геометрии [6 – 10], а также тестовые задания [10 – 12].

Вопросы и упражнения были адаптированы к условия сетевой коммуникации с помощью модуля активности LMS Moodle – «Урок», который предлагает создавать тестовые задания следующих типов: верно/неверно, короткий ответ, множественный выбор, числовой ответ. Для 13 занятий было создано 200 тестовых заданий. Для каждого вопроса определялся тип тестового задания, а затем он оформлялся в соответствии с форматом модуля активности «Урок».

В качестве системы оценивания была выбрана шкала в 10 баллов. Это обусловлено тем, что в каждом уровне 10 тестовых заданий, каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

Эта система более гибкая и позволяет показать учащемуся, что его уровень знаний изменился, даже если этот прогресс незначителен. Так учащемуся проще контролировать собственную успеваемость, а родители могут заметить учебные проблемы намного раньше, чем в 5-балльной системе.

Для удобства разработана нумерация кластеров и тестовых заданий (рис. 1).

7_3_2_Плоскость, угол	Список разделов	Следующая страница	↓ ⚙ 📄 🔍 🗑	Добавить новую страницу...
1-ый уровень вопросов по плоскости, ломаной, углам.	Кластер	7_3_2_1_1	↓ ⚙ 📄 🔍 🗑	Добавить новую страницу...
7_3_2_1_1	Верно/неверно	7_3_2_1_2 1-ый уровень вопросов по теме "Точка, прямая, отрезок, аксиомы".	↓ ⚙ 📄 🔍 🗑	Добавить новую страницу...
7_3_2_1_2	Множественный выбор	7_3_2_Плоскость, угол 7_3_2_Плоскость, угол 7_3_2_Плоскость, угол 7_3_2_1_3	↓ ⚙ 📄 🔍 🗑	Добавить новую страницу...
7_3_2_1_3	Верно/неверно	7_3_2_1_4 7_3_2_Плоскость, угол	↓ ⚙ 📄 🔍 🗑	Добавить новую страницу...
7_3_2_1_4	Множественный выбор	7_3_2_Плоскость, угол 7_3_2_Плоскость, угол 7_3_2_Плоскость, угол	↓ ⚙ 📄 🔍 🗑	Добавить новую страницу...

Рис. 1. Нумерация кластеров и тестовых заданий

В нумерации кластеров только два варианта, 1-й уровень и 2-й уровень сложности вопросов. У вопросов нумерация отличается. Номер вопроса состоит из пяти цифр, для примера возьмем номер вопроса 7\_3\_2\_1\_3: первая цифра 7 – обозначает класс, для которого составлялись вопросы, в данном случае это 7-й класс; вторая цифра 3 – обозначает номер занятия; третья цифра 2 – обозначает порядковый номер информационной страницы в рамках одного занятия; четвертая цифра 1 – обозначает уровень вопроса, относящийся к данной информационной странице; пятая цифра 3 – непосредственно обозначает сам номер тестового задания, которое относится к первому уровню 2-й информационной страницы.

Следует отметить, что во многих тестовых заданиях присутствуют иллюстративные материалы. Для их разработки использовалась компьютерная математическая система GeoGebra, в которой очень удобно создавать объекты динамической геометрии. Все построенные интерактивные рисунки (43 объекта) размещены в облаке GeoGebra – [https://www.geogebra.org/u/bsu\\_mmf](https://www.geogebra.org/u/bsu_mmf).

Все математические символы и формулы набраны в TeX-формате.

### Литература

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3941&p0=2020087001>. – Дата доступа 20.12.2020.
2. Дистанционная математическая школа (ДМШ) ММФ БГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dl.bsu.by/course/index.php?categoryid=37> – Дата доступа 12.11.2020.
3. Позняк, Ю. В. Модель дистанционной математической школы / Ю. В. Позняк, А. Г. Яблонская, И. С. Бубер // Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса современного университета [Электронный ресурс]: сб. докл. междунар. интернет-конф., Минск, 1–30 нояб. 2013 г. – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/89689>. – Дата доступа: 24. 10. 2020.
4. Позняк, Ю. В. Возможности системы Moodle и актуальность ее применения в сфере образования / Ю. В. Позняк, А. С. Гаркун, А. А. Царёва // Инновационные технологии в образовании, науке и производ-стве : материалы Респ. науч.-практ. конф., Минск, 6-7 дек. 2007 г. - Минск, 2007. - С. 156-157.
5. <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/128269/1/WebConf2015.pdf> Некоторые аспекты разработки нелинейной траектории изучения элементарной математики в дистанционном обучении (доклад) / Позняк Ю.В., Бубер, И. С. // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf 2015 [Электронный ресурс]: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 12-14 мая 2015 г. : [дополнительный выпуск]. – Минск : БГУ, 2015. – 1 электрон. опт. диск. – С. 34-37.
6. Казаков В.В.. Геометрия. 7 класс/ Казаков В.В. – Минск «Народная асвета» 2017 – 175 с.
7. Погорелов А. В.. Геометрия: Учеб. для 7–11 кл. общеобразоват. учреждений. – 5-е изд. – М.: Просвещение, 1995. – 383 с.
8. Шлыков В.В.. Геометрия. Учебное пособие для 7-го класса общеобразовательных учреждений. – Минск «Народная Асвета», 2011. – 200 с.
9. А. Солтан, Г. Солтан., Геометрия для самоподготовки. 7 класс – 2-е изд. – Минск «Вышэйшая школа», 2020 – 142 с.
10. Валаханович Т.В., Шлыков В.В.. Геометрия. 7 класс. Самостоятельные и контрольные работы. – Аверсэв, 2018 – 112 с.
11. Белицкая О.В. Геометрия. 7 кл. 1 ч. Тесты. – 2-е изд. – 2016, 64 с.
12. Белицкая О.В. Геометрия. 7 кл. 2 ч. Тесты. – 2-е изд. – 2016, 64 с.

# ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАОЧНОЙ ШКОЛЕ ЮНОГО МАТЕМАТИКА

**Позняк Ю. В., Прокопенко Д. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
email: razniak@bsu.by, mmf.prokopendv@bsu.by*

Заочная школа юного математика (ЗШЮМ) механико-математического факультета БГУ [1] уже несколько лет функционирует в рамках дистанционной математической школы [2] и ориентирована на обучающихся, желающих получить навыки решения конкурсных и олимпиадных задач. Она подходит для тех, кто по каким-либо причинам не имеет возможности посещать дневную школу юного математика.

Механико-математическим факультетом осуществлено внедрение технологии дистанционного обучения в заочной школе юного математика при выполнении НИР «Интеграция компьютерного моделирования, сетевых технологий и облачных сервисов в математические образовательные практики» (№ г/р 20190347, от 26.03.2019). Для 5-9 классов общеобразовательной школы разработаны 150 занятий, включающих теоретические материалы и задания для самостоятельной работы.

Дистанционные технологии внедрялись поэтапно. Сначала были запущены в эксплуатацию 8 и 9 классы, затем (через год) занятия начались в 5 – 7 классах. На протяжении последних трех лет ведется систематическая работа не только с обучающимися, но и совершенствуются все учебные материалы.

Анализ работы показывает, что чем старше класс, тем обучающиеся ответственнее подходят к работе. Задания для самостоятельной работы старшеклассниками выполняются качественнее, в большей степени соблюдаются установленные правила оформления, а решения отправляются на проверку в требуемые сроки.

Как и следовало ожидать, обучающиеся 5 – 6 классов еще только приобретают навыки самостоятельной работы, большинству из них помогают в этом родители. Однако необходимо отметить, что, чем раньше обучающиеся начинают самостоятельно работать с компьютером в сети, тем быстрее они приобретают навыки современной коммуникации.

В течение 2019 – 2020 учебного года была доработана тема по комбинаторике которая присутствует в 5 – 7 классах. В рамках эксперимента был проведен конкурс на «Лучшую работу», победителями каждого этапа признавались те, кто выполнял лучше других требования к оформлению своей работы. Обучающиеся, у которых было наибольшее количество лучших работ, получили памятные призы с символикой механико-математического факультета и БГУ.

На данный момент, кроме выполнения домашних заданий, обучающиеся имеют возможность пройти промежуточный контроль в виде теста, предназначенный для осмысления и закрепления материала. Также разработаны учебные материалы для проведения итогового контроля, результаты которого обучающиеся видят сразу после прохождения.

Как и следовало ожидать, в процессе работы обнаруживаются отдельные неточности, технические погрешности в оформлении. Вопросы, связанные с этим,

также активно обсуждаются на форумах к каждому занятию, где происходит общение преподавателя с обучающимися и обучающихся между собой.

Опыт работы ЗШЮМ с применением дистанционных технологий показывает, что при таком обучении расстояние на расстоянии друг от друга учителя и обучающегося (при наличии мотивации у последнего) не влияет на качество процесса, благодаря тесному взаимодействию, которое организуется за счет методов коммуникации, основанных на использовании интернет-технологий. Гибкий график, желание учиться, регулярный контроль – это и есть «новый» шаг в образование.

#### **Литература**

1. Позняк Ю. В., Федукевич Ю. / Дистанционные технологии в заочной школе юного математика И. // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс]: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – С. 54-59.

2. Позняк Ю. В., Рабцевич Т. И., Петрушина Т. С. / Развитие дистанционной математической школы // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс]: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – С. 45-47.

# **ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО ОБУЧЕНИЯ В 5 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ**

**Позняк Ю. В., Рабцевич Т. И., Ламан А. И.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: Pazniak@bsu.by*

Дистанционная математическая школа (ДМШ) механико-математического факультета БГУ (<https://dl.bsu.by/course/index.php?categoryid=37>) была организована в 2014 году на платформе LMS MOODLE приказом ректора. До сентября 2020 года механико-математический факультет осуществлял системную дистанционную поддержку курсов для 6–11 классов общеобразовательной школы, включая профильный уровень [1]. Велись плановые работы по созданию контента для 5 класса.

Весной 2020 года во время пандемии, связанной с COVID-19, для школьников был открыт пробный гостевой доступ к 8 учебным темам 5 класса, которые проходят в школе в 4-ой четверти. Количество зарегистрированных на этот курс превысило 1000 человек, что свидетельствует о востребованности разработок. На основании этого было принято решение с 1 сентября 2020 года ввести в эксплуатацию дистанционный курс математики для 5 класса общеобразовательной школы [2].

Для реализации этой цели было разработано задание на дипломную работу, задачами которой являлись создание типовой структуры занятия для 5 класса ДМШ, комплексное редактирование материалов в соответствии разработанной структурой, оперативное сопровождение процесса прохождения тем с внесением необходимых изменений.

Каждое из 30 занятий годового курса ДМШ включает: форум для обсуждения занятия, теорию с примерами, задание для самостоятельной работы, задание для самостоятельной работы с решениями, контрольное задание, контрольное задание с указаниями. При размещении материалов выполнялось оформление каждого из 30 занятий в соответствии с разработанной типовой структурой; разработка руководства для пользователя (обучающегося); проверка теоретических материалов на неточности и ошибки в тексте и формулах и их устранение. Все сообщения на форумах анализировались, оперативно вносились необходимые корректировки.

При размещении материалов также была выполнена проверка содержимого на соответствие оригинальным текстам с внесением необходимых изменений. Оформление материалов осуществлялось в соответствии с разработанной для ДМШ структурой стилей. В процессе работы по предложениям и замечаниям пользователей, сделанных на форумах или в переписке, постоянно вносились необходимые коррективы. Отредактировано 30 комплектов файлов, содержащих: текстовые материалы по теории; более 300 приведенных в теории примеров с решениями и рисунками; более 300 приведенных в заданиях для самостоятельной работы задач с решениями и рисунками, более 300 приведенных в контрольных заданиях задач с указаниями.

Механико-математическим факультетом в рамках междисциплинарной СНИЛ «Дистанционные образовательные технологии» осуществлено внедрение в образовательный процесс технологии дистанционного обучения в 5 классе

дистанционной математической школы (Акт №2.4/407 от 07.12.2020 года, общая математическая подготовка, <https://dl.bsu.by/course/view.php?id=978> ).

В соответствии с утвержденным Министерством образования Республики Беларусь примерным календарно-тематическим планированием на 2020 – 2021 учебный год осуществлена тематическая корректировка порядка прохождения тем занятий ДМШ.

### **Литература**

1. Дистанционные технологии в заочной школе юного математика / Позняк Ю. В., Федукевич Ю. И. // Веб-программирование и интернет-технологии [Электронный ресурс] : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – С. 54-59.

2. Развитие дистанционной математической школы / Позняк Ю. В., Рабцевич Т. И., Петрушина Т. С. // Веб-программирование и интернет-технологии [Электронный ресурс] : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. – С.45-47.

# ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОНСПЕКТА ЛЕКЦИЙ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

**Позняк Ю. В., Толочко М. Э.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: Pazniak@bsu.by*

Ранее был описан процесс создания контента для дистанционной математической школы ММФ БГУ [1]. В рамках выполнения НИР «Интеграция компьютерного моделирования, сетевых технологий и облачных сервисов в математические образовательные практики» (№ госрегистрации 20190347, дата регистрации 26.03.2019) осуществляется отработка процесса оцифровки рукописи студенческого конспекта лекций по математическому анализу.

Работа ведется в несколько этапов.

На первом этапе сканируется студенческий конспект постранично, каждая страница отдельным pdf-файлом. В нашем случае эти файлы любезно предоставлены студентами. Первичный анализ показал, в этом конспекте достаточно много неточностей, пропусков материала, не говоря о грамотности.

На втором этапе в качестве одной лабораторной работы по курсу (<https://elib.bsu.by/handle/123456789/237189>) «Современные системы компьютерного моделирования» студенты должны набрать текст и формулы для закрепления навыков по теме «Структура документов компьютерных математических систем», а затем применить форматирование в соответствии с предложенным стилем. Коммуникация между преподавателем и обучающимися осуществляется в среде LMS MOODLE при помощи модуля активности «Задание». Лабораторная работа засчитывается, если оценка не меньше 4. После этого все оцифрованные файлы собираются в один – результирующий.

Третий этап заключается в редактировании результирующего файла в соответствии с авторским оригиналом. Автор предоставляет первоисточник лекций на бумаге или в pdf-формате. В качестве лабораторной работы по теме «Компьютерные математические системы» учебной дисциплины «Веб-дизайн математического контента» каждый студент вычитывает по 1 странице авторского текста в результирующем файле, чтобы затем опубликовать на веб-страничке.

Таким образом, после нескольких этапов обработки авторы получают для дальнейшей «шлифовки» контент в компьютерной математической системе, который затем можно оснастить графическим материалом (статичным или динамичным) и конвертировать в требуемый формат.

## **Литература**

1. Реализация метода проектов в курсах «Компьютерный дизайн математического контента» и «Разработка мультимедийных приложений»/ Позняк Ю. В.// Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс] : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2019. – С. 42-44.

# РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 8 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ

**Позняк Ю. В., Тюрин Е. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: pazniak@bsu.by, mmf.tyurinEV@bsu.by*

Для дистанционного обучения во всем мире широко используется LMS MOODLE [1]. Этот факт сыграл решающую роль при выборе платформы для дистанционной математической школы механико-математического факультета БГУ [2, 3].

Многолетняя практика работы с обучающимися в дистанционном режиме показала необходимость создания ресурсов, которые могли бы в большей степени контролировать усвоение теоретических вопросов при первом знакомстве с предлагаемой теорией. Для этих целей в LMS MOODLE есть модуль активности «Урок», который позволяет открыть сетевой доступ к информационным страницам с теорией и соответствующим тестам.

Информационные страницы компоновались текстами и рисунками из ранее созданных «Страниц» с теорией [3]. Тестовые задания для проверки знаний по теории (информационная страница) объединены в 2 кластера.

На основе анализа как современных учебников, используемых в настоящее время в общеобразовательных школах в 8 классе, так и советских, переживших множество редакций [4 – 7], были созданы 18 информационных страницы: по две для тем «Многоугольники. Параллелограмм», «Преобразования фигур и пропорциональные отрезки», «Углы. Треугольники», «Взаимное расположение прямой и окружности»; по одной — «Площади. Теорема Пифагора. Площадь треугольника», «Площадь трапеции, ромба», «Средняя линия. Трапеция», «Прямоугольник. Ромб. Квадрат», «Подобие фигур и пропорциональные отрезки», «Подобие в прямоугольном треугольнике», «Подобные фигуры. Отношения отрезков и площадей», «Отношение площадей», «Центральные и вписанные углы», «Площади фигур».

Тестовые задания (всего 180) составлялись с использованием стандартных типов: верно/неверно, короткий ответ, множественный выбор, числовой ответ.

Из работы [8] заимствованы система оценивания, нумерация тестовых заданий и кластеров.

## **Литература**

1. Позняк, Ю. В. Возможности системы Moodle и актуальность ее применения в сфере образования / Ю. В. Позняк, А. С. Гаркун, А. А. Царёва // Инновационные технологии в образовании, науке и производстве : материалы Респ. науч.-практ. конф., Минск, 6-7 дек. 2007 г. - Минск, 2007. - С. 156-157.
2. Позняк, Ю. В. Модель дистанционной математической школы / Ю. В. Позняк, А. Г. Яблонская, И. С. Бубер // Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса современного университета [Электронный ресурс] : сб. докл. междунар. интернет-конф., Минск, 1–30 нояб. 2013 г. – Минск, 2014. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/89689> . – Дата доступа: 24. 10. 2020.
3. Позняк, Ю.В. Развитие дистанционной математической школы / Позняк Ю.В., Рабцевич Т.И, Петрушина Т.С. // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf2018 [Электронный ресурс] : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.:



- И. М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2019. – С. 45-47. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/215022/1/45-47.pdf>. Дата доступа: 12.03.2021.
4. Казаков, В.В. Геометрия. 8 класс / Казаков В.В. — Минск «Народная асвета» 2019 — 191 с.
  5. Погорелов, А. В. Геометрия: Учеб. для 7—11 кл. общеобразоват. учреждений. — 5-е изд. — М.: Просвещение, 1995. — 383 с.
  6. Геометрия, 7-9: учебник для общеобразовательных учреждений / Атанасян Л.С., Бутузов В.Ф., Кадомцев С.Б., Позняк Э.Г., Юдина И.И. // 15-е изд. — М.: Просвещение, 2005., — 384 с.
  7. Левитас, Г.Г. Математические диктанты. Геометрия. 7-11 класс. — Москва: Илекса, 2018 — 72 с.
  8. Задора, В.С. /Дипломная работа //Разработка модуля активности «урок» для занятий по геометрии в 7 классе дистанционной математической школы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/255631/1/Zadora\\_dip.pdf](https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/255631/1/Zadora_dip.pdf).

# ТЕНДЕНЦИИ В ВЕБ-ДИЗАЙНЕ ИЛИ ЧЕМУ УЧИТЬ ВЕБ-ДИЗАЙНЕРА В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

**Потапенко Н. И.**

*Белорусский государственный технологический университет,  
Минск, Беларусь, e-mail: potapenko@belstu.by*

Кафедра информатики и веб-дизайна Белорусского государственного технологического университета основана 1 сентября 2014 г. В мае 2015 года кафедре был присвоен статус выпускающей по специальности 1-47 01 02 "Дизайн электронных и веб-изданий".

Приступая к составлению учебных программ по данной специальности 5 лет назад многие на кафедре не задумывались о стремительной смене технологий и подходов к разработке сайтов. Теперь, оглядываясь назад и пройдя определенный путь развития в этой сфере, мы, сотрудники кафедры, ведущие основные дисциплины, видим главные ориентиры в развитии этой специальности. Ответом на вызовы времени стал новый учебный план специальности, куда вошли дисциплины, которых не было ранее. Появление этих дисциплин – не просто ответ на вызовы времени, а тщательный анализ тенденций в веб-дизайне, востребованности на рынке труда наших выпускников и требований со стороны работодателей к их умениям и навыкам.

Изменения очень четко прослеживаются в тематике дипломных проектов. Если первый год тематика дипломных проектов охватывала создание сайтов для организаций различной направленности, то потом начали появляться проекты, связанные с управлением учебным процессом, социальными сетями и продвижением стартапов, игровыми механиками. В последний год популярными стали 3D игры, реализованные на Unity с разработкой авторского дизайна и элементов игры.

От качества дизайна зависит успех веб-проекта, поэтому очень важно следить за инструментами и тенденциями. А так как мы готовим фулл-стеков, то есть веб-дизайнеров, которые должны и могут не только разрабатывать визуальный ряд, но и осуществлять программирование на стороне клиента и сервера. Кстати, это тоже требование времени, все чаще фирмы требуют не просто дизайнера или верстальщика, программиста, а специалиста, который бы совмещал в себе знания полного цикла создания веб-проекта.

Тренды в веб-дизайне можно разделить на визуальные, которые связаны с графическим дизайном, композицией, типографикой, цветом и технологические, которые завязаны на языки программирования и фреймворки.

В ряде взаимосвязанных дисциплин мы учим тому, что иллюстрация – это основная тенденция, которая делает веб-проект уникальным. Иллюстрированный образ работает на айдентику. Умение придумать и разработать, например, уникальный логотип, цветовую схему – это ценный навык для дизайнера. Поэтому в подготовке веб-дизайнера мы уделяем много времени проработке различных стилей. Как это происходит. Студент выбирает в начале курса по веб-дизайну себе тему, например, сайт компании, которая занимается межгалактическими перевозками. А вот и задачи – реализовать дизайн сайта в нескольких стилях - классическом, ретро, гранж, метро и пр. Вначале это вызывает у студентов некоторый протест – как совместить невозможное? Но в том и задача веб-дизайнера – отбросить привычные подходы и

проявить креативность. Еще один тип заданий – разработать творческое резюме с использованием инфографики. Нестандартно, но привлекает внимание со стороны будущих работодателей, это раз, а два – учит наших студентов применять мыслеобразы вместо сухих слов.

Использование геометрических форм при оформлении информационных блоков, в качестве подложки к фото, иллюстрациям, смешивание цветов, микроанимации, параллаксы, синемаграфы, анимированные логотипы - в арсенале современного веб-дизайнера должно быть много умений сделать свой проект уникальным и запоминающимся.

Да, мы сталкиваемся с реалиями творческой жизни веб-дизайнера на производственной практике. В университете мы учим креативности, уникальности решений, нестандартным подходам, но придя на практику, студент получает задание – сделать что-то очень быстро, используя готовый шаблон. Мы это учитываем, и учимся кастомизировать готовые шаблоны творчески.

Большой ресурс времени мы отдаем 3D графике. Тенденции 3D стали яркими представителями в интерфейсах. 3D анимированные персонажи используются не только на сайтах, но в большей степени в играх. Если в первых наших разработках использовались готовые и слегка адаптированные персонажи, то сейчас прослеживается тенденция к собственным разработкам. Используя 3D визуализацию, можно задействовать любой технологический процесс и создать более глубокий уровень понимания.

Технологии WebGL пока нет в наших программах, но есть научно-исследовательская работа студентов, для которой мы стараемся подбирать перспективные направления. А это и WebGL, виртуальная и дополненная реальность, голосовые интерфейсы и многое другое. При подготовке веб-дизайнеров нельзя обойти такую тему, как микровзаимодействия в виде небольших анимаций, используемых на мобильных платформах для создания тонких визуальных эффектов. Микровзаимодействия – важнейшая часть разработки интерфейсов. Они влияют на поведенческие факторы сайта, независимо от устройства отображения. Отдельная дисциплина, очень важная в подготовке веб-дизайнера – UI/UX дизайн. Все для того, чтобы пользователь ощущал функционал на интуитивном уровне, а также получал удовольствие при взаимодействии с сайтом или интерфейсом приложения.

Технологические тенденции в веб-дизайне связаны с развитием определенных технологий и использованием различных фреймворков.

Традиционно считалось, что для успешности веб-дизайнера необходимо освоить тройку технологий HTML, CSS, JavaScript. Затем появились фреймворки, облегчающие жизнь разработчика или усложняющие ее? Angular, React, Backbone, Vue, Ember – список можно продолжить. Мы не просто изучаем возможности этих фреймворков, но всегда ставится задача – проанализировать использование данного фреймворка для некоторой задачи, реализовать эту же задачу в другом фреймворке и сделать выводы.

Приход Node.js и его модулей опять таки поменял взгляд на веб-разработку. Задаем вопросы и ищем ответы (каждый сам для себя – надо ли? Удобно ли? Для чего?).

Не могу не озвучить тему, связанную со стремительным входом (другого слова не подберу) языка программирования Питон в сферу веб-дизайна. Питон преподаю уже несколько лет и вижу его развитие и возможности. Питон и его библиотеки Flask,

Tornado, Django и другие опять-таки меняют подходы к веб-разработке. Подобные библиотеки содержат в себе все необходимые инструменты для быстрой сборки работающего веб-приложения. Порог вхождения в Питон достаточно низкий, а опыт использования других фреймворков не вызывает больших затруднений в применении того же Flask.

В заключение необходимо отметить, что изменения в современном мире, связанные с активным внедрением и широким использованием цифровых технологий непосредственно влияют на сферу веб-дизайна и на вопросы подготовки качественных специалистов в этой области. Все наши взаимодействия в социальной, финансовой, образовательной и прочих сферах переносятся в мир веб-технологий и интернета. От того, насколько быстро смогут реагировать образовательные структуры на вызовы цифровой трансформации будет зависеть успешность нашего цифрового мира.

Итак, чему же учить веб-дизайнера? Вопрос непростой с учетом меняющихся технологий и трендов. Универсального ответа нет. Однако, самое главное – дать базовый набор теоретических знаний, закладывающих фундамент – математика, физика, как-ни странно – русский или белорусский язык. Мы ввели в новой программе специальную дисциплину – «Контент-менеджмент», потому что столкнулись с проблемой непонимания студентами что такое «научно-технический текст», а что публицистика.

Профессиональный базис веб-дизайнера составляют такие дисциплины как «Языки программирования», «Современные технологии разработки веб-проектов», «Веб-дизайн», «Гейм-дизайн», дисциплины, связанные с графикой, в том числе трехмерной и много других, которые закладывают основу профессиональной успешности веб-дизайнера.

Открытые возможности для развития и становления веб-дизайнера дают ежегодные научно-практические конференции студентов, олимпиады по графическому и веб-дизайну, привлечение студентов к открытым конкурсам в этой сфере в других странах.

Обновленные программы, учитывающие предыдущий наш опыт и тенденции рынка дизайна, привлечение студентов к разноплановой внеаудиторной деятельности позволяют нам выпускать на рынок труда востребованных специалистов в данной отрасли.

## ОБ ОПЫТЕ ОБУЧЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИЙ В БГУ

**Прокашева В. А., Лысак В. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: prover@bsu.by, lysak@bsu.by*

Март 2020 года поставил сложные задачи как перед преподавателями БГУ, так и перед студентами. Возможно, для студентов механико-математического факультета переход на дистанционное обучение не вызвал того шокового состояния, которое пришлось наблюдать на первых курсах биологического и химического факультетов. Опираемся исключительно на наш опыт и возникшие проблемы при преподавании курса высшей математики на названных факультетах.

К моменту начала пандемии экзамены и занятия для студентов специальностей «Микробиология» и «Биохимия» прошли в обычном режиме, в аудитории. А вот студенты специальности «Химия лекарственных соединений» частично были переведены на дистанционное обучение. Пришлось сочетать работу на портале *educhem.bsu.by* и открывать специальный электронный адрес для отправки заданий и приема решений домашних и контрольных работ. Техника также не была готова к одновременной работе всех преподавателей. Даже регистрация студентов на портале занимала много времени, проведение занятий в виде аудио- и видеоконференций было затруднено из-за перегрузки портала и невозможности работать удаленно.

К каждому практическому занятию студенты получали задания по математике в виде фотографий, пояснения также отправлялись в виде фотографий или путем ссылки на рекомендуемую литературу в электронном виде. Решения по итогам каждого занятия, домашние и контрольные работы направлялись на проверку в виде фотографий на портал или на электронный адрес.

Проверять фотографии решений (с учетом подчерка! по 5–6 фотографий от каждого студента за одно задание) по 6 – 8 часов ежедневно. Вместе с тем разбор ошибок не мог быть досконально описан на портале, приходилось давать словесные пояснения по Вайберу.

Лекции для студентов специальностей «Менеджмент» и «Бизнес-администрирование» в Институте бизнеса БГУ проводились в виде вебинаров в специально отведенных аудиториях.

Институт бизнеса оказался более подготовленным к ведению дистанционной работы в смысле оборудования. Практически за весь семестр не было сбоев в работе техники, но учитывая ограниченность количества специальных аудиторий четкое расписание лекций не было установлено и только с мая представлена была возможность удаленной работы.

Постоянно, и практически на ходу, шла подготовка презентаций по каждой теме, подбор рекомендаций и ссылок на электронные источники. Консультации и экзамены в Институте бизнеса БГУ проводились в форме видеоконференций.

Несмотря на силу информационных технологий и применяемые методы работы гарантировать истинность (правдивость) оценки представляемых к проверке работ не приходится. Работаем в расчете на порядочность студента, что работа выполнялась самостоятельно.

Окончание учебного семестра было воспринято и студентами, и преподавателями как праздник.

Учитывая, что отпуск был ограничен в силу эпидемиологической обстановкой пребыванием в Республике Беларусь и используя опыт работы в институте бизнеса, представилась возможность подготовиться к любому варианту организации учебного процесса в 2020–2021 учебном году, в том числе к переходу на online обучение.

Следует отметить, что к началу учебного года существенно улучшены технические возможности на порталах: *edubio.bsu.by* и *educhem.bsu.by*.

На химическом факультете практические занятия по высшей математике проходят в учебных аудиториях.

С октября все занятия (лекции и практические занятия) для студентов микробиологов и биохимиков переведены на online обучение. Все формы занятий по высшей математике проводились в виде видео конференций.

Учитывая опыт и ошибки весны 2020 года студентам на экране была представлена презентация, рекомендованы электронные варианты учебников и задачников по изучаемой теме, голосом доносились комментарии по решению, читались лекции, поясняя и существенно дополняя представленные презентации. Но, отчеты по домашним и контрольным заданиям традиционно в виде фотографий направлялись для проверки на портал или на электронный адрес.

Традиционно студенты-биологи (микробиологи и биохимики) по итогам изучения высшей математики и с целью привязки к выбранной специальности готовят рефераты и презентации по определенной теме из общего направления «Математические методы в биологии». Выполнялись эти требования и в текущем учебном году. Проводились аудио консультации по подбору тем, по подготовке рефератов и презентаций.

Хочется отметить четкую работу портала биологического факультета в этот период.

Защита проходила в виде аудио- и видеоконференций. Предварительно устанавливалась очередность выступлений. Докладчику передавалось право «ведущего», он загружал свою презентацию и комментировал. Если несколько человек вместе готовили работу, то «ведущий» передавал слово содокладчику.

Чтобы активизировать работу всех студентов-первокурсников микробиологов и биохимиков договорились, что комментировать прослушанный доклад-презентацию должен быть готов любой студент. Если ранее защита проводилась в аудитории, то традиционно задавался вопрос «кто желает?». В сложившейся ситуации для комментариев преподавателем могла быть названа любая фамилия (право включить микрофон). Безусловно, не все были готовы оценить глубину работы, но так как что-то надо сказать, то метод «на удачу» требовал личного присутствия и прослушивания темы. Если кто-то из студентов хотел дополнить или прокомментировать, то он мог написать «прошу слова» и ему давалось право «ведущего».

Подготовлено 37 докладов (презентаций) и проведена защита. Практически все (в том числе и иностранные) студенты приняли участие в подготовке рефератов и презентаций. По настоянию студентов и по согласию деканата биологического факультета было выделено дополнительное время для проведения аудио- и видеоконференций.

Отметим тот факт, что на порталах, предоставленных факультетам, уже несколько лет проводятся мероприятия по накоплению материалов для обеспечения учебного процесса с использованием инструментальной среды Moodle, здесь после

систематизации и структурирования учебного материала по дисциплине он не сложно размещается на портале (учебные программы, список рекомендуемой литературы, вопросы для подготовки к зачету/экзамену, лекции, презентации, задания для лабораторных работ, тесты, видеоконференции и т.д.).

Основная идея использования разработок состоит в предоставлении возможности студентам получать дистанционно обучающие материалы, а также прохождение тестирования, результаты которого учитываются на аттестации.

На биологическом факультете БГУ на портале *edubio.bsu.by* по дисциплине «Микробиология» кафедры микробиологии специальностей «Биология», «Биохимия» и «Биоэкология» внедрен online ресурс «Микробиология» (<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=32>), по дисциплине «Физиология микроорганизмов» – ресурс (<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=31>), по дисциплине «Систематика микроорганизмов» – ресурс «Систематика микроорганизмов» (<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=33>) [2].

COVID-19 вынудил срочно перейти на онлайн обучение в полном объеме. Во время занятий по расписанию студенты были обязаны зарегистрировать свое присутствие на портале, прослушать лекцию или объяснение нового материала, задать возникающие вопросы, обсудить возникающие проблемы в чате или в видеоконференции, выполнить тестовые или контрольные задания. Вторая часть работы – это самостоятельная работа в удобное для студентов время.

Разработанные на портале курсы позволили в режиме online оперативно внедрить мероприятия по проведению лабораторных работ и экзаменов. При проведении online экзамена по «Микробиологии» были разработаны: итоговый тест по всей учебной программе, задания, на основании которых предлагалось заполнить таблицу по физиолого-биохимическим свойствам и группам прокариот, а также частный теоретический вопрос для развернутого ответа.

Безусловно, за прошедший период приобретен большой опыт работы с использованием online обучения, но требуется еще многое доработать и осмыслить.

Однако, опыт работы в online режиме выявил и ряд проблем, а именно, обновление материально-технической базы БГУ, повышение пропускной способности каналов связи с целью обеспечения преподавателей и обучающихся инструментами для максимально удобного использования современных технологий дистанционного обучения.

Вместе с тем, никакая дистанция не сможет заменить живое общение «Студент-Преподаватель». Ведь задача педагога не только обучать преподаваемому предмету, но и быть воспитателем и другом.

### Литература

1. Прокашева, В.А. Веб-технологии и математические модели в биологии. / В.А. Прокашева, Н.В. Кепчик // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf 2018: тез. докл. 4-й Междунар. науч.-практ. конф., – Минск, 2018 – С. 71–72.

2. Лысак, В.В. Опыт использования виртуальной среды обучения Moodle в преподавании некоторых микробиологических курсов / В.В. Лысак, Г.А. Расолько // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии (в образовании) [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч. конгресса, Респ. Беларусь, Минск, 22–23 окт. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т. – Минск: БГУ, 2020. – С. 121–126. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/249839>

## ПОРТФЕЛЬ ОДНОГО УРАВНЕНИЯ И ВЕБ

**Прокашева В. А., Телюк Н. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: prover@bsu.by, tsialiuk@bsu.by*

Сложившаяся ситуация, когда часть учебных занятий проходит в аудитории, а часть переведена на дистанционное обучение и опирается на интернет технологии, требует изменения подхода к обучению. На портале [edubio@bsu.by](mailto:edubio@bsu.by) разрабатывается курс «Высшая математика» <https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=49>, который содержит возможность организовать занятия посредством видеоконференций, некоторые материалы для лекций и практических занятий и который следует дорабатывать, чтобы иметь возможность проводить оценку самостоятельной работы студентов на порталах посредством ресурсов «задание» и «тест».

Аналогичные обучающие курсы нужно размещать и на других факультетских порталах, например, [educhem@bsu.by](mailto:educhem@bsu.by). Очевидно, что обучение должно носить практико-ориентированный характер – это и требование времени и подход в преподавании высшей математики кафедры общей математики и информатики БГУ.

Данная работа выполнена на основе преподавания дисциплины «Высшая математика» на биологическом и химическом факультетах для студентов специальностей: Микробиология, Биохимия, Химия лекарственных соединений.

В условиях практической подготовки специалистов необходимо расширить применение инновационных образовательных технологий, сориентировать в работе с массивами информации, как делать гипотезы и предположения, использовать ИТ.

Непонимание роли математики в общечеловеческой культуре, непонимание связи будущей профессии с математикой определяет низкий уровень мотивации студентов к изучению математики.

В связи с этим проводится непрерывный поиск подходов и методов к математическому образованию, пересмотр учебных программ и тем.

Приходится учитывать, что современный мир становится все менее предсказуемым и преподнести математическую истину в готовом виде, заполнить головы студентов «правильной» информацией не просто бесполезно, но и вредно. Нужно искать системную привязку к специальности и научить эвристическому подходу к рассмотрению поставленной задачи.

Неоспоримо, что на сегодняшний день математика играет важную роль в биологии и нужна для систематизации огромного количества экспериментальной информации, построения моделей и установления зависимостей разнообразных биологических процессов.

В частности, невозможно обойтись без математики и в эпидемиологии, она необходима для построения моделей распространения болезней. Так как угроза эпидемий никуда не уходила, она даже усилилась, взять, к примеру недавнюю эпидемию лихорадки Эбола в западной Африке или свирепствующий по всему миру коронавирус.

Математическое моделирование необходимо для диагностики и прогнозирования различных заболеваний и для определения наиболее эффективных мер лечения, в частности мер в борьбе с эпидемиями.



Учитывая тот факт, что выпускники названных выше специальностей будут работать в НИИ: заниматься проблемами вирусологии, генетики, молекулярной биологии, микробиологии, биохимии, работать над созданием новых препаратов и вакцин, иметь дело с различными популяциями микроорганизмов необходимо в ходе изучения высшей математики показать возможности математики в описании изучаемых объектов. Важно показать, как строится модель и как можно остановить процесс пока он не стал бесконтрольным. Безусловно этот вопрос математик может решать только в союзе со специалистами–биологами.

Каждая тема учебной программы по математике иллюстрируется конкретными примерами из живой природы. Трудность в соединении теории с практическим выходом состоит в том, что математика изучается на первом курсе, когда многие аспекты биологической науки студентам неизвестны или известны на уровне школьного курса. Приводимые примеры в ходе лекций носят скорее обзорно–информативный характер. К концу семестра студенты (индивидуально, или группа до пяти человек) выполняют рефераты, готовят презентацию и проводят публичную защиту подготовленного материала по некоторой конкретной теме из общего направления «Математические методы в биологии».

Подготовку рефератов (поиск материалов в литературе и интернете), презентаций (умение работы с компьютером), публичную защиту (навыки работы в команде) можно рассматривать как репетицию грамотно формулировать свое мнение, презентовать свое решение перед публикой, уметь защищать свою идею.

Безусловно, примерный перечень рекомендуемых для изучения тем предлагается студентам, одновременно приветствуется введение новых актуальных современных направлений, описанных языком математики типа: лихорадка Эбола, болезнь Денге, вопросы ВИЧ–заболеваний, проблемы экологии, различные аспекты теории эпидемий, проблемы сердечно–сосудистых заболеваний.

Рассмотрим ПРИМЕР использования принципа Портфеля одного уравнения в системе практика-ориентированной подготовки студентов при изучении дифференциальных уравнений первого порядка.

1. Рассмотрим дифференциальное уравнение первого порядка вида  $dy/dx = ky$ , где  $k$  –некоторый коэффициент.

Это уравнение есть дифференциальное уравнение первого порядка с разделяющимися переменными, его решение доступно для любого студента. Разделяя переменные и интегрируя, получим решение  $Y = C \exp(kx)$ , где  $C = const$ .

Используя начальные условия, находим частное решение. На базе полученного решения строится интегральная кривая, график которой показывает либо возрастание функции, либо убывание в зависимости от знака коэффициента  $k$ .

К изучению такого же типа уравнения приводит целый ряд, казалось бы, разных по звучанию задач естествознания. Выясняется, что уравнения и выражения, созданные для целей одной науки, зачастую применимы после определенной переработки, к другой.

2. Закон растворения лекарственных форм вещества из таблеток описывается формулой  $dm/dt = -km$ ,  $k$  больше нуля,  $m$ –количество лекарственного вещества в таблетке, оставшееся ко времени  $t$ , здесь  $k$ – коэффициент прочности таблетки.

Известно, что производная функции есть скорость изменения этой функции. Таким образом этот Закон звучит так: скорость растворения лекарственных форм из таблеток пропорциональна количеству форм вещества в таблетке.

3. Закон размножения бактерий с течением времени:  $x$  – число бактерий,  $k$  – коэффициент пропорциональности  $dx/dt = kx$ , где  $x = x(t)$ , причем  $k > 0$ .

4. Закон роста клеток с течением времени  $dl/dt = (m - n)t$ , где  $l$  – длина клетки,  $m$  и  $n$  – постоянные, характеризующие процессы синтеза и распада соответственно.

5. Закон разрушения клеток в звуковом поле. Простейшие (бактерии, лейкоциты, эритроциты, водоросли, дрожжи и др.) могут быть разрушены при кавитации ультразвуковых волн. Скорость разрушения принимает вид  $dN/dt = -RN$ , где  $N$  – концентрация клеток,  $t$  – время,  $R$  – постоянная.

6. Составление и решение простейшей дифференциальной модели в теории эпидемий. Если  $a$  – число зараженных особей,  $b$  – число незараженных особей,  $x(t)$  и  $y(t)$  – соответственно, число зараженных и незараженных особей к моменту времени  $t$ , то в любой момент времени  $t$  имеем  $x + y = a + b$ . Закон изменения числа незараженных особей с течением времени запишется в виде  $dy/dt = -k y (a + b - y)$ ,  $k = \text{const}$ , здесь  $y = f(t)$ , т.е. функция времени.

7. Динамика любой популяции с учетом влияния ограниченных возможностей района проживания сводится к дифференциальному уравнению  $dm/dt = k(b - m)m$ , где  $m$  биомасса популяции. Район обитания популяции имеет определенные ресурсы  $b$ , они обеспечивают нормальное развитие популяции, если ее биомасса  $m$  не превосходит  $b$ . Если  $b < m$ , то для развития популяции ресурсов района не хватает, и она начинает вымирать.

8. В экономике также ряд действий описывается дифференциальными уравнениями рассмотренного выше типа: а) модель рынка с постоянными ценами (аналог – модель естественного роста); б) простейшая модель равновесия; в) математическая модель рекламы и др.

И хотя для каждой ситуации существует классическое решение, это вовсе не означает, что в живой природе именно оно будет оптимальным.

Студентам к занятию по дифференциальным уравнениям предлагается:

1) в биологической литературе или в интернете подобрать задачи, описываемые дифференциальными уравнениями рассмотренного выше вида;

2) разобраться в постановке задачи, показать решение;

3) пояснить специфику (характеристику) интегральной кривой при наличии или отсутствии «угнетающих факторов»; внести свои возможные предложения по совершенствованию постановки рассматриваемых уравнений;

4) обсудить вопросы-гипотезы: почему закончились эпидемии чумы, черной оспы, что должно способствовать завершению пандемии двадцать первого века.

От докладчиков требуется не только изложить разобранный (усвоенный) материал, но и предложить нечто новое, пусть даже спорное.

Именно такой диалог позволит появиться духу исследования.

### Литература

1. Еровенко, В.А. Развитие математической креативности студентов в ходе применения инновационных подходов преподавания курса высшей математики / В.А.Еровенко, В.А.Прокашева // Инновации в образовании. – М., 2020. – №2 – С. 12–23.

2. Прокашева, В.А. Веб-технологии и математические модели в биологии / В.А.Прокашева, Н.В.Кепчик // Веб-программирование и интернет-технологии WebConf 2018: тез. докл. 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2018. – С. 71–72.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКМ МАТНСАД В КУРСЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Расолько Г. А.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: rasolka@bsu.by

Изучение дифференциальных уравнений преследует две основные цели: дать студентам базу, необходимую для усвоения материала предметов аналитического цикла, предусмотренных учебными планами соответствующих специальностей, и сформировать составную часть банка знаний, получаемых будущими специалистами в процессе учебы и необходимых им в дальнейшем для успешной работы.

С теоретической точки зрения, рассматриваемые методы интегрирования в курсе достаточно просты и их применение основано на четких и понятных алгоритмах. Однако, практическое их использование иногда требует от студентов выполнения большого объема вычислений и аналитических преобразований, например, при применении метода неопределенных коэффициентов для построения решений неоднородных стационарных линейных уравнений. Широкие возможности, которыми обладают в этом плане системы компьютерной математики, позволяют, в определенной мере, решить эту проблему. Так, например, использование в процессе обучения системы компьютерной математики (СКМ) MathCad дает возможность не только найти аналитические или численные решения дифференциальных уравнений, но осуществить и визуализацию полученных результатов, построить поле наклонов уравнения, эскизы графиков интегральных и фазовых кривых и тому подобное. Это в полной мере отражено в [1], а именно в указанном практикуме включены примеры и задания с использованием MathCad, а все требуемые теоремы и формулы приведены в начале каждого раздела в кратко изложенном теоретическом материале и в приложении приведен краткий справочник по использованию MathCad.

Проиллюстрируем сказанное выше на примере изучения темы «Базис пространства решений» [1, с. 26-28].

Совокупность решений  $\psi_k(t)$ ,  $k = \overline{0, n-1}$  линейного однородного уравнения, линейно независима на  $I$  тогда и только тогда, когда *определитель Вронского*

$$W(t) = \begin{vmatrix} \psi_0 & \dots & \psi_{n-1} \\ D\psi_0 & \dots & D\psi_{n-1} \\ \dots & \dots & \dots \\ D^{n-1}\psi_0 & \dots & D^{n-1}\psi_{n-1} \end{vmatrix}$$

не обращается в нуль ни в одной точке  $I$ . Из формулы Лиувилля–Остроградского  $W(t) = W(t_0)e^{-a_{n-1}t}$ ,  $t_0, t \in I$ , следует, что если  $W(t_0) \neq 0$ , то  $W(t) \neq 0$  на  $I$ .

Совокупность  $n$  линейно независимых решений  $\psi_k(t)$ ,  $k = \overline{0, n-1}$ , однородного уравнения  $L_n x = 0$  образует *базис пространства его решений*.

*Общее решение однородного уравнения* строится с помощью базиса по формуле

$$x(t) = \sum_{k=0}^{n-1} C_k \psi_k(t), \quad C_k \in \mathbb{R}, \quad k = \overline{0, n-1}.$$

**Задание (6.1.1).** Показать, что решения  $\psi_0(t) = t^2 e^{3t}$ ,  $\psi_1(t) = t e^{3t}$ ,  $\psi_2(t) = e^{3t}$ ,  $\psi_3(t) = \cos 2t$ ,  $\psi_4(t) = \sin 2t$ ,  $\psi_5(t) = t \sin t$ ,  $\psi_6(t) = \sin t$ ,  $\psi_7(t) = t \cos t$ ,  $\psi_8(t) = \cos t$ , однородного уравнения  $L_9 x = 0$  образуют базис пространства его решений. Построить это уравнение и записать его общее решение.

*Решение.*

Определим вектор-строку  $\psi(t)$ , компонентами которого будут заданные функции  $\psi_k(t)$ ,  $k = 0, n-1$ . Построим далее функцию, вычисляющую  $D^j \psi_k(t)$ ,  $j = 1, n-1$ , в любой точке  $t$ , а затем функцию  $M(j)$ , значениями которой будут  $D^j \psi_k(0)$ ,  $j = 1, n-1$ . По этим значениям, открыв шаблон матрицы размером  $9 \times 9$ , построим матрицу  $W_0$  и далее вычислим ее определитель.

$$\psi(t) := \left( t^2 \cdot e^{3t} \quad t \cdot e^{3t} \quad e^{3t} \quad \cos(2 \cdot t) \quad \sin(2 \cdot t) \quad t \cdot \sin(t) \quad \sin(t) \quad t \cdot \cos(t) \quad \cos(t) \right)$$

$$D\psi(t,j) := \frac{d^j}{dt^j} \psi(t) \qquad M(j) := D\psi(0,j)$$

$$\begin{aligned} \psi(0) &\rightarrow (0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1) \\ M(1) &\rightarrow (0 \ 1 \ 3 \ 0 \ 2 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0) \\ M(2) &\rightarrow (2 \ 6 \ 9 \ -4 \ 0 \ 2 \ 0 \ 0 \ -1) \\ M(3) &\rightarrow (18 \ 27 \ 27 \ 0 \ -8 \ 0 \ -1 \ -3 \ 0) \\ M(4) &\rightarrow (108 \ 108 \ 81 \ 16 \ 0 \ -4 \ 0 \ 0 \ 1) \\ M(5) &\rightarrow (540 \ 405 \ 243 \ 0 \ 32 \ 0 \ 1 \ 5 \ 0) \\ M(6) &\rightarrow (2430 \ 1458 \ 729 \ -64 \ 0 \ 6 \ 0 \ 0 \ -1) \\ M(7) &\rightarrow (10206 \ 5103 \ 2187 \ 0 \ -128 \ 0 \ -1 \ -7 \ 0) \\ M(8) &\rightarrow (40824 \ 17496 \ 6561 \ 256 \ 0 \ -8 \ 0 \ 0 \ 1) \end{aligned}$$

$$W_0 := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 3 & 0 & 2 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 2 & 6 & 9 & -4 & 0 & 2 & 0 & 0 & -1 \\ 18 & 27 & 27 & 0 & -8 & 0 & -1 & -3 & 0 \\ 108 & 108 & 81 & 16 & 0 & -4 & 0 & 0 & 1 \\ 540 & 405 & 243 & 0 & 32 & 0 & 1 & 5 & 0 \\ 2430 & 1458 & 729 & -64 & 0 & 6 & 0 & 0 & -1 \\ 10206 & 5103 & 2187 & 0 & -128 & 0 & -1 & -7 & 0 \\ 40824 & 17496 & 6561 & 256 & 0 & -8 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Поскольку определитель Вронского не равен нулю, то заданная система образует базис. Далее выпишем общее решение по формуле

$$x(t) = C_0 t^2 e^{3t} + C_1 t e^{3t} + C_2 e^{3t} + C_3 \cos 2t + C_4 \sin 2t + C_5 t \sin t + C_6 \sin t + C_7 t \cos t + C_8 \cos t$$

и, перегруппировав слагаемые, построим решение в виде:

$$x(t) = (C_0 t^2 + C_1 t + C_2) e^{3t} + (C_3 \cos 2t + C_4 \sin 2t) + (C_5 t + C_6) \sin t + (C_7 t + C_8) \cos t.$$

Отсюда видно, что

$$v_1 = 3, d_1 = 3, v_2 = 2i, d_2 = 1, v_3 = -2i, d_3 = 1, v_4 = i, d_4 = 2, v_5 = -i, d_5 = 2.$$

Выполним следующие символьные преобразования, чтобы получить характеристический полином, его коэффициенты и само однородное уравнение.

$v_1 := 3$	$d_1 := 3$	$v_2 := 2i$	$d_2 := 1$	$v_3 := -2i$	$d_3 := 1$
$v_4 := i$	$d_4 := 2$	$v_5 := -i$	$d_5 := 2$		
$g(v) := (v - v_1)^{d_1} \cdot (v - v_2)^{d_2} \cdot (v - v_3)^{d_3} \cdot (v - v_4)^{d_4} \cdot (v - v_5)^{d_5}$					
$g(v) \text{ collect } \rightarrow v^9 - 9 \cdot v^8 + 33 \cdot v^7 - 81 \cdot v^6 + 171 \cdot v^5 - 243 \cdot v^4 + 247 \cdot v^3 - 279 \cdot v^2 + 108 \cdot v - 108$					

По полученным коэффициентам восстановим однородное уравнение:

$$D^9 x - 9D^8 x + 33D^7 x - 81D^6 x + 171D^5 x - 243D^4 x + 247D^3 x - 278D^2 x + 108Dx - 108x = 0.$$

Задача решена.

**Заключение.** СКМ MathCad предоставляет пользователю широкие возможности по использованию встроенных операторов (задание переменных, функций, систем, решения СЛАУ, построения графиков и поверхностей и т.д.), а также по созданию собственных посредством программирования.

Проводя вычисления с помощью MathCad кажется, что вы просто работаете с бумагой. MathCad позволяет представлять результаты расчетов таким образом, что их понимают все пользователи. Все вычисления здесь осуществляются на уровне визуальной записи выражений в общеупотребительной математической форме. MathCad имеет хорошие подсказки, обладает широкими возможностями символьных вычислений.

Maple, MATLAB и Mathematica – это языки программирования, гибкие и мощные, но трудные в использовании и требующие длительного времени на изучение. Поэтому, в отличие от MathCad, пользовательский интерфейс их сложен, в нем легко допускать ошибки, которые вынуждают проверять и отлаживать весь код. Программирование не визуально и не интерактивно. Рабочие же листы MathCad можно легко перепроверить. Вычислительные процедуры и важные для расчетов параметры выносятся так, что их можно легко менять и тут же следить за результатами. Использование СКМ позволяет эффективно усваивать и закреплять знания, получаемые студентами, а также и школьниками при изучении общих и специальных математических дисциплин, а не только при выполнении самостоятельных научно-исследовательских работ, подготовке курсовых и прочее.

Продуманная методика преподавания математики позволяет сочетать особенности математики как науки и как учебного предмета в процессе математической подготовки студентов в классическом университете, поскольку математик остается математиком и тогда, когда продумывает методику преподавания.

### Литература

1. Альсевич Л. А., Мазаник С. А., Расолько Г. А., Черенкова Л. П. Дифференциальные уравнения. Практикум. Минск: Вышэйшая школа, 2012.

# МАТНСАД В ПРАКТИКУМЕ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ

**Расолько Г. А., Кремень Ю. А., Кремень Е. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: rasolka@bsu.by, kremen@bsu.by, kremenev@bsu.by*

Использование информационных технологий в процессе обучения высшей математике приобретает в настоящее время особую актуальность. Внедрение в учебный процесс информационных технологий способствует не только повышению качества математических знаний студентов и подготовке высококвалифицированных специалистов, но и интеграции белорусского образования в современную мировую образовательную систему. Владение системами компьютерной математики (СКМ) в индустриальном обществе становится необходимым элементом знаний как в самой математике, так и в тех областях человеческой практики, где математика имеет важное инструментальное значение. СКМ позволяют освободить учебный процесс от трудоемких и неэффективных расчетов, а преподавателю сконцентрировать основные усилия на постановке задачи, выборе метода ее решения, интерпретации результатов решения.

Проиллюстрируем данный тезис на примере курса «Аналитическая геометрия». Нами издано пособие [1], подготовленное в соответствии с программой курса аналитическая геометрия для студентов научно-педагогического потока механико-математического факультета. Работа состоит из таких глав: основные задачи аналитической геометрии, построение графиков и поверхностей в MathCad, решение задач по теме «Плоскость» в MathCad, а также решение задач в MathCad по темам «Линии», «Линии второго порядка», «Поверхности». Цели данного учебного пособия – научить быстро и легко решать задачи из курса аналитической геометрии в интегрированной среде MathCad. Расположение материала, использование СКМ на примере MathCad отличает данное пособие от традиционных. Разработанный комплекс программных модулей в среде MathCad, позволяет достаточно просто решать как опорные, так и стандартные задачи данного курса. Каждый раздел содержит краткое теоретическое введение; описание математических методов решения задач, формулировку одного или нескольких заданий; описание порядка выполнения работы в среде MathCad; пример решения типовой задачи, включающий фрагмент или полный текст рабочего документа MathCad, снабженный комментариями и краткими указаниями, помогающими реализовать решение задачи на компьютере. Читателю, не знакомому с MathCad следует начать чтение пособия с приложения «Mathcad. Краткий справочник пакета».

Для иллюстрации сказанного рассмотрим далее пример из [1] тема «Плоскость».

## **Задача 2.1**

Найти уравнение плоскости, проходящей через точку перпендикулярно вектору.

### **Задание**

Построить уравнение плоскости, проходящей через точку  $M(-1, 1, 1)$  перпендикулярно вектору  $\vec{n} = (2, -3, -5)$ .

### Алгоритм решения

Введем функцию, которая вычисляет коэффициенты уравнения плоскости по точке и направляющему вектору нормали в соответствии с формулой (2.2)  
 $A(x - x_0) + B(y - y_0) + C(z - z_0) = 0$ .

### Решение в MathCad

#### Функция EquationPlane0

*Назначение:* вычисляет коэффициенты уравнения плоскости по точке и направляющему вектору нормали в соответствии с формулой (2.2).

*Прототип:* EquationPlane0(M, n, x, y, z).

*Параметры:* M – вектор-столбец, содержащий координаты заданной точки;  
n – вектор-столбец, содержащий координаты вектора нормали:  $\vec{n} = (A, B, C)$ ; x, y, z – независимые переменные.

*Возвращаемое значение:* левая часть общего уравнения плоскости.

#### Реализация:

ORIGIN ≡ 1

$$\text{EquationPlane0}(M, n, x, y, z) := \begin{cases} D \leftarrow n_1 \cdot M_1 + n_2 \cdot M_2 + n_3 \cdot M_3 \\ n_1 \cdot x + n_2 \cdot y + n_3 \cdot z - D = 0 \end{cases}$$

### Выполнение задания

ORIGIN ≡ 1

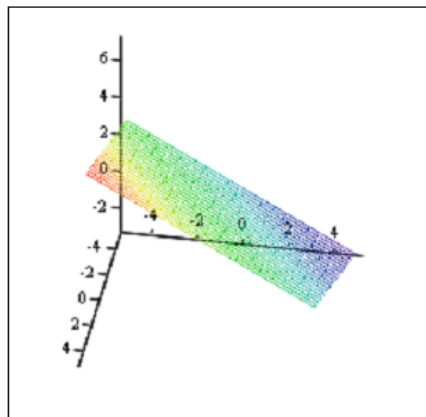
$$\text{EquationPlane0}(M, n, x, y, z) := \begin{cases} D \leftarrow n_1 \cdot M_1 + n_2 \cdot M_2 + n_3 \cdot M_3 \\ n_1 \cdot x + n_2 \cdot y + n_3 \cdot z - D = 0 \end{cases}$$

$$M := (-1 \ 1 \ 1)^T \quad n := (2 \ -3 \ -5)^T$$

$$\text{EquationPlane0}(M, n, x, y, z) \rightarrow 2 \cdot x - 3 \cdot y - 5 \cdot z + 10 = 0$$

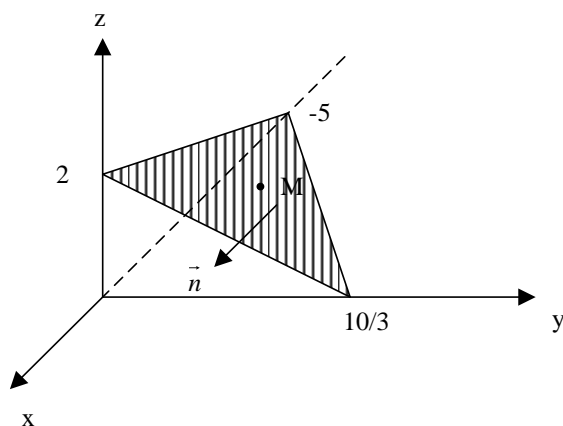
Ответ:  $2 \cdot x - 3 \cdot y - 5 \cdot z + 10 = 0$

$$z(x, y) := \frac{2}{5} \cdot x - \frac{3}{5} \cdot y + 2$$



z

З а м е ч а н и е. Так как в MathCad рисунок получился неинформативным, то имеет смысл выполнить построение вручную. Если вычислить отрезки, отсекаемые плоскостью на осях координат, равные соответственно  $-5$ ,  $10/3$  и  $2$ , то плоскость можно изобразить как грань пирамиды.



**З а к л ю ч е н и е.** Применение СКМ в процессе обучения не является самоцелью и никоим образом не может полностью заменить традиционные методы обучения. Тем не менее использование таких средств информационных технологий на практических занятиях и во время проведения управляемой самостоятельной работы студентов позволяет не только находить аналитические или численные решения многих задач аналитической геометрии, но и осуществить визуализацию полученных результатов, что облегчает восприятие студентами материала, дает возможность на занятиях рассмотреть гораздо больше примеров, больше времени уделить качественному анализу полученных результатов.

#### Л и т е р а т у р а

1. Расолько, Г.А. Аналитическая геометрия. Практикум с использованием Mathcad: учеб. пособие / Г. А. Расолько, Ю. А. Кремень. – Минск : Вышэйшая школа, 2019. – 271 с.



# СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОНЛАЙН ИВЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДЫ)

Сандаков Д. Б.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: d.sandakov@mail.ru*

Одной из тенденцией последнего десятилетия, которая только усилилась в связи с пандемией COVID-19, стал переход образовательных и корпоративных мероприятий в онлайн. По сути, мы можем говорить о постепенном исчезновении чистого офлайн формата, поскольку даже традиционные аудиторные формы образовательных ивентов (конференции, семинары, конкурсы) сегодня обязательно имеют онлайн-компонент по крайней мере в виде веб-страницы и онлайн-формы регистрации. Таким образом, практически ни одно современное образовательное мероприятие не обходится без веб-технологий.

При подготовке образовательного онлайн мероприятия возможны три стратегии использования веб-технологий.

Первая, наиболее архаичная, стратегия состоит в том, чтобы разрабатывать собственные веб-решения для онлайн-мероприятий на базе какой-либо языка (html/css, php, java и др.) В качестве примера можно привести систему регистрации и приёма материалов, которая использовалась организаторами III и IV Международной конференции «Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению» [1]. Несомненным преимуществом этой стратегии является полный контроль разработчика над создаваемым веб-сервисом и возможность его полной адаптации под конкретное мероприятие. Однако, этот вариант является чрезвычайно трудоёмким, требует высокой и специфической квалификации. Созданный таким образом продукт по уровню оптимизации, дизайну и юзабилити в большинстве случаев будет уступать распространённым веб-сервисам, которые проектируются и оптимизируются профессиональными командами разработчиков.

Вторая стратегия состоит в том, чтобы воспользоваться готовым решением типа «всё в одном». В качестве примеров такого типа решений можно привести CRM систему «Битрикс24» [2] и LMS «Moodle» [3]. Такие комплексные продукты обладают рядом достоинств. Во-первых, это широкие возможности настройки и адаптации на уровне фронтенд, что существенно образом расширяет круг потенциальных пользователей. Во-вторых, это глубокая степень интеграции процессов и данных внутри системы, что существенно упрощает и ускоряет работу организаторов мероприятия.

Вместе с тем, подобные системам в силу их природы присущ и ряд практически неустранимых недостатков. Одним из них является громоздкость и сложность настройки, а также ограниченность возможностей фронтенд адаптации. Например, пользователям CMS Wordpress [4] (которая существует с 2003 года и на которой в настоящее время работает более 75 миллионов сайтов) до сих пор приходится использовать бекенд «заплатки» для оптимизации и адаптации под конкретные проекты. Кроме того, почти любой процесс сервисом «всё в одном» будет осуществляться хуже и сложнее, чем специализированным веб-сервисом. Например,

много лет профессионально работая с веб-сервисами Moodle и ClassMarker [5], могу с уверенностью констатировать, что, например, процесс тестирования в ClassMarker реализован значительно проще и удобнее, чем в Moodle. А возможности и удобство удалённого вещания в Moodle/BigBlueButton не идут ни в какое сравнение с таковыми в Zoom [6].

На наш взгляд, ни одна из описанных выше стратегий реализации онлайн ивентов не является оптимальной. С учетом того, что сегодня для многих организационных процессов (регистрация, тестирование, видеостриминг) существуют удобные и продвинутое специализированные веб-сервисы, вероятно, наилучшей стратегией будет использование набора специализированных веб-технологий.

На первом этапе планирования онлайн мероприятия разрабатывается последовательность процессов. На втором этапе мы выбираем наилучший веб-сервис для каждого процесса. На третьем этапе настраиваем интеграцию между процессами. В результате мы собираем виртуальную систему «всё в одном», которая оптимально адаптирована под нашу задачу, а каждый процесс осуществляется с бескомпромиссным качеством.

Сейчас мы продемонстрируем, как реализуется эта стратегия на примере ежегодного образовательного ивента «Биологическая интернет олимпиада» [7]. Это мероприятия проходит в онлайн-формате с 2016 года и представляет собой предметную олимпиаду по биологии для учащихся 8-11 классов, в которой ежегодно участвует 250 – 400 человек.

Последовательность процессов выстроена следующим образом: анонс мероприятия – регистрация участников – коммуникация с участниками – проведение онлайн-теста – обратная связь о результатах теста – доставка участникам учебных материалов (видео-лекции с разбором заданий) – апелляция и индивидуальные консультации.

Анонс мероприятия осуществляется на основе интернет-страницы мероприятия [7], созданной на базе шаблона Wordpress. Школы, отделы и управление образования, отдельные учителя и школьники информируются путем e-mail рассылки, осуществляемой при помощи веб-сервиса UniSender [8].

Регистрация участников осуществляется при помощи анкеты веб-сервиса Google Формы, интегрированной в интернет-сайт мероприятия [9].

Коммуникация с участниками происходит на основе e-mail рассылки, реализуемой при помощи сервиса UniSender. Дополнительным каналом коммуникации выступает сообщество в социальной сети ВКонтакте [10].

Онлайн-тестирования проводится с помощью специализированного веб-сервиса тестирования ClassMarker.

Обратная связь о результатах тестирования производится при помощи интегрированной e-mail рассылки на основе сервисов ClassMarker и UniSender.

Доставка учебных материалов (видео лекции) осуществляется через канал Youtube, ссылку на который участник получают через e-mail рассылку.

Апелляция и индивидуальные консультации проводятся при помощи чата на базе сообщества соцсети ВКонтакте.

На протяжении шести лет данная технология прекрасно себя зарекомендовала. Достижимый с её помощью уровень удобства и юзабилити как для организаторов, так и для пользователей, недостижим ни при помощи систем «всё в одном», ни при помощи «самописных» решений.

Единственная проблема, которая возникает при таком подходе – это проблема интеграции данных из разных веб-сервисов. В большинстве случаев она может быть решена с помощью предлагаемых веб-сервисами API, а там, где это невозможно, проблема решается ручной синхронизацией данных, производимой с определённой периодичностью.

### Литература

1. IV Международной конференции «Природная среда Антарктики: междисциплинарные подходы к изучению» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://antarctica.biobel.by> – Дата доступа: 1.04.2021.
2. Битрикс24 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bitrix24.by> – Дата доступа: 1.04.2021.
3. Moodle: open-source learning platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moodle.org> – Дата доступа: 1.04.2021.
4. Wordpress.com: создайте собственный веб-сайт или блог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wordpress.com/ru> – Дата доступа: 1.04.2021.
5. ClassMarker: online testing free quiz maker [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.classmarker.com> – Дата доступа: 1.04.2021.
6. Zoom: видеоконференции, веб-конференции, вебинары [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.classmarker.com> – Дата доступа: 1.04.2021. <https://zoom.us/>
7. Биологическая интернет-олимпиада [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bio.obrazovanie.by> – Дата доступа: 1.04.2021.
8. Популярный сервис e-mail рассылки UniSender [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.unisender.com/ru> – Дата доступа: 1.04.2021.
9. Google Формы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.by/intl/ru/forms/about> – Дата доступа: 1.04.2021.
10. ВКонтакте [Электронный ресурс]. / Сообщество «Биологическая интернет олимпиада» – Режим доступа: <https://vk.com/bioio> – Дата доступа: 1.04.2021.

# **ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

**Ситникова Л. Д., Яковлева Н. А.**

*Тульский государственный педагогический университет имени Л.Н. Толстого, Тула,  
Россия, e-mail: yakovleva\_na@tspu.ru*

В современном мире одним из актуальных направлений в профессиональной подготовке учителей информатики становится проектирование и реализация образовательных программ, включающих обучение студентов использованию интернет-технологий в будущей профессиональной деятельности.

Под интернет-технологией, будем понимать, автоматизированную среду получения, обработки, хранения, передачи и использования знаний в виде информации и их воздействия на объект, реализуемая в сети Интернет, включающая машинный и человеческий (социальный) элементы [1].

Можно выделить следующие интернет-технологии, используемые в образовательном процессе: компьютерные обучающие программы, интеллектуальные и обучающие экспертные системы, средства телекоммуникации и электронные библиотеки.

Использование интернет-технологий в образовании позволяет:

- сделать процесс обучения результативнее;
- автоматизировать образовательный процесс, систематизируя задания по темам;
- повысить уровень знаний и качество преподавания с помощью визуализации нового материала, при этом все материалы могут находиться в свободном доступе;
- проводить дистанционное обучение;
- осуществлять оперативный обмен информацией.

Анализ опыта использования интернет-технологий на уроках по информатике показал, что их используют для:

- демонстрации их возможностей при изучении информатики, где обучающиеся учатся быстро и правильно находить информацию в поисковых системах, использовать средства телекоммуникации для оперативного обмена информацией между участниками образовательного процесса;
- проведения разнообразных и увлекательных занятий, на которых используются мультимедийные файлы (звуковые и видеофрагменты);
- осуществления многопользовательской работы с документами.

В рамках подготовки учителей информатики в ТГПУ им. Л.Н. Толстого применительно к обучению можно выделить следующие интернет-технологии:

- компьютерные программы обучения (электронные учебники, тренажеры, лабораторные практикумы, тестовые системы);
- системы обучения, базирующиеся на мультимедиа-технологиях, построенные с использованием персональных компьютеров, видеотехники, накопителей на оптических дисках;
- интеллектуальные и обучающие экспертные системы, используемые в различных предметных областях;
- распределенные базы данных по отраслям знаний;

- средства телекоммуникации, включающие в себя электронную почту, телеконференции, локальные и региональные сети связи, сети обмена данными и т.д.;
- электронные библиотеки, распределенные и централизованные издательские системы.

Учитывая вышеперечисленные направления использования интернет-технологий в процессе подготовки учителей информатики, укажем, что приоритетным направлением в этом процессе должен стать переход от обучения техническим и технологическим аспектам работы с сетевыми компьютерными средствами к корректному содержательному формированию, отбору и уместному их использованию в процессе решения профессиональных задач.

Поэтому чтобы правильно подобрать интернет-технологии для изучения различных разделов курса информатики, необходимо:

- проанализировать цели и задачи изучения определенного материала курса, современные требования к результатам его обучения;
- отобрать виды учебной деятельности, реализация которой позволит достигать планируемых образовательных результатов;
- подобрать интернет-технологии для осуществления учебной деятельности.

Обучение будущих учителей информатики возможностям использования интернет-технологий при решении профессиональных задач эффективно осуществлять с использованием следующих видов учебной деятельности:

- изучение лекционно-практического материала базовых курсов;
- участие в лабораторных занятиях в рамках базовых и вариативных курсов;
- написание и защита рефератов, курсовых и квалификационных работ;
- участие в работе проблемных проектных групп (педагогических мастерских).

Нами были выделены этапы проектирования учебной деятельности с использованием интернет-технологий при обучении будущих учителей:

1. Подготовительный этап, на котором преподаватель решает использовать интернет-технологии на своих занятиях. Для чего необходимо ознакомиться с теоретическими особенностями использования интернет-технологий, опытом их использования.

2. Анализ и оценка. Происходит постановка цели и задач занятия, выбираются задания.

3. Выбор интернет-технологий. Преподаватель выбирает интернет-технологии с учетом целей и особенностей занятия. При этом они помогут достичь поставленной цели и выполнить задачи занятия, дать необходимый результат, провести промежуточный и итоговый контроль.

4. Проектирование занятия. С учетом поставленных целей и задач преподаватель разрабатывает задания по каждой изучаемой теме.

5. Реализация занятия. В ходе проведения занятия преподаватель должен помнить о поставленных целях и задачах.

6. Мониторинг качества занятия. После проведения занятий преподаватель оценивает качество проведения занятия с применением интернет-технологий, где оценивает свой уровень подготовки использования информационных технологий на уроке.

7. Оценка результатов обучающихся. Необходимо дать объективную оценку эффективности применения интернет-технологий на занятиях, оценивая уровень

интереса обучающихся к данному предмету, уровня активности студентов и полученный результат в виде оценок или баллов.

Анализ реального процесса обучения и документов по профессиональной подготовке будущих учителей (основных профессиональных образовательных программ, учебных планов) показали, что в данном процессе недостаточно практической составляющей, когда происходит реальное погружение студента в будущую деятельность учителя. Основная потребность современного образовательного мира – это учитель, способный максимально эффективно для себя и конечной цели деятельности перестроить процесс обучения в зависимости от происходящих изменений. Организация проблемных проектных групп (педагогических мастерских), на наш взгляд, может решить проблему подготовки учителя, гибко выстраивающего современный процесс обучения, а использование интернет-технологий при таком обучении ускорит глобальный процесс цифровизации образования.

### **Литература**

1. Абалуев Р.Н. Интернет-технологии в образовании: учебно-методическое пособие / Р.Н. Абалуев, Н.Г. Астафьева, Н.И. Баскакова – Тамбов: ТГТУ, 2002. – 115 с.

# ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ИНФОРМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Усенко В. А.**

*Национальный педагогический университет имени Н. П. Драгоманова,  
Киев, Украина, e-mail: v.usenko@std.npu.edu.ua*

В условиях пандемии образовательный процесс значительно трансформировался за короткие сроки [1]. Технология смешанного обучения уже не новаторство, а необходимость, поскольку её использование даёт преимущество простого перехода от очных уроков к дистанционной форме обучения.

Класс больше не является физическим пространством, что, как следствие, имеет свои преимущества и недостатки. Одним из преимуществ такой формы обучения – возможность одновременно охватить большее количество учеников. Среди недостатков – ряд организационных трудностей, связанных с техническим и программным обеспечением каждого ученика.

В апреле 2020 года (через месяц после объявления карантина) был проведён опрос Службой образовательного омбудсмена, в котором поучаствовало 8056 респондентов из разных регионов Украины [2]. По результатам опроса было установлено, что у 32,5% семей респондентов частично или полностью отсутствует компьютерное оборудование для дистанционного обучения. Предполагается, что этот показатель ещё выше, поскольку родители из сельской местности не смогли активно присоединиться к опросу из-за отсутствия интернет-связи. На вопрос о том какие устройства используют ученики можно было дать несколько ответов, предполагается, что часть учеников пользуется несколькими аппаратными средствами. Большинство детей 81,5% использует для обучения мобильные телефоны, (возможно смартфон). 45,6% также используют ноутбуки, почти 22,4% планшеты, а еще 34,3% учащихся обучаются с использованием стационарных компьютеров [3].

По данным Государственного комитета статистики Украины количество домохозяйств, которые имеют доступ к Интернет из дома в г. Киев составляет 83,7% [4]. В связи с развитием мобильных технологий во многих семьях столицы используются смартфоны и планшеты, поэтому не у всех есть доступ к стационарному компьютеру. А во время общенационального локдауна многие члены семьи работали дистанционно, что также сокращает возможность детей заниматься онлайн в рабочие часы.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что перед современным учителем стоит непростая задача обеспечения равного доступа к качественному образованию всех категорий учеников. Главные организационные трудности во время дистанционного обучения:

- Различное техническое оборудование.
- Различное программное обеспечение (в частности, операционные системы).
- Реализация коммуникации учителя с учениками.
- Невозможность изучения некоторых тем исключительно с помощью мобильных технологий.

Для того, чтоб создать для всех учащихся равные условия обучения, учителю необходимо создать комфортную образовательную среду с учётом потребностей каждого.

Так, для организации учебного процесса стоит использовать специальную платформу – это может быть любая LCMS (learning content management system), например, Google Classroom. Для Google Classroom есть мобильное кроссплатформенное приложение, учителям многие программные продукты уже знакомы, а администрирование не требует особых навыков, которые нужны для настройки веб-сервера и администрирования LCMS. Google Classroom является одной из самых популярных платформ для реализации дистанционного обучения [3]. Но использование такой платформы предусматривает асинхронное обучение, поскольку обратная связь совершается посредством личного комментария на платформе или письмом.

Для того, чтобы обучение было синхронным необходимо проводить видеоконференции, во время которых можно не только давать новый материал, но и совершать коммуникацию с аудиторией. Для видеоконференций используют ZOOM, Google Meets, реже Youtube, а для мгновенной коммуникации – Viber или Telegram [3].

Также, стоит учитывать, что не все ученики имеют возможность обучаться синхронно. Для них стоит размещать запись лекции, либо короткие видеуроки, теоретический материал, практические задания и задания для самоконтроля. Например, уместно использовать специальные тренажёры [5], в которых ученик может вносить изменения в HTML код и одновременно видеть как меняется веб-страница в зависимости от внесенных правок. В таких тренажёрах используется игровой метод – перед учеником ставятся простые небольшие задания, результат выполнения которых проверяются автоматически. Ученики, которые обучаются асинхронно или не имеют связи с учителем, используя такую платформу получают знания самостоятельно.

Для мотивации и легкой подачи материала также можно рассмотреть использование мобильных приложений-тренажеров. Например, приложение Solo Learn создано для изучения популярных языков программирования (C++, Python), а также HTML, CSS и т. д. Короткие уроки позволяют лучше усвоить новый материал, а легкие упражнения мотивируют продолжать обучение. Недостатком такого приложения есть то, что некоторые уроки являются платными.

Изучение основ HTML, как и другие темы в курсе информатики подразумевает системно-деятельностный подход в обучении. Для выполнения практических заданий необходимо использовать редактор кода. Sublime Text 3 может использоваться учениками, как на стационарном компьютере, так и на смартфоне. Применение этого программного обеспечения (ПО) удобно для дальнейшего изложения материала во время очных занятий. Привыкнув к интерфейсу и функционалу программы, ученикам будет удобно заниматься, как дома, так и в школе.

Организация дистанционного обучения основам HTML сталкивается с трудностями создания образовательной среды с учётом потребностей каждого ученика. Учителю необходимо подобрать кроссплатформенное программное обеспечение и создавать практические задания с учётом возможности их реализации на различном компьютерном оборудовании. Политика учебных учреждений – реализация синхронного дистанционного обучения. Тем не менее для того, чтобы охватить всех учеников, необходимо разрабатывать полноценный курс, наполняя его



теоретическими материалами и практическими заданиями для детей, которые обучаются асинхронно.

### Литература

1. Итоги образовательной конференции Финляндии Educa 2021. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://osvitoria.media/ru/experience/shho-horoshogo-covid-dav-shkoli-2> – Дата доступа: 11.04.2021
2. Образование в Украине: вызовы и перспективы/ Информационно-аналитический сборник. – Киев, 2020. – [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/serpneva-konferencia/2020/metod-zbirka-osvita-ta-covid-2020.pdf> – Дата доступа: 11.04.2021
3. Результаты опроса родителей "Обучение детей во время карантина" – [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://eo.gov.ua/wp-content/uploads/2020/04/Rezultaty-opytuvannia-22Navchannia-ditey-pid-chas-karantynu22.pdf> – Дата доступа: 11.04.2021
4. Доступ домохозяйств Украины к Интернету в 2019 году / Статистический сборник. – Киев, 2020. – [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat\\_u/2020/zb/07/zb\\_\\_dd\\_in19.pdf](https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/2020/zb/07/zb__dd_in19.pdf) – Дата доступа: 11.04.2021
5. Основы HTML и CSS – [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://htmlacademy.ru/courses/297> – Дата доступа: 11.04.2021.

# ERP-СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ ДОЛГОСРОЧНЫХ ЦЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТА

Шандора Н. И., Русакович И. С.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: shandoranatasha@tut.by, i.s.rusakovich@gmail.com

Современные организации используют в своей работе большое количество различных IT-систем. Одними из наиболее комплексных можно назвать ERP-системы – Enterprise Resource Planning systems (системы планирования ресурсов предприятия).

Понятие ERP было предложено компанией Gartner Group в 1990 году как развитие концепции MRP II. Дальнейшее расширение сферы планирования и управления привело к концепции ERP II – Enterprise Resource and Relationship Processing (управления корпоративными ресурсами и внешними связями), где объектами управления являются не только процессы внутри корпорации, но и внешние взаимосвязи (поставщики, клиенты, государство, общественные организации и т.д.) [4, 6, 7].

С конца XX века системы класса ERP широко применяются не только на предприятиях, но и в других организациях, например, в высших учебных заведениях, ведь они также имеют множество различных процессов, оптимизировав и автоматизировав которые, можно значительно повысить их качество и сократить расходы. Внедряемые в университеты и колледжи ERP могут иметь следующие функциональные модули, отображенные на рисунке 1 [5].



Рис. 1. Функциональные модули ERP-систем университетов

Использование систем планирования и учета ресурсов предприятия (ERP) как составной части информационных систем университета в наши дни становится одним из факторов, значительно повышающих качество управления и снижающих издержки организации. Это объясняется тем, что ERP-системы наделяют высшие учебные заведения набором значительных преимуществ, одним из которых является интегрированность системы, а именно:

- на основе информации, вводимой сотрудниками, система оптимизирует финансовые, ресурсные потоки и бизнес-процессы организации в целом;
- весь цикл планирования и управления деятельностью университета, от зачисления студентов до выдачи заработной платы работникам, производится и контролируется в одной программе;

- несмотря на то, что информация вводится в систему единожды и локально (в том отделе, где она возникла), она сохраняется в единую базу данных, что впоследствии позволяет использовать её многократно всеми отделами [1].

Следовательно, ERP-системы позволяют сократить издержки, повысить согласованность работы всех отделов университета и устранить проблему взаимосвязи данных, введенных из различных источников. Исходя из этого, повышается также и эффективность управления, что способствует принятию верных стратегических решений.

Внедрение систем класса ERP повышает также конкурентоспособность высшего учебного заведения. Благодаря сокращению бумажной работы и автоматизации административных процессов, факультеты могут ещё больше сконцентрироваться на студентах и качестве процесса обучения. Эффективность организации процесса обучения улучшается за счет наличия подробной информации о студентах, группах и возможности получения различных аналитических отчетов в режиме реального времени. Сокращение процессных издержек позволяет направить дополнительное финансирование на создание комфортных условий получения образования, например, на обновление/закупку различного оборудования, программного обеспечения и т.д. Кроме того, повышается качество взаимодействия между студентами, их родителями и администрацией [8].

Внедрению информационных систем предшествует большой объем работы по прогнозированию выгод от её использования и детальному анализу организации. Одним из важных этапов при этом является рассмотрение зарубежного опыта, отражающего преимущества, которые получили высшие учебные заведения, внедрившие ERP-системы (таблица 1). [3, 9].

*Табл. 1. Примеры успешных внедрений ERP-систем в высшие учебные заведения*

Высшее учебное заведение	Задачи внедрения	Результаты внедрения
Университет Universidad Mayor, Сантьяго, Чили	Повысить эффективность работы и упростить отчетность для более качественного процесса принятия решений.	Упрощенные сценарии бизнес-процессов order-to-cash; повышение уровня знаний и навыков сотрудников, снижение затрат на обучение; ускоренные и упрощенные процессы планирования.
Университет Массачусетса University of Massachusetts (UMASS)	Управление учебным процессом, финансами и необходимость интеграции управления персоналом.	Стандартизация бизнес-процессов и распределение расходов между подразделениями на поддержание технологической инфраструктуры.
Система технических колледжей штата Висконсин Wisconsin Technical College System (WTCS)	Автоматизация и интеграция бухгалтерского учета, регистрация и учет студентов, управление персоналом.	Веб-доступ ко всем студенческим материалам; сокращение количества разрозненных информационных систем с одиннадцати до четырех; сокращение требований к зарплате персонала на 50%.

Существует множество примеров успешных и выгодных внедрений ERP-систем, но, к сожалению, есть и провальные случаи, повлекшие за собой серьезные последствия и убытки. Основными причинами таких случаев являются:

- чрезмерно сжатые сроки внедрения крупных ERP-систем, которые охватывают все процессы университета;
- отказ от использования фазового (многостадийного) подхода, запуск всех процессов сразу;
- попадание процесса миграции данных и начала работы в новой системе на наиболее загруженный период работы в году;
- жертвование временем тестирования системы ради повышения скорости внедрения.

Таким образом, системы планирования ресурсов предприятия могут повысить конкурентоспособность университета, значительно улучшив качество управленческого планирования, качество контроля деятельности и позволив генерировать бизнес-процессы в единой системе на основе общего информационного пространства при рациональном использовании ресурсов.

БГУ является учебно-научно-производственным комплексом, включающим: 28 факультетов, учебных институтов и образовательных учреждений; 191 кафедру; 46 студенческих научно-исследовательских лабораторий; 41 научно-исследовательских лабораторий и т.д., с численностью работников более 8 тыс. чел. и обучая более 25,5 тыс. студентов [2]. Со временем, каждый сотрудник отдела создает сотни мегабайт информации, и отдельные процессы, трансформируются в большие объемы данных. В связке с другими бизнес-процессами разрозненные информационные потоки требуют огромных ресурсов для их объединения и анализа. Поэтому ERP-система, при грамотном изучении плюсов и минусов внедрения, может стать решением для автоматизации основных процессов в университете и эффективности управления.

### Литература

1. Автоматизированные информационные технологии в экономике: Учебник для вузов / Под редакцией Г.А. Титоренко. М.: Юнити, 2010. 267 с.
2. БГУ в цифрах 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bsu.by/bgu-segodnya/bgu-v-tsifrakh-2019.php>. – Дата доступа: 10.04.2021.
3. Ушакова, Т.В. ERP-системы в управлении высшим образованием / Т.В. Ушакова // Аудит и финансовый анализ. – 2012. – № 6. – С. 393-396.
4. Что такое ERP система / Блог компании Trinion / Хабр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/trinion/blog/333018/>. – Дата доступа: 10.04.2021.
5. Bologa, Ana Ramona. ERP for Romanian Higher Education / Ana Ramona Bologa // Infomatica Economica. - 2007. - №3. - P. 100-103
6. ERP системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.kpms.ru/Automatization/ERP\\_system.htm](https://www.kpms.ru/Automatization/ERP_system.htm). – Дата доступа: 10.04.2021.
7. ERP-системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ERP-системы#Выбор\\_ERP-системы](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:ERP-системы#Выбор_ERP-системы). – Дата доступа: 11.04.2020.
8. Nallaperumal, Ramachandran. Factors for Implementation of ERP in Higher Education – A Literature Review / Ramachandran Nallaperumal // 17 AIMS International Conference on Management, Kozhikode, 2-4 January 2020 / IIM Kozhikode; ed. Omprakash K Gupta [et al.]. - Kozhikode, 2020. - P. 336-339
9. Universidad Mayor: How Does A Leading University Become An Intelligent Enterprise By Modernizing its Business Suite? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sap.com/documents/2019/04/0892412f-457d-0010-87a3-c30de2ffd8ff.html>. – Дата доступа: 11.04.2021.

**СЕКЦИЯ 10.  
БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА  
ИНФОРМАЦИИ**

# ЗАЩИТА ВИЗУАЛЬНЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ: ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ

**Абламейко М. С.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: m.ablameyko@mail.ru*

В настоящее время во многих городах мира происходит сбор данных о его жителях. Большая часть этих данных собирается с помощью систем интеллектуального видеонаблюдения, которые сегодня становятся неотъемлемой частью «умных городов», что обусловлено широким кругом решаемых такими системами задач и постоянным ростом доступности средств наблюдения и связи. Применение систем искусственного интеллекта позволяет не только распознать лицо человека, но и получить всю информацию о нем путем выборки, которая содержится во всех базах данных страны.

Широкое распространение технологий видеонаблюдения создает растущую угрозу конфиденциальности [1]. Распознавание лиц можно использовать не только как инструмент для идентификации людей и определения их местоположения, но и для получения информации об их социальной активности, например, о том, с кем и где они проводят время. При этом если у человека есть профиль в социальных сетях (база его снимков разного возраста), то точность распознавания значительно повышается.

При широком внедрении таких систем затрагиваются различные юридические аспекты, в особенности, связанные с защитой прав и законных интересов граждан от произвольного и несанкционированного контроля за их жизнью и поведением, угроз частной жизни, несанкционированного вмешательства в личную жизнь и многое другое. При этом следует учитывать, что право человека на невмешательство в его личную и семейную жизнь отнесено к числу основополагающих.

Запрет на такое вмешательство, а также право на защиту от такого вмешательства, были закреплены в ст. 12 Всемирной декларации прав человека 1948 г. Международный пакт о гражданских и политических правах (1966 г.) закрепил принцип невмешательства в частную жизнь. Неприкосновенность частной жизни закреплена в ст. 29 Конституции Республики Беларусь. В связи с этим необходимо искать баланс интересов государства, в части контроля за своими гражданами с точки зрения обеспечения общественной безопасности, и интересов личности с точки зрения недопущения злоупотребления вмешательством в свою жизнь со стороны государства.

Вопросам защиты персональных данных граждан посвящено огромное множество статей [2]. Однако, наряду с обычными персональными данными, системы видеонаблюдения вводят в широкий оборот фото- и видео-материалы, которые также могут быть каким-то образом отнесены к персональным данным человека. В этой связи представляется крайне важным определить направления правового регулирования систем общественной безопасности и данных фото- и видео-материалов, чтобы обеспечить соблюдение права на неприкосновенность частной жизни, не допустить произвольное вмешательство в жизнь человека.

Наряду с большим положительным эффектом от внедрения систем искусственного интеллекта для общественной безопасности, существуют и отрицательные стороны. Этический вопрос «вторжения» систем видеонаблюдения и видеоаналитики в частную

жизнь каждого отдельного добропорядочного гражданина, на которое он не давал своего предварительного согласия, заслуживает отдельного обсуждения.

### **Визуальные персональные данные. Юридический статус**

Термин «персональные данные» в Республике Беларусь встречается в законодательных актах, однако до настоящего времени отсутствует единый акт регламентирующий порядок сбора, обработки, предоставления, хранения и т.д., что, несомненно, вызывает проблемы с пониманием этого правового явления и его сущности.

В апреле 2020 года. прошел второе чтение в Парламенте Республике Беларусь законопроект о персональных данных [3]. Одной из целей закона является установление дополнительных гарантий от произвольного и бесконтрольного сбора, хранения, использования, иной обработки, распространения и предоставления персональных данных физических лиц. определение основных терминов и сферы действия Закона. Предполагается, что в Законе будут определены такие термины как «персональные данные», «субъект персональных данных», «обработка персональных данных», «распространение персональных данных» и другие. Так, персональные данные, по проекту Закона, – это любая информация, относящаяся к идентифицируемому физическому лицу или физическому лицу, которое может быть идентифицировано на основании этой информации [4].

Одним из основных условий при совершении каких-либо действий с персональными Проект закона «О персональных данных» дает право субъекту персональных данных узнать, где находятся его данные. Для этого ему нужно написать письменное заявление и занести его в соответствующие органы. Гражданин вправе знакомиться со своими персональными данными, требовать изменить их. Можно будет также требовать удаления своих данных, если их собрали или обработали без оснований или «они не являются необходимыми для заявленной цели их сбора».

Белорусское законодательство не относит напрямую к персональным данным «косвенные» персональные данные и не регулирует вопросы использования «электронных» идентификаторов - следов, которые оставляют субъекты при использовании Интернета. Не регулируется также обработка биометрических, генетических, специальных персональных данных, персональных данных в общедоступных источниках.

Определяются следующие виды персональных данных [4]:

- биометрические персональные данные – сведения, характеризующие физиологические и биологические особенности человека, которые используются для его уникальной идентификации (отпечатки пальцев, ладоней, радужная оболочка глаза, характеристики лица и его изображение и другое);
- генетические персональные данные – сведения, относящиеся к наследуемым либо приобретенным генетическим характеристикам человека, которые содержат уникальную информацию о его физиологии либо здоровье и могут быть выявлены, в частности, при исследовании биологического образца человека;
- общедоступные персональные данные – персональные данные, распространенные самим субъектом персональных данных либо с его согласия или распространенные в соответствии с требованиями законодательных актов;
- специальные персональные данные – персональные данные, касающиеся расовой либо национальной принадлежности, политических взглядов, религиозных

или других убеждений, здоровья или половой жизни, судимости, а также биометрические и генетические персональные данные.

### **Визуальные персональные данные. Как их защищать?**

Таким образом, к биометрическим персональным данным относятся изображение лица человека и его характеристики. Понятно, что через эти характеристики может быть прямо или косвенно определено конкретное физическое лицо и осуществлена привязка всех этих данных ко всем остальным.

Изображение лица человека может быть взято из фотографии. Тогда возникает вопрос: фотография с паспорта, фотография с улицы? Следующий вопрос: видеоизображение – это персональные данные или нет? Не всегда можно однозначно понять, позволяет ли, например, конкретная фотография установить личность. А если это не фото с паспорта, а фото в толпе на улице? Пока чёткого определения нет. Оценки экспертные: например, когда вы проходите паспортный контроль, сотрудник службы безопасности (пограничник) смотрит на ваше лицо, смотрит на фото в паспорте или визе и решает, похожи вы или нет. Если с его точки зрения достаточно похожи – значит, экспертное решение вынесено положительно. [5]

Можно заключить, что фотографии и видеозаписи конкретного лица являются персональными данными. Но только те, которые позволяют установить личность и используются для установления личности.

Технологии общественной безопасности на основе компьютерного зрения получили широкое распространение в последние годы. Многие из этих приложений стали неотъемлемой частью нашей жизни, особенно с учетом того, что сейчас доступен широкий спектр устройств с камерами высокого разрешения, таких как смартфоны, смарт-телевизоры, умные очки и дроны (беспилотные летательные аппараты).

Следует определить четкий правовой механизм сбора и защиты визуальных персональных данных и частной жизни в части получения данной информации:

- определить круг лиц, имеющих доступ к базам с обязанностью сохранности данной информации в тайне и ответственности за ее разглашение;
- строго регламентировать порядок доступа иных лиц;
- обеспечить эффективную техническую защиту;
- получить согласие лица на сбор и обработку данных и др.

Кроме того, в современных условиях недостаточно проработанным и понятным для простого гражданина является механизм защиты его прав в случае их нарушения.

Гражданин может прекратить обработку своих персональных данных, то есть в теории можно вылавливать все свои фотографии в толпе и настаивать, что это хранение и обработка без вашего согласия. Исключениями из данной ситуации являются случаи, когда:

- использование изображения осуществляется в государственных, общественных или иных публичных интересах;
- изображение получено при съёмке, которая проводится в местах, открытых для свободного посещения, или на публичных мероприятиях (собраниях, съездах, конференциях, концертах, представлениях, спортивных соревнованиях и подобных мероприятиях);
- гражданин позировал за плату.



## Заключение

Вопросы конфиденциальности личности становятся первостепенными в 21 веке в связи с повсеместным внедрением ИКТ. Производство –фото и –видео съемки с использованием различных средств (смартфоны, дроны, видеорегастраторы) становятся неотъемлемой частью жизни. Системы искусственного интеллекта позволяют идентифицировать человека по изображению с высокой точностью. В связи с этим считаем целесообразным в дополнение к основным типам персональных данных ввести термин «визуальные персональные данные» и обеспечить правовые механизмы защиты визуальных персональных данных.

## Литература

1. Все камеры Минска объединят в государственную сеть. Как жить в городе, который за тобой следит? [Электронный ресурс]. – Ситидог. – 2017. – Режим доступа: <https://citydog.by/post/constant-smart-minsk/>. – Дата доступа: 05.05.2020.
2. Абрамейко, М.С., Правовое регулирование персональных данных с учетом ввода ID-карт и биометрических паспортов /М.С.Абрамейко // Журнал Белорусского государственного университета. Право. – 2018. – № 1. – С. 14-20.
3. Первый день сессии у депутатов: какие законы принял парламент Беларуси Режим доступа: <https://officelife.media/news/25057-pervyy-den-sessii-u-deputatov-kakie-zakony-oni-prinyali/>. – Дата доступа: 2.04.2021.
4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2005. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3941&p0=2019023001>. – Дата доступа: 25.03.2021.
5. Что, собственно, такое персональные данные? Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/technoserv/blog/348046/>- Дата доступа: 25.03.2021.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСКОВОГО ШИФРОВАНИЯ

**Егорова М. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: fpm.egorovamv@bsu.by*

В настоящее время вопрос безопасности и защиты персональных и корпоративных данных стоит как никогда остро. Одним из вариантов обеспечения конфиденциальности данных, хранящихся на различных носителях информации, является дисковое шифрование. Дисковое шифрование – это технология защиты данных, основанная на применении методов симметричной криптографии, после применения которых хранящаяся на диске информация становится неотличимой от случайной последовательности. Без знания ключа шифрования защищённые данные являются недоступными для всех пользователей (как регулярных, так и злоумышленников). Дисковое шифрование производится при помощи программных и аппаратных средств, шифрующие каждый байт хранилища. Однако на рынке не представлены средства, использующих криптографические алгоритмы, спецификации которых приняты в качестве ТНПА Республики Беларусь. В данном тексте рассматриваются вопросы практической организации дискового шифрования, соответствующего национальным криптографическим стандартам [2-5], защиты контейнера от атаки путём перебора пароля пользователя, эффективной блокировки контейнера и контроля целостности.

Проектирование таких комплексных и масштабных проектов – трудоемкая задача, требующая большого количества ресурсов, а также знания особенностей дисковой архитектуры различных ОС. Поэтому оптимальным является решение усовершенствовать готовую реализацию с открытым исходным кодом и свободной лицензией – выбор пал на программное обеспечение VeraCrypt [1]. Это решение обеспечивает простоту встраивания необходимых криптографических алгоритмов, кроссплатформенность, а также определенные гарантии безопасности в силу проведения независимого аудита исходного кода. VeraCrypt позволяет создавать защищенные контейнеры, в том числе скрытые, и работать с ними с использованием шифрования «на лету». Это означает, что данные автоматически зашифровываются прямо перед сохранением и расшифровываются сразу после загрузки без вмешательства пользователя. Схема работы VeraCrypt представлена на рисунке 1. Первые 512 байт соответствуют заголовку базового контейнера, а байты с 65536 по 66047 – заголовку скрытого контейнера.

Стандарт 34.101.31-2020 [2] определяет семейство криптографических алгоритмов шифрования и контроля целостности, которые используются для защиты информации при ее хранении, передаче и обработке. Для соответствия разрабатываемого ПО данному стандарту планируется добавить в исходный код программной реализации следующие алгоритмы: belt-block (пункт 6.1), belt-hash (пункт 7.8), belt-bde и belt-sde (пункт 7.9). В данных режимах, как и в распространенном режиме XTS синхропосылка вырабатывается детерминировано, исходя из смещения сектора и ключа, а ее модификация выполняется с помощью умножения в кольце многочленов. В качестве функции хэширования предлагается использовать либо belt-hash, либо bash из СТБ 34.101.77-2020 [4] с уровнем стойкости  $l=128$ .

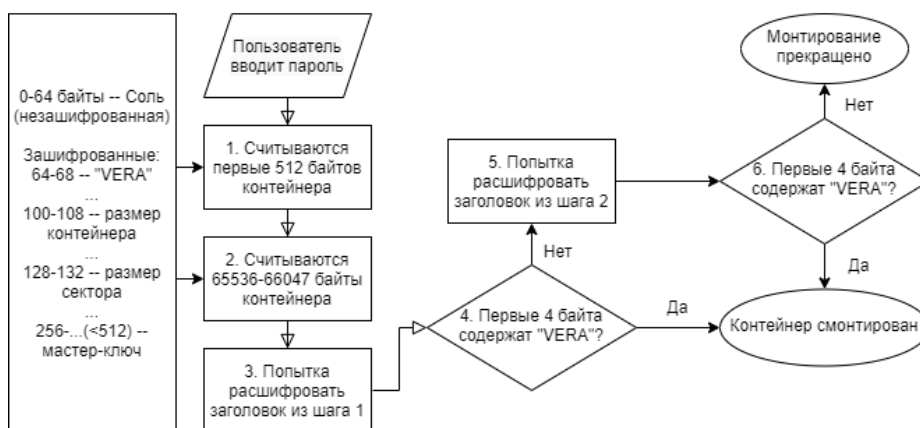


Рис. 1. Схема монтирования VeraCrypt

Одной из основных проблем, стоящих перед дисковым шифрованием, является управление паролями. Ключ шифрования диска защищен паролем пользователя, который часто имеет низкую энтропию. Таким образом, сложность раскрытия защищенной информации не превышает сложности раскрытия пароля пользователя путём перебора. Для усиления безопасности предлагается добавить возможность защиты пароля путем разделения секрета. Задача разделения секрета подразумевает под собой разделение секретной информации (общего секрета) на несколько частичных секретов таким образом, что только имея заранее заданное число частичных секретов участники могут ее восстановить, следовательно, вероятность компрометации информации снижается. Таким образом, предлагается вместо пароля пользователя сгенерировать высокоэнтропийный ключ  $P$  длины 256 бит и применить  $(n, k)$ -пороговую схему разделения секрета в соответствии с СТБ 34.101.60-2014 [3], то есть разделить ключ  $P$  на  $n$  ( $n \leq 16$ ) частей и обеспечить их хранение на различных носителях, где  $k$  ( $k \geq 2$ ) – необходимое для восстановления секрета количество долей. В соответствии со стандартом с СТБ 34.101.78-2019 [5] (раздел 11), частичные секреты могут сохраняться во вспомогательных контейнерах, защищенных на паролях. Пароли защиты различных контейнеров могут совпадать. В любой комбинации порогового числа частичных секретов хотя бы один из них должен быть защищен на пароле.

Ещё одной предлагаемой модификацией VeraCrypt является добавление пароля уничтожения, который может быть опционально задан пользователем при создании контейнера. В экстренной ситуации и в случае необходимости быстрой и безопасной перманентной блокировки контейнера пользователь вводит вместо обычного пароля пароль уничтожения, в результате чего 512 байт соответствующего заголовка контейнера принудительно заполняются последовательностью байт вида  $0x00$ , что приводит к невозможности восстановления информации любыми способами кроме полного перебора множества ключей мощностью  $2^{256}$ . Технически это выглядит следующим образом: при создании контейнера у пользователя запрашивается 2 пароля, один из которых используется в качестве обычного, а второй для уничтожения данных. После инициализации контейнера заголовок расшифровывается на пароле уничтожения и первые 32 байта, называемые в дальнейшем  $R$ , добавляются перед началом заголовка. При попытке осуществления штатного монтирования первые 32 байта расшифрованного заголовка будут сравниваться с хранящимся перед заголовком  $R$  и при полном совпадении контейнер приводится в негодность описанным выше

способом. В противном случае монтирование продолжается как обычно. Для скрытого тома осуществляются аналогичная последовательность действий.

Важной задачей дискового шифрования является не только сохранение конфиденциальности данных, но и контроль их целостности. Так как VeraCrypt никак не контролирует целостность зашифрованных данных, предлагается использовать один из следующих вариантов: древовидное полиномиальное хеширование, схема инкрементального хеширования. Рассмотрим полиномиальное хеширование [7]. На вход хэш-функции подаются данные, разделенные на блоки одинаковой длины. Затем итеративно для каждого блока данных  $x_i$  и хэш-значения предыдущего блока  $h_{i-1}$  применяются односторонние функции свёртки. Учитывая, что применяемые в хэш-алгоритмах функции свёртки принимают на вход два блока данных (текущий блок и промежуточное хэш-значение) и порождают один, то этот процесс можно описать в виде бинарного дерева. Таким образом, листьям такого дерева будут соответствовать блоки данных, а остальным узлам – промежуточные значения свёрток. Вершина – итоговое хэш-значение. Схема инкрементального хеширования [8] работает по следующему алгоритму: для каждого блока данных вычисляется дополненный блок (блок в конкатенации с его уникальным значением), для каждого дополненного блока вычисляется хэш-функция (с выходом длины  $k$ , где  $k$  должно быть больше 2000 байт. Например, хэш-функции SHAKE128 и SHAKE256). Итоговое хэш-значение получается путём сложения промежуточных хэш-значений с помощью оператора 64-битного пословного сложения  $k/64$  слов.

Подводя итоги, написание программного обеспечения с добавлением вышеперечисленных модификаций позволяет создать конкурентоспособное приложение, соответствующее белорусским стандартам и имеющее усиленные по сравнению с оригиналом гарантии безопасности.

#### Литература

1. Официальная документация программы VeraCrypt, [Электронный ресурс] – Ноябрь 2020. – Режим доступа: <https://www.veracrypt.fr/en/Documentation.html>. Дата доступа: 07.12.2020.
2. СТБ 34.101.31-2020. Информационные технологии и безопасность. Криптографические алгоритмы шифрования и контроля целостности – Минск: БелГИСС, 2020.
3. СТБ 34.101.60-2014. Информационные технологии и безопасность. Алгоритмы разделения секрета – Введ.2014 – Минск: БелГИСС, 2014.
4. СТБ 34.101.77-2020. Информационные технологии и безопасность. Алгоритмы хеширования – Введ.2014 – Минск: БелГИСС, 2020.
5. СТБ 34.101.78-2019. Информационные технологии и безопасность. Профиль инфраструктуры открытых ключей – Введ.2019 – Минск: БелГИСС, 2019.
6. Recommendation for Block Cipher Modes of Operation: The XTS-AES. Mode for Confidentiality on Storage Devices, NIST Special Publication 800-38E, [Electronic resource] / Morris Dworkin, January 2010, Mode of access: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-38E/nist-sp-800-38E.pdf>. Date of access: 20.03.2021.
7. Гапанович Д. А., Чубариков В. Н., Современные информационные технологии и ИТ-образование. Хэш-алгоритмы с управляющей древовидной структурой метод его реализации на параллельных архитектурах. – МГУ, г. Москва, Россия. 2017
8. Reviving the idea of incremental cryptography for the zettabyte era use case: Incremental hash functions based on SHA-3, [Electronic resource] / Miha]loska, H., Gligoroski, D., Samardjiska, S., Mode of access: <http://eprint.iacr.org/2015/1028>. Date of access: 02.04.2021.

# ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОМПОЗИТНЫМИ ЭКРАНАМИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АТОМАРНЫХ ФУНКЦИЙ

**Ерофеев В. Т.**

*НИИ прикладных проблем математики и информатики, Минск, Беларусь,  
e-mail: bsu\_erofeenko@tut.by*

В электродинамике одним из важнейших классов задач является класс краевых задач экранирования импульсных электромагнитных полей композитными экранами. Применяются пленочные экраны: однослойные, многослойные, биизотропные [1], пермаллойные, радиопоглощающие покрытия, системы защиты информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений (ПЭМИН) и другие.

В статье решена краевая задача проникновения через плоский экран импульсного широкополосного плоского электромагнитного поля

$$\vec{E}_{\text{ш снг}}^{(+1R)}(\vec{r}, t) = \frac{E_0 \Omega_{\text{снг}}}{4\pi} \left( -\vec{v}_1 A_0 \sin\left(\frac{\Omega_{\text{снг}}}{2}(p_+ - t)\right) + \vec{v}_2^{(-)} B_0 \cos\left(\frac{\Omega_{\text{снг}}}{2}(p_+ - t)\right) \right) \text{Up}\left(\frac{\Omega_{\text{снг}}}{2}(p_+ - t)\right), \quad (1)$$

$$\text{Up}(y) = \prod_{n=1}^{\infty} \text{sinc}\left(\frac{y}{2^n}\right), \quad \text{sinc}(x) = \frac{\sin x}{x},$$

$$\vec{v}_1 = \sin \varphi_0 \vec{e}_x - \cos \varphi_0 \vec{e}_y, \quad \vec{v}_2^{(\mp)} = \mp \cos \theta_0 (\cos \varphi_0 \vec{e}_x + \sin \varphi_0 \vec{e}_y) + \sin \theta_0 \vec{e}_z,$$

$\theta_0$ ,  $\varphi_0$  – углы, характеризующие направление распространения полей;  $A_0$ ,  $B_0$  – произвольные постоянные. Вычислено спектральное электромагнитное поле для широкополосного поля (1), которое представлено через атомарную функцию  $\text{up}(x)$ :

$$\hat{E}_{\text{ш снг}}^{(+1R)}(\vec{r}, \omega) = \hat{E}'^{(+1R)}(\vec{r}, \omega) + i \hat{E}''^{(+1R)}(\vec{r}, \omega), \quad (2)$$

$$\hat{E}'^{(+1R)}(\vec{r}, \omega) = \frac{E_0}{2} [\vec{v}_1 A_0 \sin(\omega p_+) \text{up}_{\text{ш}}^{(-)}(\omega) - \vec{v}_2^{(-)} B_0 \cos(\omega p_+) \text{up}_{\text{ш}}^{(+)}(\omega)],$$

$$\hat{E}''^{(+1R)}(\vec{r}, \omega) = -\frac{E_0}{2} [\vec{v}_1 A_0 \cos(\omega p_+) \text{up}_{\text{ш}}^{(-)}(\omega) + \vec{v}_2^{(-)} B_0 \sin(\omega p_+) \text{up}_{\text{ш}}^{(+)}(\omega)],$$

$$\text{up}_{\text{ш}}^{(\pm)}(\omega) = \text{up}\left(\frac{2\omega}{\Omega_{\text{снг}}} - 1\right) \pm \text{up}\left(\frac{2\omega}{\Omega_{\text{снг}}} + 1\right), \quad \text{up}(x) - \text{атомарная функция}, \quad -\Omega_{\text{снг}} < \omega < \Omega_{\text{снг}} - \text{спектр.}$$

В публикации [1] вычислено спектральное поле, проникшее через биизотропный плоский экран. Полученные формулы позволяют исследовать ослабление спектрального поля (2) при прохождении через экран [1]. Также могут быть использованы атомарные функции с более сложной геометрией [2].

## Литература

1. Ерофеев, В.Т. Искажение узкополосных электромагнитных импульсных сигналов при прохождении через биизотропный экран / В.Т. Ерофеев, В.Ф. Бондаренко // Электроника ИНФО. – 2013. – №6. – С. 176 – 180.
2. Ерофеев В. Т., Кравченко В. Ф. Конструирование временных сигналов экспоненциально затухающими атомарными функциями. // Физические основы приборостроения – 2020. – Т.9, №4. – С.30-37.

## **АППАРАТНЫЙ КЛЮЧ КАК СРЕДСТВО АУТЕНТИФИКАЦИИ В ВЕБ-СРЕДЕ**

**Иванов Д. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: d.ivanov1243@gmail.com*

Защита пользовательских данных – далеко не новая проблема. Наиболее уязвимыми являются данные аутентификации, ведь насколько эффективными бы не были методы шифрования хранимых и передаваемых данных, такие методы окажутся бесполезными, как только будет скомпрометирован логин и пароль.

Для усиления степени защиты используется двухфакторная аутентификация – комбинация из пароля и ключа-подтверждения. Наиболее часто используемые методы двухфакторной аутентификации работают по номеру телефона или электронной почте. Такие методы предоставляют больший уровень безопасности, чем однофакторная аутентификация, однако все еще могут быть подвержены фишингу и могут быть неудобны в ряде ситуаций (например, подтверждение по номеру телефона, когда вы находитесь в роуминге).

Более безопасным вариантом многофакторной аутентификации является аппаратный ключ – небольшое устройство, оснащенное криптопроцессором и интерфейсом Bluetooth, NFC или USB. Аппаратный ключ является быстрым и надежным способом защитить пользовательские данные. Такой способ защиты подойдет для людей, работающих с конфиденциальной и личной информацией, таких как администраторы баз данных, системные администраторы, сетевые администраторы и администраторы безопасности, разработчики приложений, сотрудники, работающие с финансами, топ-менеджеры и сотрудники отдела кадров.

Аппаратный ключ позволяет улучшить безопасность как устаревших, так и современных способов многофакторной аутентификации, таких как FIDO2 или WebAuth. Аппаратный ключ использует микрочип для генерации секретных ключей и такой алгоритм генерации не может быть скопирован или украден удаленно, что делает его наилучшим решением для привилегированных пользователей.

Фишинг – один из способов добычи персональных данных, логины и пароли зачастую являются главными мишенями таких атак. По данным Google [3], 68% фишинговых атак (рис. 1) – новые вариации писем, никогда не наблюдаемых ранее, из чего можно сделать вывод что такой тип угроз продолжает расти и развиваться.

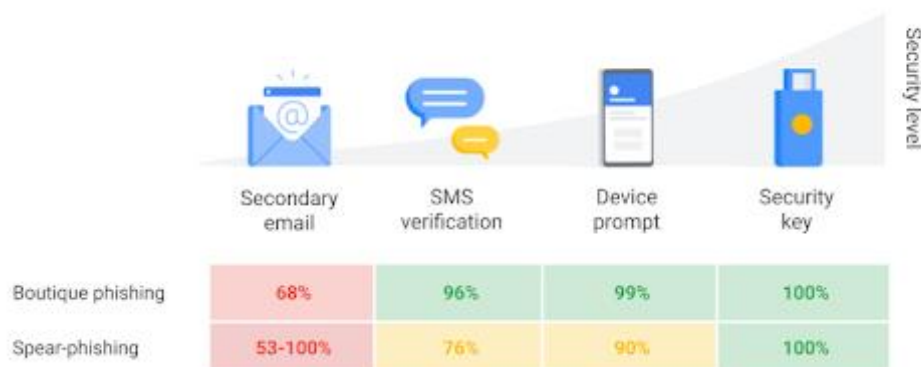


Рис. 1. Степень защиты различных методов двухфакторной аутентификации

Аппаратные ключи надежно защищают от таких угроз и предоставляют самый надежный способ защиты от захвата аккаунтов путем таргетированных фишинг-атак. Даже в случае, когда персональные данные скомпрометированы, защиту аппаратным ключом не получится обойти, так как учетные данные привязаны к реальному сайту и новая кодовая комбинация генерируется при каждой новой попытке авторизации.

От использования аппаратного ключа могут выиграть разные типы пользователей. Компании могут снизить затраты на обслуживание аккаунтов в случае утери или кражи данных авторизации. Исходя из отчета компании Yubico за 2019 год, от 20% до 50% звонков в службу поддержки представляли из себя запросы на сброс пароля [4]. Такие запросы могут обходиться компаниям в среднем по \$70 за каждый. Использование аппаратных ключей значительно снижает необходимость обслуживания паролей.

Обычные пользователи, также могут воспользоваться преимуществами аппаратных ключей, крупные платформы на аппаратных ключах поддерживают двухфакторную аутентификацию на многих платформах, куда входят социальные сети (Facebook, Twitter, Instagram), все сервисы Google (Google Диск, Gmail, YouTube), менеджеры паролей, прочие почтовые клиенты и облачные хранилища. Также поддерживается аутентификация в системах Windows, MacOS и Linux.

Многие производители предоставляют API и SDK для интеграции аппаратных ключей в приложения для персональных компьютеров, мобильных устройств, а также веб-сервисы, поддерживая языки Python, Java и C [1].

Рассмотрим использование технологии на примере ключа Yubikey в связке с node.js. В данном случае двухфакторная аутентификация была реализована при помощи библиотеки «yubikey-client» [2]. Ключ Yubikey позволяет реализовать как подтверждаемую онлайн, так и оффлайн аутентификацию используя OTP (одноразовый пароль). Ключ может использоваться как для подтверждения пользовательской сессии, так и для выполнения различных чувствительных к атакам действий.

```
{
  t: '2013-08-31T07:13:27Z0111',
  otp: 'cccaccbtbvkwjirhcctvdgbahdbijduldcjdurgjgfi',
  nonce: '50fb8a88a327b4af16e6e7bd9ec4e4e6c692f2e5',
  sl: '25',
  status: 'OK',
  signatureVerified: true,
  nonceVerified: true,
  identity: 'cccaccbtbvk',
  serial: 123456,
  valid: true
}
```

Рис. 2. Пример данных `yub.verify` библиотеки `yubikey-client`

Для онлайн-аутентификации сервис должен быть зарегистрирован в сервисе Yubico, с получением API ключа. При онлайн-аутентификации клиент-модуль считывает секретную комбинацию аппаратного ключа, затем комбинация передается на сервер, а затем на сервер Yubico для подтверждения. При оффлайн-авторизации параметр `nonceVerified` (рис. 2) всегда равен `false`, что означает что сгенерированный ключ не был подтвержден сервером Yubico.

Таким образом, аппаратный ключ предоставляет повышенный уровень защиты пользовательских данных и большую простоту использования по сравнению с другими методами двухфакторной аутентификации, позволяет уменьшить затраты на обслуживание пользовательских аккаунтов для больших компаний и унифицировать способ авторизации для обычных пользователей без потери степени безопасности.

#### Литература

1. Yubico Developers [Electronic resource]. URL: <https://developers.yubico.com/>. (date of access: 25.03.2021).
2. Yubikey-client – npm [Electronic resource]. URL: <https://www.npmjs.com/package/yubikey-client>. (date of access: 25.03.2021).
3. Google Online Security Blog: Understanding why phishing attacks are so effective and how to mitigate them [Electronic resource]. URL: <https://security.googleblog.com/2019/08/understanding-why-phishing-attacks-are.html>. (date of access: 25.03.2021).
4. The 2019 State of Password and Authentication Security Behaviors Report [Electronic resource]. URL: <https://www.yubico.com/wp-content/uploads/2019/01/Ponemon-Authentication-Report.pdf>. (date of access: 25.03.2021).



# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТЕГАНОГРАФИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АВТОРСКОГО ПРАВА

Казанцев П. С.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: fpm.kazancev@bsu.by:*

В настоящее время всё больше людей получают свободный доступ в глобальную сеть Интернет. Благодаря этому, многие авторы размещают там свои произведения, в том числе картины, фотографии, и др., для того, чтобы охватить большую аудиторию и расширить свою известность. Выкладывание произведений в общий доступ рождает проблему доказательства авторства. Она решается с помощью авторских прав, знак охраны которых может наноситься на произведение вместе с именем правообладателя и годом первого опубликования. Если используются видимые метки, то они наносятся на малозначимые места, чтобы не быть помехой для восприятия произведения, но это приводит к тому, что данные метки легко убрать, не сильно нарушая целостность произведения. Поэтому все большее распространение получает использование цифровых водяных знаков (ЦВЗ), которые внедряются в произведения так, что они незаметны человеку, но могут быть распознаны специальным программным обеспечением.

Простейшим методом встраивания ЦВЗ является метод замены наименее значащих битов [1] последовательно расположенных пикселей изображения битами внедряемой информации. Зачастую длина бит внедряемой информации меньше количества бит изображения, поэтому после внедрения появляются две области с различными статистическими свойствами, что легко распознается статистическими тестами. Поэтому внедряемую информацию дополняют информационным мусором – случайными битами, чтобы ее битовая длина была равна количеству пикселей в изображении, используемом для внедрения.

Простота реализации метода и высокая полезная емкость контейнера являются несомненными достоинствами метода, однако, при любом искажении контейнера встроенная информация также искажается. Чтобы определить полезную емкость контейнера при использовании метода замены наименее значащего бита, необходимо воспользоваться формулой:

$$Q = H * W * V * D \quad (1)$$

где  $H$  – это высота изображения в пикселях,  $W$  – это ширина изображения в пикселях,  $V$  – это число компонент цвета,  $D$  – это количество наименее значащих бит в каждой компоненте,  $Q$  – это емкость контейнера, измеряемая в битах.

Также существует метод псевдослучайного интервала [2], в котором биты внедряемой информации распределяются по изображению так, чтобы расстояние между двумя внедренными битами было определено псевдослучайно.

Достоинством, по сравнению с предыдущим методом, является то, что, не зная функции нахождения расстояния будет невозможно определить в каких битах расположена внедряемая информация.

Недостатком метода псевдослучайного интервала является то, что биты сообщения в контейнере размещены в той же последовательности, что и в самом сообщении, и только интервал между ними изменяется псевдослучайно.

Поэтому для контейнеров фиксированного размера более целесообразным является использование метода псевдослучайной перестановки (выбора)[2], смысл которого заключается в том, что генератор псевдослучайных чисел образует последовательность индексов  $j_1, j_2, \dots, j_m$  и сохраняет  $k$ -й бит сообщения в пикселе с индексом  $j_k$ .

Пусть  $N$  – общее количество бит (самых младших) в имеющемся контейнере;  $P^N$  – перестановка чисел  $\{1, 2, \dots, N\}$ . Тогда, если у нас имеется для скрытия конфиденциальное сообщение длиной  $n$  бит, то эти биты можно просто встроить вместо бит контейнера  $P^N(1), P^N(2), \dots, P^N(n)$ .

Функция перестановки должна быть псевдослучайной, иными словами, она должна обеспечивать выбор бит контейнера приблизительно случайным образом. Таким образом, секретные биты будут равномерно распределены по всему битовому пространству контейнера.

Приведенные выше методы неустойчивы к сжатию с потерями, которое практически полностью искажает всю внедренную информацию, чего нельзя сказать о следующих методах.

В методе Кокса[3-5] ЦВЗ представляет собой последовательность псевдослучайных чисел, распределенных по гауссовскому закону, длиной 1000 чисел. Для модификации отбираются 1000 самых больших коэффициентов дискретного косинусного преобразования (ДКП).

Встраивание ЦВЗ идёт по формуле

$$f^i(m, n) = f(m, n) + \alpha w_i, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – весовой коэффициент, а  $f^i$  – модифицированный пиксел изображения.

А извлечение по формуле

$$w_i^* = \frac{f^*(m, n) - f(m, n)}{\alpha f(m, n)}, \quad (3)$$

Здесь под  $f^*$  понимаются отсчеты полученного изображения, содержащего или не содержащего ЦВЗ  $w$ . После извлечения  $w_i^*$  сравнивается с подлинным ЦВЗ. Причем в качестве меры идентичности водяных знаков используется значение коэффициента корреляции последовательностей

Достоинством алгоритма является то, что благодаря выбору наиболее значимых коэффициентов водяной знак является более робастным при сжатии и других видах обработки сигнала. Вместе с тем алгоритм уязвим для некоторых видов атак. Кроме того, операция вычисления двумерного ДКП трудоемка.

Улучшением метода Кокса является метод Барни[6]. В нём ЦВЗ представляет собой последовательность бинарных псевдослучайных чисел  $w_i \in \{-1, 1\}$ . Длина последовательности определяется размерами исходного изображения  $M$  и  $N$ , где  $i = 0, \dots, 3 * \frac{M}{2} * \frac{N}{2} - 1$ .

При встраивании информации выполняется четырехуровневое ( $l = 4$ ) вейвлет-преобразование (ВП) с использованием вейвлетов Добеши длиной 6. Для внедрения водяного знака используются только детальные поддиапазоны первого подуровня разложения. При этом в качестве кандидатов для модификации выбираются все коэффициенты детальных поддиапазонов (LH, HL, HH), которые изменяются с учетом локальной чувствительности к шумам:

$$f^i(m, n) = f(m, n) + \alpha\beta(m, n)w_i, \quad (4)$$

$$\beta(m, n) = \theta(l, \sigma) * A(l, m, n) * \Xi(l, m, n) \quad (5)$$

Множитель  $\theta(l, \sigma)$  в этом выражении определяется поддиапазоном и уровнем разрешения:

$$\theta(l, \sigma) = \begin{cases} \sqrt{2}, \sigma \in HH \\ 1, \sigma \notin HH \end{cases} \times \begin{cases} 1.00, l = 1 \\ 0.32, l = 2 \\ 0.16, l = 3 \\ 0.10, l = 4 \end{cases} \quad (6)$$

Второй множитель определяется локальной яркостью:

$$A(l, m, n) = \frac{1}{256} f_4^{LL} \left( \frac{m}{2^{4l}} * \frac{n}{2^{4l}} \right), \quad (7)$$

и последний множитель  $\Xi(l, m, n)$  определяется локальной дисперсией или степенью текстурированности.

В детекторе водяной знак обнаруживается при непосредственном вычислении значения корреляции  $w_i$  с коэффициентами ВП. Таким образом, возможно обнаружение ЦВЗ вслепую, без знания исходного изображения.

Каждое бинарное значение водяного знака предварительно домножается на весовой коэффициент, полученный на основе модели чувствительности человеческого зрения к шуму. Это позволяет добиться незаметности ЦВЗ.

В заключение можно сказать, что каждый из приведенных выше методов обладает как своими достоинствами, так и своими недостатками. Поэтому нельзя выбрать какой-то универсальный, который бы можно было использовать во всех случаях, а необходимо оценить требования к результату и имеющиеся средства, и на основе их выбрать оптимальный для использования в конкретной ситуации метод.

### Литература

1. T. Aura. Invisible communication. In Proc. of the HUT Seminar on Network Security '95, Espoo, Finland, November 1995. Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, Helsinki University of Technology.
2. Ю.С. Харин, М.С. Абрамович. Стеганографические методы защиты информации: обзор. Управление защитой информации, Том 13, №1, 2009, 58
3. Cox I. J., Kilian J., Leighton T., Shamoan T. G. Secure spread spectrum watermarking for multimedia // Technical report, NEC Research Institute, USA, 1996.
4. Cox I. J., Kilian J., Leighton T., Shamoan T. G. A secure, robust watermark for multimedia // Information hiding: first international workshop. Lecture Notes in Comp. Science. 1996. Vol. 1174. P. 183-206.
5. Cox I. J., Kilian J., Leighton T., Shamoan T. G. Secure spread spectrum watermarking for images, audio and video // Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing. 1996. P. 243-246.
6. Barni M., Bartolini F., Cappellini V., Lippi A., Piva A. A DWT-based technique for spatio-frequency masking of digital signatures // Proceedings of the 11th SPIE Annual Symposium, Electronic Imaging '99, Security and Watermarking of Multimedia Contents. 1999. Vol. 3657.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ

**Казловский М. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kazlovski@bsu.by*

В настоящее время во всем мире активно проводится цифровизация различных сфер жизни общества. В Республике Беларусь, например, в ближайшее время будет проведена выдача идентификационных карт, которые позволят гражданам совершать юридически значимые действия через Интернет. Естественным образом возникает вопрос о создании системы электронного голосования, которая позволила бы избирателям выражать волеизъявление дистанционно. Использование такой системы имеет ряд неоспоримых плюсов: удешевление стоимости проведения выборов, увеличение процента явки, усложнение фальсификации результатов. Однако, у электронного голосования есть и ряд недостатков, связанных с формой его проведения: сложность удаленной авторизации избирателя, возможность стороннего вмешательства в ход голосования, необходимость в профессиональном аудите как используемых криптографических протоколов, так и разработанных программных реализаций. В работе строится общая модель систем электронного голосования, вводятся требования к таким системам, а также изучается вопрос соответствия известных систем сформулированным требованиям.

Как правило, в модели электронного голосования выделяют следующих субъектов: избиратель, избирательная комиссия, кандидат и противник [1]. Избиратель, имеющие право голоса, отдает его за одного или нескольких из конкурирующих кандидатов. Избирательная комиссия – это государственный орган, ответственный за проведение выборов. Противник – злонамеренная сущность, которая пытается манипулировать голосованием и/или подсчетом голосов. Внешний противник может воздействовать на избирателя, пытаясь принудить или подкупить его, а также пытаться нарушить конфиденциальность и анонимность избирателей, используя недостатки протокола голосования. Внутренний противник дополнительно может пытаться изменить ход подсчета голосов, раскрыть промежуточные результаты голосования, а также нарушить функционирование избирательной комиссии.

Процесс электронного голосования обычно состоит из пяти этапов, при этом этапы 1 – 4 идут именно в такой последовательности, а этап 5 может выполняться несколько раз (после каждого из этапов 2 – 4):

1. Анонс, во время которого объявляются используемые протоколы, формируется список избирателей, устанавливаются секретные параметры и назначаются члены избирательной комиссии.
2. Регистрация, во время которой личность избирателя проверяется и подтверждается избирательной комиссией.
3. Голосование, во время которого избиратель отдает свой голос.
4. Подсчет, во время которого избирательная комиссия проверяет валидность голосов и обрабатывает их для подведения итогов выборов.
5. Верификация, во время которой избиратели и сторонние наблюдатели проверяют отданные голоса.

В качестве свойств, которым должна соответствовать идеальная система электронного голосования, можно выделить:

1. **Право голоса:** в выборах могут принимать участие только избиратели, которые имеют право голосовать (то есть включенные в список избирателей), при этом избиратель не должен иметь возможность проголосовать больше раз, чем предусматривают правила голосования.
2. **Приватность:** невозможно определить, как проголосовал конкретный избиратель; предполагается что анонимность голоса может быть нарушена только при сговоре избирателя и избирательной комиссии.
3. **Точность:** все валидные голоса должны быть правильно записаны и подсчитаны, голоса недействительных избирателей не должны быть учтены.
4. **Честность:** чтобы провести беспристрастные выборы, никто не должен иметь возможность подсчитывать промежуточное количество голосов по ходу проведения выборов.
5. **Проверяемость:** личная – каждый избиратель имеет возможность убедиться, что его голос учтен корректно и универсальная – любой желающий имеет доступ к итогам голосования и может проверить, что учтены все действительные голоса и подсчет голосов был проведен корректно.
6. **Защищённость:** система должна корректно функционировать даже при активных и пассивных атаках избирателей и/или членов избирательной комиссии, а также при невыполнении или некорректном выполнении субъектом возложенных на него функций.
7. **Недоказуемость:** избиратель не имеет возможности получить или составить доказательство, подтверждающее содержание его голоса (как именно он проголосовал): это не позволит заставить избирателя проголосовать определенным образом.
8. **Расширяемость:** система голосования должна быть спроектирована таким образом, чтобы корректно функционировать при любом масштабе выборов.

В качестве криптографических механизмов, которые могут использоваться в системах электронного голосования можно выделить:

- **Протокол, организующий защищенное соединение:** используется для безопасной передачи информации между субъектами системы.
- **Протокол, организующий анонимное соединение (Mixnets, DC-net):** используется для анонимной отправки избирателем своего голоса.
- **Доска объявлений:** используется как публичный канал, доступный всем субъектам системы.
- **Протокол слепой подписи:** используется для анонимизации голоса.
- **Протокол разделения секрета:** используется для того, чтобы достичь защищенности путем распределения доверия между субъектами.
- **Гомоморфное шифрование:** используется для обеспечения приватности голосования.
- **Протокол интерактивного или неинтерактивного доказательства с нулевым разглашением:** используется для подтверждения действительности голоса и/или криптографической операции.

Все системы электронного голосования можно классифицировать, основываясь на том, как избиратели подают голоса в избирательную комиссию:

- Скрытый избиратель: избиратели подают голоса анонимно ([2], [3]).
- Скрытое голосование: избиратели открыто подают зашифрованные голоса ([4], [5]).
- Скрытый избиратель со скрытым голосованием: избиратели отправляют анонимно зашифрованные голоса ([6], [7], [8]).

Сравнительный анализ данных систем проведен в таблице 1.

Табл. 1. Сравнительный анализ популярных систем электронного голосования

Свойство / схема голосования	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
Право голоса	С	С	С	С	С	С	С
Приватность	С	С	С	С	С	С	С
Точность	С	УС	С	С	Н	Н	С
Честность	УС	УС	УС	УС	С	УС	УС
Проверяемость	С	ЛП/УП	С	С	ЛП	ЛП	С
Защищённость	Н	УС	УС	УС	Н	УС	УС
Недоказуемость	С	С	С	С	Н	С	С
Расширяемость	Н	С	УС	С	С	Н	УС
Легенда: С – соответствует, Н – не соответствует, УС – условно соответствует; ЛП – личная проверяемость, УП – универсальная проверяемость							

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее перспективными для дальнейшего исследования являются системы, в которых скрытый избиратель осуществляет скрытое голосование.

### Литература

1. Sampigethaya K., Poovendran R. A framework and taxonomy for comparison of electronic voting schemes. In: Computers & Security 25(2); 2006. p. 137-153.
2. Sako K, Killian J. Receipt-free mix-type voting scheme – a practical solution to the implementation of a voting booth. In: Advances in cryptology – EUROCRYPT '95. LNCS, vol. 921. Springer-Verlag; 1995. p. 393–403.
3. Chaum D. Secret-ballot receipts: true voter-verifiable elections. IEEE Security & Privacy Magazine Feb 2004.
4. Baudron O, Foque PA, Pointcheval D, Poupard G, Stern J. Practical multi-candidate election system. In: Proceedings of the 20th ACM symposium on principles of distributed computing. ACM Press; 2001. p. 274–283.
5. Lee B, Kim K. Receipt-free electronic voting scheme with a tamper-resistant randomizer. In: ICISC '02. LNCS, vol. 2587. Springer-Verlag; 2002. p. 389–406.
6. Fujioka A, Okamoto T, Ohta K. A practical secret voting scheme for large scale elections. In: Advances in cryptology – AUSCRYPT '92. LNCS, vol. 718. Springer-Verlag; 1993. p. 248–259.
7. Okamoto T. Receipt-free electronic voting schemes for large scale elections. In: Proceedings of the workshop on security protocols '97. LNCS, vol. 1361. Springer-Verlag; 1997. p. 25–35.
8. Kiayias Aggelos, Yung Moti. The vector-ballot e-voting approach. In: Financial cryptography. LNCS, vol. 3110. Springer-Verlag; 2004. p. 72–89.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭНТРОПИИ К АНАЛИЗУ ПАКЕТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Капусто Р. А., Палуха В. Ю.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: reginakapusto@gmail.com, palukha@bsu.by

Перед аналитиками сетевого трафика ставится задача определить, является ли трафик зашифрованным. Анализ проводится с помощью сетевого оборудования, не способного на сложные математические преобразования, поэтому критерий зашифрованности должен быть основан на некоей статистике, которая не требует особенных затрат времени и памяти. В данной статье рассмотрим оценку энтропии как возможный способ решения поставленной задачи, а также сравним различные оценки.

Так как надёжная криптосистема должна обеспечивать неотличимость шифртекста от случайных данных [1], то задача сводится к решению проблемы: удовлетворяет ли наблюдаемый поток данных модели равномерно распределённой случайной последовательности (РПСП).

Пусть имеется случайная последовательность  $\{x_i : i = 1, \dots, n\}$  из распределения вероятностей  $\{p_k : k = 1, \dots, N\}$ . Энтропия Шеннона данной последовательности вычисляется по формуле [2]:

$$H(P) = - \sum_{k=1}^N p_k \log p_k. \quad (1)$$

Поскольку истинные значения вероятностей неизвестны, можно вычислить оценку энтропии последовательности. В работе рассмотрены несколько методов: подстановочный метод [3], метод Миллера-Мэдоу [4], байесовский метод [4], метод Грассбергера [5] и метод усадки Джеймса-Штейна [4].

Одним из подходов к статистическому оцениванию энтропии является построение частотных оценок вероятностей  $\{\hat{p}_k\}$  и подстановка полученных оценок в функционал энтропии вместо истинных значений вероятностей  $\{p_k\}$ . По подстановочному методу построение частотных оценок для вероятностей производится по следующим формулам:

$$\hat{p}_k = \frac{v_k}{n}, \quad v_k = \sum_{i=1}^n I\{x_i = \omega_k\}, \quad I\{x_i = \omega_k\} = \begin{cases} 1, & x_i = \omega_k; \\ 0, & x_i \neq \omega_k. \end{cases} \quad (2)$$

Методом Миллера-Мэдоу называют подстановочный метод, скорректированный с помощью константы,

$$\hat{H}_{MM} = \hat{H}_{plug-in} + \frac{\hat{N} - 1}{2n} \log e, \quad (3)$$

где  $\hat{H}_{plug-in}$  – оценка, полученная подстановочным методом,  $\hat{N}$  – оценка количества исходов с ненулевыми вероятностями.

Метод Байеса основан на корректировке оценок вероятностей и является ещё одной модификацией подстановочного метода. Метод повторяет шаги плаг-ин оценки, только вместо формулы (2) используется следующая оценка:

$$\hat{p}_k^{Bayes} = \frac{v_k + a_k}{n + A}, \quad (4)$$

где  $a_k$  – поправочные коэффициенты,  $A = \sum_{k=1}^N a_k$ ,  $k = 1, \dots, N$ . Таким образом, оценка принимает следующий вид:

$$\hat{H}^{Bayes} = -\sum_{k=1}^N \hat{p}_k^{Bayes} \log \hat{p}_k^{Bayes}. \quad (5)$$

Метод Грассбергера также построен на основе подстановочного метода. Формула оценки следующая:

$$\hat{H}_G = \log n - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N v_k G_{v_k}, \quad G_k = \psi(k) + (-1)^k \int_0^1 \frac{x^{k-1}}{x+1} dx, \quad (6)$$

где  $\psi(x) = \frac{d \ln \Gamma(x)}{dx}$  – дигамма функция,  $v_k$  вычисляется по формуле (2).

Усадка Джеймса-Штейна основана на усреднении двух абсолютно разных моделей: многомерной модели с низким смещением и высоким отклонением и модели более низкой размерности с большим смещением, но меньшей дисперсией. Интенсивность усреднения определяется относительным весом входящих в состав моделей. Коэффициент  $\lambda$  для выпуклой комбинации

$$\hat{p}_k^{Shrink} = \lambda t_k + (1 - \lambda) \hat{p}_k^{ML} \quad (7)$$

является коэффициентом интенсивности усадки. Он принимает значения от 0 (нет усадки) до 1 (полная усадка). В формуле 7)  $\hat{p}_k^{ML}$  – оценки вероятностей подстановочного метода, вычисленные по формулам (2),  $t_k$  – цель усадки.

Формула для вычисления коэффициента интенсивности усадки принимает вид

$$\hat{\lambda} = \frac{1 - \sum_{k=1}^N (\hat{p}_k^{ML})^2}{(n-1) \sum_{k=1}^N (t_k - \hat{p}_k^{ML})^2}. \quad (8)$$

Оценка энтропии по методу усадки Джеймса-Штейна производится по формуле

$$\hat{H}^{Shrink} = -\sum_{k=1}^N \hat{p}_k^{Shrink} \log \hat{p}_k^{Shrink}. \quad (9)$$

Для подстановочного метода в статье [6] приведено математическое ожидание оценки энтропии (используется натуральный логарифм):

$$E\hat{H}_{plug-in} = \ln n - e^{-\lambda} \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{\ln(k+1)\lambda^k}{k!}, \quad \lambda = \frac{n}{N}. \quad (10)$$



Для этого метода вычислено математическое ожидание оценки энтропии в случае, если наблюдаемая последовательность является РПСЦ.

Для остальных методов эталонные значения оценки получены в ходе проведенных исследований следующим образом: сгенерированы по 1000 последовательностей различных длин генератором псевдослучайных чисел языка программирования Python, для каждой из которых вычислена оценка энтропии соответствующим методом; вычислены средние значения каждой из оценок по всем последовательностям. Далее полученные эталонные значения сравнивались с оценками энтропии наблюдаемых последовательностей сетевого трафика. Сетевой трафик записывался с помощью утилиты tcpdump и обрабатывался с помощью библиотеки scapy языка программирования Python.

В таблице 1 приведены результаты исследования пакетов протокола STUN со средней длиной 120 байт, при вычислениях использовался натуральный логарифм.

Табл. 1. Результаты исследования

Название метода	Значение оценки (незашифрованный текст)	Значение оценки (зашифрованный текст)	Математическое ожидание оценки (РПСЦ)
Подстановочный метод	1.8535014496458992	4.400838841524933	4.4914873843681145
Метод Миллера-Мэдоу	2.0096551506363407	4.779234898245982	4.886314881448898
Байесовский метод	1.8785170119897572	4.438500763516566	4.5263590144603505
Метод Грассбергера	2.184542425517303	5.180435301287537	5.302180066988605
Метод усадки Джеймса-Штейна	2.2668124555381692	5.485662336998431	5.531250633909393

В ходе исследования подтвердилось предположение о том, что незашифрованные данные не являются случайными, а зашифрованные по своим значениям энтропии близки к таковым.

Проведены численные эксперименты, иллюстрирующие применимость рассмотренного подхода для определения случайности данных на примере пакетов стандартных протоколов, а также пакетов с зашифрованным содержанием.

#### Литература

1. Криптология / Ю. С. Харин [и др.]. – Минск: БГУ, 2013. – 512 с.
2. Shannon, C. E. A mathematical theory of communication / C. E. Shannon // Bell. System Tech. – 1948. – J. 21. – P. 379–423.
3. Башарин, Г. П. О статистической оценке энтропии последовательности независимых случайных величин / Г. П. Башарин // Теория вероятн. и ее примен. – 1959. – Том 4, выпуск 3. – С. 361–364.
4. Hausser, J. Entropy Interference and the James-Stein Estimator, With Application to Nonlinear Gene Association Networks / J. Hausser, K. Strimmer // Journal of Machine Learning Research. – 2009. – J. 10. – P. 1469–1484.
5. Grassberger, P. Entropy Estimates from Insufficient Sampling [Electronic resource] / P. Grassberger. – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/physics/0307138.pdf>. – Date of access: 31.03.2021.
6. Палуха, В. Ю. Статистические тесты на основе оценок энтропии для проверки гипотез о равномерном распределении случайной последовательности / В. Ю. Палуха // Весці НАН Беларусі. Сeryя фізіка-матэматычных навук. – 2017. – № 1. – С. 79–88.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Круглик К. С.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: KruglikKS@bsu.by*

Современные подходы к обнаружению и классификации вредоносного программного обеспечения (далее – ПО) обычно опираются на трудоемкие процессы извлечения сигнатур из вредоносного ПО, которые затем используются для классификации. Более того, сигнатуры часто ограничиваются локальными последовательностями внутри данных, игнорируя их контекст по отношению друг к другу и ко всему вредоносному файлу в целом.

В данной работе рассматривается подход классификации вредоносного ПО, основанный на глубоком обучении. Преимуществом использования глубокого обучения является то, что его можно применять к необработанным данным без необходимости проектирования дополнительных функций для извлечения паттернов.

**Описание набора данных.** Для экспериментов использованы данные о вредоносном ПО из соревнования Microsoft Malware Classification Challenge на Kaggle [1]. Набор данных состоит из 10868 файлов, помеченных одним из девяти классов вредоносных программ, как представлено в таблице 1. Выборка вредоносного ПО состоит из необработанного шестнадцатеричного представления двоичного содержимого файлов без заголовка PE.

*Табл. 1. Количество файлов каждого класса вредоносного ПО в выборке*

Класс вредоносного ПО	Количество файлов
Ramnit	1541
Lollipop	2478
Kelihos_ver3	2942
Vundo	475
Simda	42
Tracur	751
Kelihos_ver1	398
Obfuscator.ACY	1228
Gatak	1013

**Предобработка данных.** При использовании глубокого обучения необходимо привести файлы к одному размеру, этот размер должен быть ограничен для удобного хранения данных и эффективной работы с ними. Также необходимо сохранить первоначальную структуру данных насколько это возможно. Поэтому для каждого файла был использован следующий алгоритм обработки данных с потерями.

Байтовое представление файла рассматривается как одномерное изображение и масштабируется до фиксированного размера. По сравнению с подходом представления файла как двумерного изображения, данный подход проще, т.к. не надо выбирать высоту и ширину изображения. Также преобразование файла в одномерный

поток байтов сохраняет порядок следования двоичного кода в исходном файле, что удобно для применения рекуррентной нейронной сети [2].

Файлы рассматриваемой выборки вредоносного ПО представлены в виде изображения размера 1 на 10000 байтов, т.е. как последовательность 10000 однобайтовых значений. Масштабирование было реализовано при помощи библиотеки OpenCV [3].

**Архитектура глубокого обучения.** В данной работе рассмотрены три различные архитектуры нейронной сети. Сначала к последовательности байтов применяется несколько сверточных слоев [4]. Сверточные слои инвариантны к сдвигу, данное свойство помогает слоям находить паттерны в любом месте файла. Поверх сверточных слоев рассматриваются два разных подхода.

В первой модели, CNN, после последнего сверточного слоя следует слой выравнивания, полносвязный слой и выходной полносвязный слой с функцией активации Softmax для классификации на 9 классов вредоносного ПО. Этот подход на основе сверточных нейронных сетей классифицирует данные с использованием локальных шаблонов каждого класса вредоносного программного обеспечения.

Для второй и третьей моделей поверх сверточных слоев применены рекуррентные слои нейронной сети – модуль долгой краткосрочной памяти (LSTM) [5]. Т.к. предполагается, что существует зависимость между различными фрагментами байтового кода, то рекуррентный слой должен объединить содержимое всего файла в один вектор признаков, прежде чем подать его на выходной слой.

Во второй модели, CNN-UniLSTM, применяется один прямой LSTM слой поверх сверточного слоя, где соединительное направление ячеек в LSTM идет от начала к концу файл.

В третьей модели, CNN-BiLSTM, учтено, что зависимость между кодом в двоичном файле может быть не только в одном направлении. В данной модели выходы сверточной нейронной сети соединяются как с прямым слоем LSTM, так и с обратным, далее объединяются и подаются на выходной слой.

Все модели имеют три сверточных слоя с функцией активации ReLU, количество фильтров на трех слоях равно 30, 50 и 90. После каждого сверточного слоя следует слой субдискретизации с функцией максимума. Для моделей CNN выходы сверточных слоев соединяются с полносвязным слоем из 256 нейронов, а затем подаются на выходной слой. Для моделей CNN-UniLSTM и CNN-BiLSTM выходы сверточных слоев соединяются с одним или двумя слоями LSTM соответственно, каждый из которых имеет 28 скрытых нейронов; выходы слоев LSTM затем подключаются к выходному слою. Количество параметров для модели CNN равно 1842069, для модели CNN-UniLSTM – 155669, для модели CNN-BiLSTM – 268949.

**Результаты вычислительного эксперимента.** Выборка из 10868 предобработанных файлов разделена на обучающую для обучения нейронной сети, валидационную для проверки качества на обучении и тестовую для получения окончательных результатов, объем каждой из выборок составил 7281, 717, 2870 файлов соответственно.

Для оценки качества использованы две метрики – точность классификации на всей выборке и усредненная макро F1-оценка, которая вычисляет F1-оценку для каждого класса по отдельности и усредняет. Размер пакета для каждой модели равняется 64, шаг обучения – 0.001.

В таблице 2 представлено время обучения для каждой из рассмотренных нами моделей, а также результаты на обучении. В таблице 3 показаны значения метрик на тестовой выборке данных.

Табл. 2. Результаты обучения моделей

Модель	Количество эпох обучения	Общее время обучения, мин	Среднее время обучения за эпоху, с	Точность на тренировочной выборке, %	Точность на валидационной выборке, %
CNN	80	6.12	4.59	98.38	91.77
CNN-UniLSTM	80	63.56	47.66	96.74	90.38
CNN-BiLSTM	60	90.45	90.45	97.48	94.00

Табл. 3. Результаты обучения моделей

Модель	Точность, %	Макро F1-оценка, %	Время, потраченное на классификацию тестовой выборки, с
CNN	91.01	81.26	0.83
CNN-UniLSTM	91.46	83.93	3.07
CNN-BiLSTM	93.52	84.89	5.56

Эксперименты показывают, что одномерное представление необработанного двоичного файла является хорошим представлением для задачи классификации вредоносного программного обеспечения. Наилучшее качество достигнуто при обучении CNN-BiLSTM. Добавление обратного направления зависимости помогает улучшить качество модели глубокого обучения.

Из-за последовательной зависимости при вычислении ячеек в LSTM-слое CNN-BiLSTM долго обучается, модель CNN обучается в 15 раз быстрее. С другой стороны, модель CNN-BiLSTM использует 268949 параметров, а модель CNN – 1.84 миллиона. Модель CNN-UniLSTM является хорошим компромиссом: ее обучение занимает меньше времени, чем обучение модели CNN-BiLSTM, но данная модель показывает результаты лучше, чем CNN.

Время классификации новых файлов также является плюсом. Предсказание класса для нового предобработанного файла занимает в среднем 0.001 секунды. Еще одним преимуществом подхода глубокого обучения является то, что при получении новых размеченных файлов вредоносного ПО, нашу модель можно дообучить для повышения ее качества, а не обучать новую модель заново.

### Литература

1. Kaggle Competition [Electronic resource] – Mode of access: <https://www.kaggle.com/c/malware-classification>. – Date of access: 15.03.2021.
2. Deep learning at the shallow end: Malware classification for non-domain experts / Q. Le [et al.] // Digital Investigation. – 2018. – Vol. 26. – P. 118-126.
3. Bradski, G. Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library. / G. Bradski, A. Kaehler – "O'Reilly Media, Inc.", 2008.
4. Convolutional networks for images, speech, and time series / Y. LeCun [et al.] // The handbook of brain theory and neural networks. – 1995. – Vol. 3361, № 10. – P. 1995.
5. Hochreiter, S. LSTM can solve hard long time lag problems / S. Hochreiter, J. Schmidhuber // Advances in neural information processing systems. – 1997. – P. 473-479.

# СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В КРИПТОЛОГИИ

Харин Ю. С.

*Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт прикладных проблем математики и информатики», Минск, Беларусь, e-mail: kharin@bsu.by*

В современных системах комплексной защиты информации важнейшим способом защиты информации является криптографический способ. Он позволяет с гарантированной стойкостью решить следующие четыре главные практические задачи: 1) конфиденциальность; 2) аутентификация источника сообщения; 3) проверка целостности; 4) невозможность отречения от авторства.

Криптографический способ базируется на новой науке Криптологии [1], объединяющей Криптографию и Криптоанализ.

Криптография – это отрасль математики, в которой разрабатываются модели, методы, алгоритмы и программные средства **математического преобразования информации** в целях сокрытия ее содержания, предотвращения видоизменения или несанкционированного использования; при этом преобразованное сообщение представляет собой хаотическую, чисто случайную последовательность символов.

Криптоанализ – раздел математики, в котором разрабатываются модели, методы, алгоритмы и программные средства анализа криптосистемы или ее входных и выходных сигналов с целью извлечения конфиденциальных параметров, включая **открытый текст**.

Стохастика – раздел математики, изучающий модели и методы исследования систем и процессов с учетом случайных элементов.

Из этих определений видно, что криптология и стохастика тесно связаны: Стохастика представляет математический инструментарий для решения задач Криптологии, Криптология стимулирует Стохастика к разработке новых моделей для исследования сложных последовательностей, циркулирующих в криптосистемах.

Настоящий доклад посвящен представлению новых стохастических моделей в криптологии, основанных на многомерных дискретных распределениях вероятностей и малопараметрических цепях Маркова высокого порядка [2]:

- s-мерная дискретная равномерность и ее энтропийный анализ;
- подходы к построению малопараметрических цепей Маркова высокого порядка;
- малопараметрические модели цепей Маркова высокого порядка и их вероятностно-статистический анализ.

## Литература

1. Харин Ю.С., Агиевич С.В., Васильев Д.В., Матвеев Г.В. Криптология. – Минск: БГУ, 2014. – 512 с.
2. Kharin Yu. Robustness in Statistical Forecasting. – N.Y.: Springer, 2013. – 356 P.

**СЕКЦИЯ 11.  
ИНТЕРНЕТ - ПРОЕКТЫ СТУДЕНТОВ,  
МАГИСТРАНТОВ И АСПИРАНТОВ**

# ФИЛЬТРАЦИЯ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСЛОВНО-ГАУССОВСКИХ ПРОЦЕССОВ

Бернацкая Я. И.

Белорусский государственный университет ФПМИ, Минск, Беларусь,  
e-mail: yana.bernachkaya@gmail.com

Задана частично наблюдаемая случайная последовательность на вероятностном пространстве  $(\Omega, F, P)$   $(\theta, \xi) = (\theta_t, \xi_t), t = 0, 1, \dots;$

$\theta_t$  и  $\xi_t$  определяются рекуррентными уравнениями [4]:

$$\begin{aligned} \theta_{t+1} &= \alpha_0(t, \xi) + \alpha_1(t, \xi)\theta_t + b_1(t, \xi)\varepsilon_1(t+1) + b_2(t, \xi)\varepsilon_2(t+1), \\ \xi_{t+1} &= A_0(t, \xi) + A_1(t, \xi)\theta_t + B_1(t, \xi)\varepsilon_1(t+1) + B_2(t, \xi)\varepsilon_2(t+1) \end{aligned} \quad (1)$$

Задача фильтрации последовательности (1) заключается в оценивании ненаблюдаемой части процесса  $\theta_t$  по наблюдаемым значениям  $\xi_t$ . В таком случае оценка и величина ошибки имеют вид [1]:

$$m_t = M(\theta_t | F_t^\xi), \gamma_t = M[(\theta_t - m_t)(\theta_t - m_t)^T | F_t^\xi] \quad (2)$$

Рекуррентные формулы для вычисления (2):

$$\begin{aligned} m_{t+1} &= (\alpha_0 + \alpha_1 m_t) + (b \circ B + \alpha_1 \gamma_t A_1^T)(B \circ B + A_1 \gamma_t A_1^T)^+ (\xi_{t+1} - A_0 - A_1 m_t), \\ \gamma_{t+1} &= (\alpha_1 \gamma_t \alpha_1^T + b \circ b) - (b \circ B + \alpha_1 \gamma_t A_1^T)(B \circ B + A_1 \gamma_t A_1^T)^+ (b \circ B + \alpha_1 \gamma_t A_1^T)^T \end{aligned} \quad (3)$$

Рассмотрим стационарный в широком смысле процесс со спектральной плотностью:

$$f(\lambda) = \frac{|e^{i\lambda} + 1|^2}{\left| e^{2i\lambda} + \frac{1}{2}e^{i\lambda} + \frac{1}{2} \right|^2} \quad (4)$$

С помощью спектральной плотности вида (4) можем построить ARMA процесс и привести к необходимому для фильтрации виду [5]. С помощью рекуррентных формул (3) получим оценки ненаблюдаемой части процесса  $\theta_t$ , а также вектор ошибок. Начальные значения  $\theta_0, \xi_0$  – случайные величины из  $N(0,1)$ , а  $m_0, \gamma_0$  находятся из теоремы о нормальной корреляции.

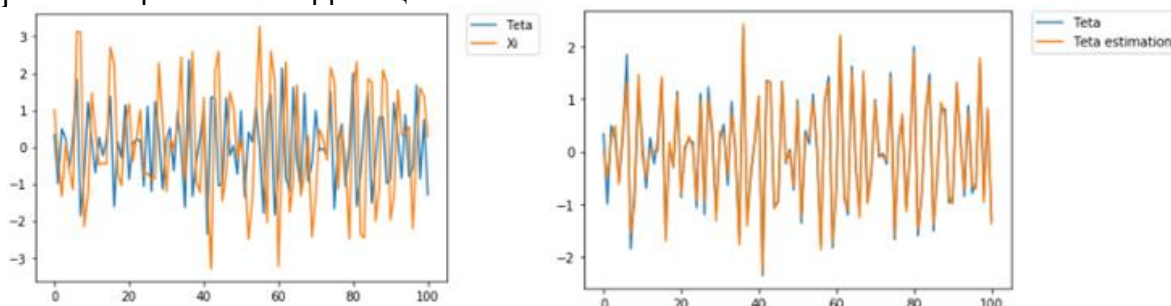


Рис. 1. Результаты фильтрации ARMA процесса

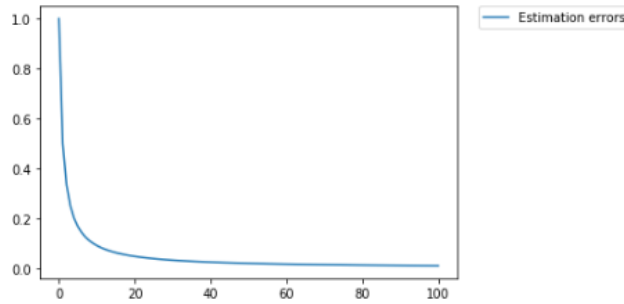


Рис. 2. Зависимость от времени ошибки фильтрации

На рисунке 2 видно, что с увеличением числа наблюдений ошибка оценивания уменьшается и стремится к некоторой постоянной величине.

Рассмотрим AR(q) процесс вида:

$$x_k = \sum_{i=1}^q \theta_i x_{k-i} + \varepsilon_k, \quad k = q, q+1, \dots, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_k$  – вектор белого шума,  $\varepsilon_k \sim N(0,1)$ . Причем начальное приближение не зависит от последовательности  $(\varepsilon_k)$  и корни характеристического полинома  $Q(z) = z^q - \theta_1 z^{q-1} - \dots - \theta_q$  лежат внутри единичного круга комплексной плоскости.

Задача заключается в том, чтобы оценить неизвестные параметры  $\theta_i$  по наблюдениям процесса  $x_k$ .

Будем строить последовательные планы оценивания неизвестных параметров с помощью метода наименьших квадратов [9]. На первом этапе определим последовательность моментов остановки по формулам [10]:

$$\tau_k = \inf \left\{ T \geq q : \sum_{i=q}^T \|X_i\|^2 \geq h_k \right\} \quad (6)$$

где  $(h_k)$  – последовательность целых положительных чисел (пороговых значений), стремящаяся к бесконечности с увеличением номера.

Далее строятся фрагменты последовательной МНК оценки параметров на основе моментов остановки (6):

$$\theta_k = \Phi_k^{-1} \left( \sum_{i=q}^{\tau_k-1} X_i x_i + \alpha_k X_{\tau_k} x_{\tau_k} \right), \quad \Phi_k = \sum_{i=q}^{\tau_k-1} X_i X_i' + \alpha_k X_{\tau_k} X_{\tau_k}' \quad (7)$$

где последовательность  $\alpha_k$  – коэффициенты, на которые надо домножить сумму из формулы (6), чтобы получить ровно пороговое значение  $h_k$ .

Второй этап включает непосредственно построение последовательной оценки параметров по формулам [10]:

$$\hat{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^{\eta} \beta_i \theta_i}{\sum_{i=1}^{\eta} \beta_i}, \quad \beta_i = \frac{1}{h_i^2 \|\Phi_i^{-1}\|^2}, \quad \eta = \inf \left\{ p \geq 1 : \sum_{i=1}^p \beta_i \geq H \right\} \quad (8)$$

где  $H$  – пороговое значение процесса оценивания, определяется из свойств процесса и выбора последовательности  $h_k$ .

Далее рассмотрим теорему, которая поможет ограничить выбор последовательности  $(h_k)$  и порогового значения  $H$ .

**Теорема [10].**



Если выполняется:

$$\sum_{i \geq q} \|X_i\|^2 = +\infty; \quad \sum_{i \geq 1} \beta_i = +\infty,$$

то для любого  $H > 0$  последовательный план оценивания параметров (6) – (8) имеет следующие свойства:

$$T(H) < 0, \quad E\{\theta\} \|\hat{\theta} - \theta\|^2 \leq \frac{\rho}{H}, \quad \rho = \sum_{k \geq q} \frac{1}{h_k} < \infty$$

где  $E\{\theta\}$  – усреднение по распределению  $P_\theta$  заданного процесса (5).

Рассмотрим AR(2) процесс вида:  $x_t = \theta_1 x_{t-1} + \theta_2 x_{t-2} + \varepsilon_t$

С помощью формул (6) – (8) вычислим оценки параметров  $\theta_1, \theta_2$ .

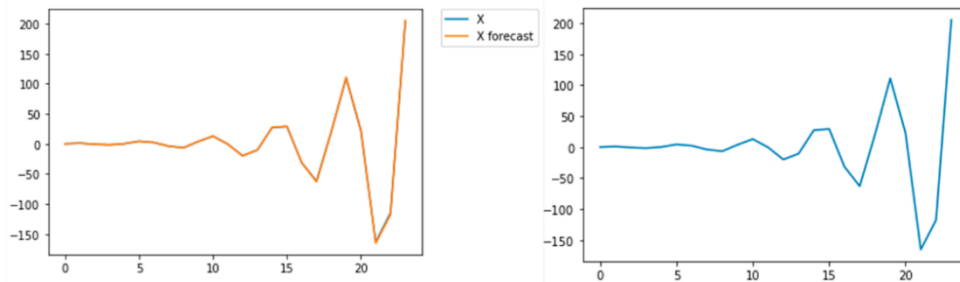


Рис. 3. Результаты последовательного оценивания параметров AR(2) процесса

На рисунке 3 видим, что наблюдаемый первоначально процесс (слева) визуально идентичен процессу, вычисленному с помощью полученных оценок параметров (справа). Вектор ошибки оценивания  $(-0.01285, 0.02039)$ .

### Литература

1. Липцер, Р.Ш. Условно-гауссовские последовательности. Фильтрация и смежные вопросы / Р. Ш. Липцер // Статистика случайных процессов: монография / А. Н. Ширяев; под ред. М. П. Ершова. – М., 1974. – Гл. 13. – С. 492–534.
2. Ширяев, А. Н. Вероятность: учеб. пособие / А. Н. Ширяев. – М.: МЦНМО, 2004. – 323 с.
3. Колос, М. В. Методы линейной оптимальной фильтрации: монография / М. В. Колос. – М.: МГУ, 2000. – 102 с.
4. Hamilton, James D. Time series analysis / James D. Hamilton. – UK: Princeton University Press, 1954. – 800 с.
5. Мармер, В. Линейные процессы: свойства и асимптотические результаты / В. Мармер. – Ванкувер: Университет Британской Колумбии, 2012. – 24 с.
6. Товстик, Т. М. Линейный фильтр Калмана–Бьюси с авторегрессионным сигналом и шумом // Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия. 2018. Т. 5 (63). Вып. 3. С. 452–463.
7. Новиков, А. А. Последовательное оценивание параметров процессов диффузионного типа // Математические заметки. 1972. Т. 12. Вып. 5. С. 627 – 638.
8. Емельянова, Т. В. О последовательном оценивании параметров непрерывной авторегрессии / Т. В. Емельянова, В. В. Конев // Вестник Томского государственного университета: Математика и механика процессов. 2013. Т. 5(25). С. 12-25.
9. Конев, В. В. Последовательные планы идентификации параметров динамических систем / В. В. Конев, С. М. Пергаменщиков // Автомат. и телемех. 1981. Вып. 7. С. 84-92.
10. Конев, В. В. О гарантированном оценивании параметров линейной регрессии при зависимых помехах / В. В. Конев, С. М. Пергаменщиков // Автомат. и телемех. 1997. Вып. 2. С. 75-87.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ ВО ВРЕМЯ ПАНДЕМИИ COVID-19

**Гаркуша Л. В., Барвенков С. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: g.l.v.9816@gmail.com, bars@bsu.by*

В работе рассматривается проблема выбора поведенческой стратегии для человека или группы людей во время пандемии COVID-19 относительно эффективности и выгоды от принятия решения о самоизоляции.

Существует множество видов эпидемиологических моделей для прогнозирования течения и хода эпидемий. Классическая модель – модель типа SIR (Susceptible – Infected – Recovered/ Восприимчивый - Зараженный - Вылеченный). Основная идея данной модели заключается в разбиении особой социальной группы на три подмножества – тех, кто могут заразиться, тех, кто является переносчиком или заразившимся и тех, кто уже переболел или, другими словами, имеет иммунитет. Далее, зная параметры данной модели – количество людей в каждой из групп, скорость заражения, длительность болезни и т.д., можно предсказать течение эпидемии, ее пик и окончание. Данную модель впервые представили А. Мак-Кендрик и У. Кермак, в конце 1920-х – начале 1930-х гг. С тех пор модель многократно усложнялась, на данный момент она способна учитывать такие параметры как возможность вакцинации, изоляция отдельных групп населения, возможность появления эффективного лекарства и т.д. На данный момент ученые Имперского колледжа Лондона смоделировали и моделируют с учетом динамических параметров, таких как введение ограничений и вакцинацию, течение COVID-19 для 202 стран мира а именно предсказывают количество инфицированных и умерших во времени. Стратегия бездействия привела бы к росту количества зараженных до 7 млрд и умерших до 40 млн за год, стратегия мягких ограничений сократит смертность в половину, стратегия же жестких ограничений прогнозирует снижение числа смертей до 1.3 - 9.3 млн человек. Однако, с учетом всех параметров, сокращение числа зараженных приводит к риску возникновения второй волны, как следствие - продления жестких ограничительных мер и значительного ущерба экономике, т. е. каждому отдельному человеку. Кроме того, отсутствие точных входных данных порождает значительное различие прогнозов в некоторых работах. Таким образом, использование количественных статистических данных для прогнозов оказывается недостаточно эффективным методом для выбора какой-либо стратегии. Поэтому в данной работе мы прибегли к классическим теориям и моделям, позволяющим предсказать поведение каждого конкретного представителя населения согласно его личным предпочтениям и выгодам. Полученные таким образом выводы о поведении и решениях людей могут обозначить стратегию для эффективной государственной политике по контролю эпидемии.

Подходом к поиску наиболее выгодной для человека стратегии поведения было представление пандемии COVID-19 в виде классической игры, а именно повторяющейся дилеммы заключенного [1]. Для данной задачи была установлена особая система выигрышей, выражающая благосостояние каждого участника игры.

Система вознаграждений представлена в виде таблицы 1 ( $Y$  - максимальный доступный каждому человеку уровень благополучия,  $Q$  - убыток от мер самоизоляции,  $P$  - убыток от болезни,  $H$  - полный объем оказываемых медицинских услуг, коэффициент  $0 \leq \alpha \leq 1$ )

Табл. 1. Модель для двух здоровых людей при любом нарушении изоляции

		В	
		«изоляция»	«прогулка»
А	«изоляция»	$(Y - Q, Y - Q)$	$(Y - Q, Y - P + H)$
	«прогулка»	$(Y - P + H, Y - Q)$	$(Y - P + \alpha H, Y - P + (1 - \alpha)H)$

Для данной модели было рассмотрено два случая - ущерб от изоляции больше ущерба от болезни с учетом полного лечения и ущерб от изоляции меньше ущерба от болезни с учетом полного лечения.

В качестве метода для поиска стратегий в игре повторяющаяся дилемма заключенного был выбран генетический алгоритм [2]. Генетический алгоритм для данной задачи показал свою эффективность еще в 80-х гг. прошлого века, Робертом Аксельродом и Стефани Форрест были проведены исследования, связанные с поиском стратегий для данной игры посредством генетического алгоритма. Ученые ставили перед собой цель проверить, сможет ли такой алгоритм открыть стратегию «око за око» [3]. Данную стратегию генетический алгоритм нашел довольно быстро, однако на этом результаты не закончились – была открыта новая стратегия, основанная на блефе. Согласно новой стратегии, игрок заставляет соперника повторять за ним сотрудничество, после чего обманывал, получая больший выигрыш. Как только противник переставал верить игроку, тот снова возвращался к стратегии «око за око». Для частного случая игры был реализован алгоритм, получающий стратегию в виде 64-битовой бинарной цепочки, каждая цифра 0 или 1 в которой обозначает кооперацию или изоляцию соответственно, подсказывая следующий выбор наиболее выгодного исхода игры. Значения в 64-битовой бинарной цепочке зависят от трех предыдущих игр – позиция каждой цифры цепочки в двоичной системе счисления, представленная как шестизначная строка, характеризует историю выборов игроков. Например, три последовательных игры с взаимной кооперацией выглядит как 000000, и следующий наиболее выгодный выбор игрока будет стоять на 0-ом месте в 64-битовой бинарной цепочке соответственно. Алгоритм находит выигрышную стратегию для игрока, основываясь на заранее заданной стратегии оппонента.

Определив вознаграждения для обоих случаев ( $Q > P - H$ ,  $Q < P - H$ ), были получены выигрышные стратегии, основываясь на нескольких наиболее распространенных стратегиях оппонента – постоянная изоляция, игнорирование изоляции, чередование изоляции и прогулок, случайный выбор, повторение предыдущих действий игрока и дважды изоляция – один раз прогулка. Для интерпретации результатов работы генетического алгоритма был сгенерирован турнир, каждым туром игры выбран 1 день, всего было проедено 365 туров. В качестве истории первых трех игр была выбрана строка 111111 – согласно статистике в первые дни эпидемии самоизоляция не соблюдается.

Исходя из результатов исследования, для случая, когда ущерб от изоляции оценивается больше, чем ущерб от заболевания и лечения, наилучший результат всего турнира показала игра, при которой оппонент всегда выбирает кооперацию. Это легко объяснимо – на практике одной из наиболее действенных стратегий по уменьшению

ущерба от эпидемии является изоляция части общества в тот момент, когда другая часть имеет определенную свободу передвижений (например, введение карантина в школах во время всплеска заражения гриппом). Практически такой же результат показала игра, при которой оппонент в 2 из 3 случаев выбирает кооперацию или изоляцию – на практике это «мягкие» карантинные меры. Согласно результатам прогнозирования эпидемий и практике – введение частичных ограничений также действенная стратегия борьбы с эпидемиями, она позволяет сгладить пик заболеваемости и предотвратить наступление второй волны (случай, когда большое количество людей не приобретают иммунитет, переболев, и выходя из изоляции, заболевают). Самыми худшими стратегиями для общества при такой системе ценностей оказались стратегии «Око за око» и постоянное нарушение изоляции. С позиции поведения общества, такой исход можно объяснить тем, что повторение поведения других людей это либо всеобщая изоляция, что, вообще говоря, не хорошая стратегия поведения, либо повторное нарушение изоляции и, как следствие, повышенная вероятность заражения.

Для случая, когда ущерб от изоляции оценивается меньше, чем ущерб от заболевания и лечения, наилучший результат всего турнира показала стратегия, соответствующая «мягкой» изоляции. Самой худшей стратегией оказалась стратегия повторения действий соперника на каждом следующем шаге.

#### **Литература**

1. Kendall G., Yao X., Chong S. Y. The iterated prisoners' dilemma: 20 years on. – World Scientific, 2007. – С. 350
2. Holland J. H. et al. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. – MIT press, 1992. – С. 9
3. Axelrod R., Hamilton W. D. The evolution of cooperation //science. – 1981. – Т. 211. – №. 4489. – С. 1390-1396.

# РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ JAVA, REACT JS

**Гончаров А. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: goncharovavmmf@gmail.com*

Данная работа направлена на исследование процессов промышленной разработки, применяемых при разработке многоуровневых программных решений.

Целью работы является изучение наиболее актуальных технологий при разработке современного логистического приложения, применение полученных знаний на практике, реализуя программное решение.

Объектом исследования является работа логистической компании, возможность реализовать бизнес-процессы логистической компании в виде веб-приложения.

Использованные методики: Техническая документация программных средств, использованных при написании программного решения, литература о разработке, проектировании различных приложений. Использование устоявшихся реализаций отдельных модулей.

Использованные технологии: Java, REST API, Spring, Hibernate, React JS.

**Научная новизна.** Логистические компании используют различные приложения для сопровождения своего бизнеса. В то же время, для качественного ведения бизнеса, требуется наиболее оптимальные и удобные для пользователей программные решения. В настоящее время существует огромное количество некачественных продуктов, что вызвано устареванием методик и технологий, используемых при реализации данных приложений в прошлом.

**Полученные научные результаты и выводы.** При написании веб-приложения логистической компании трудности (сложность интерфейса, нагрузка многофункциональностью, необходимость безопасного управления данными) можно преодолеть, используя современные технологии и приемы Frontend и Backend разработки. В основе этих приемов лежат методики, используемые при создании самых качественных программных средств.

**Практическое применение полученных результатов.** Изучение возможности создания качественного веб-приложения логистической компании является востребованным в силу недостатка на белорусском рынке качественных решений, способных предоставить весь необходимый функционал, при этом сохранив простоту в использовании. В связи с этим, белорусские предприниматели несут потери, которые могли бы избежать при использовании качественных, современных решений.

## **Литература**

1. Документация Java [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/> – Дата доступа: 13.04.2021
2. Документация MySQL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dev.mysql.com/doc/> – Дата доступа: 13.04.2021

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИТ В ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКЕ

**Дрозд В. К.**

*Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь,  
e-mail: veronika.drozd@bk.ru*

Использование ИТ в обучении школьной математике является хорошей возможностью заинтересовать учащихся и привлечь их внимание к предмету. На сегодняшний день ИТ являются еще и хорошей возможностью проведения занятий в условиях неблагоприятной эпидемиологической ситуации.

Под информационными технологиями в педагогике понимают педагогические технологии, использующие специальные методы, программные и технические средства работы с информацией и предназначенные для создания новых возможностей эффективного достижения дидактических целей [2].

Актуальность применения ИТ в образовательной среде обусловлена стремительным развитием технологий и заинтересованностью учащихся различными средствами обучения, что способствует привлечению внимания аудитории, а также возможностью применения дистанционного обучения математике. Целью исследования является описание ИТ, которые можно использовать при проведении уроков математики, и выявление отношения учащихся к использованию данной технологии.

Информационные технологии выполняют множество различных функций для обучения. Учащиеся могут лучше усваивать дополнительную информацию и повышать свой уровень знаний. Педагогам информационные технологии позволяют визуализировать информацию и демонстрировать ее, используя компьютер, ноутбук или проектор. Педагог может моделировать объекты для лучшего их изучения. Кроме того, информационные технологии позволяют дистанционно усваивать знания и обмениваться информацией с коллегами или друзьями.

В профессии учителя важно не просто объяснить материал учащимся, а преподнести его так, чтобы ученики запомнили информацию, полученную на уроке. Для проверки знаний учителя математики используют опрос, тесты и самостоятельные работы. Лучше всего использовать тестирование. Оно удобно и для дистанционного обучения. Тесты можно создавать в различных программах: Айрен, HotPotatoes, Master Test, Конструктор тестов и другие. Также тесты можно создавать с применением облачных технологий с помощью Google Forms.

Таким образом, применение ИТ при обучении математике делают процесс обучения более эффективным, продуктивным, наглядным, повышают интерес к учебному предмету, позволяют включить в учебную работу на уроке большее количество учащихся, делают материал урока более доступным для них.

## **Литература**

1. Захарова, И. Г. Информационные технологии в образовании: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / И. Г. Захарова. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 208 с.
2. Сивашинская, Е.Ф. Педагогические системы и технологии: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по педагогическим специальностям / Е.Ф. Сивашинская, В.Н. Пунчик; под. общ. ред. Е.Ф. Сивашинской. – Мозырь: Содействие, 2012. – 243 с.

# ПАРСИНГ САЙТОВ НА PYTHON

Захаренко А. Д.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: arsen.zaharenko@gmail.com*

Сегодня, во времена активного развития информационных технологий, новой информации становится всё больше с каждым днём.

Благодаря сети Интернет возможность узнать что-нибудь новое есть у каждого. Однако выбрать, проанализировать и структурировать нужные данные вручную порой бывает совсем непросто. В современном мире с этой задачей поможет справиться компьютер, в частности технология парсинга.

Парсинг – это процесс сбора данных с последующей их обработкой и анализом. К этому способу прибегают, когда нужно обработать большой объём информации и автоматизировать процесс работы с информацией.

Программа, которая производит сбор и синтаксический анализ, называется парсер.

Для написания парсера отлично подойдёт язык программирования Python. Данный язык имеет понятный и простой синтаксис, адаптирован для работы с большим массивом данных.

Разработанный парсер был протестирован на задаче нахождения букмекерских вилок.

Букмекерская вилка – это ситуация, когда разница коэффициентов в двух или более конторах позволяет сделать по ставке на каждый взаимоисключающий исход у разных букмекеров и остаться в прибыли при любом результате.

Чтобы справиться с этой задачей разобьём её на небольшие этапы:

1. Выгрузить и сохранить HTML-страницы букмерских контор А и В.
2. Распарсить HTML-документ для конторы А в удобный для дальнейшего анализа формат.
3. Распарсить HTML-документ для конторы В в удобный для дальнейшего анализа формат.
4. Проанализировать полученные данные и отобрать события, для которых есть вилка.

Условие наличия вилки:

$$\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} < 1$$

где  $k_1$  – коэффициент на первый исход в конторе А,  $k_2$  – коэффициент на второй исход в конторе В.

Таким образом, парсинг помог решить достаточно сложную задачу, если бы она решалась вручную.

Существует очень много практических сфер, где требуется доступ к данным практически неограниченного объёма.

Рыночное прогнозирование рынка, машинный перевод и даже медицинская диагностика уже извлекли огромную пользу, воспользовавшись возможностью собрать и проанализировать данные новостных сайтов, переведённый контент и сообщения на медицинских форумах.

Даже в мире искусства парсинг уже открыл новые горизонты для творчества. В рамках проекта 2006 года «We Fell Fine» Джонатан Харрис и Сеп Камвар провели парсинг англоязычных блогов для поиска фраз, начинающихся с «I fell» или «I am feeling». Это позволило построить визуализацию данных, описать, как люди в мире чувствуют себя изо дня в день, с минуты на минуту.

Независимо от вашей предметной области, почти всегда есть способ, благодаря которому парсинг может повысить эффективность бизнес-практик, улучшить производительность или даже открыть совершенно новое направление в бизнесе.

### **Литература**

1. Mitchell, R. Web Scraping with Python. Collecting Data from the Modern Web / R. Mitchell. – Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472.



# РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ-МЕССЕНДЖЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

**Зданевич О. В.**

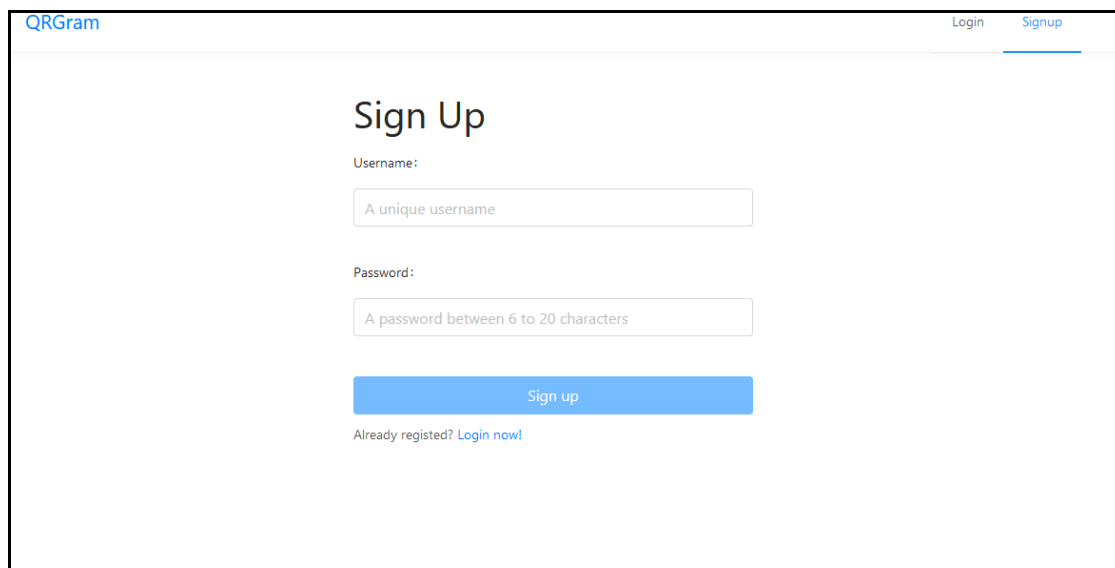
*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: oleg.zdanevich@icloud.com*

В наши дни очень трудно быть уверенным в конфиденциальности частной жизни, мобильные разговоры могут прослушивать мошенники, работодатели, конкуренты и другие. Поэтому в настоящее время все большую набирают сервисы, построенные на технологиях шифрования.

Результатом представленной здесь работы является безопасное приложение-мессенджер с применением криптографических алгоритмов шифрования.

В качестве основных инструментов для реализации сервиса были выбраны технологии Spring Boot и React.js.

Криптографический протокол Диффи-Хеллмана использован для получения двумя сторонами общего секретного ключа длиной 2048 бит. Сообщения мессенджера шифруются с помощью алгоритма симметричного блочного шифрования AES-256. В качестве функции формирования ключа использован алгоритм хеширования SHA-256. Используемые криптографические алгоритмы позволяют защитить передаваемую информацию от нежелательного просмотра злоумышленниками.



*Рис. 1. Экран регистрации*

Регистрация в приложении не требует ввода личных данных пользователя (номер мобильного телефона, адрес эл. почты). Для осуществления «входа» в приложение пользователю необходимо ввести свой логин и пароль (требуемой сложности). Такой подход к регистрации гарантирует полную анонимность пользователя.

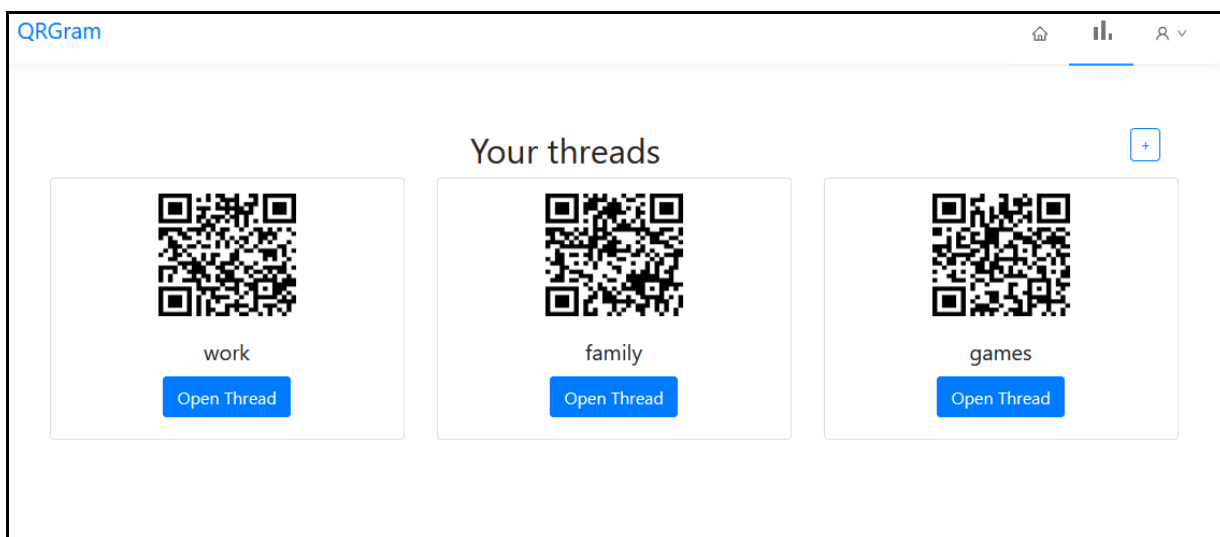


Рис. 2. Экран выбора потоков

Главной особенностью мессенджера является разделение чатов на различные потоки (threads). При создании пользователем нового потока генерируется QR-код (Код быстрого реагирования, Quick Response Code), по которому другие пользователи мессенджера могут начать чат с пользователем в созданном потоке. Потоки позволяют разделить чаты под разные задачи, например, один поток можно создать для общения с друзьями и семьёй, другой поток – для общения с коллегами, еще один поток – для продажи товаров на онлайн площадках объявлений. Если поток больше неактуален для пользователя (например, товар больше не продается), его можно удалить. Преимуществом такого подхода (разделение чатов на потоки) состоит в том, что пользователь может в открытом доступе разместить QR-код потока и получать сообщения от незнакомых пользователей с возможностью прекратить поток входящих сообщений, сохраняя анонимность.

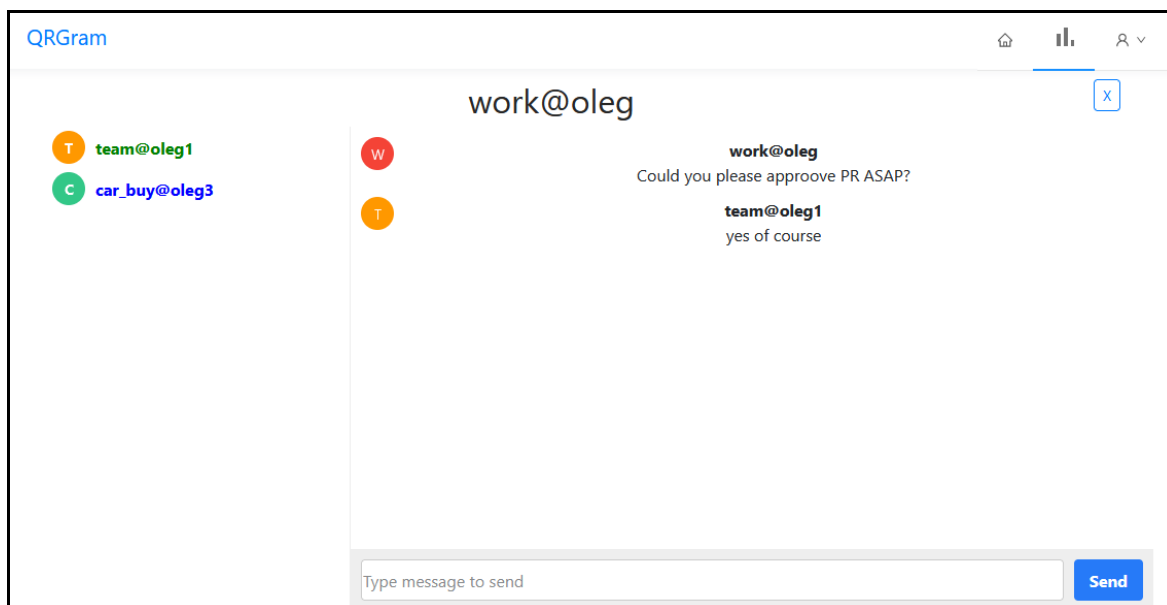


Рис. 3. Экран чата

Приложение позволяет обмениваться только текстовыми сообщениями с неограниченным числом пользователей в любом браузере. Пользователь получает уведомления обо всех новых сообщениях и ошибках регистрации/входа.

Важно отметить, секретные ключи чатов хранятся на пользовательских устройствах, что защищает данные пользователя в случае хищения логина и пароля. Также реализована возможность восстановления секретных ключей на другом устройстве пользователя путём подтверждения синхронизации ключей на авторизованном устройстве.

Современная криптография является основным средством защиты информации, которая, в свою очередь, является одной из самых ценных вещей в современной жизни. Защищая должным образом свою личную информацию, вы защищаете не только себя, но и своих близких от таких рисков как: воровство, утрата, искажение, несанкционированное распространение важной для вас информации.

### Литература

1. Мао, В. Современная криптография: теория и практика, пер. с английского. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 768 с.
2. Баричев, С. Основы современной криптографии / С. Г. Баричев, В. В. Гончаров, Р. Е. Серов. - 3-е изд., стер. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. – 175 с.
3. Фергюсон, Н. Практическая криптография = Practical Cryptography / Нильс Фергюсон, Брюс Шнайер: [пер. с англ. Н. Н. Селиной; под ред. А. В. Журавлева]. – Москва: Диалектика, 2005. – 422 с.
4. Тиленс Томас Марк, React в действии. – СПб.: «Питер», 2019. – 368 с.
5. Spring 5 для профессионалов = Pro Spring / Ю. Козмина, Р. Харроп, К. Шефер, К. Хо. – СПб.: Диалектика, 2019. – 1120 с.

# РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ NODE.JS

**Зинченко Д. Н.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: den.sanchess@gmail.com*

Глобализация мировой экономики, функциональная идентичность товаров различных производителей и индивидуализация запросов потребителей снижают эффективность традиционных средств маркетинга, основанных на ценовой конкуренции. В новых реалиях все большую популярность приобретают практики управления лояльностью потребителей, основанные на концепции CRM (Customer Relationship Management – Управление Взаимоотношениями с Клиентами). Концепция предполагает использование информационных технологий (так называемых CRM-систем) для сбора и анализа разнородной информации из баз данных по клиентам для дальнейшего использования в целях повышения их лояльности и оптимизации корпоративного управления.

Реализована CRM-система управления агентами в ВТЛ. За основу был взят язык программирования Node.js. Данная CRM-система внедрена в бизнес. Основные функции: анализ информации и распределение сотрудников по компетенциям, создание «листа ожидания», база для ответа на запросы и учет временных ресурсов. Из наглядных примеров, можно рассмотреть: страница области (района), в котором будет производиться работа в виде карты с информацией, страница администратора, страница авторизации для всех пользователей.

На основе проведенных исследований и разработки можно сделать следующие выводы:

1. На современном этапе оптимизация процесса управления потребительской лояльностью осуществляется за счет инновационных компьютерных технологий, что повышает популярность CRM-систем.

2. Достаточно гибкое приложение, которое автоматизирует многие рутинные процессы (получение информации, обработка, направление по сотрудникам и т.д.).

3. Приложение не является статическим, и способно развиваться под те тенденции, которые требует то или иное дело.

## **Литература**

1. Хамарин [Электронный ресурс] / Microsoft 2021. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/hub/nodejs/>. – Дата доступа: 02.04.2021.
2. Microsoft Azure Blog [Электронный ресурс] / 2021 Microsoft. – Режим доступа: <https://reactjs.org/>. – Дата доступа: 02.04.2021.
3. App Service [Электронный ресурс] / 2021 Microsoft. – Режим доступа: <https://a https://redux.js.org/>. – Дата доступа: 02.04.2021.

# КЛЮЧЕВЫЕ УЯЗВИМОСТИ В БЕЗОПАСНОСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ В 2020 ГОДУ

**Карпиеня М. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: karpienia.mv@gmail.com*

С быстрым развитием интернет-технологий один за другим появляются различные методы сетевых атак. SQL-инъекции стали одними из самых серьезных угроз для веб-приложений. SQL-инъекции угрожают не только веб-приложениям как цельным организациям, но и их составляющим: различным службам и данным пользователей.

Вопрос безопасности веб-приложений стоит действительно остро, поскольку риски затрагивают и экономическую, и репутационную, и техническую стороны бизнеса.

2020 год стал для киберпреступности знаменательным годом. Сочетание идеального набора факторов сделало этот год очень хорошим для киберпреступников и очень плохим годом для некоторых предприятий и их информационных систем. В 2020 году 80% компаний заметили рост кибератак. В мире в среднем каждые 39 секунд осуществляется кибератака. 700 миллионов человек в 21 стране мира столкнулись с той или иной формой киберпреступности. Предположительно, ущерб, связанный с киберпреступностью, в среднем составляет 6 триллионов долларов в год. Атаки программ-вымогателей выросли на 148% в марте 2020 года. С января по апрель 2020 года количество облачных атак выросло на 630%. Два из пяти предприятий малого и среднего бизнеса стали жертвами атаки программ-вымогателей в 2020 году. Более 80% зарегистрированных кибератак являются фишинговыми. С 1 марта 2020 г. количество попыток фишинга увеличилось более чем на 660%. На долю организованных преступных группировок приходится 55% атак.

Крупнейший аналитический портал QWAS (OPEN WEB APPLICATION SECURITY PROJECT) выделил следующий список уязвимостей в безопасности веб-приложений в 2020 году:

1. Инъекции,
2. Нарушения процедуры аутентификации,
3. Раскрытие конфиденциальных данных,
4. Внешние объекты типа XML,
5. Потеря контроля над разграничением доступа к данным,
6. Использование разрозненных систем безопасности,
7. Межсайтовый скриптинг,
8. Небезопасная десериализация объектов,
9. Использование компонентов с известными уязвимостями,
10. Недостаточное ведение учета логов и уязвимостей.

На сегодняшний день практически любой источник данных может быть объектом внедрения переменных среды, различных параметров, изменения внешних и внутренних веб-служб и изменения пользовательских ролей. Опасности инъекций возникают, когда злоумышленник может отправить интерпретатору враждебные данные.

Недостатки инъекций очень распространены, особенно в устаревшем коде. Уязвимости внедрения часто встречаются в запросах SQL, LDAP, XPath или NoSQL, командах ОС, синтаксических анализаторах XML, заголовках SMTP, языках выражений и запросах ORM. Недостатки внедрения легко обнаружить при изучении кода. Сканеры могут помочь злоумышленникам найти недостатки подобного кода.

Враждебная инъекция может привести к потере, повреждению или раскрытию данных неавторизованным сторонам, потере подотчетности или отказу в доступе. Инъекция иногда может привести к полному захвату прав владельца приложения (данных).

Злоумышленники имеют доступ к сотням миллионов допустимых комбинаций имени пользователя и пароля для заполнения учетных данных, списков администраторских учетных записей по умолчанию, автоматизированного перебора и инструментов атаки по словарю. Злоумышленникам достаточно получить доступ только к нескольким учетным записям или только к одной учетной записи администратора, чтобы скомпрометировать систему. В зависимости от домена приложения это может быть использовано для отмывания денег, мошенничества в сфере социального обеспечения и кражи личных данных или раскрытия защищенной законом высокочувствительной информации.

По умолчанию многие старые процессоры XML позволяют специфицировать внешний объект, URI, которого разыменовывается и оценивается во время обработки XML. Инструменты SAST могут обнаружить эту проблему, проверив зависимости и конфигурацию. Инструменты DAST требуют дополнительных ручных действий для обнаружения и использования этой проблемы. Эти недостатки могут использоваться для извлечения данных, выполнения удаленного запроса с сервера, сканирования внутренних систем, выполнения атаки типа «отказ в обслуживании».

Неверная конфигурация систем безопасности может произойти на любом уровне стека приложений, включая сетевые службы, саму платформу, веб-сервер, сервер приложений, базу данных, настраиваемый код и предварительно установленные виртуальные машины, контейнеры или хранилище. Автоматические сканеры полезны для обнаружения неправильных конфигураций, контроля за учетными записями или конфигурациями по умолчанию, ненужными службами, устаревшими опциями и т. д.

Хотя для многих известных уязвимостей легко найти уже написанные решения, другие уязвимости требуют сосредоточенных усилий для их разработки. Паттерны разработки с большим количеством компонентов могут привести к тому, что команды разработчиков даже не поймут, какие компоненты они используют в своем приложении или API, не говоря уже о том, чтобы поддерживать их в актуальном состоянии.

Использование недостаточного логирования и мониторинга является краеугольным камнем почти каждого крупного инцидента. Злоумышленники полагаются на отсутствие мониторинга и своевременного реагирования, чтобы незаметно достичь своих целей.

Как сфера киберпреступности является крупнейшим теневым механизмом, так и рынок средств защиты и борьбы с киберпреступлениями обновляется и растет с каждым месяцем.

Существуют как традиционные методы обнаружения атак, так и новые, основанные на технологии глубокого обучения с более высокой точностью обнаружения. Однако все они предназначены для обнаружения конкретного

нарушения и не могут определить стадию атаки. Чтобы еще больше улучшить эффект обнаружения

SQL-инъекций, предлагается интегрированная среда обнаружения для поведения SQL-инъекций, основанная как на текстовых функциях, так и на функциях трафика. Например, так эффективно использование модели SQL-LSTM, основанной на технологии глубокого обучения, в качестве модели обнаружения на уровне текстовых функций. Благодаря этому интегрированному методу эффект обнаружения SQL-инъекции еще больше улучшается.

2020 год становится знаковым не только в контексте роста количества киберпреступлений, но и для развития технологий по защите данных, веб-приложений, различных сервисов. Достаточно популярной тенденцией в сфере является применение техник машинного обучения для распознавания атак. Однако проведенные исследования позволяют установить, что в вопросе кибербезопасности краеугольным камнем является комплексный подход, максимально покрывающий потенциальные уязвимости.

### **Литература**

1. OWASP Top Ten [Electronic resource] / OWASP. – OWASP. 2020. – Mode of access: <https://owasp.org/www-project-top-ten/>. – Date of access: 10.03.2021.

2. Research on Integrated Detection of SQL Injection Behavior Based on Text Features and Traffic Features [Electronic resource] / ed. Ming Li, Bo Liu, Guangsheng Xing, Xiaodong Wang, Zhihui Wang. – The 10th International Conference on Computer Engineering and Networks, 2020. – Mode of access: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-981-15-8462-6\\_87#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-981-15-8462-6_87#citeas). – Date of access: 01.03.2021.

3. Smart Security Audit: Reinforcement Learning with a Deep Neural Network Approximator [Electronic resource] / ed. K. Pozdniakov, E. Alonso, V. Stankovic, K. Tam, K. Jones. – 2020 International Conference on Cyber Situational Awareness, Data Analytics and Assessment, 2020. – Mode of access: <https://core.ac.uk/download/pdf/323088794.pdf>

# РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ MONEY MANAGER НА JAVA

**Кохнович Р. О.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: roma3122001@gmail.com*

Едва ли кто-то станет спорить, что в современном мире, деньгам отводится весомая роль. Каждый человек хотел бы правильно и главное эффективно управлять своими финансами. Поэтому создание приложений по управлению бюджетом, так называемых Money Manager'ов, востребовано и актуально.

Money Manager – это полезная программа, помогающая управлять личными денежными ресурсами. На рынке сегодня существуют разработанные продукты такого рода. Все они обладают различным функционалом, но каждый из них находит своего пользователя. Приложения по управлению личными финансами создаются для различных устройств, но лучше всего себя проявляют на смартфонах, так как данные устройства всегда находятся под рукой.

Для того чтобы рационально распоряжаться деньгами, следует составить определенный план расходов, где пользователь будет иметь возможность контролировать сумму, которую он ежемесячно тратит, а также ту, которую зарабатывает.

Разработанное приложение предоставляет следующие возможности:

1. Управлять доходами и расходами. Доходы могут быть занесены в базу данных, при этом при необходимости можно внести правки в сведения о доходах или удалить отдельные из записей. Имеется возможность сортировки доходов по различным категориям.
2. Пользователь может получить статистику по тратам за определенный период времени. При этом траты могут быть представлены в виде диаграмм.
3. Можно поставить лимит по тратам, при превышении которого приложение выдаст уведомление о превышении бюджета.

Для написания приложения на Android прекрасно подходит язык программирования Java. Синтаксис данного языка довольно легко выучить, существует огромное количество книг, статей и интернет ресурсов, помогающих в освоении данного языка, а возможности языка позволяют реализовать нужный функционал.

Money Manager несомненно является полезным и нужным приложением в современном мире, особенно, когда с появлением бесконтактных платежей стало сложнее контролировать расходы. В независимости от того, чем человек занимается, правильное управление денежными ресурсами почти всегда помогает ему создать крепкий бюджет, в последствии чего повышается уровень жизни человека.

## **Литература**

1. Дэвид Гриффитс, Дон Гриффитс «Head First. Программирование для Android» Питер, 2018 год, 912 стр, O'Reilly, 2-е изд., ISBN: 978-5-4461-0708-7



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ XAMARIN И МОБИЛЬНЫХ СЛУЖБ AZURE ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

**Кураленко И. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: kuralenko.201334@gmail.com*

В настоящее время огромное количество людей занимается командными видами спорта как профессионально, так и на любительском уровне. Но найти подходящее место и компанию для спортивной игры бывает не так просто. Для организации спортивных мероприятий целесообразно использовать приложение. Однако на данный момент подобных приложений не было найдено. Поэтому в качестве реализации проекта было выбрано создание такого приложения.

Согласно статистике в настоящее время подавляющее большинство всех существующих приложений являются кроссплатформенными. Так же разработка кроссплатформенных приложений дешевле в реализации и разработке. Поэтому производство таких приложений является актуальным решением.

Разработанное приложение позволяет собрать команду из зарегистрированных пользователей, найти уже существующую команду и подать заявку на участие в ней, создать спортивное мероприятие или принять участие в уже созданных. Команды и мероприятия отображаются на встроенной карте, где можно увидеть ближайшие события. В приложении реализован чат, позволяющий пользователям общаться друг с другом и отвечать на входящие уведомления. Так же можно создавать чаты с добавлением участников команды или всех игроков соревнования.

Для реализации клиентской части данного приложения была выбрана платформа .Net и фреймворк Xamarin, так как он занимает одно из лидирующих положений среди фреймворков для кроссплатформенной разработки. Для быстрой разработки и доставки кода рационально использовать облачные технологии. В качестве серверной части среди облачных технологий были выбраны сервисы Microsoft Azure, чтобы оставаться в экосистеме, так как и клиентская часть использует технологии Microsoft.

Реализованное приложение эффективно и удобно в использовании. При тестировании приложение хорошо себя зарекомендовало и собрало положительные отзывы, что мотивирует продолжать разработку. В качестве дальнейшего развития функциональности возможно добавление комментариев и оценок прошедших мероприятий и уровня игры пользователей, видео нарезок прошедших событий и сбор статистики игрока в том числе используя фитнес браслеты.

## **Литература**

1. Xamarin [Электронный ресурс] / Microsoft 2021. – Режим доступа: <https://dotnet.microsoft.com/apps/xamarin>. – Дата доступа: 29.03.2021.
2. Microsoft Azure Blog [Электронный ресурс] / 2021 Microsoft. – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-azure/>. – Дата доступа: 29.03.2021.
3. App Service [Электронный ресурс] / 2021 Microsoft. – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/en-us/services/app-service/>. – Дата доступа: 29.03.2021.

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОТИРОВОК НА ФИНАНСОВОЙ БИРЖЕ

**Лебеденко В. И., Вельченко С. А.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: vladislav.lebedenk@gmail.com*

Существует две методики прогнозирования цен:

Фундаментальный анализ — это подход, который инвесторы используют для установления «подлинной стоимости» актива или бизнеса. Рассматривая ряд внутренних и внешних факторов, они стремятся определить, переоценён ли этот актив или бизнес или недооценён. Эту информацию можно использовать для стратегического открытия и закрытия позиций.

Технический анализ — в данном случае рассматривается поведение цены актива и выявляются его разнообразные паттерны (используется анализ временных рядов).

В случае применения методов машинного обучения для обработки торговых данных, чаще используют именно метод технического анализа — цель заключается в том, чтобы понять, может ли алгоритм точно определять паттерны поведения актива во времени. Тем не менее, машинное обучение может использоваться также для дальнейшего использования при фундаментальном анализе. В конечном итоге, наиболее эффективным методом автоматизированного предсказания цены актива и генерирования инвестиционных рекомендаций является гибридный подход, сочетающий в себе подходы фундаментального и технического анализа.

Для технического анализа рыночных цен используются различные атрибуты и индикаторы. К последним относятся:

1. Скользящие средние (Moving Average, MA) — отображают средние  $n$  прошлых значений до текущего момента.
2. Экспоненциальная скользящая средняя (Exponential Moving Average, EMA) — придает больше веса наиболее недавним значениям, но не отбрасывает старые значения полностью.
3. Моментум или скорость изменения (Rate of Change, RoC) — один из самых простых технических индикаторов, рассчитываемый как отношение или разница между текущей ценой и ценой  $n$  периодов назад.
4. Индекс относительной силы (Relative Strength Index, RSI) — определяет силу тренда и вероятность его смены в течение определенного времени.

Для проекта в качестве главного индикатора был выбран EMA — он позволяет обрабатывать практически неограниченный объём исторических данных, что очень важно для анализа с помощью временных рядов. Однако стоит заметить, что использование других индикаторов может приносить и большую точность прогнозов анализируемых акций.

В теории, проблема предсказания цены актива может быть рассмотрена, как оценка функции  $F$  во времени  $T$  на основе предыдущих значений  $F$  во время  $t-1, t-2 \dots t-n$ , присваивая соответствующую весовую функцию  $w$  на в каждый момент  $F$ .

В ходе проекта были использованы среды для дата-майнинга Vitmex и Exmo.

В данной секции представлены результаты применения различных алгоритмов исследования и анализа данных.

1. Скользящая средняя
2. Экспоненциальное сглаживание
3. Двойное экспоненциальное сглаживание

Для моделирования в проекте будет использоваться техника машинного обучения — SARIMA (Сезонная авторегрессионная интегрированная модель скользящего среднего).

Авторегрессионное интегрированное скользящее среднее, или ARIMA, является одним из наиболее широко используемых методов прогнозирования для однофакторного прогнозирования данных временных рядов.

Хотя метод может обрабатывать данные с трендом, он не поддерживает временные ряды с сезонным компонентом.

Расширение ARIMA, которое поддерживает прямое моделирование сезонного компонента ряда, называется SARIMA.

Сезонное авторегрессионное интегрированное скользящее среднее, SARIMA или Seasonal ARIMA, является расширением ARIMA, которое явно поддерживает одномерные данные временных рядов с сезонным компонентом.

В качестве заключения хотелось бы отметить, что выбор методов зависит от стратегии. Нельзя сказать однозначно, что лучше — фундаментальный анализ или технический. Они работают каждый по своим законам и имеют собственные границы применимости.

# МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ФИТНЕСА

**Маклаков А. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: ar.maklakov@gmail.com*

Для достижения хороших результатов и улучшения физического состояния при занятиях спортом необходимо правильно организовывать тренировки, учитывать уровень нагрузки и фиксировать предыдущие результаты. Для поддержки этого процесса желательно использовать мобильное приложение. Такие приложения существуют, но во многих случаях имеют различные недостатки: слишком широкая направленность, обилие рекламы и платного контента. Для поддержки тренировочного процесса с отягощением было разработано мобильное приложение с современным дизайном для людей, ведущих здоровый образ жизни, любящих спорт и ценящих свое время.

После создания аккаунта и авторизации, приложение позволяет записывать результаты тренировок, заполняя их упражнениями, просматривать календарь тренировок и детальную информацию по каждой записанной тренировке, отображать статистику тренировок за определенный период.

При создании или редактировании тренировки пользователь может добавлять упражнения, записывать в них количество подходов, повторений и веса в них, изменять записанные значения, изменять порядок следования упражнений. Из дополнительных возможностей, есть возможность рассчитывать повторный максимум упражнения, основываясь на данных лучшего по поднятым весам подхода в выполненном упражнении.

Для реализации клиентской части приложения были выбраны ReactNative, React и Redux для максимальной скорости работы, удобства разработки и отладки приложения.

Для реализации серверной части была выбрана платформа NodeJS для согласования языка программирования клиентской и серверной части, в качестве фреймворка – Fastify для наибольшей скорости обработки запросов и ответов, в качестве базы данных – MongoDB для гибкости и высокой масштабируемости решения.

Выбранные технологии занимают лидирующие позиции в списке технологий для разработки мобильных приложений.

Приложение использует нескольких языков, с возможностью добавления поддержки других, что позволяет охватить большую аудиторию пользователей. Оно используется и применяется на практике, имеет несколько активных пользователей. На текущий момент о функционировании приложения есть положительные отзывы, что придает мотивации для продолжения изучения данной темы и добавления новых возможностей. В дальнейшем возможно добавить в приложение, автоматический подсчет прироста веса и предложение увеличения отягощений или повторений для копируемой тренировки, построение уникальных тренировочных программ, исходя из параметров веса и роста пользователя.

# СОЗДАНИЕ И ПРОДВИЖЕНИЕ ОНЛАЙН-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА РЕПЕТИТОРА РУССКОГО ЯЗЫКА

**Мальчикова К. П.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: ksenia.malchikova@gmail.com*

Одним из последствий пандемии и режима самоизоляции можно считать возросший спрос на услуги репетиторов для школьников. Услуги репетитора предлагают многие, в этой сфере достаточно сильная конкуренция.

Целью проекта было создание онлайн-представительства репетитора русского языка. Поиск клиента – проблема, особенно актуальная для начинающих преподавателей, которые не успели толком освоиться в профессии и набрать себе базу клиентов. И в решении этой проблеме можно успешно задействовать интернет-маркетинг.

В нашу жизнь прочно вошли Интернет и социальные сети. Социальные сети не только предоставляют широкие возможности для общения с людьми, но и позволяют найти необходимую полезную информацию. Поэтому все виды бизнеса, начиная от закусочных и заканчивая огромными корпорациями, проводят маркетинговые мероприятия в социальных сетях. На сегодняшний день одной из самых популярнейших социальных сетей является Instagram [1]. Это одна из самых эффективных площадок для проведения маркетинговых акций, примерно 80% пользователей в ней подписаны хотя бы на один бизнес-аккаунт. Продвижение страницы в Instagram – это хороший катализатор развития бизнеса. Это не только привлекает новую аудиторию, но и позволяет взаимодействовать с ней [2].

Было создано интернет-представительство репетитора по русскому языку: аккаунт в Instagram [4] и сайт. Выход на рынок начался с создания профиля в Instagram.

Был проведен анализ аккаунтов конкурентов и лидеров рынка, чтобы понимать, на что делать упор в данной тематике. На основе анализа была разработана стратегия продвижения. Продуманы и применены различные способы продвижения, преимущественно бесплатные. По итогам продвижения число охватов в неделю приблизилось к 1000. Так же были получены положительные отзывы от подписчиков. Был проведен анализ контент-плана и исходя из полученных результатов разработана стратегия дальнейшего продвижения аккаунта.

Затем онлайн-представительство репетитора было расширено: был создан сайт. Было решено задействовать бесплатные и малобюджетные средства продвижения. По статистике не менее 85% посетителей сайтов среднего и малого бизнеса приходят с поисковых систем. Причем чем выше позиции веб-ресурса в поисковиках, тем больше людей на него заходят [3]. Без SEO-продвижения даже самый качественный сайт будет бесполезным: если поисковые системы не видят контент, его существование не имеет смысла. Для созданного сайта был разработан и реализован план seo-продвижения.

Сначала был проведен анализ конкурентов, в том числе и с помощью специальных сервисов, выявлены слабые и сильные места. Таким образом было определено количество ключевых запросов, структура, возраст целевой аудитории, примерная посещаемость. Было составлено семантическое ядро сайта. Затем была проведена

работа по внутренней оптимизации. Это включало в себя формирование метатегов, проверку иерархии заголовков, их дублей и правильности написания, проверку на наличие ошибок, анализ и настройку тегов title, description, редактирование и оптимизацию текстов. Далее была проведена внешняя оптимизация. Такой комплексный подход позволил провести наиболее эффективную оптимизацию.

Таким образом, можно сделать вывод, что интернет-маркетинг – это деятельность во многом творческая. Данная социальная сеть позволяет самостоятельно продвигать товары или услуги. Необходимо помнить, что каждый из множества инструментов обладает рядом преимуществ, поэтому для достижения большего эффекта следует использовать их в комплексе. Именно таким образом можно оказать максимальное влияние на целевую аудиторию.

### **Литература**

1. Соболева, Л. Феномен Инстаграма. Как раскрутить свой аккаунт и заработать / Л. Соболева. – Москва: АСТ, 2017. - 20 с.
2. Сенаторов, А. А. Бизнес в Instagram: От регистрации до первых денег / А. А. Сенаторов. – Москва: Альпина Паблицер, 2015. - 103 с.
3. Ашманов, И. С. Оптимизация и продвижение в поисковых системах / И. С. Ашманов. – Питер, 2019. – 19 с.
4. Аккаунт репетитора русского языка в Instagram [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.instagram.com/repetitor\\_ct/](https://www.instagram.com/repetitor_ct/) – Дата доступа: 01.03.2020

# МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ

**Москалик А. И.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail:sashamoskalik@gmail.com*

Приложение для планирования времени предназначено для эффективного распределения времени и продуктивной работы.

Данная система включает в себя два основных модуля:

- 1) мобильное приложение;
- 2) сервер.

Основные функции разрабатываемого приложения:

- Предоставление возможности создания задач на день, неделю и месяц, а также по категориям и приоритету;
- Предоставление возможности создавать задачу на несколько дней, ее редактирование, удаление и перенос на следующий день;
- Предоставление возможности использовать Pomodoro-таймер для эффективной работы;
- Предоставление возможности сортировки задач по приоритету и категориям;
- Предоставление возможности отслеживания статистики по продуктивности;
- Предоставление возможности создания целей;
- Предоставление возможности создания аккаунта, добавления друзей, создания совместных проектов;
- Предоставление возможности защиты аккаунта с помощью пароля или биометрических данных.

Плюсами приложения является удобство использования, возможность использовать без доступа в интернет. Пользователь может выполнять много действий в одном приложении, вместо того чтобы хранить на телефоне 2-3 разных приложения.

Используемые технологии: Kotlin, Ktor, REST API, PostgreSQL, ORMLite, Heroku CLI.

## Литература

1. Документация Ktor [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ktor.io/docs/welcome.html>– Дата доступа: 13.04.2021
2. Документация PostgreSQL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.postgresql.org/docs/>– Дата доступа: 13.04.2021

# О РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ПК-КОНФИГУРАТОР

**Нитиевский Д. И.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: dnitievskiy@gmail.com*

Значение компьютерных технологий в жизни современного человека с каждым годом возрастает. За четверть века компьютерные технологии совершили огромный скачок как вперед, предоставляя человеку новые возможности, так и вширь, распространившись повсеместно, куда бы вы не обратили свой взгляд.

Если раньше персональный компьютер был достаточно непривлекательным, редким в использовании и не самым доступным устройством, то в настоящее время – это легкодоступный проводник к повышению качества жизни современного человека.

Люди стремятся использовать компьютеры не только в развлекательных, коммуникационных или вспомогательных целях, но и в целях увеличения дохода, не выходя из дома. Появляются новые, не просто современные, а ещё и высокоприбыльные направления, напрямую связанные с компьютерными технологиями: киберспорт, майнинг криптовалют, программирование, стриминг и видеоблогинг. Подкупает и легкодоступность данных сфер: для старта необходим лишь компьютер и интернет.

Тогда появляется нужда в покупке компьютера. Но ведь разные типы задач требуют разных вычислительных мощностей, а переплачивать за ненужные функции и излишнюю мощность компьютера не хочется.

Конечно, можно проконсультироваться и купить уже готовую сборку ПК, но, как известно, на такие сборки магазины выставляют цены в 1,5, а то и в 2 раза выше, чем стоимость всех деталей такого компьютера.

В таком случае, самым оптимальным вариантом является купить компьютерные комплектующие по отдельности и собрать ПК самому. При этом, не нужно быть профессионалом, чтобы собрать компьютер: достаточно, например, посмотреть несколько видеороликов по сборкам на YouTube.

Однако, стоит понимать, что не каждая материнская плата подходит для определенного процессора и наоборот, не каждый блок питания может обеспечить нормальную работу всей сборки в целом, оперативная память бывает разных типов и т.д. К сожалению, не каждый пользователь разбирается в совместимости компьютерных компонентов, без которой невозможно нормальное функционирование компьютерной системы.

Веб-приложение для конфигурации персонального компьютера является оптимальным решением для устранения проблемы неосведомленности покупателей в вопросах сборки ПК.

Для начала определим набор функций, которые должен выполнять такой ресурс, чтобы удовлетворить потребности пользователей:

- Подбор комплектующих, совместимых между собой;
- Возможность узнать основные характеристики каждого комплектующего;
- Возможность мониторинга цен на комплектующие (стоит отметить, что система ориентирована на белорусский рынок);



- Возможность подбора наиболее оптимальной сборки для заданного ценового диапазона;
- Возможность добавления своей (например, любимой) сборки, а также комментирования сборок других пользователей.

Принцип работы приложения прост. Разрабатываемый ресурс собирает данные через API открытых интернет-ресурсов, преобразовывает их в удобный формат, извлекает только необходимую для дальнейшей работы информацию и помещает её в хранилище данных. Далее производится разбор данных из хранилища, их анализ, необходимый для корректного исполнения функционала приложения (проверка на совместимость, подборка по фильтрам и т.д.), а также перевод проанализированных данных в вид, удобный для использования клиентом (предоставление пользовательского интерфейса).

Само приложение можно условно поделить на две части: клиентскую, отвечающую за пользовательский интерфейс, и серверную, написанную на языке Java с использованием технологий Spring Boot, Maven, Apache Tomcat, Hibernate, MySQL и др. и отвечающую за взаимодействие с данными и бизнес-логику приложения

Стоит отметить, что такое веб-приложение не является новой идеей. В настоящее время в Интернете достаточно ресурсов, связанных с конфигурацией ПК, однако, в основной своей массе они были созданы конкретными магазинами для реализации своей продукции (т.е. являются встроенными модулями сайтов по продаже компьютерных комплектующих), а, соответственно, отсутствует возможность мониторинга цен для разных магазинов с целью выбора наиболее выгодного варианта, что в свою очередь наш сервис предлагает. Также стоит отметить, что предлагаемый сервис ориентирован на белорусский рынок товаров в связи с наличием альтернативных ресурсов для международного рынка, однако, предлагаемый ресурс имеет возможность для будущего масштабирования целевого рынка путем использования иных API открытых интернет-ресурсов для получения данных о ценах компьютерных комплектующих.

### Литература

1. Felipe Gutierrez. Pro Spring Boot 2: An Authoritative Guide to Building Microservices, Web and Enterprise Applications, and Best Practices, 2018 – 564p.
2. Документация MySQL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dev.mysql.com/doc/>– Дата доступа: 13.04.2021
3. Документация Spring Framework [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.spring.io/spring-framework/docs/current/reference/html/>– Дата доступа: 13.04.2021

# АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ О COVID-19 В POWER BI

**Ошмян А. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: osmananna683@gmail.com*

Сложно представить современный мир без веб-технологий. Социальные сети, почта, поисковые системы, навигационные сервисы – все это используется большинством из нас ежедневно. Практически все интернет-ресурсы работают с базами данных. На основе баз данных с использованием языка SQL построен почти каждый сайт, социальная сеть и поисковая система. Но информация в базах данных не выглядит наглядно, сложно рассмотреть тенденцию ее изменения.

Поэтому для более наглядного представления материала по выбранной теме можно использовать комплексное программное обеспечение бизнес-анализа компании Microsoft, Power BI. Оно позволяет наглядно и интерактивно отслеживать основные тенденции, зависимости и отклонения показателей. Power BI включает множество средств визуализации: графики, линейчатые диаграммы, круговые диаграммы, точечные и пузырьковые диаграммы и многое другое. Можно выбрать тот способ, который поможет наиболее наглядно отобразить информацию.

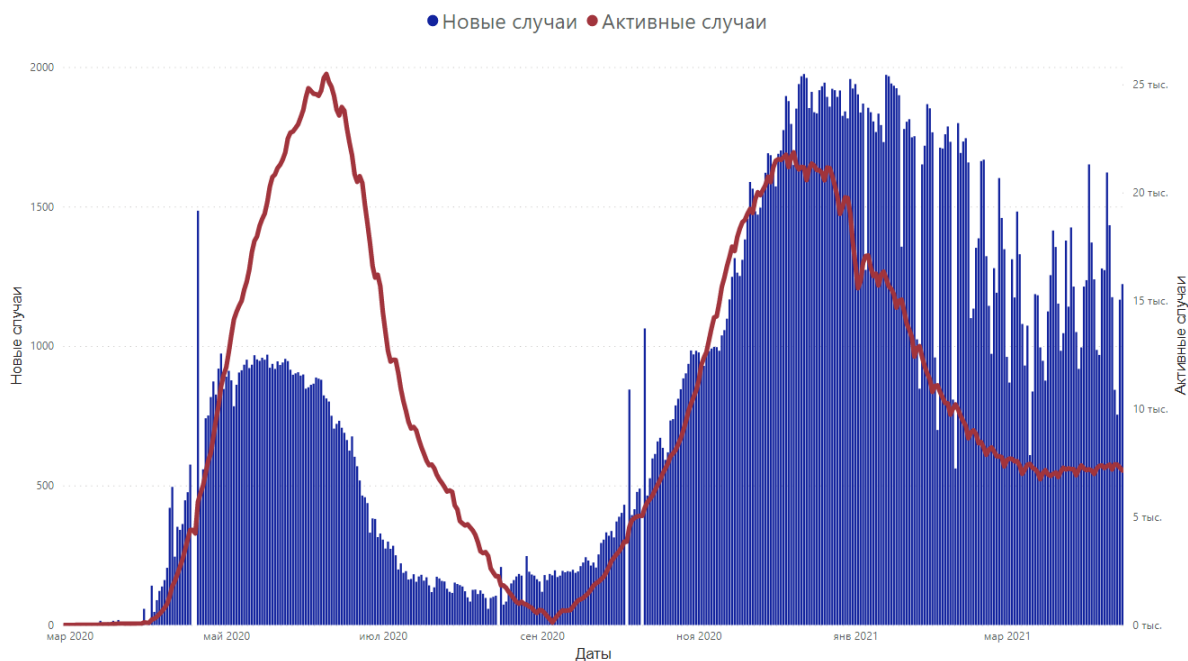
Данная работа посвящена обработке, анализу и визуализации данных о Covid-19 в Power BI [1]. Данные были взяты из открытого источника, а именно из хранилища данных COVID-19 Центра системных наук и инженерии (CSSE) Университета Джонса Хопкинса на GitHub [2]. Этот онлайн-сервис позволяет отслеживать распространение коронавируса по всей планете. Сервис обновляется ежедневно и отображает актуальные данные, собранные Всемирной организацией здравоохранения. Данные хранятся в виде CSV-файлов. Каждый файл представляет данных за один день по всем странам мира и содержит информацию по каждой стране об общем числе подтвержденных случаев заболевания COVID 19, числе умерших от COVID 19 и выздоровевших.

Дополнительную сложность анализу этих данных придавал тот факт, что в различные периоды времени хранились данные с различающейся степенью детализации. А значит в таблицах получалось различное количество столбцов и однотипные столбцы имели разные названия в разные периоды времени. Поэтому потребовалась очистка данных и приведение их к единообразному виду. После того как очищенные данные были извлечены с GitHub, был проведен их анализ с использованием языка DAX.

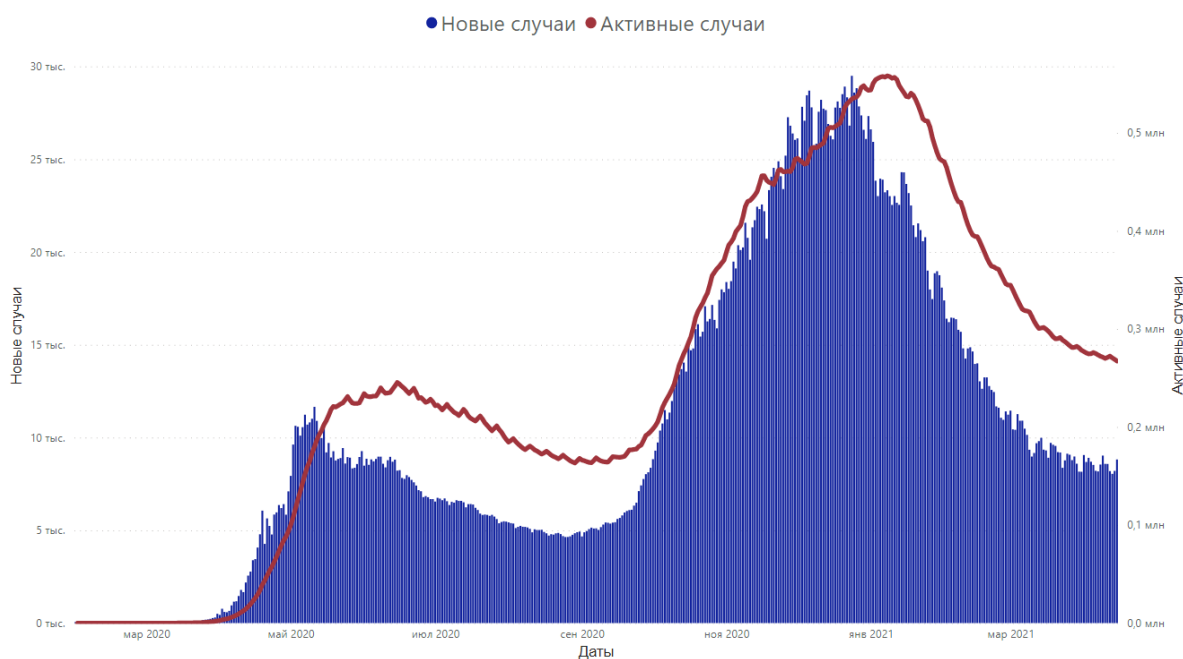
Выборка делалась для данных по Беларуси, странам с которыми граничит Беларусь и странами с численностью населения сопоставимой с численностью населения Беларуси за период с начала 2020 года по 15 апреля 2021 года. Анализ данных помогает оценить масштабы заболевания и сравнить эффективность борьбы с ним в различных странах.

На рисунках 1–4 активные случаи – это общее количество случаев за вычетом общего количества выздоровевших и общего количества смертей.

На рисунках 1, 2 представлено число новых и активных случаев заболевания COVID 19 соответственно по Беларуси и по России.

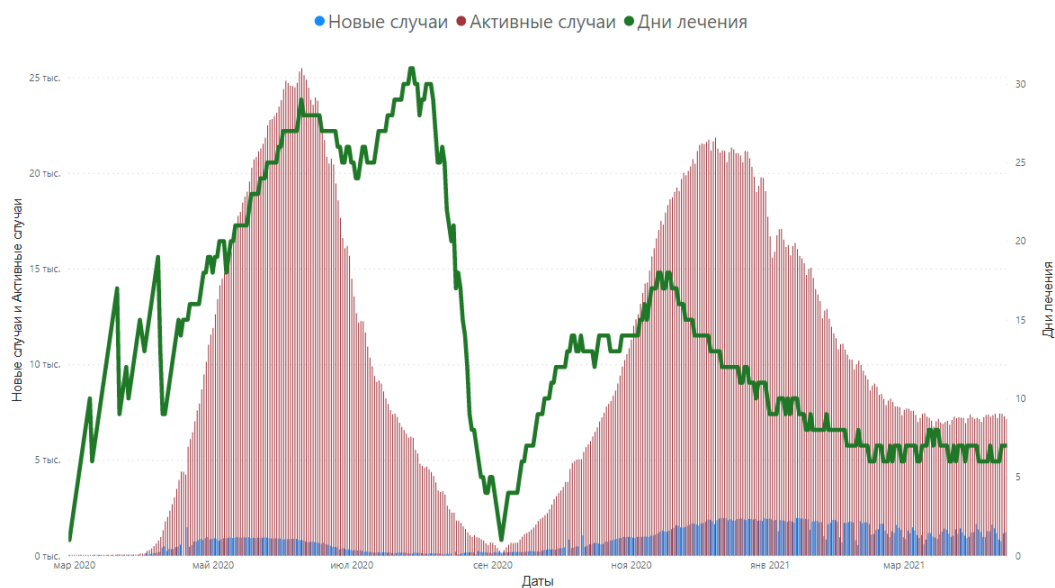


*Рис. 1 Число новых и активных случаев заболевания COVID 19 по Беларуси*

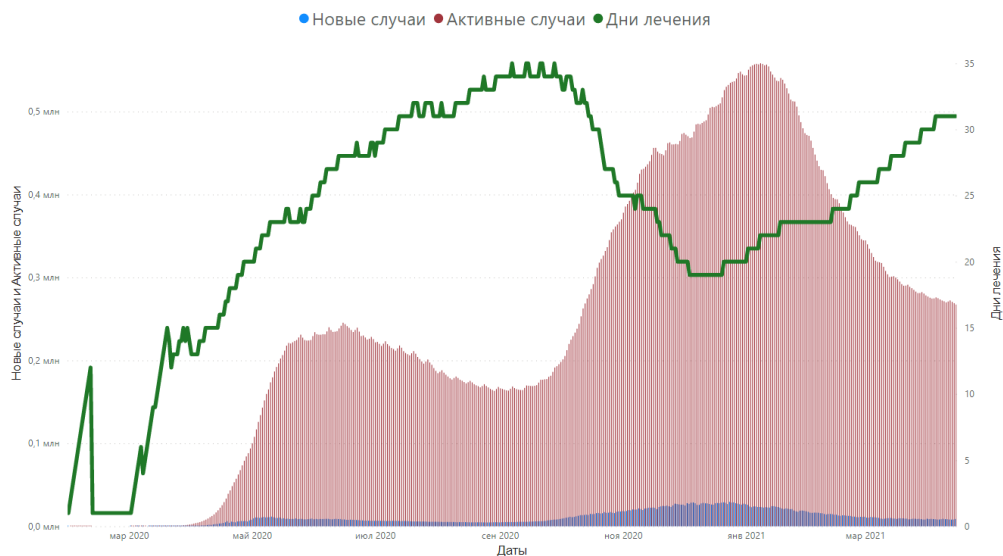


*Рис. 2 Число новых и активных случаев заболевания COVID 19 по России*

На рисунках 3, 4 дни лечения – это наименьшее количество дней, предшествующих рассматриваемому дню, сумма всех новых случаев за которые больше или равна числу активных случаев на рассматриваемую дату.



*Рис. 3 Число новых и активных случаев заболевания COVID 19 и средней продолжительности лечения по Беларуси*



*Рис. 3 Число новых и активных случаев заболевания COVID 19 и средней продолжительности лечения по России*

В данной работе была показана эффективность использования различных средств визуализации для анализа и отображения информации на примере данных о Covid-19. Последний год пандемия волнует весь мир, она нанесла огромный ущерб всему миру и привела к серьезным глобальным социальным и экономическим проблемам, а также к проблемам в образовании.

### Литература

1. Get started with Power BI Desktop [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/fundamentals/desktop-getting-started>
2. CSSEGISandData Covid-19 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19/tree/master/csse\\_covid\\_19\\_data/csse\\_covid\\_19\\_daily\\_reports](https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19/tree/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_daily_reports)

# ПРИМЕНЕНИЕ DATA-ORIENTED ПОДХОДА В СОЗДАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР В СРЕДЕ UNITY

Першев А. П.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: alexeypershev@gmail.com

## Data-oriented design и шаблон Entity Component System

Data-oriented подход - подход проектирования программного обеспечения при котором основной акцент делается на организации и размещении данных. В отличие от объектно-ориентированного подхода, где объекты описываются в соответствии с необходимой функциональностью, а данные содержащиеся в объектах, необходимы в основном для ее исполнения, в data-oriented подходе, напротив, программные сущности определяются именно как наборы данных.

Применимость данного подхода в создании компьютерных игр становится очевидной, если попытаться дать общее описание игрового процесса. Действительно, игровой процесс в любой видеоигре, даже самой примитивной, можно описать следующим образом: игроку предоставляются некоторые данные которые специальным образом обрабатываются в ответ на действия игрока, и затем ему возвращается полученный результат в виде преобразованных данных.

Рассмотрим паттерн проектирования который реализует концепции Data-oriented подхода. Entity Component System (ECS) – паттерн проектирования используя который вся логика программы определяется с помощью Сущностей (Entity), Компонент (Component) и Систем (System). Сущности, в данном контексте, это объекты игровой сцены и по своей сути являются не более чем контейнерами для компонент. Компонент представляет собой обособленную часть данных, которая, при добавлении к сущности, наделяет ее свойствами определяемыми данными этого компонента, и, таким образом, позволяет идентифицировать сущность в соответствии с этим компонентом. Системы занимаются преобразованием данных содержащихся в компонентах, а также способны добавлять или удалять компоненты сущностей.

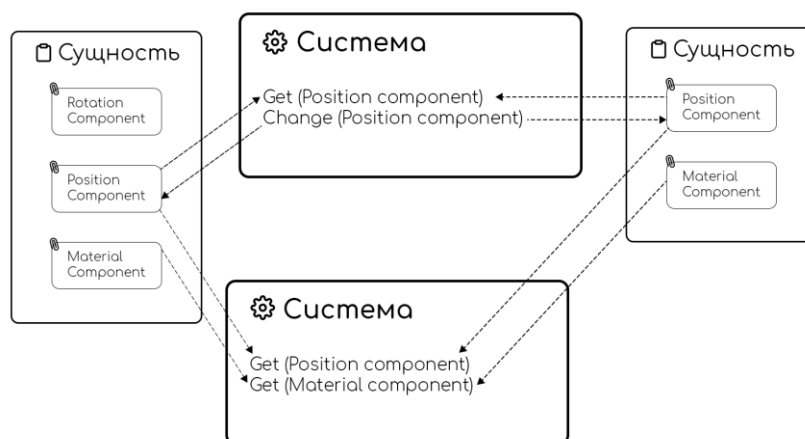


Рис. 1. ECS

Главная особенность этого паттерна – это отделение данных от методов работы с ними. Сущности и компоненты никак не связаны с обработкой относящихся к ним данных, всем этим занимаются системы. Каждый кадр, система ищет все сущности обладающие конкретным набором компонент необходимым ей для обработки и затем, для каждой найденной сущности выполняет заданное преобразование данных в компонентах, на основании которых проводился поиск. Системы напрямую друг с другом не взаимодействуют. Они общаются посредством изменения данных в компонентах запрашиваемых обеими системами при поиске сущностей. Добавляя компоненты сущностям, они становятся доступны для поиска другим системам, которые при поиске запрашивают такой набор компонент. Аналогично после удаления определенных компонент, системы, которым для преобразования данных необходимы эти компоненты, не добавляют в результат поиска сущности без них.

### **Unity Data-Oriented Technology Stack**

Unity Data-Oriented Technology Stack (DOTS) – набор технологий предоставляемых Unity для написания кода используя все преимущества Data-oriented подхода. Этот набор включает в себя встроенные в среду инструменты для реализации паттерна ECS, систему так называемых Jobs добавляющих поддержку многопоточности, а также специальный компилятор .NET байт-кода.

Использование ECS в Unity коренным образом меняет организацию данных в памяти. Как упоминалось ранее, в ECS системы обрабатывают сущности на основе набора относящихся к ним компонент, таким образом любая сущность идентифицируется этим набором. Компоненты в Unity ECS являются .NET структурами, которые при создании хранятся в быстродействующей памяти – стеке. В Unity уникальный набор компонент называется Архетипом (Entity Archetype).

Архетип сущности определяет, где ECS хранит компоненты этой сущности. ECS выделяет память в виде чанков (Memory Chunk). Чанк всегда содержит сущности одного архетипа. Когда часть памяти заполняется, ECS выделяет новую часть памяти для любых новых сущностей, созданных с тем же архетипом. При добавлении или удалении компонент, что соответственно изменяет архетип сущности, ECS перемещает компоненты этой сущности в другой чанк, соответствующий новому архетипу. Это также означает, что для поиска всех сущностей с заданным набором компонент требуется только поиск по существующим архетипам, которых, как правило, значительно меньше чем сущностей.

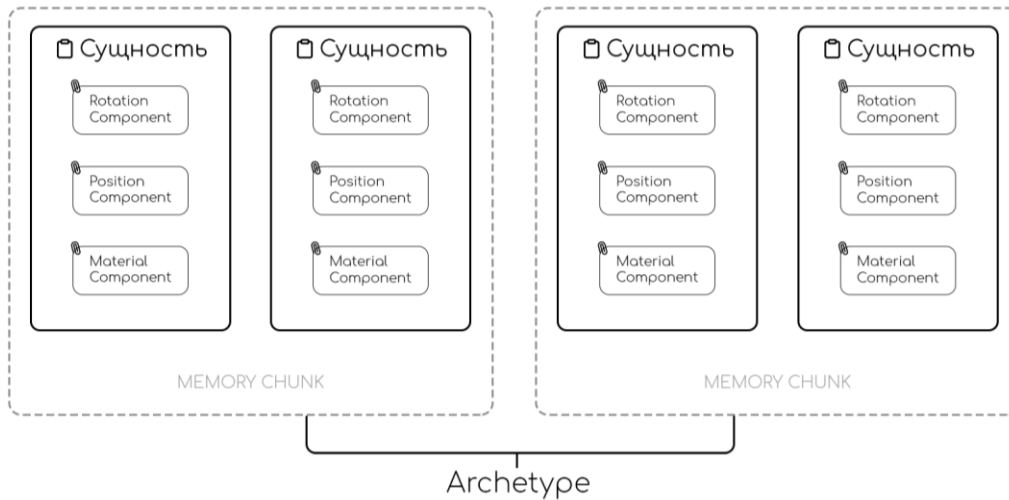


Рис. 2. Memory Chunks

Поиск сущностей системами происходит с помощью запросов (EntityQuery).

Такие запросы имеют очень гибкие настройки. Из основных можно отметить, что помимо простого поиска по сущностям с набором компонент, запросы позволяют исключать сущности с определёнными компонентами, а также искать сущности содержащие хотя бы один компонент из заданного набора.

Системные обновления происходят в основном потоке. Однако системы могут использовать задания (Jobs) для разгрузки работы другим потокам. Для разного рода организации многопоточности, имеются несколько типов заданий. Как упоминалось ранее, многопоточность очень удобно использовать при обработки сущностей системой.

Burst Compiler – специальный компилятор байт-кода .NET в высокопроизводительный машинный код.

Этот компилятор разработан в первую очередь для эффективной работы заданий. Для его использования необходимо в коде отметить те участки, которые должны быть им скомпилированы.

Таким образом используя Unity DOTS мы мало того, что получаем хорошо организованный, слабосвязанный код который хорошо пригоден для повторного использования, но также и очень существенный прирост производительности по умолчанию.

В завершение хотелось бы продемонстрировать сравнение производительности двух подходов на примере двух одинаковых небольших проектов, один из которых использует DOTS.

В проектах реализовано одновременное вращение множества 3D объектов в форме куба. Измерения проводились с помощью встроенных средств Unity.

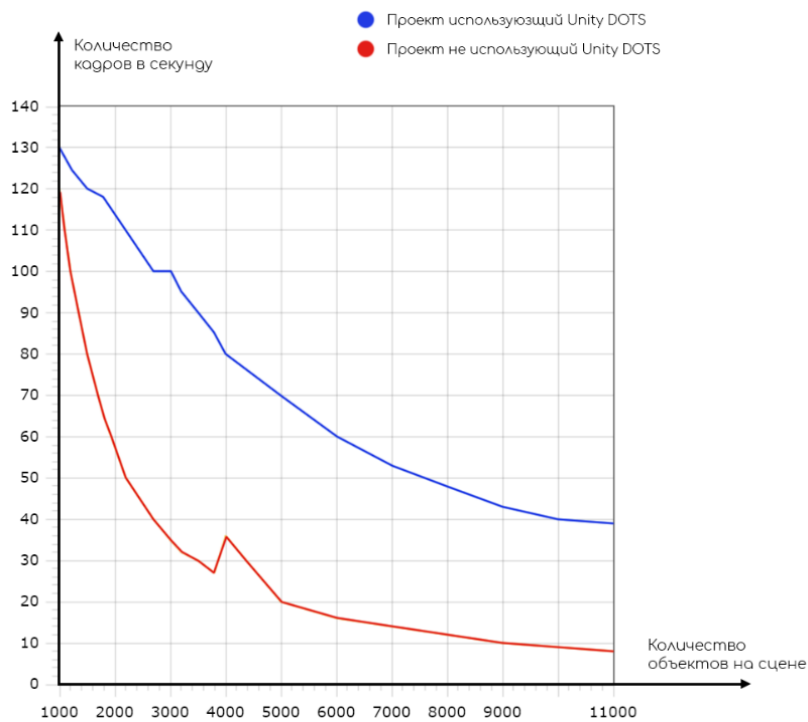


Рис. 3. Графики зависимости количества кадров в секунду от количества объектов на сцене

#### Литература

1. Unity DOTS & ECS: материалы Unite copenhagen 2019, г. Копенгаген, 24–26 сентября 2019 г.
2. [Электронный ресурс] <https://docs.unity3d.com> – Дата доступа: 05.04.2021.
3. [Электронный ресурс] <https://www.gamasutra.com> – Дата доступа: 08.04.2021.



## **РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ НА ANDROID: «ТРЕКЕР ДЛЯ ПРОБЕЖЕК»**

**Рапинчук Е. Н.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: lisa.rapinchuk@gmail.com*

Сегодняшний день является временем научно-технического прогресса, очень сложно представить себе жизнь и быт современного общества без использования мобильных устройств. Ускоряется ритм жизни, вместо с ней ускоряется процесс создания обществом технических новинок для своего удобства.

Очевидно, что мобильный телефон уже давно перестал быть просто средством общения. Обыкновенный разговор по телефону постепенно становится второстепенной функцией, пропадая в огромном наборе функций, реализуемых мобильным телефоном. Слушать музыку, фотографировать, играть... Этот список можно продолжать бесконечно. Таким образом, мобильный телефон стал многофункциональным устройством, позволяющим человеку пользоваться практически всеми современными технологиями.

Android – мировой лидер в области мобильных операционных систем. Стремительный рост продаж устройств на операционной системе Android открывает перед разработчиками выдающиеся возможности. На платформе Android сейчас работают телефоны, планшеты, телевизоры, электронные книги, роботы, спутники NASA и прочие бытовые устройства, которые найдутся в доме у каждого.

Основываясь на популярности мобильных телефонов на операционной системе Android, можно сделать вывод об актуальности разработки приложений для таких устройств. В данной работе будет рассмотрена разработка трекера для пробежек, который позволит отследить свой маршрут, среднюю скорость, дистанцию, сожженные калории за пробежку, сравнить данные по всем пробежкам и посмотреть общую статистику.

Технический стек приложения включает в себя: язык программирования Kotlin, поскольку именно он является официальным языком для Android-разработки, архитектуру MVVM, Navigation Components для навигации по экранам приложения, Dagger Hilt для реализации внедрения зависимостей, Kotlin Coroutines для выполнения асинхронных задач, Google Maps SDK для отображения карты и маршрута пробежек на ней, LiveData, Room для работы с базой данных, в которой хранятся данные о пробежках.

# ИГРОВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ДОМИНО»

Рубин А. Ю.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: mmf.rubin@bsu.by*

Целью данной работы является написание игровой программы «Домино», посредством создания графического интерфейса и реализации соответствующей программной логики используя язык программирования Free Pascal, получить и закрепить практические навыки работы с ним.

Одним из эффективных средств развития интереса к учебному предмету является использование на занятиях интерактивных игр и занимательного материала, что способствует созданию у обучающихся эмоционального настроя, вызывает положительное отношение к выполняемой работе, улучшает общую работоспособность, дает возможность повторить один и тот же материал разными способами. Актуальность данной работы заключается в том, что на примере игровой программы можно рассмотреть конкретный метод ее написания.

Реализация метода включает в себя использование следующих инструментов:

- графический модуль;
- модуль поддержки взаимодействия с мышью;
- различные структуры данных, такие как: двусвязные списки и очереди;
- перегрузку операторов и методов;
- использование средств ООП.

Данные инструменты и способы их применения могут рассматриваться в качестве примера в процессе обучения, как в школах, в рамках факультативных занятий, так и в учреждениях высшего образования для студентов, изучающих программирование.

## **Правила игры «Домино»**

Цель игры: набрать как можно меньше очков. Сторона, набравшая больше 100 (300, 500) очков, проигрывает.

В начале каждой сдачи костей домино игроки получают по семь костей. Происходит розыгрыш, заключающийся в поочередном выкладывании костей. Сдача заканчивается, когда у одного из игроков на руках не останется ни одной кости, или после "рыбы" (невозможность продолжения игры, так как нет костей для хода).

Первый ход в партии выполняет игрок, у которого есть кость 1:1. Первый ход в сдаче выполняет партнер выигравшего в предыдущей сдаче, или же поставивший "рыбу". Ход делается в любой дубль (однако ход в 0:0 или 6:6 необязателен – см. "Подсчет очков"), при отсутствии дубля – в любой другой кость.

Переход хода идет по часовой стрелке. Ходом считается помещение кости на игровом поле рядом с ранее установленным, имеющим "свободное" поле, численно равное одному из полей кости хода. При отсутствии нужной (возможной) кости, игрок "стучит" – пропускает ход. "Рыбой" называется ситуация, при которой ни у одного игрока не находится ни одной кости для хода при наличии костей у всех игроков.

При наличии на одной руке 5 дублей (или более) происходит пересдача. По окончании сдачи происходит подсчет очков. Очки – сумма значений полей костей, оставшихся к моменту окончания раунда, составляет набранные очки в данном раунде.

При разработке игровой программы игровые возможности были изменены: ход выполняется линейно (без ветвлений).

### Краткое описание работы

Графический интерфейс (рис. 1) включает в себя следующие компоненты:

- кнопка «выход»;
- кнопка «базар»;
- кнопка «раунд»;
- кнопка «показать руку»;
- рука активного игрока;
- игровая область («стол»).



Рис 1. Графический интерфейс

Кнопка «выход» позволяет закрыть приложение. Кнопка «базар» дает возможность добрать кость в руку в случае, когда подходящей кости для совершения хода нет. Кнопка «показать руку» показывает кости руки активного игрока. По умолчанию кости рисуются закрашенными черными прямоугольниками (рис. 1).

При наведении курсора на кость, находящуюся в руке, происходит анимация «выдвижения», тем самым визуалью выделяя ее среди других (рис. 2), делая ее активной.



Рис 2. Активная кость

При нажатии левой кнопки мыши по активной кости выполняется попытка установки ее на «стол». Если выбранная кость подходит по значению, она будет успешно установлена, в противном случае действие не будет выполнено. Если очередным ходом будет достигнут край «стола», следующая кость будет автоматически повернута (рис. 3). Ход активного игрока заканчивается нажатием кнопки «Round». При возникновении ситуации, когда у активного игрока отсутствуют подходящие кости для хода как на базаре, так и в руке, необходимо передать ход следующему игроку посредством нажатия кнопки «Round».

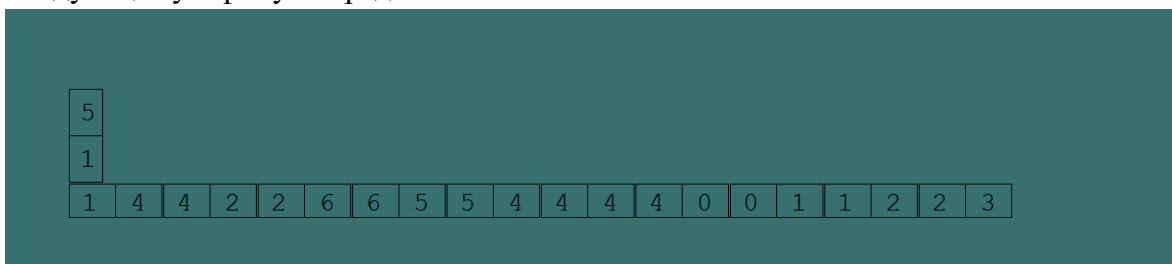


Рис 3. Поворот кости

В начале игры происходит поиск наибольшей кости в руках игроков. Владелец наибольшей кости получает возможность ходить первым. Первый ход осуществляется

автоматически (рис. 4); на стол выставляется наибольшая по значению кость, найденная предыдущим поиском, и ход предоставляется второму игроку.



Рис 4. Первый ход

При попадании в ситуацию «рыба», происходит подсчет очков обоих игроков и совершается вывод соответствующего результата (рис. 5).

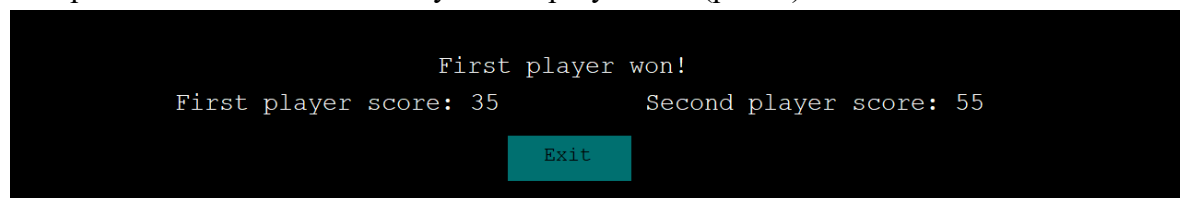


Рис 5. Ситуация «рыба»

#### Литература

1. Расолько, Г. А. Теория и практика программирования на Pascal / Г. А. Расолько, Ю.А. Кремень. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 426 с.
2. Расолько, Г.А. Методы праграмавання. Алгарытмы апрацоўкі даных / Г.А. Расолько, Ю.А. Крэмень. Вучэб.-метад. дапаможнік. – Минск: БДУ, 2008. – 296 с.
3. Расолько, Г. А. Методы программирования. Free Pascal: Работа с внешними устройствами: учебные материалы для студентов мех.-мат. фак. спец. 1-31 03 01-02 «Математика (научно-педагогическая деятельность)»/ Г. А. Расолько, Е. В. Кремень, Ю. А. Кремень. – Минск: БГУ, 2014. – 78 с.  
<http://elib.bsu.by/handle/123456789/94228>
4. Кетков, Ю.А. Практика программирования / Ю.А. Кетков, А.В. Кетков. – Петербург: СПб: БХБ, 2002. – 110 с.
5. Рудаков, П. И. Основы языка Turbo Pascal(учебный курс)/ П. И. Рудаков, М. А. Федотов. – Москва: Радио и Связь, 2000. – 210 с.
6. Милов, А. В. Основы программирования в задачах и примерах / А. В. Милов. – Харьков: ФОЛИО, 2002. – 325 с.
7. Симонович, С.Е. Программирование / С.Е. Симонович, Г.Д. Евсеев. – Москва: АСТ – ПРЕСС, 2000. – 210 с.

# ОБНАРУЖЕНИЕ ВРЕДНОСНЫХ JPEG-ФАЙЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Сафиуллин Т. Т.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: tuleubay.safiullin@mail.ru*

В эпоху развития информационных технологий, интернета, создания множества приложений широко используются файлы формата JPEG. Данный вид графических файлов не стал исключением для внедрения вредоносного вложения. В связи с этим актуальной задачей является обнаружение вредоносных JPEG-файлов.

Изображение JPEG – это двоичный файл, состоящий из последовательности сегментов, каждый из которых начинается с маркера [1]. Маркеры указывают, где именно в файле хранится определённая информация. Чаще всего маркеры размещаются в соответствии со значением длины конкретного сегмента. Самый первый важный маркер – 0xFFD8, который определяет начало изображения. Не менее важен и маркер 0xFFD9, который определяет конец файла. После каждого маркера, за исключением диапазона 0xFFD0–0xFFD9 и 0xFF01, сразу идёт значение длины сегмента этого маркера. Маркеры начала и конца файла всегда длиной два байта каждый. Внедрение вредоносного вложения в маркер увеличивает его размер и, следовательно, размер файла.

Изображения JPEG в основном используют два класса сегментов: сегменты маркера и сегменты с энтропийным кодированием. Маркерные сегменты содержат общую информацию (метаданные), такую как: таблицы (таблицы квантования, таблицы энтропийного кодирования и т. д.) необходимые для интерпретации и декодирования сжатых данных изображения, информация о заголовках. Сегменты с энтропийным кодом содержат энтропийно-закодированные данные.

Как отмечается в [2], 99.21% легитимных JPEG-файлов имеют от 0 до 9 DQT-маркеров (таблиц квантования), в то время как только 13.74% вредоносных изображений имеют такое же количество маркеров, а 38.49% из них имеют свыше DQT-10200 маркеров. Некоторые вредоносные JPEG-файлы содержат данные (обычно код) после маркера конца файла (EOI).

В связи с этим для классификации легитимных и вредоносных файлов использовались следующие признаки: размер файла, максимальный размер маркеров, количество маркеров, количество байтов после конца файла. Для извлечения всех этих признаков была написана программа на языке программирования Python.

Для проведения экспериментов была сформирована обучающая выборка JPEG-файлов, состоящая из 9112 изображений: 9000 (98,7%) легитимных и 112 (1,2%) вредоносных. Таким образом, объёмы классов обучающей выборки были существенно несбалансированными. Легитимные изображения собраны из социальных сетей (Instagram, ВКонтакте и т. д.) и они были проверены с помощью онлайн-антивируса VirusTotal. В качестве вредоносных отбирались JPEG-файлы, которые были отмечены как вредоносные VirusTotal не менее 5 из 69 антивирусных программ.

Для классификации легитимных и вредоносных JPEG-файлов были использованы следующие методы машинного обучения: деревья решений и ансамбли деревьев решений: случайный лес и стохастический градиентный бустинг [3]. Как отмечается в [3],

эти классификаторы являются устойчивыми к несбалансированности объемов классов обучающей выборки.

Для оценки классификаторов проводилась 3-кратная кросс-валидация и использовались следующие метрики [2]: AUC – площадь под ROC-кривой; TPR (True Positive Rate) – доля правильно классифицированных легитимных файлов; TNR (True Negative Rate) – доля правильно классифицированных вредоносных файлов.

Для исследования эффективности классификации легитимных и вредоносных JPEG-файлов с использованием методов машинного обучения проведены три эксперимента.

Первый эксперимент проводился для сравнения точности классификации легитимных и вредоносных файлов с использованием различных наборов признаков. В качестве наборов признаков использовались признаки, описанные выше, а также построенные с использованием методов MinHash и гистограмм [2].

Метод MinHash генерирует сигнатуру размера N для JPEG-файла на основе N простых хэш-функций. В качестве признаков классификации используются хэш-функции [2].

Метод гистограмм создает гистограмму фиксированного размера, построенную в соответствии с содержимым файла и нормированные значения гистограмм можно использовать в качестве функций для алгоритмов машинного обучения.

Наибольшая точность классификации с использованием в качестве признаков хэш-функций была получена при использовании 200 хэш-функций и классификатора случайный лес. В методе гистограмм наибольшая точность достигнута при размере окна 1024 и интервалом 256 и также с использованием случайного леса.

В таблице 1 приведены наибольшие оценки точности классификации с использованием различных методов построения признаков и методов машинного обучения.

*Табл. 1. Наибольшие оценки точности классификации*

Методы извлечения признаков	Классификатор	TPR	FPR	AUC
MinHash	Случайный лес	0.805	0.050	0.893
Гистограмма	Случайный лес	0.805	0.054	0.895
Предложенный метод	Стохастический градиентный бустинг	0.951	0.004	0.997

Отсюда следует что, лучшие по точности результаты получены с использованием предложенного метода построения признаков и стохастического градиентного бустинга.

Второй эксперимент проводился для оценки времени извлечения признаков. Для каждого метода произведены замеры времени, которое необходимо методу для извлечения признаков из одного файла. Все JPEG-файлы были разбиты по размерам на 4 группы. В таблице 2 приведено время извлечения признаков из одного JPEG-файла различными методами построения признаков.

*Табл. 2. Время извлечения из одного JPEG-файла для каждого метода построения признаков в миллисекундах*

Размер файла (кб)	Предложенный метод	Байтовая гистограмма	Символьная гистограмма	Метод MinHash
0 - 100	6	6	6	191
400 - 500	44	44	47	483
900 - 1000	85	93	105	756
9500 - 9600	814	910	1015	4934

Результаты показывают, что MinHash самый медленный метод извлечения признаков. Методы написанной программы работают с такой же скоростью, как байтовая и символьная гистограммы.

В третьем эксперименте проведено были сравнены показатели TPR лучших антивирусных программ с показателем TPR классификатора, который обеспечил лучший показатель AUC в первом эксперименте. Был использован тот же онлайн-антивирус VirusTotal, чтобы получить анализ точности обнаружения вредоносной коллекции JPEG-файлов, которая содержит 112 изображений и их классификацию, основанную на 69 антивирусных программах VirusTotal. Был проанализирован отчет, подготовленный VirusTotal, и вычислены показатели TPR для каждой программы, которые представлены в таблице 3.

Табл. 3. Показатели TPR антивирусных программ ПО

Антивирусные программы	Показатель TPR
Fortinet	0.821
Avira	0.799
Cyren	0.797
NANO – Antivirus	0.791
GData	0.740
Ad – Aware	0.725
Avast	0.719
BitDefender	0.706
Arcabit	0.702
Qihoo – 360	0.698

Наибольшее значение показателя TPR, полученное антивирусом Fortinet, на 15% меньше, чем значение показателя TPR, полученное с использованием стохастического градиентного бустинга и предложенным набором признаков. Необходимо отметить, что среднее значение показателя TPR у 10 лучших антивирусных движков (0.73) меньше по сравнению со средним значение показателя TPR у классификаторов, которые были использованы в первом и втором экспериментах (0.929).

Полученные результаты показывают, что методы машинного обучения могут эффективно обнаруживать вредоносные JPEG-изображения.

#### Литература

1. Understanding the Most Popular Image File Types and Formats [Электронный ресурс]. 2016 – Режим доступа: <https://1stwebdesigner.com/image-file-types>. Дата доступа: 10.12.2020
2. Machine Learning Based Solution for the Detection of Malicious JPEG Images [Электронный ресурс]. 2020. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8967109/metrics#metrics>. Дата доступа: 11.12.2020
3. Harrington, P. Machine Learning in Action / P. Harrington. – New York: Manning, 2012. – 382 с.

# РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РАКА КОЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОСНИМКОВ

**Сурогатов К. О.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: syrogk@gmail.com*

Рак кожи – наиболее распространенное злокачественное новообразование человека, которое, в первую очередь диагностируется визуально, начиная с первоначального клинического обследования и, возможно, с последующим дерматоскопическим анализом, биопсией и гистопатологическим исследованием.

Автоматическая классификация кожных поражений с использованием изображений является сложной задачей из-за крайне высокой вариабельности внешнего вида кожных поражений.

Сверточные нейронные сети (CNN) демонстрируют высокий потенциал для решения общих и сильно изменчивых задач со многими категориями мелких объектов.

В рамках разработки приложения, была реализована классификация кожных новообразований с использованием одной сверточной нейронной сети, обученной на входных данных, представляющих собой только пиксели и метки.

Нейронная сеть была обучена с использованием набора данных из 10015 клинических изображений и предназначена для бинарной классификации новообразований, то есть, определением, является ли объект, изображенный на изображении проявлением рака кожи или нет.

CNN, согласно данным исследователей из Стэнфордского университета [1], способна классифицировать рак кожи с уровнем компетентности, сопоставимым с дерматологами.

С учетом того, что, согласно прогнозам к концу 2021 года в мире будет использоваться более 6,3 миллиардов смартфонов, внедрение обученной нейронной сети в смартфон потенциально может обеспечить повсеместный доступ к жизненно важной диагностической помощи вне дерматологических клиник.

Для создания и обучения модели использовался Tensor Flow как широко распространенное, хорошо документированное решение с открытым исходным кодом, помимо этого, позволяющее реализовать обработку и конвертацию модели для использования на мобильных устройствах.

В качестве архитектуры нейронной сети использована схема Inception v3 [2], как хорошо себя зарекомендовавшее решение, которое, при этом, показывает высокие результаты при переобучении и доработках модели, что в условиях ограниченности вычислительных мощностей и размеченных исходных данных является одним из самых важных факторов в выборе архитектуры.

Следующим шагом, после создания и обучения модели, стала конвертация модели в формат TensorFlow Lite для использования алгоритмов машинного обучения непосредственно на устройстве пользователя, без вспомогательного сервера.

Такая реализация позволяет использовать нейронную сеть без доступа к сети интернет, а значит сильно увеличивает доступность и скорость диагностики по сравнению с существующими решениями.



# РАЗРАБОТКА УЧЕБНОЙ ОНЛАЙН ПЛАТФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕБ-ФРЕЙМВОРКА DJANGO

**Трифонов В. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: vadimvt@mail.ru*

Каждый день на просторах интернета появляется всё больше веб-ресурсов, различных платформ и информационных площадок, в связи с этим знания и умения работать с данными, уметь их обрабатывать, ограничивать доступ и защищать становятся всё актуальнее. Сейчас требования к веб-приложениям достаточно высоки: адаптивность и отзывчивость на разных устройствах, способность приложения работать эффективно и быстро при больших нагрузках, масштабируемость проекта и многое другое.

Сфера образования – одна из тех областей в которой без современных технологий не обойтись: различные обучающие курсы, электронные дневники, онлайн доски для совместной работы – всё это только часть примеров, где необходимы правильно построенные веб-приложения.

Показать принцип разработки обучающей платформы – основная цель моего доклада. Образовательная система, главным образом, нацелена на коммуникацию и эффективную работу преподавателя и ученика, для этого в платформе заложены следующие функциональные особенности: добавление материала пройденного урока, возможность прикреплять домашнее задание, проверки домашнего задания, чат между учеником и учителем для каждого урока, и много другое.

При разработке веб-приложения были использованы следующие технологии: Python 3.8v, веб-фреймворк Django 3.1v, СУБД MySQL. Выбор фреймворка Django связан с его современностью и скоростью, а также большим инструментарием, который встроен в фреймворк изначально, например: миграции баз данных, классовое описание форм для ввода данных в веб-приложении, встроенная административная панель, система ORM (объектно-реляционное отображение). А также при создании проекта на Django нет необходимости реализовывать защиту от таких видов атак как SQL-инъекций (XSS) и подделки межсайтовых запросов (CSRF), механизмы осуществляющие защиту от таких атак встроены в структуру Django.

В докладе изложены следующие аспекты: основной подход к созданию веб-приложения, принцип создания моделей баз данных, работа с ORM фреймворка Django, добавление системы авторизации, реализация разделения доступа (роль ученика, роль преподавателя), создание форм для отправки данных на сервер, описание HTML страниц с использованием шаблонизатора встроенного в Django.

# ПРИЛОЖЕНИЕ МЕНЕДЖМЕНТА РАБОЧЕГО ПЕРСОНАЛА КОМПАНИИ

**Шаталов В. В.**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: vsevolod.shatalov@gmail.com*

Актуальность данного проекта объясняется необходимостью предприятий в комплексной автоматизации процесса управления. Данная необходимость объясняется условиями конкуренции на рынке, стремлением повысить прибыльность и успешность компании. Таким образом, процесс управления предприятием ставит перед руководством одну из основных целей – управление рабочим процессом сотрудников.

В качестве предмета рассматривается автоматизация учета рабочего процесса сотрудников, а также данных о профессиональных возможностях каждого из сотрудников.

Целью приложения является систематизация данных о рабочем процессе сотрудников компании с целью упрощения работы по распределению рабочих часов, задач, отпусков и т. д. Использование данного приложения позволяет работодателю контролировать работоспособность персонала и вести контроль выполнения задач и их частей.

Приложение содержит информацию о количестве рабочих часов сотрудника, его рабочем графике, задач над которыми он работает и т. д.

Данное приложение является веб-приложением и для начала работы нужно просто открыть его в браузере. Начав работу, каждый из сотрудников выбирает задачу, над которой работает или ее часть, после чего программа считает потраченное время. В конце рабочего дня сотрудник останавливает таймер, указывает что было сделано им в течение дня. Приложение подразумевает возможность устанавливать своё фото и указывать контактные данные по желанию сотрудника. Также он имеет возможность указать желаемые даты отпуска, просмотреть профили других сотрудников организации.

Результатом работы приложения является сбор информации о количестве рабочих часов и задачах, над которыми работают сотрудники компании. Информация представляется в наглядной форме в виде таблиц и графиков и позволяет работодателю распределять сотрудников по задачам, уменьшать или увеличивать рабочие часы, распределять премию. Также благодаря возможности видеть даты желаемых отпусков и сферу возможностей сотрудников, работодатель сможет без потерь для компании в короткие сроки принять решение об одобрении или неодобрении указанных отпускных дней. Кроме того, приложение позволяет высчитать коэффициент работоспособности сотрудника с учетом затраченного времени и количества выполненной работы. Что также может учитываться при распределении премий и других поощрений.

Приложение разработано на фреймворке ASP.NET Core 5.0, который является самой актуальной версией. Благодаря этому приложение можно запустить на сервере как под управлением Windows, так и под управлением Linux.

Предлагаемая разработка актуальна и современна. Приложение позволяет систематизировать данные о рабочем процессе сотрудников, позволяет работодателю контролировать работоспособность персонала и вести контроль выполнения задач и их частей. Приложение может найти применение и быть востребованным в производственных, торговых и других организациях, будет представлять определенный практический и научный интерес.

#### **Литература**

1. Документация по ASP.NET | Microsoft Docs [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core>. – Дата доступа: 02.04.2021
2. ASP.NET Core | Полное руководство [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/aspnet5>. – Дата доступа: 04.04.2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Пленарные доклады .....</b>	<b>3</b>
<i>Воробей А. А., Недзьведь А. М.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ СЦЕНЫ ПО ВИДЕОПОТОКУ С ДВИЖУЩЕЙСЯ КАМЕРЫ.....	4
<i>Григянец Р. Б., Науменко Г. Н., Венгеров В. Н.</i> О ТЕХНОЛОГИЯХ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГОСУДАРСТВА И ИТ-СТРАНЫ.....	7
<i>Романчик В. С.</i> ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ И ТРУДОУСТРОЙСТВО В ИТ.....	12
<i>Рудикова Л. В.</i> О МОДЕЛИРОВАНИИ ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	19
<i>Сытова С. Н.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ СИЛЬНОТОЧНЫХ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В НЕОДНОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ.....	24
<i>Шейнов В. П., Девицын А. С.</i> ЛИЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЖЕРТВ ЗАВИСИМОСТИ ОТ СМАРТФОНА .....	31
<b>Секция 1. Разработка и дизайн веб-приложений .....</b>	<b>38</b>
<i>Кулаженко В. Г., Позняк Ю. В., Стукач Д. П.</i> СОЗДАНИЕ ОНЛАЙН СПРАВОЧНИКА НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ БЕЛАРУСИ.....	39
<i>Лукьянович И. Р., Кострица А. А.</i> О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РАЗРАБОТКИ ЦЕЛЕВЫХ СТРАНИЦ.....	41
<i>Лукьянович И. Р., Русак Е. Д.</i> СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ .....	43
<i>Петрушина Е. Е., Позняк Ю. В.</i> РАЗРАБОТКА САЙТА МАГИСТРАТУРЫ БГУ .....	44
<i>Сьянов Д. А., Позняк Ю. В.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ БГУ.....	46
<i>Сурогатова А. А.</i> РАЗРАБОТКА КЛИЕНТСКОЙ ЧАСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	51
<i>Щербакова А. Н., Новосельская О. А., Романенко Д. М.</i> РАЗРАБОТКА БРАУЗЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ДИСКРЕТНЫХ УЗОРОВ.....	53
<b>Секция 2. Интернет вещей и мобильные устройства .....</b>	<b>56</b>
<i>Авсяник Е. С., Деменковец Д. В.</i> ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ МОНИТОРИНГА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ.....	57
<i>Андрушевич А. А., Емельянова О. Ю., Войтешенко И. С.</i> ИМИТАЦИОННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ "УМНОГО" ДОМА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ NODE-RED С YANDEX IOT CORE.....	59

<i>Белоброцкий Д. В.</i> БЕСКОНТАКТНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ.....	62
<i>Дерюшев А. А.</i> МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТА.....	65
<i>Дерюшев А. А.</i> СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ПРАВОВОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	68
<i>Сидоренко А. В., Акула К. А.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ОГИБАНИЕМ ПРЕПЯТСТВИЙ.....	70
<b>Секция 3. Облачные и серверные технологии.....</b>	<b>71</b>
<i>Андрианов К. А., Перез Чернов А. Х.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КРИПТОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ.....	72
<i>Перез Чернов А. Х., Позняк Ю. В., Толсташов А. О.</i> СОЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ. ОБ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ НОВОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ.....	75
<i>Рафеенко Е. Д., Кондратьева О. М., Соболева Т. В.</i> РАЗВЕРТЫВАНИЕ МИКРОСЕРВИСНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ HEROKU.....	77
<i>Сытова С. Н., Дунец А. П., Коваленко А. Н., Черепица С. В.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЕЛАВ ДЛЯ ШИРОКОГО КРУГА ПРИМЕНЕНИЙ.....	79
<b>Секция 4. Анализ данных, численные методы и компьютерное моделирование .....</b>	<b>82</b>
<i>Босьяков С. М., Назаренко Д. В., Рубникович С. П., Мулик П. С.</i> ВЛИЯНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ПРОТЕЗОМ: КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	83
<i>Волков В. М., Мацулевич Е. И.</i> ИТЕРАЦИОННЫЕ СХЕМЫ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В РЕАЛИЗАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА ЧЕБЫШЕВА ДЛЯ ДВУМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА.....	86
<i>Гладких И. Ю., Привалов А. Н.</i> СОРЕВНОВАНИЕ-ЭСТАФЕТА: КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПАРАДИГМЕ.....	89
<i>Голубева Л. Л., Мурашко А. С.</i> АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОДАЖ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	94
<i>Громько Г. Ф., Мацука Н. П., Ильющенко А. Ф., Лешок А. В.</i> НАХОЖДЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДОМ.....	97
<i>Игнатенко М. В., Янович Л. А.</i> О ТОЧНОМ РЕШЕНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА С ВАРИАЦИОННЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ .....	100

<i>Каипов И. К., Чигвинцев К. А.</i> ОБЗОР МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДАЖ В ОБУВНОМ РИТЕЙЛЕ.....	102
<i>Коваленко Н. С., Василевич М. Н., Яшкин В. И.</i> МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ФУРЬЕ ДЕСКРИПТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВЕКТОРИЗАЦИИ.....	105
<i>Лобач В. И.</i> БАЙЕСОВСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ МОНТЕ-КАРЛО.....	108
<i>Люлькин А. Е.</i> ВЕРИФИКАЦИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ С ПОМОЩЬЮ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА.....	111
<i>Мармыш Д. Е.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОВРЕЖДАЕМОЙ ОБЛАСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА .....	112
<i>Нагорный Ю. Е., Политаев Д. Н., Журавков М. А.</i> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ГРАФЕНА И СИЛИЦЕНА В РАМКАХ ОБЩЕГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ.....	113
<i>Паланевич А. С., Жук Е. Е.</i> НЕПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МНОГОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЯДЕРНЫХ ОЦЕНОК ПЛОТНОСТЕЙ С ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ЯДРОМ.....	116
<i>Парамонов А. И., Труханович И. А.</i> МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЦИФРОВОГО ТЕКСТА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЕГО АВТОРА.....	118
<i>Расолько Г. А.</i> О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ СЛАБО СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МНОГОЧЛЕНОВ.....	120
<i>Романова Ю. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА .....	123
<i>Савенко А. Г., Шерстнев А. С.</i> ВЕБ-СИСТЕМА ДЛЯ АДАПТИВНОГО ПОИСКА СОТРУДНИКОВ ИТ-КОМПАНИЙ НА ОСНОВЕ ИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ЛОГИЧЕСКИМ ВЫРАЖЕНИЯМ.....	127
<i>Цурикова Е. А., Сергеев Р. С.</i> АЛГОРИТМ ПОИСКА КОМБИНАЦИЙ МУТАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЛЕКАРСТВЕННО УСТОЙЧИВЫМ ТУБЕРКУЛЕЗОМ.....	130
<i>Шешко С. М.</i> О ЧИСЛЕННОМ РЕШЕНИИ ОДНОГО СЛАБО СИНГУЛЯРНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МНОГОЧЛЕНОВ.....	133
<i>Якименко Т. С.</i> ОБ ЭФФЕКТИВНОМ МЕТОДЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ КРАТНЫЕ ЯДРА КОШИ, С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТЬЮ ИНТЕГРИРОВАНИЯ И ВЕСОМ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА .....	136

**Секция 5. Компьютерное зрение и графика.....137**

*Апенко А. В., Афанасьева В. А., Волков В. М., Гордеева Н. Н., Зархин А. Ю., Манкевич К. Ю., Терехова И. С.* МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ЗДОРОВЫЕ ТКАНИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОРОТКОФОКУСНОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ..... 138

*Жук А. О., Абламейко С. В.* ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУГУМЕНТАЦИЙ ПРИ СЕГМЕНТАЦИИ ЗДАНИЙ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ U-NET..... 140

*Заневская Я. Г.* СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТРЕКИНГА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ ..... 143

*Киселёв В. И., Косик И. И.* СЕГМЕНТАЦИЯ ПАЗУХ НОСА НА НАБОРЕ КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ..... 146

*Косик И. И., Недзьведь А. М.* СЕГМЕНТАЦИЯ СОСУДИСТОЙ СЕТИ НА ВЫСОКОДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ГЛАЗНОГО ДНА ..... 149

*Крицкий А. И.* ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА ..... 152

*Найдович О. А., Недзьведь А. М.* ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТИ DSDNET ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ТЕНЕЙ СО СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ..... 155

*Недзьведь А. А.* ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТОВ АНИМАЦИИ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОСПРИЯТИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ..... 158

*Русакович А. С.* АЛГОРИТМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА..... 161

*Сорокина В. В.* SMART CROPPING: ТЕХНОЛОГИЯ УМНОЙ ОБРЕЗКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ..... 164

*Стрюк П. П., Усатов А. А.* ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ НОРМАЛЕЙ СЦЕНЫ ПОСРЕДСТВОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КАРТЫ ГЛУБИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ..... 167

*Усатов А. А., Недзьведь А. М.* ОПРЕДЕЛЕНИЕ БОЛЬНЫХ COVID-19 ПО МЕДИЦИНСКИМ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ..... 170

*Шолтанюк С. В.* ТЕКСТУРНЫЕ МЕТОДЫ ПОДСЧЁТА КОЛИЧЕСТВА ЛЮДЕЙ В ПЛОТНОЙ ТОЛПЕ..... 173

**Секция 6. Цифровые коммуникации и общество .....177**

*Сарна А. Я.* ЦИФРОВАЯ КОММУНИКАЦИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИАСФЕРЕ ..... 178

**Секция 7. Экономика, маркетинг и финансовые технологии .....179**

*Архипова Л. И.* ЮНИТ-ЭКОНОМИКА КАК ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗНОЙ АНАЛИТИКИ В МАРКЕТИНГЕ ..... 180

*Бичель И. С.* БАНКИНГ ДЛЯ МАЛОГО БИЗНЕСА: БИЗНЕС В ПОСТКОВИДНЫЙ ПЕРИОД..... 183

*Елецких Т. В.* МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА ПОДДЕРЖКИ СОЦИАЛЬНО ОТВЕТСТВЕННОГО БИЗНЕСА И ПАРТНЕРСТВА С НИМ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ОПЫТ ЧЕХИИ ..... 186

*Канаиш А. В.* НОВЫЕ ПОДХОДЫ В МАРКЕТИНГЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ..... 190

*Кваша Д. Ю., Никитенко П. Г.* ОЦЕНКА РЫНКА КРИПТОВАЛЮТ В СИТУАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ..... 194

*Кремень Е. В., Кремень Ю. А.* ТВОРЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ КРЕАТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ МАГИСТРАНТОВ ..... 197

*Медведева Л. Ф.* ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАНСФОРМАЦИИ МАРКЕТИНГА..... 200

*Шавров С. А.* ЭКОСИСТЕМА ТИПОВЫХ ВЕБ-ПЛАТФОРМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ И НЕДВИЖИМОСТЬЮ..... 203

*Шкор О. Н.* ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙНА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ КОММУНИКАЦИИ..... 207

**Секция 8. Открытые данные и репозитории открытого доступа .....209**

*Атьман В. В., Ковалевич И. А.* СОЗДАНИЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ ..... 210

*Атьман В. В., Ковалевич И. А., Рудикова Л. В.* ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДОВ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАЗВИТИИ..211

*Бальцевич П. Г., Шевелева О. А., Карпович В. А.* РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ДАННЫХ В АЛЬГОФЛОРИСТИКЕ..... 213

*Григянец Р. Б., Молчан Ж. М., Венгеров В. Н., Успенский А. Ал.* ВЕБ-РЕСУРС ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ В НАН БЕЛАРУСИ..... 215

*Игнатенко Н. И., Рудикова Л. В.* ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ..... 216

*Кисель М. В., Рудикова Л. В.* О РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА ДЛЯ БРОНИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛУГ В БЕЛАРУСИ..... 217

*Кита М. А., Рудикова Л. В.* ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПРОСОВ С ПОМОЩЬЮ ЛТ-КОМПИЛЯЦИИ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ СУБД SLICKHOUSE..... 218



<i>Неживинская А. Ю., Рудикова Л. В.</i> О РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	219
<i>Рудикова Л. В., Баганец Н. А.</i> ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ПО ЛЕСНЫМ МАССИВАМ.....	220
<i>Рудикова Л. В., Друтько Д. С.</i> О РАЗРАБОТКЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	221
<i>Рудикова Л. В., Ермак И. В.</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ И АНАЛИЗА ГОЛОСОВАНИЙ.....	222
<i>Рудикова Л. В., Жвалецкий А. И.</i> ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ МИКРОСЕРВИСНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ДАННЫМИ О ГОРОДСКИХ МЕРОПРИЯТИЯХ ....	223
<i>Рудикова Л. В., Корончик В. Ю.</i> О РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОИСКА И ПРОДАЖИ НЕДВИЖИМОСТИ.....	224
<i>Рудикова Л. В., Кот В. В.</i> ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	225
<i>Рудикова Л. В., Лагута Д. В., Постник Д. А.</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСА «ЗНАМЕНИТЫЕ ДЕЯТЕЛИ БЕЛАРУСИ».....	226
<i>Юрчевский Р. К.</i> ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОДАЖИ НЕДВИЖИМОСТИ .....	227
<b>Секция 9. Информационные технологии в образовании .....</b>	<b>228</b>
<i>Аленский Н. А.</i> КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ.....	229
<i>Атдаева О. Г.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВУЗОВСКУЮ НАУКУ.....	230
<i>Бадак Б. А., Долгополова О. Б.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ НА ОСНОВЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОГО СТОРИТЕЛЛИНГА ИЗ ОПЫТА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ.....	233
<i>Барвенов С. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ MOODLE И ПАКЕТА DISCORD ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА МЕХМАТЕ БГУ .....	236
<i>Булавская К. Д., Фролова Н. В., Позняк Ю. В.</i> СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО КОНТЕНТА ДЛЯ СЕТЕВОГО КУРСА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ В LMS MOODLE.....	239

<i>Велько О. А., Кепчик Н. В.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТАМ СОЦИОЛОГАМ.....	240
<i>Вельченко С. А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ И КОМПЕТЕНЦИЙ РАЗРАБОТКИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ КАК ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	241
<i>Войтешенко И. С.</i> ПРОЕКТНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ.....	244
<i>Ворожбыт А. В.</i> НАЦИОНАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО И СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБЩЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ.....	246
<i>Галкин И. М.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ MOODLE ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ ПРОГРАММИРОВАНИЮ.....	248
<i>Громко Н. И., Шешко С. М.</i> О ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ ПО КУРСУ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ.....	249
<i>Капусто А. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ ИГР И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ» СТУДЕНТАМИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ....	252
<i>Концевая Г. М.</i> ГРАФЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ СЕРВИСА «GLYPHR STUDIO».....	255
<i>Концевой М. П.</i> СЕРВИС СЕМАНТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ RUSVESTORĒS В СОВРЕМЕННОМ МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ.....	256
<i>Кравчук А. И., Кравчук А. С.</i> ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	257
<i>Кремень Е. В., Кремень Ю. А., Расолько Г. А.</i> MATHCAD В КУРСЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ.....	260
<i>Кремень Ю. А., Кремень Е. В.</i> ОБ ОПЫТЕ ПРОВЕДЕНИЯ КУРСА «ЯЗЫК ЗАПРОСОВ T-SQL» В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЕКТЕ БГУ «ЗИМНИЙ УНИВЕРСИТЕТ – 2021».....	264
<i>Кремень Ю. А., Кремень Е. В., Расолько Г. А.</i> ЭЛЕКТРОННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	267
<i>Лысак В. В., Расолько Г. А.</i> ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ONLINE ОБУЧЕНИЯ ПО НЕКОТОРЫМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ КУРСАМ.....	270
<i>Паньшин Б. Н.</i> ОБ АКТУАЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТСКОГО УЧЕБНОГО КУРСА ПО ЦИФРОВОЙ КУЛЬТУРЕ.....	273
<i>Позняк Ю. В., Азаров А. И., Саванович Е. Б.</i> РЕДИЗАЙН ДИСТАНЦИОННЫХ КУРСОВ ПОДГОТОВКИ К ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМУ ТЕСТИРОВАНИЮ.....	276

<i>Позняк Ю. В., Амелькин В. В.</i> РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО КУРСА ПО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЯМ.....	277
<i>Позняк Ю. В., Загорцев И. В.</i> РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 10 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ.....	278
<i>Позняк Ю. В., Задора В. С.</i> РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 7 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ.....	280
<i>Позняк Ю. В., Проккопенко Д. В.</i> ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАОЧНОЙ ШКОЛЕ ЮНОГО МАТЕМАТИКА .....	283
<i>Позняк Ю. В., Рабцевич Т. И., Ламан А. И.</i> ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО ОБУЧЕНИЯ В 5 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ.....	285
<i>Позняк Ю. В., Толочко М. Э.</i> ОПЫТ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО КОНСПЕКТА ЛЕКЦИЙ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ.....	287
<i>Позняк Ю. В., Тюрин Е. В.</i> РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АКТИВНОСТИ «УРОК» ПО ГЕОМЕТРИИ В 8 КЛАССЕ ДИСТАНЦИОННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ.....	288
<i>Потапенко Н. И.</i> ТЕНДЕНЦИИ В ВЕБ-ДИЗАЙНЕ ИЛИ ЧЕМУ УЧИТЬ ВЕБ-ДИЗАЙНЕРА В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ.....	290
<i>Прокашева В. А., Лысак В. В.</i> ОБ ОПЫТЕ ОБУЧЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИЙ В БГУ.....	293
<i>Прокашева В. А., Телюк Н. А.</i> ПОРТФЕЛЬ ОДНОГО УРАВНЕНИЯ И ВЕБ.....	296
<i>Расолько Г. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКМ МАТНСАД В КУРСЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ.....	299
<i>Расолько Г. А., Кремень Ю. А., Кремень Е. В.</i> МАТНСАД В ПРАКТИКУМЕ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ.....	302
<i>Сандаков Д. Б.</i> СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОНЛАЙН ИВЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДЫ) .....	305
<i>Ситникова Л. Д., Яковлева Н. А.</i> ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ .....	308
<i>Усенко В. А.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ИНФОРМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	311
<i>Шандора Н. И., Русакович И. С.</i> ERP-СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ ДОЛГОСРОЧНЫХ ЦЕЛЕЙ УНИВЕРСИТЕТА.....	314
<b>Секция 10. Безопасность и защита информации .....</b>	<b>317</b>
<i>Абламейко М. С.</i> ЗАЩИТА ВИЗУАЛЬНЫХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ: ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ .....	318

<i>Егорова М. В.</i> ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСКОВОГО ШИФРОВАНИЯ.....	322
<i>Ерофеев В. Т.</i> ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОМПОЗИТНЫМИ ЭКРАНАМИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АТОМАРНЫХ ФУНКЦИЙ.....	325
<i>Иванов Д. В.</i> АППАРАТНЫЙ КЛЮЧ КАК СРЕДСТВО АУТЕНТИФИКАЦИИ В ВЕБ-СРЕДЕ .....	326
<i>Казанцев П. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТЕГАНОГРАФИИ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АВТОРСКОГО ПРАВА.....	329
<i>Казловский М. А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ГОЛОСОВАНИЯ.....	332
<i>Капусто Р. А., Палуха В. Ю.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭНТРОПИИ К АНАЛИЗУ ПАКЕТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.....	335
<i>Круглик К. С.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	338
<i>Харин Ю. С.</i> СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В КРИПТОЛОГИИ.....	341
<b>Секция 11. Интернет - проекты студентов, магистрантов и аспирантов .....</b>	<b>342</b>
<i>Бернацкая Я. И.</i> ФИЛЬТРАЦИЯ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСЛОВНО-ГАУССОВСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	343
<i>Гаркуша Л. В., Барвенов С. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ ВО ВРЕМЯ ПАНДЕМИИ COVID-19.....	346
<i>Гончаров А. В.</i> РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ JAVA, REACT JS.....	349
<i>Дрозд В. К.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ IT В ОБУЧЕНИИ ШКОЛЬНОЙ МАТЕМАТИКЕ.....	350
<i>Захаренко А. Д.</i> ПАРСИНГ САЙТОВ НА PYTHON.....	351
<i>Зданевич О. В.</i> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ-МЕССЕНДЖЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ.....	353
<i>Зинченко Д. Н.</i> РАЗРАБОТКА CRM-СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ NODE.JS.....	356
<i>Карпиеня М. В.</i> КЛЮЧЕВЫЕ УЯЗВИМОСТИ В БЕЗОПАСНОСТИ ВЕБ- ПРИЛОЖЕНИЙ В 2020 ГОДУ.....	357
<i>Кохнович Р. О.</i> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ MONEY MANAGER НА JAVA .....	360
<i>Кураленко И. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ XAMARIN И МОБИЛЬНЫХ СЛУЖБ AZURE ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	361

<i>Лебеденко В. И., Вельченко С. А.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОТИРОВОК НА ФИНАНСОВОЙ БИРЖЕ.....	362
<i>Маклаков А. В.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ФИТНЕСА.....	364
<i>Мальчикова К. П.</i> СОЗДАНИЕ И ПРОДВИЖЕНИЕ ОНЛАЙН-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА РЕПЕТИТОРА РУССКОГО ЯЗЫКА.....	365
<i>Москалик А. И.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ВРЕМЕНИ .....	367
<i>Нитиевский Д. И.</i> О РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ПК-КОНФИГУРАТОР.....	368
<i>Ошмян А. В.</i> АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ О COVID-19 В POWER BI.....	370
<i>Першев А. П.</i> ПРИМЕНЕНИЕ DATA-ORIENTED ПОДХОДА В СОЗДАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР В СРЕДЕ UNITY .....	373
<i>Рапинчук Е. Н.</i> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ НА ANDROID: «ТРЕКЕР ДЛЯ ПРОБЕЖЕК».....	377
<i>Рубин А. Ю.</i> ИГРОВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ДОМИНО».....	378
<i>Сафиуллин Т. Т.</i> ОБНАРУЖЕНИЕ ВРЕДНОСНЫХ JPEG-ФАЙЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	381
<i>Сурогатов К. О.</i> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РАКА КОЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОСНИМКОВ .....	384
<i>Трифонов В. В.</i> РАЗРАБОТКА УЧЕБНОЙ ОНЛАЙН ПЛАТФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕБ-ФРЕЙМВОРКА DJANGO.....	385
<i>Шаталов В. В.</i> ПРИЛОЖЕНИЕ МЕНЕДЖМЕНТА РАБОЧЕГО ПЕРСОНАЛА КОМПАНИИ.....	386

## Алфавитный указатель авторов

- Абламейко М. С., 318  
Абламейко С. В., 140  
Авсяник Е. С., 57  
Азаров А. И., 276  
Акула К. А., 70  
Аленский Н. А., 229  
Амелькин В. В., 277  
Андрианов К. А., 72  
Андрушевич А. А., 59  
Апенко А. В., 138  
Архипова Л. И., 180  
Атдаева О. Г., 230  
Атьман В. В., 210, 211  
Афанасьева В. А., 138  
Баганец Н. А., 220  
Бадак Б. А., 233  
Бальцевич П. Г., 213  
Барвенов С. А., 236, 346  
Белоброцкий Д. В., 62  
Бернацкая Я. И., 343  
Бичель И. С., 183  
Босяков С. М., 83  
Булавская К. Д., 239  
Василевич М. Н., 105  
Велько О. А., 240  
Вельченко С. А., 241, 362  
Венгеров В. Н., 7, 215  
Войтешенко И. С., 59, 244  
Волков В. М., 86, 138  
Воробей А. А., 4  
Ворожбыт А. В., 246  
Галкин И. М., 248  
Гаркуша Л. В., 346  
Гладких И. Ю., 89  
Голубева Л. Л., 94  
Гончаров А. В., 349  
Гордеева Н. Н., 138  
Григянец Р. Б., 7, 215  
Громко Н. И., 249  
Громыко Г. Ф., 97  
Девицын А. С., 31  
Деменковец Д. В., 57  
Дерюшев А. А., 65, 68  
Долгополова О. Б., 233  
Дрозд В. К., 350  
Друтько Д. С., 221  
Дунец А. П., 79  
Егорова М. В., 322  
Елецких Т. В., 186  
Емельянова О. Ю., 59  
Ермак И. В., 222  
Ерофеенко В. Т., 325  
Жвалевский А. И., 223  
Жук А. О., 140  
Жук Е. Е., 116  
Журавков М. А., 113  
Загорцев И. В., 278  
Задора В. С., 280  
Заневская Я. Г., 143  
Зархин А. Ю., 138  
Захаренко А. Д., 351  
Зданевич О. В., 353  
Зинченко Д. Н., 356  
Иванов Д. В., 326  
Игнатенко М. В., 100  
Игнатенко Н. И., 216  
Ильющенко А. Ф., 97  
Казанцев П. С., 329  
Казловский М. А., 332  
Каипов И. К., 102  
Канаш А. В., 190  
Капусто А. В., 252  
Капусто Р. А., 335  
Карпиеня М. В., 357  
Карпович В. А., 213  
Кваша Д. Ю., 194  
Кепчик Н. В., 240  
Киселёв В. И., 146  
Кисель М. В., 217  
Кита М. А., 218  
Ковалевич И. А., 210, 211  
Коваленко А. Н., 79

Коваленко Н. С., 105  
Кондратьева О. М., 77  
Концевая Г. М., 255  
Концевой М. П., 256  
Корончик В. Ю., 224  
Косик И. И., 146, 149  
Кострица А. А., 41  
Кот В. В., 225  
Кохнович Р. О., 360  
Кравчук А. И., 257  
Кравчук А. С., 257  
Кремень Е. В., 197, 260, 264, 267, 302  
Кремень Ю. А., 197, 260, 264, 267, 302  
Крицкий А. И., 152  
Круглик К. С., 338  
Кулаженко В. Г., 39  
Кураленко И. А., 361  
Лагута Д. В., 226  
Ламан А. И., 285  
Лебеденко В. И., 362  
Лешок А. В., 97  
Лобач В. И., 108  
Лукьянович И. Р., 41, 43  
Лысак В. В., 270, 293  
Люлькин А. Е., 111  
Маклаков А. В., 364  
Мальчикова К. П., 365  
Манкевич К. Ю., 138  
Мармыш Д. Е., 112  
Мацука Н. П., 97  
Мацулевич Е. И., 86  
Медведева Л. Ф., 200  
Молчан Ж. М., 215  
Москалик А. И., 367  
Мулик П. С., 83  
Мурашко А. С., 94  
Нагорный Ю. Е., 113  
Назаренко Д. В., 83  
Найдович О. А., 155  
Науменко Г. Н., 7  
Недзьведь А. А., 158  
Недзьведь А. М., 4, 149, 155, 170  
Неживинская А. Ю., 219  
Никитенко П. Г., 194  
Нитиевский Д. И., 368  
Новосельская О. А., 53  
Ошмян А. В., 370  
Паланевич А. С., 116  
Палуха В. Ю., 335  
Паньшин Б. Н., 273  
Парамонов А. И., 118  
Перез Чернов А. Х., 72, 75  
Першев А. П., 373  
Петрушина Е. Е., 44  
Позняк Ю. В., 39, 44, 46, 75, 239, 276, 277, 278, 280, 283, 285, 287, 288  
Политаев Д. Н., 113  
Постник Д. А., 226  
Потапенко Н. И., 290  
Привалов А. Н., 89  
Прокашева В. А., 293, 296  
Прокопенко Д. В., 283  
Рабцевич Т. И., 285  
Рапинчук Е. Н., 377  
Расолько Г. А., 120, 260, 267, 270, 299, 302  
Рафеенко Е. Д., 77  
Романенко Д. М., 53  
Романова Ю. А., 123  
Романчик В. С., 12  
Рубин А. Ю., 378  
Рубникович С. П., 83  
Рудикова Л. В., 19, 211, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226  
Русак Е. Д., 43  
Русакович А. С., 161  
Русакович И. С., 314  
Саванович Е. Б., 276  
Савенко А. Г., 127  
Сандаков Д. Б., 305  
Сарна А. Я., 178  
Сафиуллин Т. Т., 381  
Сергеев Р. С., 130  
Сидоренко А. В., 70  
Ситникова Л. Д., 308  
Соболева Т. В., 77  
Сорокина В. В., 164  
Стрюк П. П., 167

Стукач Д. П., 39  
Сурогатов К. О., 384  
Сурогатова А. А., 51  
Сытова С. Н., 24, 79  
Сьянов Д. А., 46  
Телюк Н. А., 296  
Терехова И. С., 138  
Толочко М. Э., 287  
Толсташов А. О., 75  
Трифонов В. В., 385  
Труханович И. А., 118  
Тюрин Е. В., 288  
Усатов А. А., 167, 170  
Усенко В. А., 311  
Успенский А. Ал., 215  
Фролова Н. В., 239  
Харин Ю. С., 341  
Цурикова Е. А., 130

Черепица С. В., 79  
Чигвинцев К. А., 102  
Шавров С. А., 203  
Шандора Н. И., 314  
Шаталов В. В., 386  
Шевелева О. А., 213  
Шейнов В. П., 31  
Шерстнев А. С., 127  
Шешко С. М., 133, 249  
Шкор О. Н., 207  
Шолтанюк С. В., 173  
Щербакова А. Н., 53  
Юрчевский Р. К., 227  
Якименко Т. С., 136  
Яковлева Н. А., 308  
Янович Л. А., 100  
Яшкин В. И., 105