

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



**ТРАНСФОРМАЦИЯ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО
И ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ
В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ**

**Материалы международной научно-практической конференции,
посвященной 65-летию механико-математического факультета**

**Республика Беларусь
Минск, 26–27 апреля 2023 г.**

В двух частях

Часть 2

**TRANSFORMATION OF THE MECHANICAL-
MATHEMATICAL AND IT-EDUCATION
IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION**

**Proceedings of the International Scientific and Practical Conference
in the year of the 65th anniversary
of the Mechanics and Mathematics Faculty**

**Republic of Belarus
Minsk, April 26–27, 2023**

In two parts

Part 2

Научное электронное издание

МИНСК, БГУ, 2023

ISBN 978-985-881-490-8 (ч. 2)
ISBN 978-985-881-477-9

© БГУ, 2023

УДК 37:004(06)+51:37.016(06)+53:37.016(06)
ББК 74.025.3я431+22р.я431

Редакционная коллегия:

доктор педагогических наук, профессор *Н. В. Бровка* (гл. ред.);
доктор педагогических наук, профессор *В. В. Казаченок* (зам. гл. ред.);
академик НАН Беларуси, доктор технических наук *С. В. Абламейко*;
доктор педагогических наук, доцент *Л. Л. Босова*;
доктор физико-математических наук, профессор *С. М. Босяков*;
доктор педагогических наук, доцент *Ю. В. Вайнштейн*;
кандидат физико-математических наук, доцент *Л. Л. Голубева*;
доктор физико-математических наук, профессор *М. А. Журавков*;
доктор педагогических наук, доцент *Д. Г. Медведев*;
доктор физико-математических наук, профессор *М. В. Носков*

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор *С. М. Босяков*;
доктор физико-математических наук, профессор *Г. И. Михасев*;
доктор педагогических наук, профессор *В. В. Казаченок*;
доктор педагогических наук, доцент *Д. Г. Медведев*

Трансформация механико-математического и IT-образования в условиях цифровизации = Transformation of the mechanical-mathematical and IT-education in the context of digitalization [Электронный ресурс]: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию мех.-мат. фак., Респ. Беларусь, Минск, 26–27 апр. 2023 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Н. В. Бровка (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2023. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-985-881-490-8.

Во вторую часть электронного издания (первая часть вышла в 2023 г.) включены материалы, в которых рассматриваются методики цифровых технологий, искусственный интеллект, машинное обучение, нейросети в образовательном процессе, а также актуальные вопросы механики, математики, программирования и IT.

Минимальные системные требования:

PC, Pentium 4 или выше; RAM 1 Гб; Windows XP/7/10;
Adobe Acrobat

Оригинал-макет подготовлен в программе Microsoft Word

На русском и английском языках

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Н. В. Бровка*

Подписано к использованию 24.07.2023. Объем 4,95 МБ

Белорусский государственный университет.
Управление редакционно-издательской работы.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.
Телефон: (017) 259-70-70.
email: urir@bsu.by
http://elib.bsu.by

СОДЕРЖАНИЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ	6
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ	7
РАЗДЕЛ IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ. АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ И АСПИРАНТОВ МЕХАНИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИХ И ИТ-СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ.....	8
<i>Абрамович Н. Ю.</i> Интеграция нейронных сетей в процесс обучения магистров UX/UI дизайну	8
<i>Барвенков С. А.</i> Об использовании систем искусственного интеллекта в работе преподавателя вуза	12
<i>Блинов И. Н., Романчик В. С.</i> Компьютерное обучение в условиях цифровизации образования.....	17
<i>Богданова Д. А.</i> Об использовании иммерсивных технологий в образовании	21
<i>Борисова Е. В.</i> Актуализация специальных разделов высшей математики для магистров ИТ-направлений.....	27
<i>Воронов М. В.</i> Методические аспекты обеспечения информационно- математической подготовки.....	32
<i>Девуцын А. С., Барвенков С. А.</i> О необходимости трансформации методик преподавания с учетом новых вызовов порождаемых глобальной цифровизацией	37
<i>Деза Е. И., Стесева О. И.</i> Актуальные направления фундаментальной подготовки обучающихся по программе магистратуры 01.04.01. Математика.....	44
<i>Иванова Н. А., Кубанских О. В.</i> Из опыта внедрения цифровых технологий при реализации образовательных программ	49
<i>Калько А. И., Хадарович О. Д.</i> AR приложение для отображения медиаинформации с позиционированием на таргет-ссылку.....	54
<i>Карпович Н. И.</i> Особенности преподавания математического анализа студентам БГУ специальности «Биоинженерия и биоинформатика»	59
<i>Кондратьева И. П., Евланов М. В.</i> Формирование технико-конструкторских умений обучающихся в процессе освоения физико-математических дисциплин.....	63
<i>Макарова Н. П.</i> О ресурсном обеспечении дистанционной управляемой самостоятельной работы студентов.....	69
<i>Перез Чернов А. Х.</i> Как адаптировать GPT-модели для нужд образования	73
<i>Позняк Ю. В.</i> Заметки преподавателя о деятельности в условиях цифровой трансформации математических образовательных практик.....	78
<i>Прохоров Д. И.</i> Особенности проведения повышения квалификации для учителей по теме «Дидактический дизайн обучения математике на основе веб-ориентированных ресурсов»	81
<i>Романчик В. С.</i> Какое математическое и компьютерное образование необходимы в ИТ	86

<i>Софронова Н. В.</i> Цифровизация процесса воспитания школьников	92
<i>Шпак Д. С., Колоцей М. Я.</i> Из опыта внедрения цифровых технологий при реализации образовательных программ.....	100
<i>Янковская А. В.</i> Формирование профессиональных компетенций при Hyflex обучении программированию в учреждении дополнительного образования детей и молодежи.....	105

РАЗДЕЛ V. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ, МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ 110

<i>Веремейчик А. И., Нерода М. В., Хвисевич В. М., Холодарь Б. Г.</i> Моделирование испытаний образцов с зонами изменённой структуры материала после термообработки.....	110
<i>Герасименко П. В., Вертешев С. М.</i> Анализ уровней тесноты междисциплинарных связей, возникающих при подготовке бакалавров направления ИВТ ПСКОВГУ	116
<i>Денисовец В. В.</i> Мультимедийные и интернет-технологии в развитии познавательной самостоятельности будущих учителей математики: опыт методической подготовки на примере изучения темы «функция»	121
<i>Дроздов А. А., Голубева Л. Л.</i> Распознавание табличных данных с использованием искусственных нейронных сетей	128
<i>Елисеев Д. И.</i> Компьютерное зрение для движения автономного транспорта в условиях городской среды.....	134
<i>Зыза А. В., Платонова Е. С.</i> Интегрирование уравнений класса Кирхгофа на алгебраических инвариантных соотношениях	139
<i>Игнатенко М. В.</i> О квадратурных формулах Гаусса в случае интегрирования матричнозначных функций	144
<i>Карпенко К. С.</i> Алгоритмы и инструменты распараллеливания вычислений при анализе и визуализации векторных цифровых полей	149
<i>Климкович Н. М., Чжан Шици.</i> Применение алгоритмов МКЭ-МДЭ при моделировании НДС подрабатываемого породного массива	154
<i>Костюк Н. Н., Дик Т. А., Метельский Ю. М., Шинкарев К. А.</i> Комбинаторно-графовый подход к моделированию летучести β -дикетонатов металлов (I)	159
<i>Кочурко В. А., Лукьянович И. Р., Филимонов Д. В., Харланов С. В.</i> Применение алгоритма машинного обучения для реализации проектов при подготовке веб-разработчиков.....	165
<i>Кушнеров А. В., Гершов М. Д.</i> Прикладные задачи машинного обучения	171
<i>Лютикова В.С.</i> IT-технологии в распознавании образов роев землетрясений и их математические критерии	177
<i>Мазнев А. В., Белоконь Т. В.</i> Об одном классе решений уравнений движения гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил	182
<i>Мазнев А. В., Горбунова Ю. С.</i> Один случай полурегулярной прецессии первого типа в задаче о движении неавтономного гиростата	187
<i>Макашин Д. С., Белан Д. Ю., Махов К. А.</i> Защита от несанкционированного доступа и изменений паспортов, маршрутных карт при изготовлении деталей и агрегатов	192
<i>Морозова И. М., Кемеш О. Н., Шамукова Н. В.</i> Теория чисел в Беларуси.....	196
<i>Мусафиров Э. В., Гринь А. А., Проневич А. Ф.</i> О допустимых возмущениях	

трехмерных автономных полиномиальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений.....	201
<i>Нескородов Р. Н.</i> Численно-аналитическая методика исследования напряженно-деформированного состояния тяжелого анизотропного массива вблизи вертикальной выработки.....	206
<i>Нифагин В. А.</i> Обратные задачи многомерной интегральной геометрии	211
<i>Примова И. М.</i> Применение реактивного программирования в микросервисной архитектуре для веб-приложений с экосистемой SPRING FRAMEWORK	219
<i>Селедчик Е. С.</i> Методология разработки мобильного расписания.....	224
<i>Слащенин О. А.</i> Проблема использования энтропии как способа определения данных, представляющих интерес для реализации задач правоохранительных органов.....	229
<i>Таранчук В. Б.</i> Особенности и примеры кластеризации в системе ГеоБазаДанных	237
<i>Ходос Ю. О.</i> Методы и инструменты моделирования, интеллектуального анализа и интерпретации цифровых полей.....	243
<i>Nguyen Le, Михасев Г. И.</i> Уравнения движения двухслойной балки-полосы с высококонтрастными свойствами материала	249
<i>Yu Guangbin.</i> Research on tool performance evaluation and parameter matching based on shape-performance application theory.....	255

Международный программный комитет

Председатель:

Босяков С. М., декан механико-математического факультета Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор (Беларусь)

Заместители председателя:

Абламейко С. В., академик НАН Беларуси, доктор технических наук, Белорусский государственный университет (Беларусь)

Бровка Н. В., доктор педагогических наук, профессор, Белорусский государственный университет (Беларусь)

Члены программного комитета:

Босова Л. Л., доктор педагогических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии образования, Московский педагогический государственный университет (Россия)

Волков В. М., доктор физико-математических наук, профессор, Белорусский государственный университет (Беларусь)

Гриншкун В. В., доктор педагогических наук, профессор, академик Российской академии образования, Московский городской педагогический университет (Россия)

Ди Шуньин (Ji Shunying), профессор, директор Совместного института Даляньского политехнического университета и Белорусского государственного университета, Даляньский политехнический университет, г. Далянь (Китай)

Журавков М. А., доктор физико-математических наук, профессор, Белорусский государственный университет (Беларусь)

Носков М. В., доктор физико-математических наук, профессор, Сибирский федеральный университет (Россия)

Орлович Ю. Л., декан факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент (Беларусь)

Уваров А. Ю., доктор педагогических наук, профессор, Высшая школа экономики (Россия)

Юй Гуанбинь (Yu Guangbin), профессор, Школа инженерной мехатроники, Харбинский политехнический университет (Китай)

Организационный комитет

Белорусский государственный университет

Председатель:

Бровка Н. В., доктор педагогических наук, профессор

Заместители председателя:

Казаченок В. В., доктор педагогических наук, профессор

Медведев Д. Г., доктор педагогических наук, доцент

Члены организационного комитета:

Василевич М. Н., кандидат физико-математических наук, доцент

Голубева Л. Л., кандидат физико-математических наук, доцент

Дик Т. А., доктор физико-математических наук

Мармыш Д. Е., кандидат физико-математических наук, доцент

Самаль С. А., доктор экономических наук, профессор

РАЗДЕЛ IV

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО
И ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ.
АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ
ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ И АСПИРАНТОВ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ
И ИТ-СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

УДК 378

**ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОЦЕСС
ОБУЧЕНИЯ МАГИСТРОВ UX/UI ДИЗАЙНУ**

Н. Ю. Абрамович

ООО «НТЛаб-Дизайн», Беларусь, Минск, neonilaabramovich@gmail.com

Рассмотрена тема интеграции нейронных сетей в процесс обучения магистров UX/UI дизайну. Современные технологии требуют от дизайнеров глубоких знаний в области нейронных сетей и машинного обучения, чтобы создавать более инновационные и эффективные пользовательские интерфейсы. Рассмотрены возможности и преимущества использования нейронных сетей в процессе обучения магистров UX/UI дизайну, а также описаны конкретные методы и сценарии, в которых нейронные сети могут быть использованы для улучшения качества образования в данной области.

Ключевые слова: UX/UI дизайн; нейронные сети; обучение магистров.

**INTEGRATION OF NEURAL NETWORKS IN THE TRAINING
OF MASTERS IN UX/UI DESIGN**

N.Y. Abramovich

NTLab-Design LLC, Belarus, Minsk, neonilaabramovich@gmail.com

The theme of the integration of neural networks in the process of teaching masters UX/UI design is considered. Modern technologies require designers to have deep knowledge in the field of neural networks and machine learning in order to create more innovative and effective user interfaces. The possibilities and advantages of using neural networks in the process of teaching masters in UX/UI design are considered, and specific methods and scenarios are described in which neural networks can be used to improve the quality of education in this area.

Keywords: UX/UI design; neural networks; masters training.

Введение

Профессия UX/UI дизайнера является важной и перспективной в современном мире. Ее задача заключается в создании удобного и привлекательного пользовательского интерфейса для различных приложений и сайтов. Однако, эффективное обучение магистров UX/UI дизайну может быть вызовом из-за необходимости анализировать большие объемы данных и создавать интерфейсы, учитывая многочисленные пользовательские потребности.

Использование нейронных сетей может значительно улучшить процесс обучения и помочь в создании более эффективных и интуитивно понятных пользовательских интерфейсов. Основная цель работы заключается в исследовании принципов работы нейронных сетей и их применении в UX/UI дизайне, а также предложении подхода к интеграции нейронных сетей в процесс обучения магистров UX/UI дизайну.

Нейронные сети в UX/UI

Использование нейронных сетей в UX/UI дизайне открывает широкие возможности для улучшения пользовательского опыта и оптимизации процесса создания интерфейсов. Нейронные сети представляют собой математические модели, которые могут быть обучены на основе большого объема данных и использованы для решения различных задач в UX/UI дизайне.

Одним из типов нейронных сетей, которые могут быть использованы в UX/UI дизайне, является сверточная нейронная сеть. Эта нейронная сеть применяется для обработки изображений и может быть использована для анализа элементов интерфейса, таких как иконки и кнопки, а также для автоматической генерации новых дизайн-решений.

Другим типом нейронных сетей, который может быть использован в UX/UI дизайне, является рекуррентная нейронная сеть. Эта нейронная сеть используется для обработки последовательностей данных, таких как текстовые данные, и может быть использована для анализа пользовательских отзывов, комментариев и других форм текстового ввода.

Также стоит отметить, что глубокие нейронные сети, такие как глубокие сверточные нейронные сети и глубокие рекуррентные нейронные сети, могут быть использованы для решения более сложных задач, таких как анализ пользовательского поведения и предсказание пользовательских действий.

Нейронные сети также могут быть использованы для автоматической генерации дизайн-решений. Например, генеративные нейронные сети могут быть обучены на основе большого количества данных о дизайне и использованы для создания новых дизайн-решений, оптимизации интерфейсов и решения других задач в UX/UI дизайне.

Таким образом, использование нейронных сетей в UX/UI дизайне открывает широкие возможности для оптимизации процесса создания интерфейсов и улучшения пользовательского опыта. Различные типы нейронных сетей могут быть использованы для анализа данных, автоматической генерации дизайн-решений и решения других задач в UX/UI дизайне.

Методы и сценарии использования нейронных сетей для улучшения качества обучения UX/UI дизайну

Существует множество методов и сценариев, в которых нейронные сети могут быть использованы для улучшения качества преподавания UX/UI дизайна. Один из таких методов – это использование нейронных сетей в процессе анализа пользовательского опыта. Например, приложение или веб-сайт может собирать данные о взаимодействии пользователей с интерфейсом, такие как клики на элементы, время, проведенное на странице, или даже информацию о физиологических показателях пользователя. Эти данные могут быть использованы для обучения нейронной сети, которая будет определять наиболее эффективные способы взаимодействия пользователя с интерфейсом.

Еще один сценарий, в котором нейронные сети могут быть использованы для улучшения качества образования в UX/UI дизайне – это создание инструментов для автоматической оценки пользовательского опыта. Например, нейронная сеть может быть обучена на основе большого количества пользовательских данных, чтобы оценить эффективность определенных элементов интерфейса или даже целых приложений. Это может помочь магистрам, изучающим UX/UI дизайн более точно оценивать качество создаваемых ими интерфейсов и находить способы для улучшения пользовательского опыта.

Также нейронные сети могут быть использованы для создания инструментов для автоматической генерации дизайн-решений. Например, нейронная сеть может быть обучена на основе большого количества дизайн-решений, чтобы создавать новые интерфейсы на основе заранее определенных параметров. Это может помочь быстро создавать прототипы и тестировать различные дизайн-решения, что позволит быстрее и более эффективно создавать качественные пользовательские интерфейсы.

сы. Таким образом, использование нейронных сетей в UX/UI дизайне может предоставить магистрам большое количество инструментов и возможностей для улучшения качества образования и создания более эффективных и удобных пользовательских интерфейсов.

Заключение

В заключении можно отметить, что использование нейронных сетей в обучении магистров UX/UI дизайну может значительно улучшить качество образования и привести к более высокому уровню профессионализма выпускников. Были выявлены конкретные методы и сценарии, в которых нейронные сети могут быть эффективно использованы для улучшения качества обучения, такие как генерация дизайн-макетов, анализ пользовательского поведения и прогнозирование трендов в дизайне.

Однако, следует также отметить, что использование нейронных сетей в обучении UX/UI дизайну является еще относительно новым направлением и требует дальнейшего исследования и развития. Современные технологии и возможности нейронных сетей могут дать новые инструменты и методы для повышения качества обучения и подготовки высококвалифицированных специалистов в области UX/UI дизайна.

Библиографические ссылки

1. Саймон Хайкин. Нейронные сети. Полный курс.– 2006. – С. 20-59.
2. Алан Купер *Интерфейс*. Основы проектирования взаимодействия. .– 2009. – С. 10-31.

УДК 004.89:004.9 (063)

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАБОТЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА

С. А. Барвенков

Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, bars@bsu.by

Рассмотрен опыт использования ChatGPT в процессе преподавания JavaScript на первом и втором курсах мехмата БГУ. Приведены примеры прикладного применения систем искусственного интеллекта (ИИ) для облегчения и интенсификации работы педагога. Рассматриваются потенциальные проблемы и ограничения, связанные с использованием систем ИИ в образовании. Приводятся примеры использования систем ИИ, в том числе использование ChatGPT автором при подготовке к занятиям по курсу "Web-программирование".

Ключевые слова: большие языковые модели; ChatGPT; обучение программированию.

ON THE USE OF AI SYSTEMS IN THE WORK OF A UNIVERSITY TEACHER

S. A. Barvenov

Belarussian state university, Belarus, Minsk, bars@bsu.by

The experience of using ChatGPT in teaching JavaScript on the first and second courses of the Faculty of Mechanics and Mathematics at Belarusian State University is discussed. Examples of practical applications of artificial intelligence (AI) systems to facilitate and intensify the work of educators are given. Potential problems with the use of AI systems in education are also considered. Examples of the use of AI systems are provided, including the author's use of ChatGPT in preparing for classes in the "Web Programming" course.

Keywords: large language models; ChatGPT; programming education.

Введение

В 2023 году у всех на слуху большие языковые модели (Large Language Model, LLM) и системы искусственного интеллекта (ИИ). Понятно, что больше всего информационного шума и публикаций относится к ChatGPT, поскольку она натренирована на самом большом из конкурентов наборе данных, но сейчас доступно довольно много альтернативных систем, открытых для всех пользователей. Список таких систем находится, например, на github [1]. В частности, упомянем Dolly [2], мо-

дели [3] OA_SFT_Llama_30B и OA_SFT_Llama_13B с чатботом OpenAssistant [4] на их основе и т.д.

Уже сейчас можно сказать, что подобные системы не заменяют преподавателя, тьютора, программиста, но они великолепно помогают им. И чем выше собственный уровень развития пользователя ИИ — тем больше пользы от этого «подмастерья», выполняющего те неинтересные задания, на которые до того было жалко тратить много своего времени. ИИ, например, пишет простые учебные примеры и функции, генерирует документацию, находит и, главное, естественным языком объясняет ошибки в коде студента, выполняет много и других задач. Даже сейчас — на ранних стадиях развития таких текстовых генеративных систем не использовать их попросту глупо... Ведь их легко использовать как прекрасный универсальный бесплатный помощник, который доступен в любое время суток, облегчает жизнь преподавателя и выводит обучение студентов первого курса азам программирования на принципиально новый уровень.

Примеры использования

Автор уже в этом учебном году использует ChatGPT в своей повседневной работе в рамках преподавании курса «Web-программирование» на механико-математическом факультете БГУ для следующих рутинных действий:

1) *Генерация различных версий кода*, во время подготовки к занятиям. Легко создать несколько вариантов кода для решения типовых учебных задач, которые еще в прошлом году обычно были сформулированы в текстовом виде в качестве домашних заданий для выполнения студентами.

Пример: Напиши функцию на JS, которая принимает на вход массив строк или чисел, выполняет поиск элемента, который чаще других встречается в массиве и возвращает этот элемент. Покажи пример использования этой функции.

Следующий вопрос, после получения кода: Как можно оптимизировать твой код?

Следующий вопрос: Как можно этот код написать в функциональном стиле?

2) *Поиск ошибок*, недочетов и проблем в студенческом коде. Оптимизация кода из домашнего задания, рефакторинг.

Достаточно скопировать фрагмент кода и попросить найти проблемы в нём. Главное, что ответ обычно довольно грамотный и он развернутый. Поэтому этот ответ достаточно скопировать и переслать студенту, чтобы он далее сам анализировал эти «узкие места» в своём коде. По-

сколько каждому студенту хочется получить ревью его кода, то какие-то указания желательно написать каждому из более чем 70 студентов, одновременно сдающих работу. В обычной ситуации это нереально успеть преподавателю. И тут нам и помогает ChatGPT.

3) *Объяснение студенту непонятого кода.* ChatGPT разъясняет смысл и замысел сложных инструкций, помогает разобраться в алгоритмах. Причем это объяснение генерируется ИИ в любое время. Поэтому можно забыть про ситуации, когда некоторые студенты задавали преподавателю вопросы в мессенджерах, например, поздно ночью. Ведь ИИ доступен в любом месте и в любое время.

4) *Генерация отчётов.* Написание комментариев и документации к программам.

5) *Анализ документации, учебников, текстов.* Уже есть программы [5, 6], основанные на использовании ChatGPT которые помогают интерактивно взаимодействовать с любым PDF документом. Можно задать боту на естественном языке вопросы для огромного руководства или многостраничному учебнику. Это коренным образом меняет привычную схему поиска «по тексту» на поиск «по содержанию».

Всё более очевидно, что системы ИИ меняют модели начального обучения программированию и способы взаимодействия учащихся с преподавателем. При этом надо понимать, что когда (а это произойдёт уже в следующем 2023/24 учебном году) сами студенты начнут использовать ИИ для генерации кода на C++, JS, Python, то критически понизится практическая значимость в привычном нам понимании «сдачи лабораторных работ». Поскольку любое учебное задание по простейшим алгоритмам, даже сформулированное на «естественном языке», как это было всегда принято в методике преподавания программирования, легко решается за несколько секунд и несколько нажатий клавиш. Возможно, придётся с каждым студентом индивидуально беседовать, чтобы понять глубину усвоения материала. Но на это нет отведенных часов в рамках старых программ. Необходимо также педагогическому сообществу предлагать, обсуждать и выработать новые методы и методики составления заданий и контрольных вопросов. Причем это касается не только блока информационных технологий, но и в других степени разделов, связанных с генерацией текстов (журналистика, правоведение и т.п)

Выводы

Приведенный в статье небольшой и неполный список показывает, как уже сейчас можно использовать ChatGPT в реальной работе преподавателя. Очевидно, что ChatGPT существенно повышает производитель-

ность труда [7]. Но только, если понимать его сильные и слабые стороны. Ясно, что для многих пока эта технология похожа на магию. Но постепенно все поймут, что это просто ещё один очень удобный и полезный инструмент для получения знаний. Однако уже сейчас, на текущем уровне развития ИИ – это отличный инструмент автоматизации. Использование ChatGPT помогает избежать трат времени на рутинную, банальную и неинтересную часть деятельности (в том числе и преподавательской) и сконцентрироваться на действительно важных аспектах труда педагога. И если некоторым кажется, что ИИ заменит учителя, преподавателя и программиста, то скорее наоборот – сделает нас еще более востребованными, поскольку пока он приносит больше пользы чем вреда только если у вас высокий уровень навыков в какой-либо области.

Поскольку неоднократно и многие испытатели отмечают, что ChatGPT совершает нелепые ошибки, несоответствующие уровню тех задач, которые он способен решать в большинстве случаев. И эти ошибки (и, также, так называемые галлюцинации) не смогут увидеть учащиеся, студенты и не специалисты в конкретной области [8].

А студентам аналогично тому, как в 2010-ых годах учили грамотно создавать запросы поисковикам уже в 2023 году надо учиться задавать правильные инструкции ботам, использующим ИИ. И подобные умения и методические наработки пора внедрять в учебные планы для студентов первого курса, например, в рамках курса «Введение в специальность». Ведь в ближайшем будущем возникнет целая новая отрасль инженеров-программистов, которые должны будут создавать ИИ-инструменты.

Заключение

В заключении хочу привести ответ ChatGPT на вопрос: «Как можно использовать ChatGPT в реальной работе преподавателя JavaScript?».

ChatGPT может быть полезным инструментом для преподавателя JavaScript в ряде случаев. Вот несколько возможных способов использования ChatGPT в качестве помощника в преподавании:

Ответы на вопросы студентов: ChatGPT может использоваться для быстрого ответа на вопросы студентов. Можно задавать вопросы ChatGPT, а затем обсудить ответ со студентами.

Подсказки и советы для студентов: ChatGPT может помочь преподавателю давать студентам полезные советы и подсказки по решению задач и проблем в JavaScript. Например, ChatGPT может предложить лучшие практики по написанию кода, рассказать о тонкостях работы с определенными функциями или библиотеками.

Оценка студенческих работ: ChatGPT может использоваться для автоматической оценки студенческих работ, например, на основе анализа синтаксиса и стиля кода. Это может помочь преподавателю сократить время, затрачиваемое на оценку и обратную связь по работам студентов.

Создание учебных материалов: ChatGPT может быть использован для автоматической генерации учебных материалов, таких как тесты или задания для студентов. Преподаватель может задавать вопросы ChatGPT и использовать полученные ответы в качестве основы для создания учебных материалов.

Улучшение учебного процесса: ChatGPT может быть использован для анализа данных о производительности работы студентов и определения областей, в которых они нуждаются в дополнительной помощи. Например, ChatGPT может помочь выявить наиболее сложные для студентов концепции и темы в JavaScript и предложить способы улучшить учебный процесс.

Библиографические ссылки

1. A list of totally open alternatives to ChatGPT. / Mode of access: <https://github.com/nichtdax/awesome-totally-open-chatgpt>. – Date of access:12.04.2023.

2. Free Dolly: Introducing the World's First Truly Open Instruction-Tuned LLM / Mode of access: <https://www.databricks.com/blog/2023/04/12/dolly-first-open-commercially-viable-instruction-tuned-llm>. – Date of access:12.04.2023.

3. Black-Engineer Hugging Face We're on a journey to advance and democratize artificial intelligence through open source and open science. / Mode of access: <https://huggingface.co/Black-Engineer/oasst-llama30b-ggml-q4> – Date of access:12.04.2023.

4. Open Assistant. Conversational AI for everyone. An open source project to create a chat enabled GPT LLM run by LAION and contributors around the world./ Mode of access: <https://open-assistant.io/chat/> – Date of access:12.04.2023.

5. Ask Your PDF/ Mode of access: <https://askyourpdf.com/> – Date of access:12.04.2023.

6. Docalysis - AI chat with your PDF files! [Electronic resource] / Mode of access: <https://docalysis.com/> – Date of access:12.04.2023.

7. Noy, S. Experimental Evidence on the Productivity Effects of Generative Artificial Intelligence (March 1, 2023)/ Noy, Shakked, Zhang, Whitney, // SSRN [Electronic resource] – Mode of access: <https://ssrn.com/abstract=4375283> – Date of access:12.04.2023.

8. Карпов, А. GPT-3 нашёл 213 Security Vulnerabilities... Или не нашёл / А. Карпов // Хабр [Электронный ресурс] – 2023. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/pvs-studio/articles/728388/>. Дата доступа: 12.04.2023

КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБУЧЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

И. Н. Блинов¹⁾, В. С. Романчик²⁾

^{1), 2)} *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*
¹⁾*blinov@gmail.com*, ²⁾*romanchikvs@gmail.com*

В докладе рассматриваются вопросы информатизации в образовании, в частности вопросы методов подготовки студентов по программированию и математике в университете. В качестве форм обучения рассматриваются видеолекции, видеокурсы и персонализация обучения с помощью искусственного интеллекта.

Ключевые слова: видеолекции; уроки; технологии преподавания компьютерных дисциплин; искусственный интеллект; персонализация образования.

COMPUTER LEARNING IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF EDUCATION

I. N. Blinov¹⁾, V. S. Romanchik²⁾

^{1), 2)} *Belarusian State University, Minsk, Belarus*
¹⁾*blinov@gmail.com*, ²⁾*romanchikvs@gmail.com*

The report deals with the issues of informatization in education, in particular, the issues of methods for preparing students in programming and mathematics at the university. Video lectures, video courses and personalization of learning with the help of artificial intelligence are considered as forms of education.

Key words: video lectures; lessons; technologies for teaching computer disciplines; artificial intelligence; personalization of education.

Введение

Цифровизация общества привнесла в нашу жизнь множество изменений, в том числе и в образовательную сферу. Одним из основных требований современного рынка труда является знание компьютерных приложений и программирования, поэтому обучение этой сфере становится все более востребованным. Однако, поскольку традиционные методы обучения в классе не всегда эффективны, возникает необходимость в инновационных методах обучения программированию. В данной статье рассматриваются некоторые из современных методов, которые могут

помочь сделать процесс обучения программированию более интересным, эффективным и доступным для широкой аудитории.

Видеолекции и уроки

Использование видеолекций для обучения программированию становится все более популярным в последние годы, особенно с развитием платформ онлайн-обучения. В целом, процесс применения видеолекций для преподавания программирования можно разделить на три основных этапа: создание контента, его передача и оценка понимания студентами.

1. Создание контента.

Чтобы создать эффективные видеолекции для обучения программированию, преподаватели должны тщательно спланировать содержание, которое они хотят охватить, создать четкий и организованный сценарий и записать высококачественное видео. Некоторые ключевые соображения для создания эффективного контента включают:

Обеспечение четкой цели обучения для каждого видео.

Разбиение сложных концепций на более мелкие и легко выполнимые части.

Использование визуальных средств, таких как диаграммы, анимации или примеры кода, для объяснения концепций. Предоставление реальных примеров или приложений, чтобы помочь студентам увидеть, как концепции могут быть использованы на практике.

Лекции должны быть краткими и целенаправленными, как правило, не более 6-12 минут каждая.

2. Предоставление контента.

После создания видеолекций они могут быть предоставлены студентам по различным каналам. Некоторые распространенные методы доставки видеолекций включают:

Размещение видеоматериалов в системе управления обучением (LMS), такой как Canvas или Blackboard, где студенты могут получить доступ к ним в любое время.

Публикация видео на платформе обмена видеоматериалами, например, YouTube или Vimeo, где ими может легко поделиться и просмотреть любой человек, имеющий доступ в Интернет.

Включение видеоматериалов в более крупный онлайн-курс или MOOC (massive open online course).

3. Оценка понимания студентов.

После того, как студенты просмотрели видеолекции, важно оценить понимание ими материала, чтобы убедиться, что они усвоили основные

концепции. Некоторые распространенные методы оценки понимания материала студентами включают:

Контрольные работы или тесты, которые охватывают материал, представленный в видеоматериалах.

Задания по кодированию или проекты, которые требуют от студентов применения концепций, изученных в видеороликах. Дискуссионные форумы или офисные часы, где студенты могут задавать вопросы и получать обратную связь от преподавателей или коллег.

В целом, использование видеолекций для обучения программированию может быть эффективным способом предоставить студентам гибкий и увлекательный опыт обучения. Тщательно планируя и предоставляя высококачественный контент, преподаватели могут помочь студентам развить навыки и знания, необходимые для успешной карьеры программиста.

Искусственный интеллект

Искусственный интеллект (ИИ) способен произвести революцию в преподавании программирования. Вот некоторые методы использования ИИ, включая чат-ботов, таких как ChatGPT, для обучения программированию:

Персонализированное обучение.

Одним из основных преимуществ использования ИИ в преподавании программирования является возможность персонализированного обучения. Системы на базе ИИ могут использовать алгоритмы машинного обучения для анализа данных о ходе обучения студента, предоставления обратной связи и адаптации к индивидуальному стилю обучения студента. ИИ может помочь преподавателям разработать персонализированные учебные маршруты для студентов, которые отвечают их уникальным потребностям и интересам.

Чат-боты.

Чат-боты, такие как ChatGPT, могут быть использованы для предоставления индивидуальной поддержки и руководства для студентов. Они могут отвечать на общие вопросы о концепциях программирования и предоставлять обратную связь по фрагментам кода. Чат-боты также могут помочь студентам в решении проблем с программированием, предоставляя пошаговые инструкции по отладке кода.

Автоматизированный анализ кода.

ИИ может быть использован для автоматизации процесса анализа кода, позволяя студентам получать мгновенную обратную связь по своим проектам кодирования. Системы на базе ИИ могут проверять синтак-

сические ошибки, кодовые соглашения и логические ошибки. Такой тип обратной связи может помочь студентам быстрее выявлять и исправлять ошибки, улучшая результаты обучения.

Геймификация.

Геймификация – это процесс использования игровой механики и дизайна для вовлечения и мотивации учащихся. ИИ может быть использован для создания персонализированных игр для студентов, которые помогают им изучать концепции программирования в веселой и увлекательной форме. Например, игры на базе ИИ могут обеспечивать немедленную обратную связь при решении задач по программированию и предлагать награды и поощрения за выполнение заданий по кодированию.

Адаптивное тестирование.

Адаптивное тестирование – это метод тестирования, который регулирует уровень сложности вопросов в зависимости от успеваемости учащегося. ИИ может быть использован для создания систем адаптивного тестирования, которые регулируют уровень сложности на основе ответов ученика. Это помогает студентам оставаться вовлеченными и мотивированными, предоставляя им сложные, но выполнимые задания.

В целом, ИИ способен изменить процесс обучения программированию, обеспечивая персонализированный опыт обучения, мгновенную обратную связь по проектам кодирования и увлекательную геймификацию. Используя чат-боты, автоматизированный анализ кода, геймификацию и адаптивное тестирование, преподаватели могут создать более эффективную среду обучения.

Заключение

В условиях цифровизации образования и постоянного изменения требований к компетенциям студентов необходимо рассматривать и развивать новые формы и платформы обучения. В частности, в докладе излагается опыт подготовки и использования видеолекций и видеоуроков и организация их использования на онлайн платформе. Кроме этого рассмотрены вопросы использования искусственного интеллекта для персонализации обучения и создания эффективной среды обучения.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

Д. А. Богданова

*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук, Россия, Москва,
d.a.bogdanova@mail.ru*

Иммерсивные технологии открывают большие перспективы для обучения и творчества. Что касается внедрения технологий XR в образовательный процесс в контексте высшего образования, в этом случае необходим учет двух ключевых факторов. Во-первых, технологии XR должны соответствовать текущим стандартам учебных программ и методам подготовки преподавателей. Во-вторых, на внедрение XR влияет стоимость этих технологий — не только в денежном выражении, но, например, когнитивная нагрузка, связанная с изучением того, как использовать XR. Также важно подчеркнуть, что эти технологии сопряжены с проблемами, связанными с доступностью, конфиденциальностью и безопасностью.

Ключевые слова: иммерсивные технологии; расширенная реальность; дополненная реальность; виртуальная реальность; смешанная реальность; конфиденциальные данные; несанкционированный сбор данных.

ON THE USE OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN EDUCATION

D. A. Bogdanova

*Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian
Academy of Sciences, Russia, Moscow,
d.a.bogdanova@mail.ru*

Immersive technologies open up great prospects for learning and creativity. With regard to the introduction of XR technologies into the educational process in the context of higher education, in this case, two key factors must be taken into account. First, XR technologies must comply with current curriculum standards and teacher training methods. Secondly, the adoption of XR is affected by the cost of these technologies - not only in terms of money, but, for example, the cognitive load associated with learning how to use XR. It is also important to highlight that these technologies come with accessibility, privacy and security issues.

Keywords: immersive technologies; augmented reality; augmented reality; virtual reality; mixed reality; personal data; unauthorized data collection.

Введение

Иммерсивные технологии — это быстрорастущая область современных технологий, которую часто называют расширенной реальностью (XR). Сегодня иммерсивные технологии открывают большие перспективы для обучения, творчества и самовыражения, но сопряжены с определенными рисками. Технологии расширенной реальности (XR) — это новый общий «зонтичный» термин для всех иммерсивных технологий. Те, которые уже есть сегодня: дополненная реальность (AR), виртуальная реальность (VR) и смешанная реальность (MR), а также те, которые еще предстоит создать. Все иммерсивные технологии расширяют реальность, которую мы переживаем, либо смешивая виртуальный и «реальный» миры, либо создавая опыт полного погружения. Недавнее исследование показало, что более 60% респондентов считают, что XR станет основным направлением в ближайшие пять лет. Ожидается, что к 2030 году рынок XR достигнет 209 миллиардов долларов. Это может означать, что реалии нашей жизни в 2030 году выйдут за рамки нашего воображения [1].

Рассмотрим каждую из существующих сегодня технологий чуть более подробно.

Дополненная реальность (AR).

В дополненной реальности виртуальная информация и объекты накладываются на реальный мир. Наиболее известными примерами дополненной реальности являются игра Pokémon GO, которая накладывает цифровых существ на реальный мир.

Виртуальная реальность (VR).

В виртуальной реальности пользователи полностью погружаются в смоделированную цифровую среду. Люди должны надеть на голову гарнитуру VR или дисплей, чтобы получить 360-градусный обзор искусственного мира, который обманывает их мозг, заставляя поверить, что они, например, гуляют по Луне или плавают под океаном.

Смешанная реальность (MR).

В смешанной реальности, цифровые и реальные объекты сосуществуют и могут взаимодействовать друг с другом в режиме реального времени. MR дает пользователям возможность использовать объекты реального мира при взаимодействии в виртуальной среде. Для этого требуется гарнитура MR и гораздо большие вычислительные мощности, чем для VR или AR.

Возможности иммерсивных технологий для образования

В общем, возможностей для пользователей под «зонтиком» XR-технологий очень много. В некоторых случаях пользователям могут по-

надобиться гарнитуры виртуальной реальности, а в других – люди могут получить доступ к технологиям, используя только мобильное устройство или компьютер и доступ к Интернету.

Говоря об образовании, существует множество инструментов XR, которые можно использовать в учебном процессе. Они могут повысить качество преподавания и обучения, мотивацию и вовлеченность учащихся, или просто сделать обычную учебную деятельность новой или увлекательной. Во-первых, технологии XR можно использовать для стимулирования формирования навыков, например, при изучении языка. Исследования показывают, что погружение полезно при изучении второго языка, и что виртуальная реальность может эффективно имитировать языковой опыт с эффектом погружения. XR может расширить виды деятельности, которым молодежь может обучаться на практике, например, путешествовать внутри человеческого тела и исследовать клетки в рамках курса биологии или на уроке физики изучать, как заряженные частицы могут взаимодействовать друг с другом. Таким образом, XR может расширить круг тем, по которым молодежь может учиться, превращая абстрактные концепции в конкретный опыт. XR могут предоставить новые функциональные возможности для обучения способами, которые были невозможны с другими технологическими инструментами. Например, для студентов, изучающих архитектуру, XR может моделировать архитектурные проекты, которые являются более реалистичными, чем компьютерные проекты, позволяя при этом ходить по пространству и исследовать различные объекты в нем. Технологии XR могут помочь восполнить некоторые пробелы, возникшие при переходе от очного к дистанционному обучению на фоне сбоев в образовании в результате пандемии: поездки на практику могут в любой момент быть отменены в связи с изменившимися обстоятельствами. Хотя технологии XR, такие как виртуальная реальность, не эквивалентны личному опыту, но они могут позволить исследовать места, в которые не просто попасть. Например, учащиеся могут исследовать глубины океана или отправиться в открытый космос на ракете. Вместо личных экскурсий в музеи учащиеся могут использовать XR-технологии для изучения экспонатов — некоторые музеи имеют свои собственные приложения на основе XR, такие как VR-приложение Лувра «Мона Лиза: за стеклом» или «Дом Анны Франк VR». Кроме того, некоторые технологии XR позволяют молодым людям создавать собственные исследовательские возможности дополненной и виртуальной реальности [2]. Технологии XR могут моделировать различные сценарии для подготовки преподавателей и учащихся к чрезвычайным ситуациям. Например, на удаленном уроке здоровья можно использовать приложение XR для обучения студентов сердечно-легочной

реанимации. Другие варианты использования могут включать различные формы предотвращения стихийных бедствий.

Возможности использования в высшем образовании

Что касается внедрения технологий XR в образовательный процесс в контексте высшего образования, в этом случае, по мнению экспертов, необходим учет двух ключевых факторов. Во-первых, технологии XR должны соответствовать текущим стандартам учебных программ и методам подготовки преподавателей. Этот вывод согласуется с исследованиями распространения инноваций в более широком смысле. Чтобы любое новшество можно было внедрить в заданных условиях — от рабочего места до учебной аудитории — оно должно соответствовать существующим системам. Во-вторых, как и в случае с распространением других инноваций, на внедрение XR влияет стоимость этих технологий — не только в денежном выражении, но, например, когнитивная нагрузка, связанная с изучением того, как использовать XR. Также важно подчеркнуть, что эти технологии сопряжены с проблемами, связанными с доступностью, конфиденциальностью и безопасностью. XR часто ассоциируется с дорогими гарнитурами виртуальной реальности, которые могут быть финансово обременительными и недоступными для многих. Необходимо снизить стоимость внедрения технологии; в противном случае многие компании не смогут инвестировать в неё. Очень важно, чтобы носимые устройства, обеспечивающие полный опыт XR, были модными и удобными, а также всегда подключенными, интеллектуальными и захватывающими. Необходимо решить серьезные технические и аппаратные проблемы, которые включают, помимо прочего, дисплей, питание и температуру, отслеживание движения, подключение и общее освещение, когда виртуальные объекты в реальном мире неотличимы от реальных объектов, особенно при изменении освещения [3]. Следует отметить, что в последнее время стали доступны менее дорогостоящие варианты гарнитур виртуальной реальности, такие как Google Cardboard, а также бесплатные и недорогие приложения виртуальной и дополненной реальности, которые учащиеся могут использовать на своих телефонах без дополнительного оборудования.

Проблемы, связанные с использованием XR

Что касается дополнительных проблем, связанных с включением, XR больше зависит (по сравнению с другими цифровыми технологиями) от способности людей контролировать свои физические движения

(например, быстро двигать рукой). Во-вторых, существует множество проблем, связанных с конфиденциальностью, данными и защитой данных, а также коммерческими рисками. Некоторые относятся к категории общих, связанных с цифровыми сетевыми технологиями, в то время как другие относятся к XR. Например, как и многие системы с цифровым подключением, XR имеет возможность собирать, агрегировать, анализировать и монетизировать огромное количество очень подробных и личных данных о пользователе, данных, которые «надежны, доступны для поиска и практически не удаляются» [4].

В дополнение к сбору конфиденциальной информации, технологии XR также могут собирать большие объемы данных о невербальном поведении, таком как жесты, выражения лица и взгляд, даже если система использовалась короткий промежуток времени. Потратив всего 20 минут на симуляцию виртуальной реальности, можно получить чуть менее двух миллионов записей языка тела.

В контексте образования исследователи использовали невербальные данные, собранные с помощью виртуальной реальности, для прогнозирования результатов тестов и оценки количества ошибок, допущенных при изучении конкретной задачи. Невербальные данные, которые собирают XR-технологии, могут повлиять на будущее молодого человека — от университета, в который он поступил, до возможностей трудоустройства [5].

В-третьих, существуют риски безопасности, связанные с использованием XR-технологий. Это побочные эффекты, такие как тошнота, головокружение, судороги и дискомфорт при ношении необходимого оборудования. Кроме того, еще один серьезный аспект, связанный с кибертравлей, преследованием в XR.

Учитывая иммерсивный характер XR, будут ли виды домогательств восприниматься как более интенсивные по сравнению с издевательствами через текстовое сообщение или чат? И как педагоги, родители и другие заинтересованные лица смогут эффективно уменьшить и предотвратить эти формы травля в сети?

Действующие примеры использования XR в образовании

Многие учебные заведения перепрофилируют помещения под Иммерсивные неформальные учебные пространства. Сад идей Университетов Индианы и Пердью в Индианаполисе (IUPUI) открылся 3 октября 2018 г., ориентированный на студентов STEM. Физическое пространство оборудовано 3D-принтерами, высокопроизводительными ПК, гарнитурами виртуальной реальности, рабочими пространствами с сенсорным

экраном Dell Canvas, компьютерами Microsoft Surface и видеодисплеем с сенсорным экраном IQ-Wall [6]. Компания Start Beyond разработала набор решений, которые позволили ANSTO, государственной исследовательской организации Австралии, предоставлять иммерсивные возможности виртуальной реальности в школах и колледжах [7]. Университет Ньюкасла внедрил в виртуальную реальность симуляцию мирового класса для обучения студентов-медсестер.

Заключение

Ценность XR зависит от многих контекстуальных факторов и потребует тщательной оценки, прежде чем она будет внедрена в любую среду обучения — будь то онлайн или лично. Тем не менее, эта технология обещает предоставить педагогам дополнительные возможности с точки зрения удаленного участия учащихся, а также способы поддержки и дополнения усилий по обучению молодежи навыкам участия и процветания во все более цифровой экономике и обществе. С каждым днем мы на один шаг ближе к решению этих проблем, так что в ближайшие годы мы увидим гораздо больше основных приложений всех технологий XR.

Библиографические ссылки

1. *Punny, D.* How immersive technologies will shape our future / TEDxTUBerlin-Salon. 2021. August, 31. https://www.youtube.com/watch?v=QcANba_1xg8.
2. *Rauschnabel, P. A.* et al. What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality / *Computers in human behaviour*. 2022. Volume 133, 107289 https://www.researchgate.net/publication/359842001_What_is_XR_Towards_a_Framework_for_Augmented_and_Virtual_Reality.
3. *Morvan, L.* et al., Preparing for the Risky World of Extended Reality / *MIT Sloan Management Review*. 2019. December, 17. <https://sloanreview.mit.edu/article/preparing-for-the-risky-world-of-extended-reality/>.
4. *Hillman, V.* New study confirms that EdTech companies exploit children's data and there is nothing to stop them / *LSE Blog*. 2022. May, 25. <https://blogs.lse.ac.uk/mediase/2022/05/25/new-study-confirms-that-edtech-companies-exploit-childrens-data-and-there-is-nothing-to-stop-them/>
5. Data Analytic Trends: Are They Reshaping EdTech? / *eLearning Industry* <https://elearningindustry.com>
6. *Basdogan, M.* et al., Idea Garden: An Immersive Informal Learning Space for STEM Education / *EDUCAUSE review*. 2021. March, 30. <https://er.educause.edu/articles/2021/3/idea-garden-an-immersive-informal-learning-space-for-stem-education>.
7. ANSTRO XR. Educational fun for everyone / *START BEYOND*. <https://www.startbeyond.co/case-studies/ansto-xr>.

УДК 378.14

АКТУАЛИЗАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ МАГИСТРОВ ИТ-НАПРАВЛЕНИЙ

Е. В. Борисова

*Тверской государственной технической университет, Россия,
Тверь, elenborisov@mail.ru*

Рассмотрены вопросы включения в дисциплину «Специальные главы высшей математики» нового раздела, обусловленного востребованностью теоретических положений системы распределенного реестра, в прикладных задачах цифровой экономики. Приведено содержание модуля «Основы технологии блокчейн» с детализацией по теоретическим и практическим вопросам, показана возможность вариативности индивидуальных заданий. Представлена авторская редакция проблемно-ориентированной технологии обучения и этапы ее реализации, с учетом временных, функциональных и личностных особенностей образовательной среды и ее участников.

Ключевые слова: основы технологии блокчейн; обучение магистров; педагогические условия.

UPDATING OF SPECIAL SECTIONS OF HIGHER MATHEMATICS FOR MASTERS OF IT DIRECTIONS

E. V. Borisova

Tver state technical university, Russia, Tver, elenborisov@mail.ru

The issues of including a new section in the discipline "Special Chapters of Higher Mathematics" due to the demand for the theoretical provisions of the distributed ledger system in applied problems of the digital economy are considered. The content of the module "Fundamentals of blockchain technology" is given with details on theoretical and practical issues, the possibility of variability of individual tasks is shown. The author's edition of the problem-oriented learning technology and the stages of its implementation are presented, taking into account the temporal, functional and personal characteristics of the educational environment and its participants.

Keywords: fundamentals of blockchain technology; master's education; conditions of education.

Введение

Ключевым вопросом современного образования магистрантов является гибкость рабочих программ, особенно в части реализации модулей,

определяющих актуальность профессиональной направленности подготовки. Национальными проектами России востребованы специалисты, готовые разрабатывать, применять и сопровождать различные цифровые технологии. Анализ реализуемых образовательных программ магистратуры в технических вузах показывает фрагментарность фундаментальных основ, лежащих в основе шестого технологического уклада. В целевых программах отмечено наличие узкоспециализированных аспектов в дисциплинах профессионального цикла.

Последние годы в обществе возрос интерес к технологии блокчейн, связанный, в первую очередь, с распространением криптовалют. Но технологии блокчейн не ограничены финансовой сферой. Важность раздела обусловлена вниманием к аспектам конфиденциальности и открытости данных; автоматической верификацией умных контрактов [1]. Это определяет актуальность включения изучения теоретических положений системы распределенного реестра, через призму прикладных задач, в рабочие программы подготовки магистров IT-направлений.

Актуализация магистерской рабочей программы модулем «математические основы технологии блокчейн»

Для магистерской программы «Информационно-вычислительная техника», в момент ее открытия более 20 лет назад, была введена дисциплина «Специальные главы высшей математики» общим объемом 60 часов, включающая лекции, практические занятия и курсовую работу. Магистранты изучали два модуля: анализ временных рядов, с ориентацией на задачи прогнозирования и машинного обучения; методы оптимизации, применительно к задачам, связанным с данными. В настоящее время количество часов на данную дисциплину - 32 часа, при этом возникла острая необходимость актуализировать ее содержание в соответствии с социально-экономическими запросами общества.

С целью актуализации содержания разработан модуль «Основы технологии блокчейн» (10 час). В его состав включены разделы: возникновение и развитие технологии; области применения, примеры междисциплинарных задач; математические структуры, лежащих в ее основе, такие как группы, кольца, конечные поля, хэш-функции. Модуль делится на две части: реферативно-обзорная и практическая. По первой части, в соответствии с индивидуальной темой готовится презентация, по второй части выполняется расчетно-исследовательское задание, результаты которого также представляются в формате презентации. Например, в первой части предлагается осветить методы деления с остатком одного многочлена на другой над различными полями; приемы формирования

цифровой подписи и ее проверки. Во второй части выполняется разработка программы генерации и автоматической проверки блокчейн цепочек; разработка системы распределенного хранения информации и управления ею на основе технологии распределенного реестра. Несмотря на некоторую сложность введения нового для магистрантов математического аппарата, целесообразно в рассматриваемую дисциплину ввести курсовую работу с разделом: использование симметрий (группы симметрий) для понижения сложности решаемой задачи на примере исследования многочлена третьей (и других) степеней.

Контингент обучающихся, поступивших на магистерские программы, определяется многочисленными факторами: конъюнктурой рынка труда, социально-экономическими условиями, запросами работодателей, наличием бюджетных мест и др. На этом основании содержание дисциплины в целом и ее отдельных модулей может варьироваться, как в сторону усложнения изучаемых положений, так и в сторону их упрощения. Уровень сложности целесообразно устанавливать по результатам входного контроля на первом занятии по дисциплине. По мере изучения каждого модуля уровень может изменяться. С этой целью разработаны оценочные средства входного и текущего контроля.

Организационно-педагогические условия реализации дисциплины

Снижение количества контактных часов, расширение содержания и исключение из рабочей программы дисциплины курсовой работы актуализировали вопросы отбора педагогических технологий, методик и форм проведения занятий с магистрантами. За основу принята авторская технология «Актуализация теоретического обучения, через проблемное проектирование» [2]. Здесь реализуется психолого-педагогический аспект: умение генерировать идеи и принимать решения, реализовывать стратегии самопознания и самодиагностики, рациональное использование времени, умение мыслить и работать в соответствии с целями.

Этап 1. Обзорная лекция - ввод базовых понятий, круга вопросов и теоретических положений. Ставится задача с индивидуальными вопросами и данными. Этап 2. При решении поставленной задачи у магистрантов с неизбежностью возникают проблемы, обусловленные недостатком теоретических знаний. Формулируются проблемные вопросы и предлагаются пути их разрешения (в формате индивидуальной защиты презентации). Этап 3. Дискуссионное занятие разрешает ситуацию, при которой множество разрозненных вопросов сводятся в одну существенную и одинаковую для всех проблему. Взаимодействие в учебной дискуссии

строится на содержательно направленной самоорганизации, то есть обращении магистрантов друг к другу и к преподавателю для углубленного и разностороннего обсуждения учебного вопроса, проблемы, полученных результатов. Дискуссия эффективна для закрепления и творческого осмысления изученного материала, формирования устойчивого знания и ярче всего проявляется в формулировке выводов. Этап 4. Преподаватель проводит лекцию-консультацию: освещает теоретические вопросы, корректирует варианты решений. Итогом изучения модуля становится системная теория, соответствующая содержанию поставленной задачи, построенная в нисходящую иерархическую структуру решения проблем от сложного к простому. Скорость практической реализации проекта зависит от равномерности его исполнения, определяемой разными мотивационными установками, развитостью предшествующих компетенций. По результатам выполнения теоретической и практической части, магистранты представляют итоговую презентацию с основными результатами и текстовый документ с подробным теоретическим обоснованием, результатами и анализом расчетов, программным продуктом.

В связи с тем, что многие магистранты совмещают процесс обучения с работой, индивидуальные задания ими выполняются вне аудитории с возможностью получить консультацию у преподавателя в онлайн формате, по предварительной договоренности. Формат «панельной дискуссии» реализуется в аудитории на основе подготовленных магистрантами фрагментов презентаций. Последовательность докладов определяется близостью учебных вопросов с целью создания однородной предметной области. В задачи преподавателя входит оценка доклада и/или участия каждого в дискуссии, подведение итогов на текущий момент так, чтобы обучающиеся могли лучше сориентироваться в направлениях дальнейшего изучения, разработок и исследований. Одновременно, предлагается провести взаимооценивание учебных достижений каждого члена группы на основе заданных преподавателем критериев, с использованием семантической шкалы. Полученные модальные значения выставленных оценок учитываются персонифицировано при итоговом контроле, как правило, в сторону не ухудшения [3].

Заключение

Прорывное развитие цифровых технологий возможно, если будет создана системно разработанная образовательная среда, основанная на современных, с высоким уровнем фундаментальности, программах подготовки профессиональных кадров. Рассмотренные аспекты актуализации содержания образования, базирующиеся на анализе программ подго-

товки инженерных кадров в магистратуре зарубежных и российских вузов, на многолетнем педагогическом опыте автора, могут быть использованы при совершенствовании образовательного процесса, в практической деятельности руководителей магистерских программ для IT-направлений.

Библиографические ссылки

1. *Mut-Puigserver M., Payeras-Capell`a M. M., Cabot-Nadal M. A.* Blockchain-Based Fair Certified Notifications / Lecture Notes in Computer Science 11025, 2018, PP. 20–37.

2. *Борисова Е. В.* Активные методы при формировании и оценке компетенций в магистратуре / Е.В.Борисова // Успехи современной науки и образования. 2016. т. 2. № 12. С.129-132

3. *Борисова Е. В.* Взаимное оценивание презентаций как педагогический прием в подготовке магистров //Сборник трудов научно-практической конференции «Актуальные проблемы качества образования в высшей школе». 18 апреля 2018, Тверь. Сборник трудов. С. 39-43.

УДК 378.147.88

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

М. В. Воронов

*Московский государственный психолого-педагогический университет, Москва,
Россия, mivoronov@yandex.ru*

Рассматривается проблема целостности информационно-математической подготовки студентов. Предлагается проект создания практико-ориентированной образовательной среды. Обсуждаются механизмы совершенствования информационно-математической подготовки.

Ключевые слова: образовательная среда; информатика; математика; моделирование; информационно-методическая подготовка.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF PROVIDING INFORMATION AND MATHEMATICAL TRAINING

M. V. Voronov

*Moscow State Psychological and Pedagogical University, Moscow, Russia,
mivoronov@yandex.ru*

The problem of integrity of information and mathematical training of students is considered. The project of creating a practice-oriented educational environment is proposed. The mechanisms of improving information and mathematical training are discussed.

Keywords: educational environment; computer science; mathematics; modeling; information and methodological training.

Введение

Решение большинства прикладных задач осуществляется сегодня с использованием электронно-вычислительной техники. При этом обычно реализуется следующая последовательность действий: разрабатывается описывающая изучаемый объект модель (чаще всего математическая), на ее основе строится алгоритм поиска решения поставленной задачи, затем он переписывается в кодах вычислительной машины (программы), которая обуславливает работу аппаратных средств в интересах поиска решения задачи.

Для подготовки деятельности на этой стезе реализуется множество специальных направлений подготовки, таких как: информатика, прикладная информатика, прикладная математика, математическое обеспечение и администрирование информационных систем и др. Более того, и при подготовке выпускников по огромному числу иных направлений (в первую очередь по всем техническим, технологическим и экономическим) ставится задача освоения ими компетенций, позволяющих осуществлять математическое моделирование на базе современных информационных технологий.

Таким образом, одним из наиболее востребованных задач подготовки современных специалистов становится их информационно-математическая подготовка.

Методология исследования

В большинстве вузов созданы отдельные кафедры: прикладной информатики и прикладной математики, в задачу которых входит информационно-математическая подготовка студентов. При этом они не только обеспечивают преподавание ряда соответствующих дисциплин на всех существующих в вузе направлениях подготовки, многие из них являются выпускающими, готовя прикладных информатиков и прикладников математиков.

Такое разделение кафедр в большинстве случаев вполне оправдано, поскольку основные объекты их внимания качественно различны. Кафедры прикладной информатики ориентированы на вопросы разработки и применения программно-технических комплексов и собственно компьютерных технологий. Кафедры прикладной математики основное внимание уделяют методам решения поставленных задач, ориентируясь, как правило, на использование информационных технологий.

В практической деятельности эти направления не только идут параллельно, но во все большей мере переплетаются и объединяются. В этой связи общим для этих двух направлений подготовки является достижение достаточно высокого уровня осознания студентами необходимости освоения процедур математического моделирования (построения модели и проведения с ее помощью решения поставленной задачи), как методологической базы своего профессионального образования в целом. Кроме того, подготовка и прикладников-математиков, и прикладников-информатиков (помимо чтения ряда одинаковых учебных дисциплин) осуществляется на основе ряда общих идей: использования средств вычислительной техники, тесной общности языковых аспектов, использования принципа редукционизма и др. [1].

Обучение по любому направлению высшего образования осуществляется в рамках соответствующего учебного плана, который представляет собой упорядоченную совокупность отдельных учебных дисциплин [2]. Изучение каждой из них преследует цель обеспечить получение законченного фрагмента образования будущего специалиста в некотором диапазоне изучаемых тем. Несмотря на то, что учебный план призван обеспечивать логическую связь отдельных дисциплин, в сознании обучающегося соответствующие им порции знаний, умений и навыков закрепляются как отдельные компоненты. Обеспечение системности образовательных программ является весьма важной организационно-методической задачей.

При этом каждый студент предпочитает уделять больше внимания одним дисциплинам и меньше другим, что также становится препятствием на восприятии учебного материала, как единого целого. Более того, после выпуска молодой специалист какое-то время будет выполнять весьма узкий спектр функций, что потребует разного уровня владения части полученных в вузе тех или иных знаний, умений и навыков.

Предпринимаемые попытки сформировать у обучающихся в достаточной мере целостное представление о своей будущей трудовой деятельности только за счет согласования содержания и порядка изучения дисциплин не приносят должного результата.

Снизить уровень этого противоречия, по крайней мере для ряда направлений подготовки, представляется возможным за счет расширения учебно-производственной среды, находясь в которой, студенты получают целостное представление о своей будущей профессиональной деятельности, причем в производственном, социально-коммуникативном и организационном аспектах. Такого рода намерения достаточно широко обсуждаются в рамках разработки теории формирования практико-ориентированной образовательной среды [3]. В настоящее же время представляется целесообразным переходить к разработке и реализации соответствующих проектов на практике. Одним из них является «погружение» студентов в среду их будущей профессиональной деятельности за счет активного участия в работе, например, студенческих конструкторско-производственных факультативов (СКПФ).

Для этого параллельно с освоением действующего учебного плана дополнительно, в рамках отводимого на самостоятельную работу времени, симитировав практико-ориентированную образовательную среду по данному направлению подготовки, предлагается организовать в ней ознакомление студентов с их предстоящей профессиональной деятельностью в целом и предоставить возможность более глубокого освоения ее отдельных компонентов, в частности. При этом целесообразно организо-

вать коллективную разработку крупного программно-технического комплекса, например, информатизации конкретной организации, с личным участием в решении конкретных задач, например, конструирование сайтов и баз данных, освоение и применение новых языков программирования, разработка моделей и методик разработки планов, также принятия обоснованных решений и т.п.). Иначе говоря, ставится цель: обеспечить студентам возможность погружения в качественно новую для них деятельностьную среду, в наиболее полной мере соответствующую их будущей специальности.

В рамках СКПФ студенты, главным образом в результате самоорганизации, формируют адекватную получаемой специальности рабочую среду, организуют и реализуют в ней деятельность в максимально возможной степени близкой по профилю выбранной конкретной организации (например, вуза, школы, фирмы, предприятия). При этом каждый из них может увидеть внутреннюю «кухню» своей будущей работы и «повариться» в ней, попробовав себя в различных ролях, а также получить опыт работы в коллективе, научиться преодолевать психологический барьер, обусловленный страхом перед встречей с незнакомой обстановкой, неуверенностью в достаточности своей теоретической подготовки, боязнью наказания за неверно сказанное слово или плохо невыполненную работу.

Успех реализации излагаемого проекта зависит от силы стимулирующих к этому факторов, в первую очередь от уровня самоорганизации студентов. Именно поэтому и создается среда, имитирующая деятельность коллектива, в котором им предстоит трудиться, при этом роль и место каждого участника выбирается им самим, исходя из его индивидуальных предпочтений.

Результаты исследования

Практика свидетельствует, что деятельность СКПФ целесообразно базировать на ряде следующих принципов:

- следование методологии системного подхода;
- воспроизведение максимально полного спектра функций, реализуемых специалистами данной области;
- самостоятельное выполнение лично или в соавторстве конкретных заданий, являющихся составной частью более общего задания;
- направленность на получение конкретного результата с непременным анализом его эффективности и последствий реализации;
- освоение на практике целесообразного поведения в производственном коллективе;

• взаимодействие студентов старших курсов со студентами младших курсов не только с целью развития СКПФ, но и получения опыта работы в неоднородном по составу коллективе, а также трансляции наследия предшественников;

внутренняя открытость процесса функционирования: участники проекта имеют доступ ко всей информации о деятельности СКПФ.

Итак, используя информационные технологии, создается практико-ориентированная образовательная среда, в которой в условиях совместной работы студенты учебной группы (потока) выполняют работы исследовательского, конструкторского и производственного характера. В процессе совместной деятельности они знакомятся с объектом и предметом труда, имеют возможность освоить многие компоненты своей будущей профессии. При этом формируются навыки взаимодействия между участниками проекта аналогичные тем, которые могут встретиться в их будущей профессиональной деятельности.

Библиографические ссылки

1. Кузнецова Л. Г. Междисциплинарные связи информатики и математики в подготовке современного специалиста. Омский научный вестник. 2006;5(39):227-230. Kuznecova LG. Mezhdisciplinarnye svyazi informatiki i matematiki v podgotovke sovremennogo specialista. Omskij nauchnyj vestnik. 2006;5(39):227-230. (In Russ)].

2. Онищенко Л. А., Матушкина И. Ю. Учебный план как основа организации учебного процесса. Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2015;3:10-117. [Onishchenko LA., Matushkina I.YU. Uchebnyj plan kak osnova organizacii uchebnogo processa. Vestnik PNIPU. Mashinostroenie, materialovedenie. 2015;3:110-117. (In Russ)].

3. Солянкина Л. Е. Практико-ориентированная образовательная среда как детерминант развития профессиональной компетентности будущего специалиста. Вестник ТГУ. 2010;11 (91):79 - 85. [Solyankina LE. Praktiko-orientirovannaya obrazovatel'naya sreda kak determinant razvitiya professional'noj kompetentnosti budushchego specialista. Vestnik TGU. 2010;11(91):79 - 85. (In Russ)].

О НЕОБХОДИМОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ МЕТОДИК ПРЕПОДАВАНИЯ С УЧЕТОМ НОВЫХ ВЫЗОВОВ, ПОРОЖДАЕМЫХ ГЛОБАЛЬНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИЕЙ

А. С. Девицын¹⁾, С. А. Барвенков²⁾

^{1), 2)} *Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,
¹⁾dziavitsyn@bsu.by, ²⁾barvenov.sa@gmail.com*

В докладе приведен обзор педагогических проблем, возникших под влиянием цифровизации и трансформации коммуникаций.

Авторами обозначены и обоснованы новые проблемы педагогики и профессионального обучения, назревающие в последний год в связи с развитием систем искусственного интеллекта.

Предложены возможные решения проблем, которые возникают в настоящем и приобретут актуальность в ближайшем будущем.

Ключевые слова: цифровизация; педагогика; методики преподавания; интернет; искусственный интеллект; ChatGPT.

ON THE NECESSITY OF TRANSFORMING TEACHING METHODOLOGIES IN LIGHT OF NEW CHALLENGES GENERATED BY GLOBAL DIGITALIZATION

A. S. Dziavitsyn¹⁾, S. A. Barvenov²⁾

^{1), 2)} *Belarussian state university, Belarus, Minsk,
¹⁾dziavitsyn@bsu.by, ²⁾barvenov.sa@gmail.com*

The report provides an overview of pedagogical problems that have arisen under the influence of digitization and communication transformation.

The authors identify and justify new problems in pedagogy and professional education that have emerged in the last year due to the development of artificial intelligence systems.

Possible solutions to current and future problems are proposed.

Keywords: digitization; pedagogy; teaching methods; internet; artificial intelligence; ChatGPT.

Введение

С развитием интернета произошла революция в коммуникациях и способах получения информации, что привело к кардинальным измене-

ниям в нашей жизни. Ранее люди получали информацию из традиционных источников, таких как газеты, радио и телевидение, а коммуникации проходили через письма, телефонные звонки и личные встречи. Однако, сейчас все изменилось. Интернет предоставил нам возможность получать информацию с любого устройства, подключенного к сети, что дало нам свободу выбора и доступ к неограниченному объему информации.

Большинство из нас уже не покупает газеты или не смотрит телевизор, а получает информацию из интернета. Это привело к появлению новых форматов контента, таких как блоги, подкасты и влоги (видеоблоги), которые дали возможность каждому человеку стать издателем и создавать контент для других людей. Благодаря этому мы можем получать информацию от людей, которые не имеют отношения к традиционным СМИ, но считают, что им есть что сказать.

Кроме того, интернет изменил способы коммуникации. Мы можем общаться с людьми по всему миру через социальные сети, мессенджеры, электронную почту и видеоконференции. Мы можем работать удаленно, общаться с коллегами и студентами через интернет. Это дало нам большую свободу и гибкость в нашей работе и личной жизни.

Интернет предоставил множество возможностей, однако он также породил ряд проблем, которые необходимо учитывать. Среди них можно выделить следующие:

- Зависимость от интернета. Многие пользователи проводят слишком много времени в интернете, что может привести к зависимости и социальной изоляции. В результате недавних исследований в странах СНГ установлено, что модель немедицинской зависимости от смартфона идентична структуре медицинских зависимостей от наркотиков и алкоголя. Также было установлено наличие фактора “страха отказа” от использования смартфона. [1] Исследования в других странах, подтверждают нарастание “синдрома упущенной выгоды” (FOMO), что усугубляет зависимость от смартфона. [2]

- Распространение непроверенной информации. Интернет дает возможность любому человеку создавать и распространять контент, что может привести к распространению непроверенной или дезинформационной информации. Исследование Калифорнийского университета в Беркли показало, что люди склонны распространять непроверенную информацию, которая соответствует их убеждениям, даже если они знают, что она ложная. При этом слухи и фейки распространяются значительно быстрее. [3]

- Кибербуллинг. Интернет стал местом для кибербуллинга, когда люди используют онлайн-платформы для угнетения других людей. Согласно отчету детского фонда ООН (UNICEF), кибербуллинг может при-

вести к серьезным последствиям для здоровья, таким как депрессия, тревога, суицидальные мысли и поведение. По результатам опроса в 30 странах, более трети молодых людей сталкивались с кибербуллингом [4].

- Влияние на здоровье. Использование компьютеров и смартфонов может привести к проблемам со здоровьем, таким как бессонница, головная боль, депрессия и проблемы со зрением [1, 5, 6].

Выявленные ранее проблемы и их решение

В современном мире интернет-технологии стали неотъемлемой частью жизни людей, особенно молодого поколения. Однако, по нашему мнению, бесконтрольное и бездумное использование интернета может оказать негативное влияние и на процесс обучения. Исследования показывают, что интернет может снижать способность к анализу и критическому мышлению [7]. Кроме того, известно о негативном влиянии на концентрацию, внимание, память и процессы мышления.

Молодым людям сложнее учиться из-за большого количества поверхностной и псевдонаучной информации в интернете. Некорректное использование этой информации может привести к развитию нарушений когнитивных способностей, что затрудняет ее оценку и обработку. В результате страдают процессы осмысления и синтеза знаний, а также развитие навыков анализа и критической оценки информации.

Принятие любой информации из интернета "по умолчанию" может привести к снижению интереса к системному изучению предмета, так как это требует больших усилий, много времени и концентрации [8]. И что является еще более опасным - они таким образом могут получать недостоверную, методологически неверную информацию и формировать ошибочные выводы.

В настоящее время в области педагогики применяются различные методики, направленные на снижение негативного влияния интернет-технологий и адаптацию материала и его подачи к формату, с которым молодые люди привыкли работать. Среди них можно выделить следующие методики:

- Развитие критического мышления
- Развитие информационной грамотности
- Мультимедийное обучение
- Обучение через игры
- Обучение с помощью социальных сетей
- Обучение с помощью онлайн-курсов
- Обучение с помощью видеуроков

Целью всех перечисленных методик является повышение эффективности обучения и адаптации к новым технологиям, что способствует более успешной подготовке молодого поколения к будущей профессиональной деятельности.

Новые проблемы ближайшего времени

В последние два года возникли новые проблемы, связанные с быстро развивающимися методами генеративного искусственного интеллекта, которые значительно усложняют ситуацию в образовании. Новые системы, такие как ChatGPT, Bing AI и Alpacas, способны генерировать изображения, обрабатывать и генерировать текст, писать статьи, находить и обозначать логические и тематические связи в любом материале, а также доказывать теоремы и писать программный код. Эти мощные инструменты предназначены для экономии времени и повышения эффективности работы образованных и развитых людей. Но для студентов они начали представлять причину отсутствия мотивации к учебе. Благодаря возможности быстро получить ответ на любой вопрос и "решить" любую задачу без приложения усилий, студенты могут быть склонны к отсутствию учебной активности [8].

Развитие систем, использующих искусственный интеллект, создает проблему оценки работ студентов. Эта проблема заключается в том, что студенты могут использовать эти технологии для создания профессионально выглядящих работ, которые не являются результатом их собственного творческого процесса. Некоторые студенты могут использовать генеративные системы ИИ для создания работ, которые выглядят красиво и оригинально, но не отражают их собственного творческого потенциала. Более того, в некоторых случаях генерируемые ИИ работы могут содержать неполную или неверную информацию. Это может создать проблемы для читателей, не являющихся экспертами в узкой области знаний. В будущем сервисы по поиску плагиата смогут распознавать тексты, сгенерированные ИИ по косвенным признакам. Однако, в настоящее время, необходимо проводить самостоятельное исследование работы на предмет плагиата. В связи с этим департамент образования Нью-Йорка запретил использование ChatGPT в государственных школах, объяснив это тем, что этот инструмент не развивает навыки критического мышления и решения проблем, необходимые для успеха в учебе и на протяжении всей жизни. Подобное решение поддержали и приняли в своих регионах многие департаменты образования США, например Лос-Анджелес, Балтимор, Вашингтон [9].

Еще одной проблемой развития ИИ является сокращение рабочих мест и рост квалификационных требований по некоторым профессиям, в частности в ИТ. Это несомненно скажется на системе высшего образования, так как просто некоторых навыков и умения “писать код” уже недостаточно — это ИИ может делать без участия человека. Что неминуемо будет снижать оплату труда и спрос на специалистов низкого-среднего уровня. В ИТ будет возрастать спрос на специалистов высокого уровня - системных архитекторов, аналитиков, исследователей, специалистов в ИИ, и универсальных программистов. То есть в тех ролях, которые невозможно заменить ИИ и где важен аналитический синтез решений и новых знаний.

Понимание описанных выше проблем в области образования и профессиональной подготовки подчеркивает необходимость уделять большее внимание базовым принципам и фундаментальным знаниям в процессе обучения. Они должны служить ориентирами и каркасом, на котором студенты могут строить свои знания и навыки в дальнейшей самоподготовке. С учетом быстрого развития технологий, специализированные навыки быстро устаревают и могут потерять свою ценность. В то же время, методологические и базовые принципы остаются постоянными и неизменными со временем.

Кроме этого, необходимо внедрять и широко использовать педагогические методы и подходы направленные на развитие мышления, и в частности, анализа и синтеза у студентов. Необходимо добиваться понимания фундаментальных основ у студентов, и требовать их личные аналитические выводы, по теме при оценивании заданий.

Приведем несколько современных методов, направленных на развитие мышления и синтеза знаний у студентов:

- "Мозговой штурм". Это метод, который используется для генерации идей и решения проблем. Суть метода заключается в том, что группа людей генерирует как можно больше идей по определенной теме без критики и оценки.

- "Дерево проблем". Это метод, который используется для анализа проблемы и ее компонентов. Суть метода заключается в том, что проблема представляется в виде дерева, где корень — это сама проблема, а ветви - это ее компоненты.

- "SWOT-анализ". Это метод, который используется для анализа сильных и слабых сторон, возможностей и угроз. Суть метода заключается в том, что анализируются внутренние и внешние факторы, которые могут повлиять на успех проекта или компании.

- "Матрица принятия решений". Это метод, который используется для принятия решений на основе важности и вероятности. Суть метода

заключается в том, что каждый вариант решения оценивается по двум критериям - важности и вероятности.

- "Дизайн-мышление". Это метод, который используется для создания инноваций и решения проблем. Суть метода заключается в том, что команда работает над конкретной проблемой, используя различные техники и инструменты, чтобы создать новые идеи и решения.

Заключение. Выводы и предложения.

В заключении следует отметить, что технологическая эволюция неизбежна. Если ранее человечество создавало инструменты для адаптации окружающего мира и улучшения его управляемости, то современные инструменты трансформируют методы получения и обработки информации, а также наши мыслительные процессы. Эти системы уже превосходят людей по скорости и объему обрабатываемой информации. Все это создает новые вызовы для педагогики и системы образования. От эффективности адаптации образования под новые условия будет зависеть дальнейшее развитие общества и человечества как биологического вида.

Учитывая ускорение развития ИИ и интернет-технологий, необходимо начинать принятие мер по адаптации системы образования и обновление принятых у нас методик преподавания под новые вызовы:

- Регламентировать использование ИИ и интернета как источника информации в обучении.

- Разработать систему оценки письменных работ, которая позволит качественно определять степень вклада студента.

- Ввести в программу обучения курсы по обучению студентов безопасному и эффективному использованию ИИ и интернета в качестве дополнительного источника учебного материала.

- Пересмотреть текущие учебные программы для уделения большего внимания фундаментальным знаниям по предмету, развитию общих аналитических навыков и мышления, и выработки умения работы с информацией и ее критической оценки.

Библиографические ссылки

1. Шейнов В. П., Девыцын А. С. Факторная структура модели зависимости от смартфона // Институт психологии Российской академии наук. Социальная и экономическая психология. 2021. Т. 6. № 3 (23). С. 174-197. DOI: 10.38098/ipran.sep_2021_23_3_07 (Дата обращения 20.03.2023)

2. Elhai JD, Yang H, Fang J, Bai X, Hall BJ. Depression and anxiety symptoms are related to problematic smartphone use severity in Chinese young adults: Fear of missing

out as a mediator. // *Addict Behav.* 2020 Feb;101:105962. DOI: 10.1016/j.addbeh.2019.04.020. (Дата обращения 20.03.2023)

3. *Soroush Vosoughi, Deb Roy, Sinan Aral* The spread of true and false news online // *SCIENCE* Vol. 359 Issue 6380, 9 March 2018

4. UNICEF poll: More than a third of young people in 30 countries report being a victim of online bullying. // UNICEF 2020 (Дата обращения 20.03.2023)

5. *Шейнов В. П., Девыцын А.С.* Личностные свойства и состояние здоровья у страдающих зависимостью от смартфона // Институт психологии Российской академии наук. Социальная и экономическая психология. 2021. Том 6. No 1(21). С.171-191. DOI: 10.38098/ipran.sep.2021.21.1.007 (Дата обращения 20.03.2023)

6. *Шейнов В. П., Девыцын А. С.* Взаимосвязи зависимости от социальных сетей с психическими состояниями и свойствами ее жертв // Герценовские чтения: психологические исследования в образовании. 2021. Выпуск 4. DOI: 10.33910/herzenpsyconf-2021-4-71 (Дата обращения 20.03.2023)

7. *Small, G. W., Moody, T. D., Siddarth, P., Bookheimer, S. Y., & Lee, A.* (2009). Your Brain on Google: Patterns of Cerebral Activation during Internet Searching. // *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 17(2), 116-126. DOI: 10.1097/JGP.0b013e3181953a02 (Дата обращения 20.03.2023)

8. *Luckin R.* Artificial Intelligence and the Future of Education // *Journal of Learning Analytics*, vol. 3, no. 1, Spring 2016, pp. 94-98.

9. *Shen-Berro J.* New York City schools blocked ChatGPT. Here's what other large districts are doing // Chalkbeat NY (Essential education reporting in New York), 7.03.2023 <https://www.chalkbeat.org/2023/1/6/23543039/chatgpt-school-districts-ban-block-artificial-intelligence-open-ai> (Дата обращения 20.03.2023)

**АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ
ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОГРАММЕ
МАГИСТРАТУРЫ 01.04.01. МАТЕМАТИКА**

Е. И. Деза¹⁾, О. И. Стесева²⁾

^{1), 2)} *Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия,*
¹⁾*elena.deza@gmail.com,* ²⁾*steseva_oi@rambler.ru*

В статье рассмотрены проблемы, связанные с отбором содержания фундаментальной математической подготовки студентов по программам магистратуры 01.04.01 Математика. Проанализированы методические возможности специальных числовых множеств. Проведен дидактический анализ понятия «факториал». Охарактеризована роль факториала в решении задач комбинаторики, алгебры, математического анализа. Рассмотрены алгоритмы вычисления факториалов больших чисел, представляющие собой важную часть вычислительной математики. Выделены методические возможности задач, связанных с факториалом. Даны рекомендации по использованию задач такого рода в образовательном процессе.

Ключевые слова: специальные числа; факториал; формула Стирлинга; вычислительные алгоритмы; фундаментальная математическая подготовка студентов.

**CURRENT AREAS OF FUNDAMENTAL TRAINING
OF STUDENTS UNDER THE MASTER'S PROGRAM
01.04.01. MATHEMATICS**

E. I. Deza¹⁾, O. I. Steseva²⁾

^{1), 2)} *Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia,*
¹⁾*elena.deza@gmail.com,* ²⁾*steseva_oi@rambler.ru*

The article discusses some problems associated with the selection of the content of fundamental mathematical training of students in master's programs 01.04.01 Mathematics. Methodical possibilities of special numerical sets are analyzed. A didactic analysis of the concept «factorial» is carried out. The role of factorial in solving of problems of combinatorics, algebra, mathematical analysis is characterized. Algorithms for calculating factorials of large numbers, which are an important part of computational mathematics, are considered. Methodical possibilities of factorial-related tasks are highlighted. Recommendations are given on the use of tasks of this kind in the educational process.

Keywords: special numbers; factorial; Stirling's formula; computational algorithms; fundamental mathematical training of students.

Введение

Требования, предъявляемые сегодня к подготовке специалистов, конкурентоспособных в условиях цифрового общества, предусматривают постоянное обновление списка имеющихся образовательных программ, расширение диапазона их возможностей с учетом современных реалий.

Это в полной мере относится и к подготовке магистрантов механико-математических и IT-специальностей.

В частности, разрабатывая новые образовательные программы магистратуры в рамках направления 01.04.01 Математика, мы должны учитывать необходимость полноценной подготовки обучающихся не только в области фундаментальных разделов математической науки, но и в рамках современных прикладных аспектов.

Такой подход требует обновления содержания образования, поиска новых объектов, изучение которых будет максимально отвечать поставленной двуединой задаче.

Так, в 2022 году в Институте математики и информатики Московского педагогического государственного университета был открыт прием на новую программу магистратуры 01.04.01 Математика, направленность «Математические основы цифровых технологий».

Основная цель программы – предоставление студентам возможности получить глубокие фундаментальные знания в области теоретической математики, приобрести навыки и опыт как научно-исследовательской, так и преподавательской деятельности, познакомиться с математическими основаниями и практикой использования современных методов математического моделирования дискретных процессов. Таким образом, программа призвана решать в комплексе три задачи:

- фундаментальная математическая подготовка
- готовность к преподавательской деятельности
- владение современными прикладными инструментами [1].

Опыт работы по поиску тематики, соответствующей поставленным целям, позволил утверждать, что богатейшим источником актуальных задач являются *специальные числа (числа Мерсенна и Ферма, фигурные числа, совершенные и дружественные числа и др.)* [2].

В данной работе мы подробно остановимся на возможностях использования в образовательном процессе *факториальных чисел*.

Теоретические основы исследования

Факториал (лат. *factoriali* - производящий, умножающий) $n!$ натурального числа n определен как произведение всех натуральных чисел от единицы до n ; кроме того, факториал нуля принято считать равным единице. Таким образом, $n! = 1 * 2 * ... * n$, где n – натуральное число, и $0! = 1$. Факториал активно используется в различных разделах математики: комбинаторике, алгебре, теории чисел, математическом анализе и др. В комбинаторике факториал натурального числа n выражает число P_n перестановок множества, состоящего из n различных элементов. С помощью факториалов строятся и явные формулы для всех классических комбинаторных соединений. С точки зрения алгебры, факториал $n!$ натурального числа n - это прежде всего число подстановок n различных элементов, другими словами, число членов *симметрической группы* S_n .

Для элементарной теории чисел факториал интересен с точки зрения его *разложения на простые множители*; соответствующая формула, использующая свойства функции «целая часть числа», хорошо известна в арифметике. Широко используется факториал и для исследования поведения простых чисел. Так, для доказательства одного из краеугольных фактов теории простых чисел, именно, утверждения о том, что *в натуральном ряду существуют сколь угодно длинные промежутки, не содержащие простых чисел*, достаточно убедиться в том, что последовательные натуральные числа $n! + 2, n! + 3, \dots, n! + n$ являются составными.

Хорошо известна и роль факториала при построении одного из классических доказательств *бесконечности множества простых чисел*. Для аналитической теории чисел, как и для математического анализа, факториал интересен с точки зрения его аналитических свойств, асимптотического поведения и возможных обобщений. Так, хорошо известно, что факториал является чрезвычайно быстро растущей функцией. В частности, он растёт быстрее, чем любая показательная функция. *Формула Стирлинга*

$$n! \approx \sqrt{2\pi n} \left(\frac{n}{e}\right)^n$$

позволяет составить достаточно полное представление о скорости указанного роста [2].

Рассматривая *историю вопроса*, можно убедиться в том, что факториальные конструкции использовались уже в ранних комбинаторных исследованиях. Важным этапом стало открытие упомянутой выше формулы Стирлинга (1730). Д. Стирлинг подробно исследовал свойства факто-

риала, описал несколько возможных путей обобщения указанного понятия на множество действительных чисел. Однако полное решение указанной проблемы было найдено Л. Эйлером; в 1729-1730 годах он ввел понятие *гамма функции*.

Сегодня факториалы не потеряли актуальности, а, напротив, даже расширили поле своего применения. Помимо перечисленных выше классических проблем, следует отметить, как минимум, два новых направления.

Во-первых, с каждым годом ширится список рассматриваемых аналогов и обобщений понятия «факториал». Среди них: *двойной факториал*; *убывающий и возрастающий факториалы*; *суперфакториал* (произведение последовательных факториалов от $1!$ до $n!$); *субфакториал* $!n$ (число беспорядков порядка n , то есть перестановок n -элементного множества, не содержащих неподвижных элементов) и др. Каждый из указанных объектов обладает широким спектром свойств, многочисленными приложениями, тесными связями с классическими задачами «на факториал», с различными классами специальных чисел (*числа Стирлинга, числа Белла, числа Ла*) и могут быть использованы при организации учебно-исследовательской деятельности студентов. [3]

Во-вторых, представляют интерес современные *алгоритмы вычисления факториалов больших чисел*, связанные с приемами динамического программирования, функционального программирования, мемоизации, проблемами сложности вычислений, а также их компьютерная реализация/ Изучение соответствующей теории и практических программных подходов полезно и с точки зрения классической математики, и для ее приложений [3].

Результаты и выводы

Таким образом, можно утверждать, что углубленное знакомство с понятием «факториал» может оказаться полезным обучающимся на любом образовательном уровне, в том числе на уровне магистратуры. С одной стороны, с данным математическим объектом все хорошо знакомы. С другой стороны, проведенный нами анализ показывает, что теория и практика использования факториала в чистой математике и ее приложениях настолько богаты и обширны, что не вызывает сомнения методическая целесообразность их использования в образовательном процессе.

Знакомство с теми или иными вопросами теории факториальных чисел, их аналогов, обобщений и практических применений будет способствовать повышению уровня профессиональной компетентности бу-

дущего специалиста, позволит расширить и обогатить имеющуюся у него систему фундаментальных и прикладных знаний [3].

Наиболее приемлемой формой такой работы является учебно-исследовательская работа студентов в рамках подготовки магистерских диссертаций. Безусловно, был бы крайне полезен и востребован специальный курс, посвященный указанной тематике, но пока разработка такого курса находится лишь на начальной стадии.

Библиографические ссылки

1. *Деза Е. И., Котова Л. В.* Введение в криптографию: Теоретико-числовые основы защиты информации. М: ЛЕНАНД, 2018. 376 с.
2. *Деза Е. И.* Специальные числа натурального ряда. М.: URSS, 2010. 240 с.
3. *Деза Е. И.* Индивидуальные траектории предметной подготовки учителя математики в системе вариативного образования. М.: Прометей, 2011. 239 с.

ИЗ ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Н. А. Иванова¹⁾, О. В. Кубанских²⁾

^{1), 2)} Брянский государственный университет им. ак. И.Г. Петровского, Россия,
Брянск, ¹⁾ivanova_natala@mail.ru, ²⁾netbay_ov@mail.ru

Цифровизация не только влияет на качество образования в более широком понимании, но и позволяет использовать только те навыки и знания, которые нужны на рынке труда. В статье представлены подходы к использованию цифровых инструментов в образовательном процессе в условиях реализации основных профессиональных образовательных программ бакалавриата, специалитета и магистратуры.

Ключевые слова: цифровые инструменты; цифровизация; цифровое образование.

FROM THE EXPERIENCE OF INTRODUCING DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE IMPLEMENTATION OF EDUCATIONAL PROGRAMS

N. A. Ivanova¹⁾, O. V. Kubanskikh²⁾

^{1), 2)} Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education
«Bryansk State Academician I.G. Petrovski University»,
Russian Federation, Bryansk, ¹⁾ivanova_natala@mail.ru, ²⁾netbay_ov@mail.ru

Digitalization not only affects the quality of education in a broader sense, but also allows you to use only those skills and knowledge that are needed in the labor market. The article presents approaches to the use of digital tools in the educational process in the context of the implementation of the main professional educational programs of bachelor's degree, specialty, and master's degree.

Keywords: digital tools; digitalization; digital education.

Введение

Развитие цифровой экономики должно опираться на широкий спектр профессиональных компетенций, связанных с цифровыми технологиями, которые можно получить в рамках образовательных программ. Актуальным становится вопрос о формировании у студентов профессиональных компетенций, необходимых для успешной деятельности в условиях цифровой экономики.

Внедрение цифровых инструментов и сервисов в образовательную траекторию реализации основной профессиональной образовательной программы (далее – ОПОП) позволит улучшить качество подготовки выпускников и их конкурентоспособность на рынке труда.

Материалы исследования

Образовательные учреждения активно внедряют в образовательный процесс цифровые технологии, которые позволяют студентам получить доступ к обучающим материалам, а преподавателям – к интерактивным формам взаимодействия с ними.

Министерством образования и науки РФ были определены единые для всех направлений подготовки бакалавриата и магистратуры формулировки универсальных компетенций. В процессе обучения студенты развивают свои аналитические, организационные, коммуникативные, презентационные, креативные и другие способности. Развитие цифровой компетентности следует рассматривать как один из приоритетов образовательной политики в сфере подготовки специалистов для цифровой экономики.

В ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» подготовка бакалавров, специалистов и магистров проводится по широкому спектру естественнонаучных и технических специальностей.

Студенты могут приобретать опыт практического использования цифровых инструментов уже с младших курсов. В обязательную часть учебных планов реализуемых образовательных программ всех аккредитованных направлений подготовки включен Модуль "Введение в информационные технологии". В него входят дисциплины «Основы информационных технологий» (1 курс обучения) и «Профильное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности» (2-3 курсы обучения).

Прикладной (практической) составляющей этих дисциплин уделяется особое внимание: увеличен объем контактной работы (практических и лабораторных работ), к занятиям привлекаются ведущие ИТ-специалисты в рамках сотрудничества с предприятиями-партнерами [1]. Это позволяет проводить во время занятий разбор реальных кейсов, переключаться с теории на практическое закрепление материала, тем самым студенты приобретают умения по решению практических задач с применением конкретных цифровых инструментов.

Студенты осваивают принципы работы с цифровыми инструментами, а также применяют их на практике. На занятиях обучающиеся вы-

полняют практические работы на компьютере, используют программы-тренажеры, программы моделирования и проектирования.

Совместно с традиционными способами организации учебного процесса всё чаще при обучении используют неформальные цифровые методы: просмотр материалов с видеохостингов в общественном транспорте, использование онлайн-словарей в путешествиях, применение мобильных приложений для отработки навыков и т.д. [2]. Такой подход позволяет студентам пополнить свой багаж знаний с помощью цифровых технологий, приобретая новые знания и умения, и, как следствие, повысить самооценку и уверенность в своих силах.

Общее отношение большинства преподавателей вуза к растущей значимости цифровых инструментов и ресурсов в профессиональной деятельности положительное. По мнению профессорско-преподавательского состава, цифровое образование в вузе должно опираться на использование современных инструментов и технологий, которые будут способствовать как повышению качества образования, так и повышению профессионализма самих педагогов. Ежегодно преподаватели вуза проходят курсы повышения квалификации, направленных на повышение профессиональной компетентности по использованию информационных технологий в образовательном процессе.

Результаты и их обсуждение

Перечислим некоторые востребованные в работе преподавателей цифровые инструменты при организации образовательного процесса.

Основной целью Электронной информационно-образовательной среды «ЭСО БГУ», развернутой на открытой платформе Moodle, является «информационное обеспечение образовательного процесса в соответствии с требованиями к реализации образовательных программ университета; создание на основе современных информационных технологий площадки для коммуникации между работниками и обучающимися; проведение всех видов процедур оценки результатов обучения» [3].

Среди основных средств коммуникации между участниками образовательного процесса акцент сместился от электронных писем к онлайн мессенджерам (Viber, Telegram, WhatsApp, Discord, ВКонтакте).

При организации онлайн вебинаров и онлайн-встреч используется встроенный в ЭСО БГУ модуль BigBlueButton или сервисы Zoom, Skype, Webinar Meetings, Pruffme.

Важным фактором в повышении эффективности восприятия учебного материала и уровня его усвоения является применение технологий мультимедиа, которые позволяют использовать различные виды нагляд-

ности (текст, рисунки, анимацию, звук, видео). Данная технология позволяет значительно увеличить объем предоставляемой информации, учесть когнитивные особенности студентов, и, как следствие, сделать учебный процесс более эффективным и интересным, что положительно сказывается на качестве обучения.

Проведение лабораторных и практических работ на базе виртуальных лабораторий и компьютерных тренажеров позволяют получить опыт экспериментального исследования, помогают понять природу явлений, которые не могут быть изучены с помощью традиционных методов лабораторного эксперимента. В частности, они помогают изучать явления, описываемые законами механики, физики, химии, биологии и т.д. Система виртуализации в рамках образовательного процесса позволяет имитировать реальные производственные ситуации полностью или с некоторой долей допущения.

Быстро развивающиеся возможности VR&AR технологий становятся эффективным инструментом получения образования и/или совершенствования имеющихся навыков [4]. Технологии виртуальной и дополненной реальности позволяют смоделировать множество ситуаций, возникающих в реальной трудовой деятельности, и выступают в качестве инструмента, позволяющего овладеть различными видами деятельности в виртуальной среде, а также в качестве самостоятельного инструмента для более глубокого погружения в изучаемую дисциплину и повышения качества усвоения материала. Например, моделирование различных производственных ситуаций, изучение способов действий в них, отработка навыков в выполнении определенных операций, действий, приемов, процедур.

Тренажеры с использованием виртуальной и дополненной реальности становятся не только средством обучения, но и способом саморазвития, могут послужить основой для создания виртуальных пространств, которые в будущем могут стать неотъемлемой частью образовательной среды.

Заключение

Цифровизация, как один из наиболее интенсивно развивающихся процессов в экономике, не только влияет на качество образования в более широком понимании, но и позволяет использовать только те навыки и знания, которые нужны на рынке труда.

Для успешного внедрения цифровых технологий в учебный процесс необходимо обеспечить условия для формирования устойчивой цифровой инфраструктуры образовательного учреждения, создать условия для

эффективной интеграции цифровых инструментов обучения в образовательный процесс.

Библиографические ссылки

1. *Иванова Н. А.* Проектно-исследовательская деятельность студентов как форма взаимодействия с бизнес-сообществом / Н. А. Иванова, О. в. Кубанских, Е. В. Елисеева // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации : Сборник научных трудов материалов Девятой открытой Всероссийской конференции, Москва, 19–20 мая 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИС-Публишинг", 2022. – С. 279-280.

2. *Иванова Н. А.* Цифровые инструменты и новые неформальные методы в образовательном процессе / Н. А. Иванова, О. В. Кубанских // Теоретические и прикладные аспекты естественнонаучного образования в эпоху цифровизации : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Брянск, 21–22 апреля 2022 года. – Брянск: Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, 2022. – С. 15-17.

3. Положение об электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://brgu.ru/sveden/education/docs/normativnie/Polozenie_o_EIOS.pdf .

4. *Иванова, Н. А.* Возможности VR&AR технологий для расширения сферы образовательных услуг / Н. А. Иванова, О. В. Кубанских, Д. А. Погоньшева // Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов : Сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Москва, 13 мая 2022 года / Редколлегия: Л.К. Гуриева [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 30-32.

AR ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ МЕДИАИНФОРМАЦИИ С ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ НА ТАРГЕТ-ССЫЛКУ

А. И. Калько¹⁾, О. Д. Хадарович²⁾

^{1), 2)} *Барановичский государственный университет, Беларусь, Барановичи,
lexa170594@mail.ru*

В данной статье рассматривается создание приложения с дополненной реальностью, которое находит применение в различных областях, включая бизнес. Для построения AR приложений необходимо отслеживать положение устройства, определять ключевые объекты на изображении и отслеживать их положение относительно каждого кадра видеоизображения, получаемого с камеры устройства.

Статья охватывает методологию исследования для создания и разработки приложения с дополненной реальностью, которая включает несколько этапов, таких как изучение теоретических основ, определение требований к приложению и его функциональности, разработка дизайна пользовательского интерфейса, создание виртуальных 3D-объектов, разработка приложения с использованием выбранной технологии для дополненной реальности, оптимизация приложения и запуск в эксплуатацию.

Ключевые слова: AR приложение; дополненная реальность; бизнес; положение устройства; ключевые объекты; видеоизображение; 3D-объекты.

AR APPLICATION FOR DISPLAYING MEDIA INFORMATION WITH TARGET LINK POSITIONING

A. I. Kalko¹⁾, O. D. Khadarovich²⁾

^{1), 2)} *Baranovichi State University, Belarus, Baranovichi, lexa170594@mail.ru*

This article discusses the development of an augmented reality application that finds applications in various fields, including business. To build AR applications, it is necessary to track the device's position, identify key objects in the image, and track their position relative to each frame of the video image obtained from the device's camera.

The article covers the research methodology for creating and developing an augmented reality application, which includes several stages such as studying theoretical foundations, defining application requirements and functionality, developing user interface design, creating virtual 3D objects, developing the application using the chosen technology for augmented reality, optimizing the application, and launching it into operation.

Keywords: AR application; augmented reality; business; device position; key objects; video image; 3D objects.

Введение

Дополненная реальность стала одной из самых перспективных технологий, которая находит применение в различных областях, включая бизнес. Для построения AR приложений необходимо отслеживать положение устройства, определять ключевые объекты на изображении и отслеживать их положение относительно каждого кадра видеоизображения, получаемого с камеры устройства. Ограничениями являются отсутствие дополнительных датчиков, кроме одной RGB камеры и инерциального измерительного устройства. Для распознавания изображений необходимо создать библиотеку изображений и добавить используемые для построения сцены изображения [1]. Затем нужно выбрать трехмерные модели для проецирования в реальном мире и настроить отслеживание изображений. Для более реалистичного размещения моделей в пространстве реального мира можно использовать распознавание плоскостей. Это позволяет сохранять информацию о обнаруженных плоскостях в реальном времени и использовать ее для коррекции местоположения трехмерных моделей.

Методология исследования / теоретические основы

Методология исследования для создания и разработки приложения с дополненной реальностью должна включать несколько этапов:

1. Изучение теоретических основ дополненной реальности и существующих технологий, позволяющих реализовать данную функциональность. Необходимо определить, какие инструменты будут использоваться для создания виртуальных объектов и их отображения в приложении.

2. Определение требований к приложению и его функциональности. В данном случае, это отображение логотипа вуза и приветственного слова ректора при наведении на таргет, а также отображение виртуальных 3D-объектов при обнаружении определённого изображения.

3. Разработка дизайна пользовательского интерфейса и определение основных сценариев использования приложения. Необходимо убедиться, что приложение будет интуитивно понятным и удобным для использования.

4. Создание виртуальных 3D-объектов, которые будут использоваться в приложении. Для этого может потребоваться использование специальных инструментов, таких как Blender или Unity.

5. Разработка приложения с использованием выбранной технологии для дополненной реальности. Необходимо провести тестирование приложения и убедиться, что оно работает корректно.

6. Оптимизация приложения и его оптимизация для улучшения производительности и сокращения времени отклика.

7. Запуск приложения в эксплуатацию и дальнейшее техническое сопровождение.

Теоретические основы для данной статьи включают изучение компьютерного зрения, обработки изображений, технологий дополненной реальности, графики и моделирования 3D-объектов [2]. Кроме того, важно изучить методы распознавания изображений и алгоритмы отображения виртуальных объектов на реальном изображении [3].

В статье рассмотрено созданное приложение приложения с дополненной реальностью демонстрации мультимедийных компонентов.

Необходимо реализовать:

–Отображение виртуального 3D-объекта (изображения) при обнаружении камерой устройства определённого изображения (таргета);

–Отображение виртуального 3D-объекта (видеоролика) при обнаружении камерой устройства определённого изображения (таргета);

–Отображение виртуального 3D-объекта при обнаружении камерой устройства определённого изображения (таргета).

Руководство пользователя разработанного приложения для исследования

Приложение разработано для системы Android. Итоговый размер приложения составляет 38.3 МБ. Устанавливаем файл «Ar android App.apk» на устройство, работающее на Android.

После получения прав доступа к камере приложения готово к работе. При обнаружении таргета приложением в поле действия камеры устройства, на месте этого таргета на экране отобразится другое изображение, короткий видеоролик, 3D-объект машины.

После запуска приложения на экране появится изображение с камеры устройства. Наведём камеру устройства на таргет, после чего на экране отобразится другое изображение, короткий видеоролик, 3D-объект машины. Таргетом также будет считаться чёрно-белая (и любой другой цветовой гаммы) версия изображения, так приложения реагирует лишь на геометрию объектов, изображённых на таргете. Если в поле видимости камеры приложение не находит таргет, то ничего отобразено не будет.

При наведении на герб БарГУ, представленный на рисунке 1 появится короткометражное видео, представленное на рисунке 2. При наведении на картинку, представленную на рисунке 3, появится модель машины. Результат представлен на рисунке 4.



Рис. 1. Изображение таргет



Рис. 2. Отображение короткометражного ролика при (последний кадр) обнаружении приложением таргета



3D ОБЪЕКТ

Рис. 3. Изображение таргет



Рис. 4. Отображение 3D-объекта машины при обнаружении приложением таргета

Заклучение

Коммерческий рост технологии AR поразителен. Ей, в отличие от виртуальной реальности, необязательно опираться на специализированное аппаратное обеспечение и громоздкие устройства. Технология прекрасно работает на самом массовом носимом девайсе — смартфоне.

В результате выполнения научной работы было разработано мобильное приложение с дополненной реальностью в Unity на языке C#, которое включает в себя замену изображения триггера на другое изображение, короткий видеоролик, 3D-объект.

Библиографические ссылки

1. *Калько, А. И.* Программный продукт для распознавания растительности по некоторым видам и подвидам / А. И. Калько, Д. И. Яроцкий // "Новатор-2020" : материалы II Баранович. науч.-образоват. форума (Барановичи, 25 сент. 2020 г.) / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, [ред. кол.: В. В. Климук (гл. ред.) и др.]. – Барановичи, 2020. – С. 147–149.

2. *Ананько, А. В.* Распознавание контуров объектов и образов на изображении / А. А. Ананько, А. И. Калько // Наука – практике : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 13 мая 2021 г. : в 3 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, редкол.: В. В. Климук (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи : БарГУ, 2021. – Ч. 1. – С. 7–9.

3. *Бобко, М. И.* Сетевая архитектура распознавания образов для определения людей с лишним весом / М. И. Бобко, А. И. Калько // Инновации. Интеллект. Культура : материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 435-летию основания г. Тобольска, году Даниила Чулкова в г. Тобольске, Тобольск, 22 апреля 2022 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 138-141.

УДК 51 (075.8)

**ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА СТУДЕНТАМ БГУ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОИНФОРМАТИКА»**

Н. И. Карпович

*Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,
Karpovichni@gmail.com*

Рассмотрены особенности преподавания математического анализа, некоторых разделов теории функций комплексного переменного и дифференциальных уравнений студентам 1-го курса биологического факультета специальности 1-31 01 04 Биоинженерия и биоинформатика в соответствии с учебной программой УД—10706.

Ключевые слова: математический анализ; теория функций комплексного переменного; дифференциальные уравнения; биоинженерия и биоинформатика.

**FEATURES OF TEACHING MATHEMATICAL ANALYSIS TO
BIOENGINEERING AND BIOINFORMATICS STUDENTS OF BSU**

N. I. Karpovich

Belarusian State University, Belarus, Minsk, Karpovichni@gmail.com

Features of teaching mathematical analysis, some sections of the theory of functions of a complex variable and differential equations to bioengineering and bioinformatics students of BSU are considered in accordance with the curriculum УД—10706.

Keywords: mathematical analysis; theory of functions of a complex variable; differential equations; bioengineering and bioinformatics.

Развитие новых технологий в современном обществе приводит к необходимости появления новых специальностей. Одной из таких является «Биоинформатика и биоинженерия» биологического факультета БГУ. Данная специальность является междисциплинарной и включает в себя изучение биологии и биохимии, генной инженерии и информатики, медицины и математической статистики, физиологии и биомеханики, термодинамики и нейронных сетей. В основе обучения лежит междисциплинарный подход: лекции студентам данной специальности читают преподаватели биологического и механико-математического, химического факультетов и факультетов радиофизики и компьютерный технологий и прикладной математики и информатики.

Следуя тенденциям современного образования в БГУ в 2022 году была открыта новая специальность «Биоинформатика и биоинженерия», включающая как модули биологических и генетических дисциплин, так и модуль «Математика», состоящий из математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей и математической статистики, и модуль «Программирование и современные компьютерные технологии», позволяющий изучить язык программирования R, основы Python и применение его в биологии, объектно-ориентированное программирование.

Специальность «Биоинженерия и биоинформатика» является уникальной в Беларуси. В России же она представлена в девяти ВУЗах, но только в трех из них предусмотрены бюджетные места.

Абитуриенты, поступающие на данную специальность, должны обладать достаточными знаниями школьной математики и обладать аналитическим мышлением, чтобы успешно усвоить курс математического анализа, алгебры и теории вероятности. Поэтому с 2023 года при поступлении на специальность «Биоинженерия и биоинформатика» вводится обязательный экзамен по математике.

Студенты данной специальности изучают математический анализ в двух семестрах первого года обучения, всего на дисциплину отведено 216 часов, в том числе 108 аудиторных: из них 52 лекции, 48 -- практики и 8 часов управляемой самостоятельной работы. Помимо необходимых знаний по математическому анализу, включающих изучение теории последовательностей, пределов, производных и дифференциалов, неопределенных, определенных и несобственных интегралов, функций многих переменных, дисциплина включает в себя начала дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного и их приложений в биологии.

Математический анализ является базовой дисциплиной математического образования и составляет необходимую базу терминов и понятий для изучения теории вероятностей и статистики, дифференциальных уравнений, развивает алгоритмическое и аналитическое мышление, без которых невозможны такие современные и популярные сейчас профессии как Data-science, финансовый и бизнес-аналитик. Кроме того, освоение содержания этих дисциплин позволяет решать многие прикладные задачи. Например, с помощью дифференциальных уравнений описываются многие биологические явления: закон роста бактерий с течением времени, закон роста клеток, закон распространения препаратов, закон эпидемий.

Глубокое изучение математического анализа позволяет использовать полученные знания при моделировании биологических процессов. Развитие необходимых навыков математических способностей помогает

в решении задач биоинформатики и биоинженерии, умении посредством задачи, используя математический аппарат, производить анализ биологических объектов и процессов.

Акцент на задачах прикладного характера по биологии, объяснение практического применения математических дисциплин на примерах биологических моделей, подготовка студентами рефератов на близкие к указанным темы повышает мотивацию студентов к изучению математического анализа. Одним из примеров можно рассмотреть аналитический метод устойчивости стационарного состояния системы (метод Ляпунова), для изучения которого требуются знания дифференциальных уравнений и рядов Тейлора, а, следовательно, и производной, и интегралов.

Такой основательный математический фундамент есть необходимость для изучения программирования и его применения в построении математических моделей биологических процессов, обработки результатов наблюдений, работы с большими объемами данных.

Выпускникам специальности «Биоинженерия и биоинформатика» присваивается специальность «Биоинженер-биоинформатик». Областью их деятельности являются получение и применение измененных природных и искусственных организмов — от вирусов и одноклеточных до многоклеточных, расшифровка геномов, изучение пространственной структуры биомолекул, взаимодействие биологических объектов, разработка методов молекулярной диагностики и выбора новых путей развития лекарственных препаратов, общие и специализированные информационные технологии и консультационные услуги, технические испытания, анализ и сертификация компьютерных систем и средств автоматизации в биотехнологии, сельском хозяйстве, здравоохранении, зеленом строительстве, спорте и др., производство фармацевтических продуктов и фармацевтических препаратов, преподавательская деятельность в учреждениях высшего образования.

Предполагается, что специалист биоинженер-биоинформатик должен овладеть следующими компетенциями: проведение фундаментальных и прикладных научных исследований; создание компьютерных программ, баз данных и иных программных продуктов для обработки и анализа данных геномики, метаболомики, липидомики, феномики и их совокупности; конструирование, создание, контроль качества и безопасности биоинженерных объектов, составление технической документации, регламентирующей их использование; применение методов биоинформатики и биоинженерии в медицине, молекулярно-генетической диагностике, фармакологии и др.; участие в разработке и сертификации биоинженерных технических средств, систем, оборудования и материалов, защите объектов интеллектуальной собственности; осуществление мето-

дической работы в области различных направлений биоинженерии и биоинформатики и ее приложений; управление учебно-познавательной, научно-исследовательской и другими видами деятельности сотрудников трудовых коллективов.

Библиографические ссылки

1. *Бровка Н. В., Громак Е. В., Долгополова О. Б., Карпович Н. И.* Математический анализ: Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности: 1-31 01 04 Биоинженерия и биоинформатика УД – 10706.-- БГУ, ММФ, Кафедра теории функций, 2022. -- Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/281192>

2. *Бровка, Н. В.* Интеграция теории и практики обучения математике как средство повышения качества подготовки студентов / Н.В. Бровка. – Минск: БГУ, 2009. – 243 с.

3. *Лаврентьев М. А., Шабат Б. В.* Методы теории функций комплексного переменного. – Москва 1972. – С. 393-414.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИКО-КОНСТРУКТОРСКИХ УМЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

И. П. Кондратьева¹⁾, М. В. Евланов²⁾

¹⁾Академия последипломного образования, Беларусь, Минск, *kondrateva_inga@mail.ru*

²⁾ГУО «Средняя школа №45 г.Минска», Беларусь, Минск, *max.57207@mail.ru*

Рассмотрены сущностные характеристики понятия «технико-конструкторские умения» как одного из результатов освоения обучающимися физико-математических дисциплин. Проиллюстрирована последовательность учебно-познавательных действий по формированию технико-конструкторских умений обучающихся в процессе решения сюжетных задач, выполнения лабораторных работ и учебных проектов по разделу «Механика».

Ключевые слова: физико-математические дисциплины; механика; обучающиеся; технико-конструкторские умения; задачи; проекты.

FORMATION OF TECHNICAL AND DESIGN SKILLS OF STUDENTS IN THE PROCESS OF MASTERING PHYSICAL AND MATHEMATICAL DISCIPLINES

I. P. Kondratyeva¹⁾, M. V. Evlanov²⁾

¹⁾*Academy of Postgraduate Education, Belarus, Minsk, kondrateva_inga@mail.ru*

²⁾*State Education Institution "Secondary school No.45", Belarus, Minsk,
max.57207@mail.ru*

The essential characteristics of the concept of "technical and design skills" as one of the results of mastering physical and mathematical disciplines by students are considered. The sequence of educational and cognitive actions for the formation of technical and design skills of students in the process of solving plot problems, performing laboratory work and educational projects in the section "Mechanics" is illustrated.

Keywords: physical and mathematical disciplines; mechanics; students; technical and design skills; tasks; projects.

Введение

Одним из стратегических приоритетов современного образования является развитие компетенций обучающихся, востребованных реальным сектором экономики и ориентированных на устойчивое будущее. Высокотехнологичное производство XXI века делает подготовку техни-

ческих кадров важным элементом конкурентоспособности страны в глобальной экономике.

Своего рода заделом в подготовке компетентных кадров технической сферы выступает формирование технико-конструкторских умений обучающихся как основы стимулирования и поддержания познавательного интереса к физико-математическим наукам, техническому творчеству, изобретательству.

Дидактический принцип преемственности детерминирует необходимость первичного формирования вышеозначенных умений обучающихся уже на уровне общего среднего образования в процессе освоения физико-математических дисциплин.

Технико-конструкторские умения как образовательный результат

Изучение и обобщение ряда исследований, посвященных изучению отдельных аспектов технико-конструкторской деятельности и соответствующих умений учащихся (Нелюб А.М., Самойлов А.О., Суслова И.А., Ткаченко М.Е., Толстова Н.С. и др.), проектно-конструкторских компетенций студентов (Ершова Е.Б., Насырова Э.Ф., Осипова С.И. и др.) позволили нам определить технико-конструкторские умения как освоенную обучающимся систему действий, подчиняющуюся логике технического конструирования и включающую формирование технико-конструкторского задания, создание графической модели, сборку и апробацию технической конструкции различной степени сложности и новизны.

Собственные исследования и данные литературных источников [1, 2], показывают снижение интереса обучающихся к изучению учебного предмета «Физика» при переходе из среднего звена (7-9 классы) в старшее (10-11 классы), что обусловлено сложностью учебного предмета и недостаточным уровнем сформированности технико-конструкторских умений, без которых обучающиеся испытывают трудности при выполнении учебных проектов и лабораторных работ. При этом большинство обучающихся отмечает, что при выполнении проектных заданий они сталкиваются с трудностями в планировании своей деятельности, в выборе необходимого оборудования для проведения эксперимента и практическим отсутствием понимания вариантов возможной модификации сконструированного технического объекта.

В ходе исследования нами установлено, что значительным дидактическим потенциалом в формировании технико-конструкторских умений обладают сюжетные задачи, лабораторные работы и учебные проекты

физико-математической направленности, в частности по разделу «Механика» учебного предмета «Физика».

Формирование технико-конструкторских умений в процессе решения сюжетных задач. Рассмотрим образцы поэтапного решения следующей сюжетной задачи: «Баба Яга купила у Водяного слиток золота, причем взвешивание происходило под водой на пружинных весах и показало массу 15 кг. Какова масса слитка в действительности? Кто кого обманул?»

На первом этапе решения в соответствии с логикой конструкторской работы обучающимся необходимо сформулировать технико-конструкторское задание и целевое назначение конструкции. Эталонные примеры их формулировок в рассматриваемом случае:

целевое назначение технической конструкции – определение выталкивающей силы, действующей на различные тела (в том числе на золотой слиток, купленный Бабой Ягой; определение массы слитка);

технико-конструкторское задание: разработать в программе «1С: Физический конструктор» установку измерения и расчета выталкивающей силы, действующей на модель «золотого слитка», купленного Бабой Ягой; отобрать из имеющегося соответствующее оборудование и осуществить сборку установки, выполнить необходимые измерения, сопоставить полученные экспериментальные значения с теоретическими.

Вторым этапом конструирования является графическая компоновка технической конструкции, соответственно обучающимся необходимо создать графическую модель технического устройства (конструкции) и сформировать перечень необходимого оборудования для осуществления конструирования. В рамках рассматриваемой сюжетной задачи – это стакан с водой, динамометр, два тела разного объема (модели золотых слитков), нить, сосуда с водой и насыщенным раствором соли в воде.

На третьем этапе, соответствующем в промышленном конструировании разработке конструкторской документации, обучающимися разрабатывается соответствующая инструкция (порядок выполнения работы) по сборке технической конструкции и осуществляется сама сборка, что позволяет перейти к заключительному этапу – апробации технической конструкции (использование).

На заключительном этапе обучающимися выполняются необходимые измерения с помощью разработанной технической конструкции, осуществляются соответствующие вычисления, анализируются полученные результаты и, по возможности, прорабатываются и предлагаются альтернативные варианты предложенной ранее схемы устройства для увеличения точности измерений (выполняются повторные измерения и сравниваются с ранее полученными данными).

Формирование технико-конструкторских умений в ходе выполнения лабораторной работы. Разберем последовательное формирование технико-конструкторских умений в ходе выполнения лабораторной работы «Изучение выталкивающей силы».

Как было указано выше, первым этапом конструирования выступает определение целевого назначения технической конструкции, в нашем случае – проверка опытным путем формулы для определения выталкивающей силы; расчет абсолютной погрешности прямых измерений объема. Техничко-конструкторское задание будет состоять в осуществлении с помощью имеющегося оборудования, сборки установки и выполнения необходимых измерений для расчета выталкивающей силы.

На втором этапе осуществляется графическая компоновка технической конструкции (создание общей схемы расположения главных конструктивных элементов) для выполнения физического эксперимента. В рассматриваемом примере предполагается, что обучающимися будет составлен следующий список оборудования: стакан с водой, мензурка, динамометр, два однородных цилиндра равных объемов, изготовленных из различных металлов, третий цилиндр другого объема, нить, сосуды с водой и насыщенным раствором соли, штатив с лапкой. Далее обучающимися создается графическая модель установки, обосновывается ее компоновка и функционирование.

На третьем этапе обучающимися осуществляется разработка инструкции и сборка установки в соответствии со схемой и положениями инструкции.

На завершающем этапе – апробации технической конструкции – обучающимися выполняется экспериментальная часть, полученные данные обрабатываются и заносятся в соответствующие таблицы. Для данного этапа можно предложить следующий дидактический алгоритм:

Осмотрите приборы и отобранное Вами оборудование, разместите его на рабочих столах так, чтобы исключить возможность падения и (или) опрокидывания.

Подвесьте один из цилиндров на нити и опустите в мензурку с водой. Определите его объем. Определите вес $P_1 = F_{11}$ данного цилиндра с помощью динамометра. Медленно опускайте цилиндр в стакан с водой и следите за показаниями динамометра. Запишите показание динамометра при полном погружении цилиндра в воду F_{21} . Вычислите разность показаний динамометра, полученных в пунктах 2 и 3 (значение выталкивающей силы F_{A1}). Повторите все измерения для второго и третьего металлического цилиндра и заполните соответствующую таблицу.

Сравните полученные значения выталкивающих сил для цилиндра в воде и в растворе соли. Сделайте вывод о влиянии плотности вещества

погруженного тела, его объема и плотности жидкости на значение выталкивающей силы.

Вычислите вес воды в объеме, равном объему погруженной части каждого цилиндра, используя данные измерений объемов цилиндров. Сравните полученные значения веса воды со значениями выталкивающих сил. Рассчитайте методом цены деления абсолютную погрешность измерения объема ΔV одного из цилиндров и запишите результат в интервальной форме.

Предложите по возможности альтернативный вариант корректировки предложенной схемы устройства для увеличения точности измерений. Выполните повторные измерения и сравните данные с полученными ранее. Ответьте на вопрос: «Почему Вы полагаете, что Ваш вариант обеспечивают большую точность?» По окончании экспериментальной части уберите все приборы и (или) оборудование в отведенное для их хранения место.

Формирование технико-конструкторских умений в учебно-проектной деятельности. Проанализируем возможности проектного обучения в формировании технико-конструкторских умений на примере учебного проекта по теме: «Разработка симуляции (модели) погружения тела в различные жидкости. Проверка закон Архимеда для различных тел».

На первом этапе обучающимися формулируются технико-конструкторское задание и целевое назначение конструкции, как и в случае с решением сюжетной задачи и выполнении лабораторной работы.

На втором этапе обучающимися подбирается необходимое для конструирования оборудование и создается модель устройства с помощью программы «1С: Физический конструктор», пример которой представлен на рисунке:

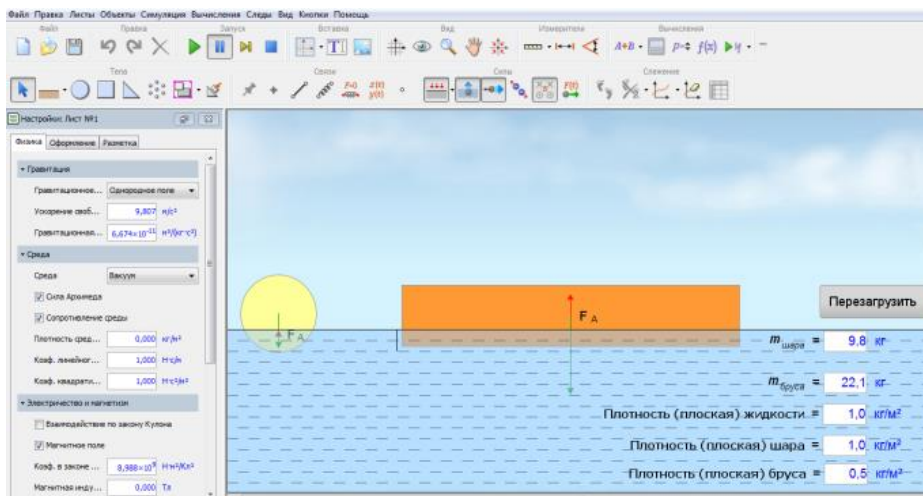


Рис. Модель конструкции учебного проекта

На третьем этапе обучающимися разрабатывается инструкция и проводится сборка технической конструкции. В качестве закрепления обучающимся рекомендуется выполнить следующее задание: «Установите соответствие между имеющимися у вас приборами и их схематическим изображением».

На заключительном этапе, как и в предыдущих примерах, обучающимися проводится апробация конструкции и проработка ее альтернатив.

Заключение

Таким образом, формирование технико-конструкторских умений обучающихся в системе общего среднего образования может рассматриваться как пропедевтическая подготовка к освоению физико-математических дисциплин в высшей школе и условие устойчивого профессионального самоопределения.

Библиографические ссылки

1. *Симоненко, В. Д.* Технологическая культура и образование (культурно-технологическая концепция развития общества и образования) / В. Д. Симоненко. – Брянск : Издательство БГПУ, 2001. – 214 с.
2. *Баркова, Е. Ю.* Метод проектов на уроках физики / Е. Ю. Баркова // Физика. Первое сентября. – 2004. – № 35. – С. 3-6.

О РЕСУРСНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ДИСТАНЦИОННОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Н. П. Макарова

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Беларусь, Гродно,
makarova_np@grsu.by*

Рассмотрена проблема создания ресурсного обеспечения для участия студентов специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям) (1-31 03 01-02 Математика (научно-педагогическая деятельность)) в сетевых проектах в рамках управляемой самостоятельной работы. Описан состав ресурсного обеспечения, охватывающий всевозможные стороны организации и осуществления командной исследовательской деятельности, с использованием инструментов планирования, контроля, организации взаимодействия участников проекта и др., на основе дифференцированного и практико-ориентированного подходов. Приводятся примеры ресурсных инструментов сетевых проектов, созданных для поддержки преподавания дисциплины «Методы программирования».

Представленные материалы актуальны для организации управляемой самостоятельной работы студентов других специальностей, как первого, так и второго уровней образования.

Ключевые слова: управляемая самостоятельная работа студентов; сетевой проект; ресурс; сайт; команда.

ON RESOURCE PROVISION OF ONLINE STUDENTS' INDIVIDUAL WORK

N. P. Makarova

Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus, Grodno, makarova_np@grsu.by

The article deals with the issue of creating resources for students of the specialty 1-31 03 01 Mathematics (different directions) (1-31 03 01-02 Mathematics (research and pedagogical activity)) to participate in network projects within the framework of students' controlled individual work. It also describes the composition of resources, covering all possible aspects of the organization and implementation of team research activities with the use of tools for planning, control, organizing the interaction of project participants, etc., based on differentiated and practice-oriented approaches. The work contains some examples of resource tools for network projects created to support the teaching of the subject "Programming Methods".

The presented materials are relevant for the organization of students' controlled individual work of other specialties as well, both the first and second levels of education.

Keywords: students' individual work; network project; resource; site; team.

Введение

Необходимость включения проектной деятельности в управляемую самостоятельную работу студентов под руководством преподавателя (УСР) обоснована требованиями времени, подкреплена нормативными документами [1, 2]. Современные педагогические технологии, основанные на организации командной работы с целью освоения требуемых компетенций через сетевую проектную деятельность, требуют создания соответствующей ресурсной основы, позволяющей организовать УСР в дистанционном формате. Содержание ресурсного инструмента проведения сетевого проекта должны составлять как материалы учебного и методического характера, так и рекомендации для организации эффективного командного взаимодействия, осуществления и контроля исследовательской деятельности.

Одним из вариантов интегрированного подхода к созданию ресурса сетевого проекта является проектирование и предъявление студентам многофункционального сайта, позволяющего организовать проведение проекта в компактной сетевой оболочке.

Компоненты оболочки сетевого проекта

Компактная оболочка сетевого проекта в виде google сайта должна включать следующие компоненты: мотивационный, отражающий значимость и целеполагание проекта в системе подготовки студентов; содержательный, включающий учебные материалы и рекомендации по их использованию; инструментальный, предлагающий шаблоны, инструкции для организации эффективной работы и представления созданных продуктов с использованием сервисов Интернета; контролирующий с указанием сроков проекта, критериев оценивания продуктов и результатов.

Каждый компонент интегрируется в оболочку сетевого проекта и может быть идентифицирован как элемент сетевой модели, взаимодействующей с другими компонентами. Такая связь осуществляется с помощью гиперссылок и внедренных объектов [3].

Шаблоны алгоритмов и продуктов исследовательской деятельности, отчетных документов и другие образцы, размещенные на сайте проекта, пример работы команды, служат отправной точкой для развития творческой активности студентов и создания собственных продуктов.

Примеры ресурсных инструментов сетевого проекта

Студенты – будущие преподаватели математики и информатики Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, участвуют в сетевом проекте «О-ах, рекурсия!», сайт проекта <https://sites.google.com/view/recursia/> [4]. Цель проекта: разрешение проблем программирования рекурсивных алгоритмов.

Сетевой проект апробирован в течение трех лет, проводится с 2020 года. Наблюдаемая активизация познавательной деятельности студентом при участии в сетевом проекте, улучшение психологического климата в коллективе группы, обсуждение результатов проекта с его участниками позволяют склониться в пользу более широкого вовлечения студентов в подобную деятельность.

В то же время проведение проекта с широким обсуждением содержания его ресурсной оболочки позволили выделить важный принцип проведения проекта в дистанционном формате – открытость результатов работы команд. На сайте проекта размещена таблица продвижения команд с отображением полученных результатов, что позволяет осуществлять взаимоконтроль, а также поддерживает соревновательный дух между командами.

В рамках УСР по курсу «Методы программирования» студенты также участвуют в сетевом проекте «Крушение иллюзий», сайт <https://sites.google.com/view/komparifmetika/>.

Заключение

Управляемая самостоятельная работа студентов специальности 1-31 03 01 Математика (по направлениям) (1-31 03 01-02 Математика (научно-педагогическая деятельность)) под руководством преподавателя должна сопровождаться актуальным научно-методическим обеспечением, созданным с использованием современных информационных и педагогических технологий. Способствуя формированию требуемых компетенций, включение проектной деятельности в УСР является для студентов примером использования подобных технологий в будущей практической деятельности, таким образом выходя за рамки УСР и способствуя формированию специалиста высокой квалификации.

Созданные материалы представляются актуальными при организации УСР студентов других специальностей.

Библиографические ссылки

1. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов (курсантов, слушателей) / Нормативный правовой документ, утвержден 18.11.2019 [Электронный документ]. – Режим доступа: <https://edustandart.by/baza-dannykh/normativnyye-pravovyye-dokumenty/item/2871-metodicheskie-rekomendatsii-po-organizatsii-samostoyatelnoj-raboty-studentov-kursantov-slushatelej>.

2. *Щекудова С. С.* Самостоятельная работа студентов / С.С. Щекудова. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 47 с.

3. *Макарова Н. П.* Дидактический дизайн учебного сетевого проекта: инструментальный подход / Н.П. Макарова // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 3, Філалогія. Педагогіка. Псіхалогія. – 2021. – Т. 11. – № 2. – С. 81-89.

4. *Макарова Н. П.* Из опыта дистанционного обучения студентов рекурсивному программированию / Н.П. Макарова // Педагогіка інфарматыкі. – 2021. - № 2. – С. 1-13.

HOW TO ADAPT GPT MODELS FOR EDUCATION

A. Perez Tchernov

Belarusian state university, Belarus, Minsk, alex.pereztchernov@gmail.com

The report presents a brief overview of the possibilities of using large language models in the educational environment. New methods for overcoming model limitations are listed, including retraining on specific tasks and the use of semantic indices to improve the factual accuracy of answers. The possibility of coordinating several models to perform specialized actions and inference is considered.

Keywords: GPT-4; AutoGPT; LLM; education transformation.

Large language models

For quite some time, machine learning methods have been successfully applied to specialized tasks. However, adapting existing models to new subject areas usually required significant manual efforts from developers, including defining the problem, preparing a large training dataset, defining a reward function, choosing a neural network architecture, and training the model. The creation of large language models relied on public text corpora, question-answer sets, vector representations of words and concepts, and the use of attention mechanisms in neural networks [1].

Initially, many researchers believed that further advances in artificial intelligence would require highly specialized models designed for narrow subject areas. However, OpenAI chose to retrain their large language model using dialogues with people [2-4]. As a result, the new GPT-3.5 and GPT-4 models have shown promising glimpses of what is now cautiously referred to as general purpose artificial intelligence [5].

Emerging Effects in Large Language Models

Large language models have recently undergone various tests to analyze their capabilities and limitations, revealing unexpected effects. These effects include the ability to perform inference based on learned principles, building an internal model of the world for complex hypothetical operations, identifying the questioner's intention to some extent, reflecting on previous information, and incorporating metaphors and communication strategies [6-10].

However, the model also has additional effects, such as implicit learning of biases and stereotypes from training data, generating non-existent data or links, and difficulty distinguishing between fact and fiction. Interestingly, increasing the number of model parameters improves their capabilities but also increases the occurrence of "human-like" errors [9].

Limitations of language models and solutions

To effectively use language models, it is important to overcome their limitations. One of the main limitations is the size of input data that the dialog model can work with. The model's short-term memory is limited to a small number of tokens, so it may "forget" the initial context of the task if there is too much material or if the user deviates from the initial request. To solve this issue, one approach is to use techniques such as Map-Reduce, Map-Rerank, and Refine offered by the LangChain project. This approach involves dividing the input document into parts, which are fed into the model to obtain a summary and identify the main relationships in the context of the task. The obtained extracts are then combined into a common reduced document, which can be periodically sent along with a custom message to the input of the model to prevent loss of context. Another way to address this issue is to precompress and transform the input data using a simpler model or other techniques, which can lead to savings in retained context size or processing cost [11].

One possible way to address the issue of limited short-term memory in language models is to retrain the model on selected documents of a new subject area, which enables the dialog activity to be based on "long-term" memory instead of relying on a relatively small dialog context. However, this approach has been found to work well for transferring style and skills, but it does not retain factual accuracy as well [4].

To overcome the limitations of language models and improve accuracy, there are several alternative approaches. One solution is to use separate databases and search indexes to find semantically similar materials that can be used to supplement the information contained in the model's long-term memory. The LlamaIndex project provides an example of this approach [18].

Another approach involves using multiple language models and an external system to store short-term memory during task execution. This method allows for task planning, model selection, and the integration of external tools to complete partial tasks and improve the quality of the final results. Both AutoGPT and LangChain employ this approach [21].

Pluggable tools for computation [12], ontology-based inference [14, 15, 19, 20], and complex model compositions [16, 17] have demonstrated improvements in the cognitive capabilities of language models.

Using Language Models for Educational Needs

Developing models that can interact with users through language interfaces with contextual understanding is a significant milestone in the advancement of artificial intelligence. The potential impact of such tools could revolutionize all aspects of human activities. An intriguing feature of such large language models is their ability to take on specific roles, such as a teacher or friend, maintain a particular style, consider the listener's knowledge level, and build dialogues that align with the communication goal.

For innovation to replace existing processes or products, it must demonstrate superiority in terms of efficiency, relevance to survival in a competitive or environmental niche, ease of implementation, and end-users' personal interest in adopting the technology for enhancing local advantages. The widespread adoption of artificial intelligence and robotics puts pressure on professions with readily accessible training datasets, increasing the demand for retraining and professional courses, seminars, and intensives. Thus, the broad implementation of large language models could increase the operational efficiency of systems for additional education and retraining, providing an immediate demand for the technology.

We propose identifying the following key layers of work in educational organizations and their accompanying adaptation of language models:

Discovery of new knowledge, selection of an educational niche, and formation of educational business services. Recommender algorithms can aid in quickly receiving updates on new educational topics [13] and identifying demand.

Creation of methodology and metrics for educational services. Public libraries of configuration hints (prompts), libraries of pedagogical examples, and predefined roles can be created and utilized at this layer.

Development of educational materials. Well-structured libraries of concepts, educational examples, topic dependency graphs [13], and sets of typical questions and answers on the concepts being studied are important for this layer.

Delivery of materials and organization of the educational context. Tools and external plugins can be prepared to measure progress, predict reward cycles, recognize emotions from dialogues, and recreate the cognitive model of listeners.

Leadership, support, and integration of the organization into the communication and recruitment environment. Simple tools for processing and generating texts may be sufficient to reduce transaction costs for organizing work with partners, students, and graduates.

Conclusion

In conclusion, we summarize the main adaptations of language models for the educational environment. It is recommended to use task-specific language models and incorporate semantic indexes with subject-specific information to improve factual accuracy. Coordinating multiple models and plugins can automate specialized actions, calculations, and inference. Public libraries of prompts and roles should be shared between different members. Lastly, unifying the API for the interaction of external systems with the proposed models can simplify the process.

Bibliographic references

1. *Long Ouyang* et al. Training language models to follow instructions with human feedback, 2022, arXiv:2203.02155, [Online]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2203.02155.pdf>
2. *Baolin Peng* et al. Instruction Tuning with GPT-4, 2023, arXiv:2304.03277, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2304.03277>
3. *Philipp Koralus* et al. Humans in Humans Out: On GPT Converging Toward Common Sense in both Success and Failure, 2023, arXiv:2303.17276, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.17276>
4. *Long Ouyang* et al. Training language models to follow instructions with human feedback, 2023, arXiv:2203.02155, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2203.02155>
5. *Sébastien Bubeck* et al. Sparks of Artificial General Intelligence: Early experiments with GPT-4, 2023, arXiv:2303.12712, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.12712>
6. *Jason Wei*. Emergent Abilities of Large Language Models, 2023, arXiv:2206.07682, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2206.07682>
7. *Binz M.* Using cognitive psychology to understand GPT-3, 2023, arXiv:2206.14576, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2206.14576>
8. *Alexander Pan* et al. Do the Rewards Justify the Means? Measuring Trade-Offs Between Rewards and Ethical Behavior in the MACHIAVELLI Benchmark, 2023, arXiv:2304.03279, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2304.03279>
9. *Samuel R. Bowman*. Eight Things to Know about Large Language Models, 2023, arXiv:2304.00612v1, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2304.00612v1>
10. *Yiheng Liu*. Summary of ChatGPT/GPT-4 Research and Perspective Towards the Future of Large Language Models, 2023, arXiv:2304.01852, [Online]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2304.01852.pdf>
11. *David Wingate*. Prompt Compression and Contrastive Conditioning for Controllability and Toxicity Reduction in Language Models, 2023, arXiv:2210.03162, [Online]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2210.03162.pdf>
12. *Cristina Cornelio*. Combining data and theory for derivable scientific discovery with AI-Descartes, 2023, Nature, [Online]. URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-023-37236-y>.
13. *Pavlos Stavrinides* et al. Course-Prerequisite Networks for Analyzing and Understanding Academic Curricula, 2023, arXiv:2210.01269, [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2210.01269>

14. *Colin G. West et al.* Advances in apparent conceptual physics reasoning in GPT-4, 2023, arXiv:2303.17012. [Online]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2303.17012.pdf>
15. *Caufield JH et al.* Structured prompt interrogation and recursive extraction of semantics (SPIRES): A method for populating knowledge bases using zero-shot learning, 2023, arXiv:2304.02711. [Online]. URL: <http://arxiv.org/abs/2304.02711>
16. *Denny Zhou et al.* Least-to-Most Prompting Enables Complex Reasoning in Large Language Models, 2023, arXiv:2205.10625. [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2205.10625>
17. *Kojima T. et al.* Large Language Models are Zero-Shot Reasoners, 2022, arXiv:2205.11916. [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/2205.11916>
18. *Jerry Liu.* LlamaIndex (GPT Index) [Computer software]. URL: https://github.com/jerryliu/llama_index. Date of access: 30.03.2023.
19. *Max Adamski et al.* Reason-able Embeddings: Learning Concept Embeddings with a Transferable Neural Reasoner [Computer software]. URL: <https://github.com/maxadamski/reasonable-embeddings>. Date of access: 30.03.2023.
20. DICE Group. Ontolearn: Learning description logics with evolutionary algorithms [Computer software]. URL: <https://github.com/dice-group/Ontolearn>. Date of access: 30.03.2023.
21. Significant-Gravitas. Auto-GPT: An Autonomous GPT-4 Experiment [Computer software]. URL: <https://github.com/Significant-Gravitas/Auto-GPT>. Date of access: 30.03.2023.

ЗАМЕТКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРАКТИК

Ю. В. Позняк

Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, pazniak@bsu.by

В статье прослеживается деятельность преподавателя в течение 25 лет в условиях цифровой трансформации университетских математических образовательных практик. За основу взят список опубликованных работ.

Ключевые слова: математические образовательные практики; цифровая трансформация; сетевые образовательные ресурсы; LMS MOODLE; GEOGEBRA.

SOME ASPECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF MATHEMATICAL EDUCATIONAL PRACTICES

Yu. V. Pazniak

Belarusian State University, Belarus, Minsk, pazniak@bsu.by

The article traces the activities of a teacher for 25 years in the context of the digital transformation of university mathematical educational practices. Based on a list of published works.

Keywords: mathematical educational practices; digital transformation; network educational resources; LMS MOODLE; GEOGEBRA.

В сентябре 1997 года в БГУ состоялась Международная научная конференция «Компьютерная алгебра в фундаментальных и прикладных исследованиях и образовании». Эта конференция стала точкой отсчета целенаправленной работы по внедрению компьютерных математических систем (КМС) в образовательные практики. До этого момента КМС в стране активно использовали физики в научных исследованиях, а среди математиков только отдельные энтузиасты. После конференции о применении КМС заговорили и химики, и биологи, и экономисты.

Следующие две конференции в 1999 и 2002 показали, что внедрение КМС сдерживается отсутствием целевого финансирования. Преподаватели продолжали использовать КМС на голом энтузиазме.

Однако, в это время в образовательные практики начали постепенно внедряться интернет-технологии. Стало понятно, что наступает эра циф-

ровизации. Основой информационно-методического обеспечения образовательного процесса будут электронные образовательные ресурсы. Для создания и доставки содержательного контента конечному пользователю в мире появились специальные системы. Наиболее передовая часть преподавателей остановила свой выбор на LMS MOODLE.

Потребовалось еще около десяти лет, чтобы основательно разобраться с развитием культуры личности студента средствами информационно-компьютерной среды университетского математического и естественнонаучного образования.

Для студентов 3-го курса педагогического направления были предложены учебные программы дисциплин «Компьютерный дизайн математического контента» и «Разработка мультимедийных приложений». На занятиях студенты занимались созданием современных цифровых образовательных ресурсов для общеобразовательной школы. Эти наработки стали основой сетевого справочного пособия по планиметрии и стереометрии.

После всестороннего анализа возможностей информационно-компьютерной среды механико-математического факультета в 2014 году было принято решение создать дистанционную математическую школу (ДМШ) на базе LMS MOODLE. Содержательной частью ДМШ стали сетевые интерактивные материалы, создаваемые преподавателями, студентами и магистрантами. Для разработки иллюстративного материала использовалась КМС GeoGebra. Составляющими ДМШ стали: справочные пособия по алгебре и геометрии, материалы по общей математической подготовке, материалы для подготовки к конкурсам и олимпиадам, пособия для подготовки к централизованному тестированию.

В рамках выполнения курсовых и дипломных работ студенты создавали материалы по общей математической подготовке. Было принято решение создать междисциплинарную СНИЛ дистанционных образовательных технологий, работа которой должна быть направлена развитие ДМШ. Особо надо отметить коммерциализацию услуг по дополнительному образованию детей и молодежи в рамках ДМШ. Благодаря внедрению эквайринга, услуги общей математической подготовки для 5-11 классов, подготовки к олимпиадам и конкурсам для 5-9 классов, подготовки к ЦТ не требуют бумажного документооборота.

На данный момент междисциплинарная СНИЛ дистанционных образовательных технологий преобразована в СНИЛ веб проектирования и дистанционных образовательных технологий. Внедрены и постоянно совершенствуются специальные курсы «Введение в компьютерные математические системы», «Веб-дизайн математического контента». Лабораторные работы в этих курсах спроектированы таким образом, что сту-

денты в процессе их выполнения создают цифровой уникальный математический контент как по элементарной, так и по высшей математике.

Наполняется новым содержанием курс «Учебно-исследовательская работа студентов».

За период работы с 2010 по 2023 годы в работе по созданию цифрового математического контента приняло участие более 1000 студентов.

Эта деятельность осуществляется в условиях тотальной цифровизации математических образовательных практик. В учебном процессе используются популярные во всем мире компьютерные математические системы и системы управления обучением.

Библиографические ссылки

1. *Позняк Ю. В.* Публикации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://mmf.bsu.by/ru/cathedras/web-technologies-and-computer-modeling/employees-wtcm/poznyak-yurij-viktorovich/?publikatsii> – Дата доступа: 03.04.2023.

УДК 37.018.46

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ПО ТЕМЕ
«ДИДАКТИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ
НА ОСНОВЕ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ РЕСУРСОВ»**

Д. И. Прохоров

*Минский городской институт развития образования
Минск, Беларусь, prohorov@minsk.edu.by*

В статье представлено научно-теоретическое обоснование и методологические основы разработки и использования учебной программы повышения квалификации для учителей «Дидактический дизайн обучения математике на основе веб-ориентированных ресурсов», описано содержания соответствующего учебно-методического пособия. Даны предварительные результаты удовлетворенности учителей математики по результатам обучения по данной учебной программе.

Ключевые слова: повышение квалификации; самообразовательная деятельность; дидактический дизайн; веб-ориентированный ресурс обучения.

**FEATURES OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT FOR TEACHERS
ON THE TOPIC "DIDACTIC DESIGN OF TEACHING
MATHEMATICS BASED ON WEB-ORIENTED RESOURCES"**

D. I. Prokhorov

*Minsk City Institute for the Development of Education
Minsk, Belarus, prohorov@minsk.edu.by*

The article presents the scientific and theoretical substantiation and methodological foundations for the development and use of the advanced training curriculum for teachers "Didactic design of teaching mathematics based on web-oriented resources", the content of the corresponding teaching aid is presented. Preliminary results of the satisfaction of mathematics teachers with the results of training in this curriculum are given.

Key words: advanced training; self-educational activity; didactic design; web-based learning resource.

Введение

В XXI в. требуются преподаватели, способные гибко перестраивать направления и содержание своей профессиональной деятельности в свя-

зи со сменой социально-экономических приоритетных запросов общества и государства. Согласно концепции ЮНЕСКО, для решения задач образования в инновационных условиях необходимо выполнение основополагающих требований, которые позволяют специалисту в сфере образования *научиться познавать* – обеспечить его необходимым инструментарием для понимания происходящего в мире; *научиться делать* – осуществлять необходимые изменения; *научиться совместной жизни* – принимать участие во всех видах человеческой деятельности и сотрудничать с другими людьми [1, с. 3]. Нами выявлено противоречие между потенциально эффективными дидактическими возможностями современных веб-ориентированных ресурсов обучения по организации повышения квалификации и самообразовательной деятельности учителей математики в межкурсовой период (далее – ПКисД) с учетом особенностей дидактического дизайна и отсутствием научно-обоснованной дидактической системы данного процесса.

Одним из путей разрешения данной ситуации может являться внедрение учебной программы повышения квалификации для учителей «Дидактический дизайн обучения математике на основе веб-ориентированных ресурсов» и ее учебно-методического обеспечения (далее – учебной программы). Актуальность темы исследования находит свое подтверждение в стратегических ориентирах и направлениях развития системы дополнительного образования взрослых, представленных в Концепции развития системы образования Республики Беларусь до 2030 года, Концепции развития педагогического образования на 2021–2025 годы.

Проблемы использования средств информационно-коммуникационных технологий в процессе ПКисД учителей математики нашли свое отражение в работах Г.Ю. Богдан, Н.В. Бровка, Е.Ю. Диканского, С.Н. Додокиной, Е.Б. Кручининой, В.Г. Расходчикова, А.Г. Шабанова и др. Однако в данных работах не учитывались современные возможности веб-ориентированных ресурсов ПКисД, которые позволяют осуществить переход от обычного текста к информационно емким визуальным изображениям, создавать в процессе ПКисД и использовать слушателями информационно емкие изображения, элементы инфографики и логико-смысловых моделей, дидактические многомерные инструменты в последующей профессиональной деятельности.

Теоретические основы

Разработка учебной программы базируется на *полипарадигмальном подходе в системе ПКисД учителей математики* с учетом положений синергетического, системно-деятельностного, компетентностного, логи-

стического, коннективистского и инструментального подходов в образовании. Выявление особенностей указанных подходов в контексте цифровизации, гуманизации и гуманитаризации образования предполагает полипарадигмальность организации такого повышения квалификации учителя и его самостоятельной деятельности в межкурсовой период, при которых педагог будет иметь возможность освоить теорию и методику разработки и последующего творческого применения в профессиональной деятельности элементов дидактического дизайна, навыков структурирования, обобщения и сгущения учебной информации, ее транслирования для учащихся II-III ступеней учреждений общего среднего образования с использованием веб-ориентированных ресурсов обучения.

При этом мы рассматриваем **веб-ориентированные ресурсы обучения** как гибкие и мобильные ресурсы, которые решают задачи обеспечения образования профессиональными кадрами высокого уровня квалификации, кадровой поддержки процессов разработки инновационных методик обучения и их учебно-методического обеспечения на основе дидактического дизайна, удовлетворения потребностей педагогов в профессиональном совершенствовании с использованием образовательной среды, основанной на дистанционных и онлайн-технологиях. Следует отметить, что понятие «веб-ориентированный ресурс обучения» в широком значении может включать весь арсенал существующих ИКТ (элементы дистанционных и онлайн-систем обучения, веб-квестов, сервисов дополненной, виртуальной и смешанной реальности, обучающих сайтов, мобильных обучающих ресурсов, размещенных в социальных медиа (сетях), сервисов видеоконференций и т.д.).

Дидактический дизайн (в контексте системы ПКиСД) – целенаправленная проектная научно-методическая деятельность преподавателя по обучению слушателей повышения квалификации навыкам разработки и внедрения дидактических многомерных инструментов обучения (обладающих заданными функциональными, эстетическими и технологическими свойствами), инновационных педагогических технологий и частных методик на основе веб-ориентированных ресурсов.

Методологическим регулятором эффективности организации ПКиСД учителей математики служит учет *принципов цифровой дидактики*, которые определяют содержание учебной программы, формы и методы процесса ПКиСД на основе веб-ориентированных ресурсов обучения. Опыт проектирования учебных программ ПК, организации и сопровождения самообразовательной деятельности учителей математики в межкурсовой период, разработки веб-ориентированных ресурсов обучения для слушателей в ГУО «Минский городской институт развития образования» показывает, что наряду с дидактическими принципами цифро-

вого обучения необходимо учитывать требования традиционных принципов, таких как принцип *фундаментальности, гуманизации и гуманитаризации, партисипативности, фундирования, оптимальной информационной насыщенности и опережающего характера содержания* повышения квалификации и самообразовательной деятельности учителей математики в межкурсовой период.

Результаты и их обсуждение

Нами разработана и внедрена в образовательный процесс ГУО «Минский городской институт развития образования» *учебная программа повышения квалификации для учителей «Дидактический дизайн обучения математике на основе веб-ориентированных ресурсов» и ее учебно-методического обеспечения*, которые позволяют построить индивидуальную траекторию профессионального развития учителя математики на основе прохождения слушателями цикла *«обучение на повышении квалификации – самообразовательная деятельность в межкурсовой период – консультирование в межкурсовой период – обучение на повышении квалификации»*.

В рамках обучения учителя математики изучают научно-теоретические аспекты структурирования содержания обучения математике, основы дидактического дизайна, особенности разработки статичных и интерактивных учебных апплетов, учатся разрабатывать и использовать дидактические многомерные инструменты для структурирования и визуализации информации на учебных занятиях по математике, применять оптимальные способы использования дидактического дизайна для решения профессиональных задач.

Учебная программа и учебно-методическое пособие включают следующие разделы: вопросы государственной политики в сфере цифровизации образования; научно-теоретические аспекты структурирования содержания обучения математике; основы работы со специализированным программным обеспечением; разработка и методика использования дидактических многомерных инструментов при обучении математике.

В каждом параграфе разделов учебно-методического пособия «Дидактический дизайн обучения математике на основе веб-ориентированных ресурсов» материал структурирован по следующим рубрикам: теоретический материал; вспомогательная литература по содержанию раздела, способствующая расширению и углублению теоретических знаний и практических умений обучающихся (слушателей повышения квалификации), рекомендуемая для самостоятельного изучения; задания для самопроверки усвоения учебного материала, рекомендуемые

для студентов и магистрантов педагогических специальностей математического профиля, молодых специалистов, учителей, не имеющих квалификационной категории «учитель»; задания для самопроверки усвоения учебного материала, рекомендуемые для учителей, имеющих вторую или первую квалификационную категорию «учитель»; задания для самопроверки усвоения учебного материала, рекомендуемые для учителей, имеющих высшую квалификационную категорию «учитель» или учителей-методистов.

Мониторинг удовлетворенности слушателей, проходивших обучение по разработанной учебной программе показал, что посещение учебных занятий, консультаций с преподавателями, самообразовательная деятельность, организованная на основе разработанного учебно-методического обеспечения, оказали положительное влияние на их профессиональный рост, такой вывод сделали 99,5% опрошенных (88% полностью, 11,5% частично).

На данный момент продолжается апробация эффективности дидактической системы повышения квалификации и самостоятельной деятельности учителей математики в межкурсовой период на основе веб-ориентированных ресурсов, а также разработанной нами учебной программы повышения квалификации для учителей «Дидактический дизайн обучения математике на основе веб-ориентированных ресурсов» и ее учебно-методического обеспечения.

Библиографические ссылки

1. Делор Ж. Образование: сокровитное сокровище. Доклад Международной комиссии по образованию для XXI века. Москва: ЮНЕСКО; 1996. 31 с.

КАКОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ НЕОБХОДИМЫ В ИТ

В. С. Романчик

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
romanchikvs@gmail.com*

В докладе рассматриваются вопросы информатизации в образовании, в частности вопросы подготовки студентов по программированию (веб-программированию) и математике в университете и дальнейшее их обучение и трудоустройство в ИТ.

Ключевые слова: образовательный кластер программирования и информационных технологий; цифровое методическое обеспечение курса; технологии преподавания компьютерных дисциплин.

WHAT MATHEMATICAL AND COMPUTER EDUCATION IS NEEDED IN IT

V. S. Romanchik

Belarusian State University, Minsk, Belarus, romanchikvs@gmail.com

The report discusses the issues of informatization in education, in particular the issues of training students in programming (web programming) and mathematics at the university and their further education and employment in IT.

Keywords: educational cluster of programming and information technologies; digital methodological support of the course; technologies of teaching computer disciplines.

Информатизация и цифровизация общества и подготовка специалистов

В настоящее время общество перешло на стадию информационного общества. Как перспективные рассматриваются задачи: искусственный интеллект, беспилотные автомобили, технологии блокчейн, цифровые валюты. Значительные продвижения произошли в направлении развития социальных сетей. Направление, рассматриваемое в докладе - это информатизация образования.

Система образования должна обеспечить обществу переход в цифровую эпоху, создать новые специальности. Образование должно быть направлено на подготовку специалистов, которые востребованы на рын-

ке труда, владеют мобильными и интернет-технологиями, и ориентированы на непрерывное обучение с помощью цифровых технологий. Цифровые технологии открывают новые возможности образования: обучение в любое удобное время и в любом месте, непрерывное образование, возможность проектировать индивидуальные образовательные маршруты.

Всего в ИТ выделяют около 20 основных специальностей и профессий. Наиболее популярные ИТ профессии можно определить на основе двух критериев: а) средняя зарплата б) количество требуемых специалистов. Анализ интернет ресурсов показывает самые востребованные ИТ-профессии: Data Analyst, Web Developer, Information Security Analyst, Python Developer, Database Administrator, Web designer (UI/UX), Mobile App Developer, DevOps Engineer и Data Scientist. В частности, на рынке труда Беларуси востребованы: программисты игр; веб – программисты и разработчики программ для мобильных и встроенных устройств; специалисты по информационной безопасности; системные аналитики.

Отметим, что на рынке труда сейчас наблюдается значительный спад. Рост конкуренции в ИТ сфере в 2022 году составил 4,3 резюме на вакансию. При этом 28% соискателей попали под сокращение. Среди причин неблагоприятная международная ситуация в ИТ, закрытие проектов и отзыв оффера в РБ.

Нужна ли программисту математика и какая?

В первую очередь математику рассматривают или фундаментальную или абстрактную, структуры которой не обязательно привязаны к моделям реального мира. Существует ряд других областей математики, приближенных к моделированию и экспериментам. Это прикладная математика, дискретная математика, компьютерная математика, механика.

Ближе всего к математике и программированию CS (CS-Computer Science). В рамках CS в пакетах и библиотеках реализовано огромное число математических методов и алгоритмов. CS в отличие от чистой математики экспериментальная наука.

Большая часть решаемых в ИТ задач связана с обработкой данных и использует для моделирования только отдельные математические структуры.

Ниже перечислены предметы, входящие в базовый курс математики для программистов:

- Алгебра. Линейная алгебра. Векторы. Матрицы.
- Математическая логика и булева алгебра, множества.
- Дискретная математика и теория графов.
- Структуры данных.

- Реляционная алгебра, Деревья, Списки. Очереди.
- Построение и анализ алгоритмов.

Предметы математики для изучения на углубленном уровне:

- Теория вероятностей и математическая статистика.
- Вычислительная геометрия и инфографика.
- Исследование операций, теория игр, моделирование процессов.
- Нейросети и глубокое машинное обучение.
- Теоретико-числовые методы в криптографии
- Дифференциальные уравнения, численные методы и моделирование.

Один из основных математических предметов математический анализ в перечисление не входит. В защиту дисциплины можно сказать, что матанализ представляет хребет и связку для самой математики, которую без функций, интегралов и дифференциалов представить трудно.

Разделы программирования, где нужны знания математики:

- Анализ данных и машинное обучение.
- Предсказание и анализ вероятностей.
- Оптимизация хранения, проектирование хранилищ, облачные технологии.
- Цифровая обработка сигналов.
- Компьютерное зрение.
- Распределенные вычислительные системы.
- Анализ производительности распределенных вычислительных систем.
- Моделирование – описание реальных объектов и процессов в формальных терминах.
- Криптография.

Программист после университета в идеале должен обладать достаточными знаниями, чтобы оценить вычислительную сложность алгоритма, вникнуть в его корректность, понять, как модифицировать алгоритм под конкретную цель.

Подготовка программистов по математике и компьютерным наукам

На базе средней школы выпускники получают некоторые знания и умения: владение компьютером как пользователь, знание английского языка и математики на начальном уровне, понятие алгоритма, способы описания алгоритмов, работа с документами, мобильные коммуникации и Интернет.

Дальнейшая подготовка на базе среднего специального образования может быть достаточно профессиональной.

Подготовка в вузах основана на курсе высшей математики и различных систем программирования. Студенты БГУ специальности “Математика и информационные технологии” начиная с первого курса изучают следующие дисциплины:

- Английский язык;
- Языки программирования (C++, Java и C#, Python, PHP);
- Технологии программирования;
- HTML, CSS, JavaScript;
- React и NodeJs
- Алгоритмы и структуры данных;
- SQL и базы данных;
- Операционные системы и сети;
- Перечень получаемых при этом компетенций:
- Общие понятия: ООП, шаблоны проектирования, тестирование, стек, поток.
- Быть продвинутым выше базового уровня хотя бы в одном языке.
- Уметь читать чужой код.
- Системы контроля версий GIT.
- Знать стандартные алгоритмы
- Уметь работать в команде.

Дальнейшее практическое программирование студенты постигают в рамках прохождения практики в ИТ компаниях.

Углубленное изучение математики и информационных технологий студенты проходят в университете в рамках 2-й степени обучения (магистратура).

Кроме этого существуют курсы подготовки и переподготовки по математике в Интернет. Приведем примеры нескольких онлайн-курсов по математике:

- Основы линейной алгебры, Техасский университет в Остине
- Введение в дискретную математику, Калифорнийский университет
- Математика для программистов, Pluralsight
- Криптография 1, Стэнфорд
- Теория игр, Стэнфорд и Университет Британской Колумбии
- Наука о данных и математика, Университет Дьюка
- Введение в теорию вероятностей, Гарвард
- Математика для машинного обучения, Имперский Колледж Лондона.

Дальнейшая компьютерная подготовка в ИТ

Универсальная университетская подготовка получает конкретизацию после прихода студента в ИТ в рамках учебных центров и курсов. Как реально попадают студенты в большие ИТ компании?

Наиболее простой путь через ИТ курсы и внешний тренинг в самой ИТ компании. Таким образом ИТ – компании “затачивают” студентов под определенные технологии и проекты. 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. Таким образом, существуют проблема нестыковки широкого университетского математического образования с конкретным ИТ обучением и работой. Полученные математические знания для junior не востребованы.

В последнее время системы подготовки и продвижения кадров 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. Примеры компетенций для junior на Фронтэнд: HTML – CSS – JavaScript – React или Angular or Vue. В Интернет существует также огромное количество других компетенций для Junior. Это JSON, Suss, Bootstrap, Visual Studio Code, Git, Debugging, Regular Expression, Canvas, Design Principles, Refactoring. Есть еще графика figma.

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.

Подготовка здесь подобна предыдущей: углубленно и самостоятельно готовить одну две компетенции, при этом ценятся не знания, а умения.

Как учить

Цифровизация общества определяет современное развитие системы высшего образования. В цифровом обществе появляются новые специальности, содержание старых изменяется. Появились тренды «Обучение в течение всей жизни», «Умения важнее знаний». Школьники и студенты выросли в век Интернета и не хотят слушать пересказ учебника. Образование следует модернизировать в направлениях:

Внедрение новых моделей организации учебного процесса (работа через онлайн-платформы, например, Moodle, Webinar; создание облачных образовательных пространств; внедрение цифрового оценивания

сформированных компетенций, использование виртуальных тренажеров; разработка новых систем управления обучением);

Развитие и совершенствование цифрового образовательного контента (электронных образовательных курсов, разработка электронных учебников и пособий, лекций-презентаций, учебно-методической документации).

Развитие цифровой карьерной среды (например, цифровые ярмарки выпускников, цифровой ассистент, цифровой тьютор).

Цифровых школьников и цифровых студентов в современных условиях невозможно заинтересовать простым воспроизведением информации, цифровые студенты и школьники отдают предпочтение формам обучения, основанным на использовании игровых технологий (геймификация), облачная технология, мобильное пространство, веб-квест, онлайн-курсы и эвристическое обучение. Важной чертой дистанционного формата обучения является возможность эффективно осуществлять дифференциацию студентов, реализовывать индивидуальный подход. Разнообразие доступных программных возможностей организации обучения позволяет преподавателю успешно выстраивать индивидуальную траекторию освоения учебной дисциплины, выбирать оптимальный темп и ритм овладения учебным материалом разных групп студентов, выбирать способы контроля качества усвоения материала.

К преимуществам цифровых образовательных технологий относятся наглядность, доступность, ориентирование на индивидуальные способности студентов. Еще одним важным направлением цифровизации образования является воспитание у студентов стремления к саморазвитию. Принцип непрерывного образования в течение жизни предполагает, что учащийся осознает его необходимость, овладевает знаниями, потому что хочет и умеет учиться.

К минусам цифрового образования, можно отнести: возможное нарушение механизмов социализации и нарушение социальных контактов; неумение работать в группе; неготовность участников образовательного процесса – ни педагогических работников, ни обучающихся – к работе в новых условиях, а также невозможность использования традиционной классно-урочной системы при дистанционном и индивидуальном обучении.

Заключение

Таким образом, знание математики программистами-разработчиками приложений приветствуется, выше перечислены основные необходимые математические дисциплины. Программная инженерия без математики примитивна и иллюстративна.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОСПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Н. В. Софронова

Общественная организация дополнительного профессионального образования «Чувашское региональное отделение Академии информатизации образования», Россия, Чебоксары, n_sofr@mail.ru

В статье описаны региональные проекты, основанные на цифровых технологиях: «Формирование гражданской ответственности у школьников Чувашии в условиях цифровой образовательной среды»¹ и «VR-шоу «Дорога в космос. Памяти Андрияна Николаева»². Автор делает вывод, что цифровизация процесса воспитания школьников является неотъемлемой частью воспитательной работы учителей. Цифровые технологии обладают огромным потенциалом, который еще очень мало изучен и требует осмысления и разработок новых методик организации воспитательной работы со школьниками на основе информационных технологий.

Ключевые слова: цифровизация образования; воспитательная работа со школьниками; креативные технологии.

DIGITALIZATION OF THE PROCESS OF EDUCATING SCHOOLCHILDREN

N. V. Sofronova

Public organization of additional professional education "Chuvash Regional Branch of the Academy of Informatization of Education", Cheboksary, Russia, n_sofr@mail.ru

The article describes regional projects based on digital technologies: "Formation of citizenship among schoolchildren of Chuvashia in a digital educational environment"¹ and "VR show "The Road to Space. In memory of Andriyan Nikolaev"². The author concludes that digitalization of the process of educating schoolchildren is an integral part of the educational work of teachers. Digital technologies have a huge potential, which is still very little studied and requires understanding and development of new methods for organizing educational work with schoolchildren based on information technology.

Keywords: digitalization of education; educational work with schoolchildren; creative technologies.

¹ Проект поддержан Фондом президентских грантов № P21-21-1-000063

² Проект поддержан Фондом президентских грантов № P21-22-1-000046

Введение

Активное внедрение средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) во все сферы жизнедеятельности породило новый термин – цифровизация общества. Образование – как часть общественных процессов, так же подверглось цифровизации.

Под цифровизацией образования будем понимать построение учебно-воспитательного процесса на всех уровнях образования в условиях цифровизации общества, то есть на основе эффективного использования средств ИКТ как средства обучения и объекта изучения [1].

Безусловно, цифровизация образования внесла заметные коррективы в организацию воспитательной работы во внеурочной деятельности школьников. Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) определяют, что «Основная образовательная программа основного общего образования реализуется образовательным учреждением через урочную и внеурочную деятельность с соблюдением требований государственных санитарно-эпидемиологических правил и нормативов [2]. В нормативных документах исключаются количественные показатели объема времени, выделяемого на организацию внеурочной работы: каждое образовательное учреждение, родители и дети самостоятельно определяют время, затрачиваемое на реализацию внеурочных занятий, но не должно превышать 10 часов в неделю. Часы, выделенные для занятий по внеурочной деятельности, используются по желанию учащихся и направлены на реализацию различных форм её организации, которые отличаются от урочной системы обучения [3].

Доступны следующие виды внеурочной деятельности:

- игровая деятельность;
 - познавательная деятельность;
 - проектная деятельность
 - проблемно-ценностное общение;
 - досугово-развлекательная деятельность (досуговое общение);
 - художественное творчество;
 - социальное творчество (социально преобразующая добровольческая деятельность);
 - трудовая (производственная) деятельность;
 - спортивно-оздоровительная деятельность;
 - туристско-краеведческая деятельность.
- В базисном учебном плане выделены основные направления внеурочной деятельности:
- духовно-нравственное,
 - физкультурно-спортивное и оздоровительное,

- социальное,
- общеинтеллектуальное,
- общекультурное.

Отметим, что за счет использования средств ИКТ подлежат трансформации практически все виды и направления внеурочной деятельности школьников. Известно, что воспитание происходит во всех социальных процессах, в которые вовлечены школьники. Но мы сегодня говорим о воспитательных мероприятиях, специально организованных с целью воздействия на школьников и развития в них таких нравственных позиций, как гражданственность, патриотизм, любовь к Родине и др.

Примеры использования цифровых технологий в воспитательной работе со школьниками

В 2021 году наша общественная организация дополнительного профессионального образования «Чувашское региональное отделение Академии информатизации образования» начало реализацию регионального проекта «Формирование гражданственности у школьников Чувашии в условиях цифровой образовательной среды», поддержанного Министерством экономического развития и имущественных отношений Чувашии на средства Фонда президентских грантов.

Суть проекта заключается в том, что мы ежемесячно выкладываем на сайте citizen.infoznaika.ru уроки по различным темам и объявляем конкурсы. В подготовке уроков мы активно используем креативные технологии, такие как, видео, анимация, графика и др.

Креативные технологии - это междисциплинарная и трансдисциплинарная область, объединяющая вычислительную технику, дизайн, искусство и гуманитарные науки. Область креативных технологий охватывает искусство, дизайн цифровых продуктов, цифровые медиа или рекламу и медиа, созданные с помощью программного, электронного и/или управляемого данными движка. Примеры креативных технологий включают в себя мультисенсорный опыт, созданный с использованием компьютерной графики, видеопроизводства, цифровой музыки, цифрового кинематографа, виртуальной реальности, дополненной реальности, редактирования видео, разработки программного обеспечения, 3D-печати, Интернета вещей, CAD/CAM и носимых технологий [4].

Примеры тем уроков проекта: Закон в нашей жизни, История Чувашии, Традиция и культура чувашского народа, Край 100 тысяч песен, Политика как часть нашей жизни, Этика и этикет, Патриотизм и его проявления, Чувашия в семье народов России и др. Всего 20 тем. Каждая тема включает видеоуроки по заданной теме для трех уровней образова-

ния: младшая, средняя и старшая школа. Четвертый видеоролик информационно-обобщающий. Уроки имеют три основных направления: закон, культура, история. Расположены в смешанном порядке, поскольку в течение двух лет могут подключаться школы не с самого начала, чтобы не получилось, что школы, подключившиеся к проекту позже, приняли участие в уроках только одного направления.

Видеоуроки представлены в различных формах: повествование, открытые уроки, театрализованные постановки, квест, интервью с учеными, политиками и деятелями искусства, экскурсия, мультфильмы (см. табл.).

Примеры видеоуроков

 <p>Видеосюжет в музее чувашской вышивки</p>	 <p>Открытый урок на чувашском языке по теме «Нравственность и ее проявления» (о чувашских поговорках)</p>
 <p>Мультфильм на чувашском языке «Тетте пакша (Бельчонок)»</p>	 <p>Квест по теме «История Чувашии»</p>

В начале каждого месяца вместе с видеоуроками объявляем конкурсы. Конкурсы обычно бывают двух видов: творческие и тестовые. Творческие конкурсы – это либо нарисовать рисунок, либо написать эссе на заданную тему. Тестовые конкурсы соответствуют темам уроков. Отметим большое воспитательное значение конкурсов, поскольку они позволяют вовлекать учащихся в активную деятельность: найти сказку или рассказ для зарисовки по теме урока, или внимательно посмотреть ви-

деоролик, а затем ответить на тестовые вопросы. Итоги подводим ежемесячно. Победителям рассылаем именные дипломы. Остальные участники конкурсов могут скачать сертификаты с сайта, а учителя – благодарности. Наградные материалы мы также обновляем ежемесячно к каждой новой теме.

К настоящему времени на сайте проекта <https://citizen.infoznaika.ru> зарегистрировано 8725 учеников с 1 по 11 классы из школ почти всех районов Чувашии и чувашской диаспоры из других регионов России. Учителя достаточно высоко оценивают как организационные, так и воспитательные характеристики проекта. Приведем отзыв одной учительницы:

"Ваш проект мне показался интересным. В нем есть много материала по духовно-нравственному воспитанию. Подобные проекты, на мой взгляд, объединяют детей и преподавателей, побуждают их к сотрудничеству. Задача педагога состоит в том, чтобы создать условия для формирования у воспитанников активной жизненной позиции ведь положительный опыт, приобретенный во время участия в проекте, может впоследствии найти отражение в активном образе жизни на протяжении многих лет. Участвуя в уроках проекта, ребенок всегда видит результат, что очень важно. Ни один человек, а тем более ребенок, не может идти туда, сам не зная куда. То есть ему нужно знать и понимать результат, к которому он придет, у вас это хорошо продумано, после каждого урока дети получают новые знания, а выполняя задания, получают грамоту или сертификат.

В проекте мне нравится то, что в нем могут принимать участия дети разного возраста, материал для каждой возрастной категории продуман, мои дети с удовольствием участвуют в уроках и конкурсах. Начинала я работать с выпускными классами, дети с ОВЗ (нарушения слуха). Материал доступный, интересный. Всегда с нетерпением ждали новых уроков. Сейчас у меня дети с ОВЗ (нарушения слуха) 1 класс, но тоже с удовольствием смотрим занятия и выполняем творческие задания. Еще очень нравится обратная связь с руководителями проекта, любое обращение всегда рассматривается, все объясняют, помогают, очень приятно и хочется работать. Спасибо Вам за ваш проект. Хотелось бы, чтобы он продолжался как можно дольше. Это хорошая возможность реализовать себя для детей с ОВЗ".

Капитонова Ольга Анатольевна, воспитатель, «Цивильская ОШИ для обучающихся с ОВЗ № 1».

В продолжение и развитие проекта «Формирование гражданственности у школьников Чувашии в условиях цифровой образовательной среды» мы заявили еще один проект «VR-шоу «Дорога в космос. Памяти Андрияна Николаева», который также поддержало Министерство эконо-

мического развития и имущественных отношений Чувашии на средства Фонда президентских грантов. Суть проекта заключается в том, чтобы через яркое эмоционально-насыщенное представление информации познакомить школьников с биографией космонавта Андрияна Николаева и мотивировать их к стремлению ставить и достигать высокие цели, жить во благо людей и своей страны; а также, познакомить учащихся сельских школ Чувашии с VR-технологиями (Рис. 1).

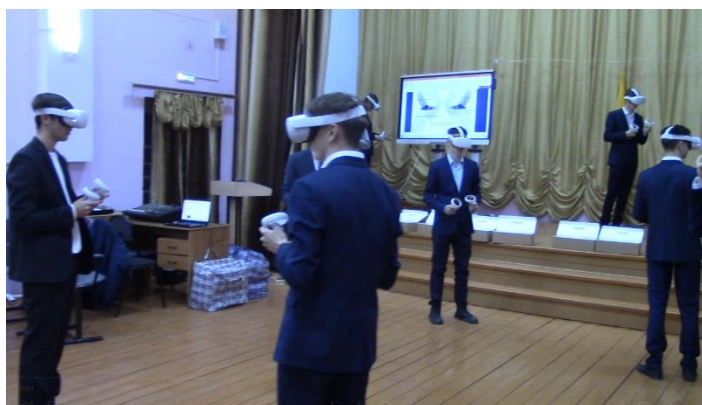


Рис. 1. VR-шоу «Дорога в космос. Памяти Андрияна Николаева»

Содержание VR-шоу.

Видеофильм о космонавте Андрияне Николаеве и Мемориальном комплексе летчика-космонавта СССР А. Г. Николаева.

Виртуальная экскурсия по Мемориальному комплексу летчика-космонавта СССР А. Г. Николаева.

«На межпланетной космической станции» – VR-игра.

К настоящему моменту мы с VR-шоу посетили 24 школы (СОШ и ООШ) шести муниципальных округов Чувашии. Отзывы самые положительные, что можно увидеть из видеоотчетов, которые мы делаем после каждой поездки. Ссылки на видеоотчеты выложены в новостях на сайте citizen.infoznaika.ru.

Наибольший воспитательный эффект в мероприятии имеет просмотр и обсуждение фильма об Андрияне Николаеве. Фильм смонтировали авторы проекта, используя архивные видеоматериалы из интернета. Мы разбираем со школьниками эпизоды фильма и отвечаем на вопрос «Какие человеческие качества позволили Андрияну Николаеву добиться такого жизненного успеха?» Понятно, что мало кто из современных детей мечтает стать космонавтом, а вот понять, благодаря каким личностным качества мальчишке из чувашской глубинки удалось стать космонавтом важно для каждого присутствующего на мероприятии школьника. Эти качества помогут любому человеку добиться тех целей в жизни, которые он перед собой ставит.

А эпизоды действительно знаковые. Например, как 17-летний Андриян Николаев командовал бригадой из 100 человек на лесозаготовках в Карелии. Или как он посадил самолет с заглохшим двигателем. Или встреча космонавта в его родной деревне в Шоршелах, когда его восторженно приветствовали земляки. Видеофрагменты тренировок, общения с Гагариным или со своей семьей: дочкой и женой Валентиной Терешковой. В течение 10 минут продолжительности фильма школьники видят десяток важных для понимания успеха жизненного пути Николаева эпизодов.

Важно отметить, что мы приезжаем в школы, в которых учатся и 17 человек и тысяча. Выступаем перед совсем небольшими аудиториями, или в зале бывает несколько десятков школьников. Беседа в любом случае получается, поскольку каждый школьник проецирует жизненный успех космонавта Николаева на себя, оценивая свои поступки, сравнивая с личностными качествами Андрияна Николаева, такими как целеустремленность, трудолюбие, лидерские качества, умение правильно принимать решения и другими. А главное, жизнь Андрияна Николаева является ярким примером беззаветной любви к своей малой родине – к Чувашии. Всю жизнь Андриян Николаев своими помыслами был с земляками. Такой вывод можно сделать на основе архивных документов воспоминаний людей, лично знавших Андрияна Николаева. Будучи депутатом РСФСР космонавт очень много сделал для Чувашии, часто приезжал туда. Даже в одной из школ учителя сказали, что стадион в школе открывал Андриян Николаев.

VR-шоу мы проводим для школьников с 1 по 11 классы, но VR-шлемы можно одевать только детям старше 12 лет. Поэтому с младшими школьниками мы виртуально посещаем музей космонавтики в Шоршелах.

С 6 по 11 классы учащиеся одевают VR-шлемы и виртуально попадают на международную космическую станцию и выходят в космос. Заметим, что примерно 10% учащихся категорически не хотят одевать VR-шлемы. Сначала это удивляло, потом мы стали эту статистику воспринимать как факт.

Информационной платформой проекта является сайт citizen.infoznaika.ru и сообщества организации в социальных сетях, на которых рассказываем о VR-шоу в школах Чувашии, о впечатлениях школьников, о том, что нового они узнали и какие эмоции испытали во время VR-шоу, какие сделали выводы.

Заключение

В заключение отметим, что цифровизация процесса воспитания школьников является неотъемлемой частью воспитательной работы учителей. Цифровые технологии обладают огромным потенциалом, который еще очень мало изучен и требует осмысления и разработок новых методик организации воспитательной работы со школьниками на основе информационных технологий.

Библиографические ссылки

1. Бельчусов А. А., Софронова Н. В. Цифровизация внеурочной деятельности школьников по информатике - Чебоксары : Чувашский госпед.ун-т, 2021. – 304 с.
2. Федеральные государственные образовательные стандарты основного общего образования : <https://fgos.ru/> - с. 25.
3. Григорьев, Д. В., Степанов, П. В. Внеурочная деятельность школьников. Методический конструктор. / Д.В. Григорьев, П.В. Степанов. – М.: Просвещение, 2013. – 222 с. –с. 18.
4. Creative technology is key for connecting the next billion. *Business Insider Индия*, 16 апреля 2015 года.

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Д. С. Шпак¹⁾, М. Я. Колоцей²⁾

^{1), 2)} Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Беларусь,
Гродно, ¹⁾d.s.shpak@grsu.by, ²⁾kolocei_m@grsu.by

Рассмотрен вопрос актуальности и целесообразности использования цифровых технологий в учебном процессе при подготовке специалистов как математических специальностей, так и гуманитарных. Цифровые учебно-методические комплексы как основной элемент научно-методического обеспечения образовательной программы предоставляют возможность для построения персонализированной траектории обучения любому студенту, основанной на адаптивном и мультимедийном учебном контенте. Наличие IT-компетенций у студентов влечет за собой развитие цифровых компетенций у преподавателей и является необходимым критерием успешности любого образовательного учреждения.

Ключевые слова: цифровой учебно-методический комплекс; цифровые технологии; электронный образовательный ресурс; IT-компетенции; персонализация образования.

ON THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF DIGITAL EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEXES IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF EDUCATION

D. S. Shpak¹⁾, M. Ya. Kolocei²⁾

^{1), 2)} Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus, Grodno,
¹⁾d.s.shpak@grsu.by, ²⁾kolocei_m@grsu.by

The issue of the relevance and expediency of using digital technologies in the educational process in the preparation of specialists in both mathematical specialties and the humanities is considered. Digital educational and methodological complexes, as the main element of the scientific and methodological support of the educational program, provide an opportunity to build a personal learning path for any student based on adaptive and multimedia educational content. Student's IT-competencies leads the development of teacher's digital competencies and they are necessary criteria for the success of any educational institution.

Keywords: digital educational and methodological complex; digital technologies; electronic educational resource; IT-competencies; personal learning path.

Введение

Систематическое и целенаправленное внедрение цифровых технологий в образовательный процесс является важным и неотъемлемым направлением работы любого учреждения образования. В этой связи происходит ускорение процесса формирования новых компетенций обучающихся, более рационально распределяется время между теоретическим и практическим обучением, что, в свою очередь, способствует эффективности образования.

Существенное ускорение цифровизации образования произошло во время пандемии. Наравне с важностью повышения цифровых компетенций участников образовательного процесса особое внимание стало уделяться учебно-методическому обеспечению образования в условиях цифровизации. Однако применение возможностей цифровых технологий должно проходить с максимальной эффективностью.

При анализе использования цифровых технологий в образовательном процессе можно рассматривать два критерия – «результативность» и «экономическая эффективность». Результативность означает, что внедрение цифровых технологий должно способствовать удовлетворению потребностей участников образовательного процесса в повышении качества обучения (например, самостоятельное изучение отдельных тем (модулей), сокращение сроков обучения (освоения учебных дисциплин), индивидуализация обучения и т.п.). Под экономической эффективностью понимается снижение издержек материальных затрат университета [1].

Практика создания и использования учебно-методических материалов в условиях цифровой трансформации образования

Представители Белорусского государственного университета отмечают, что цифровую трансформацию образования можно представить, как движение к персонификации и персонализации образовательного процесса на основе использования новых педагогических моделей организации и проведения индивидуальной учебной работы. Описывая применение дистанционных технологий во время пандемии коронавируса, акцентируется внимание на преимуществах использования цифровых технологий, связанных с возможностями удаленного обучения: получение образования в удобное время и в удобном месте; выбор территориально удаленного преподавателя и учебных дисциплин, для университета в перспективе – виртуализация кафедр с привлечением ведущих зарубежных специалистов; использование широкополосных телекоммуникаций для доставки высококачественного мультимедийного контента и

проведения многоточечных видеоконференций, предоставление инструментария для автоматизации части работы преподавателю, применение систем искусственного интеллекта для анализа текущих результатов обучаемых; главное – реализация в рамках дистанционных технологий педагогических инноваций [2].

В рамках взаимодействия и обмена опытом с другими учреждениями высшего образования одним из примеров разработки учебно-методических материалов в цифровом формате является опыт Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Обязательным элементом научно-методического обеспечения образовательного процесса в БГУИР становится электронный образовательный ресурс (далее – ЭОР). ЭОР позволяют обучающимся удалённо самостоятельно или под руководством преподавателя овладеть необходимым материалом, а профессорско-преподавательскому составу эффективно организовать систему контроля за результативностью обучения.

Из опыта создания ЭОР коллеги отмечают и недостатки, например, финансовые, касающиеся затрат на его подготовку и обновление. Немаловажной проблемой являются кадровые вопросы, поскольку во многих случаях преподаватели гуманитарных дисциплин не владеют на достаточном уровне необходимыми знаниями и умениями в области техники, которые требуются для разработки и использования ЭОР [3]. При разработке ЭОР популярностью пользуются математические дисциплины, которые являются основными дисциплинами базовой подготовки по специальностям IT-профиля.

Опыт создания цифровых учебно-методических комплексов в учреждении образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Развитие цифровой образовательной среды в Гродненском университете создает условия для формирования новых образовательных компетенций сотрудников и студентов, что способствует открытию новых возможностей для становления успешной профессиональной карьеры будущих специалистов.

В Гродненском государственном университете имени Янки Купалы на протяжении многих лет ведется целенаправленная работа по цифровой трансформации образовательного процесса, начиная с информатизации как повышения эффективности использования большого объема информации на всех этапах реализации учебного процесса: от внедрения информационных технологий в рамках отдельных учебных дисциплин до

100% обеспеченности дисциплин электронными учебно-методическими комплексами на Образовательном портале университета [4].

Разработка цифровых учебно-методических комплексов (далее – ЦУМК) – это необходимый шаг в трансформации учебно-методических материалов, переход от электронного представления учебных материалов к цифровому.

Создание ЦУМК построено на принципах интерактивности, гибкости, адаптивности и мультимедийности. Площадкой для разработки ЦУМК выбрана уже знакомая и апробированная цифровая образовательная платформа университета emoodle.grsu.by на основе LMS Moodle, встроенные функции которой расширяют возможности презентации учебного контента и интерактивного взаимодействия преподавателей и студентов, способствуют интенсификации самостоятельной работы студентов и их вовлеченности в образовательную деятельность.

За 2 года в университете появилась нормативная база для разработки ЦУМК. 18 июня 2021 года состоялась конференция «Цифровой учебно-методический комплекс: проектирование и внедрение», в рамках которой были рассмотрены вопросы изменения роли преподавателя в условиях цифровой трансформации учебного процесса. С зарубежным опытом использования элементов цифровых комплексов во время конференции поделились коллеги из Института физико-математических наук и информационных технологий Балтийского федерального университета им. И.Канта (г. Калининград). По итогам конференции был опубликован тематический номер электронного научно-методического журнала «Университет образовательных инноваций».

Для расширения ИТ-компетенций преподавателей университета на протяжении 2021 года проводились обучающие семинары для разработчиков ЦУМК с размещением всех материалов семинаров на youtube-канале и на Образовательном портале университета. В октябре 2022 года были организованы курсы повышения квалификации преподавателей «Университет образовательных инноваций», посвященные технологиям разработки цифровых учебно-методических комплексов.

По итогам 2022 года в университете разработаны и зарегистрированы 10 цифровых учебно-методических комплексов. Одним из разработанных ЦУМК является комплекс «Теория вероятностей и математическая статистика», разработанный преподавателями кафедры фундаментальной и прикладной математики, обеспечивающей преподавание математических дисциплин на различных факультетах. Аккумулировав учебно-методическую информацию, преподаватели дополнили их адаптивными материалами, используя цифровые ресурсы.

Заключение

Использование цифровых технологий в образовании является неотъемлемой частью развития образования. К студентам как математических так и гуманитарных специальностей необходим персонализированный подход в учебном процессе. Цифровая трансформация образования обеспечивает персонализированный подход к обучению и предполагает создание образовательного контента, нацеленного на конкретного обучающегося.

Библиографические ссылки

1. Ровба, Е. А. О новом подходе к подготовке и использованию динамической визуализации цифрового учебного материала по теории функций комплексного переменного / Е. А. Ровба, В. Н. Худенко, С. А. Ивашов, Е. А. Сетько // Электронный научно-методический журнал «Университет образовательных инноваций». – 2020. – № 1. – Режим доступа: https://euryedu.grsu.by/images/files/1_2021/2.pdf. – Дата доступа: 11.11.2022

2. Головенчик, Г. Г. Современные тенденции цифрового реформирования образования / Г. Г. Головенчик // Цифровая трансформация. – 2020. – № 4 (13). – С. 5–20.

3. Петрова, Н. Е. Электронный образовательный ресурс как способ совершенствования высшего образования в условиях инновационного развития / Петрова Н. Е., Арцыменя Д. Ф. // Функционирование русского и белорусского языков в условиях информатизации общества : сборник тезисов докладов 57-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19–23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : БГУИР, 2021. – С. 6–8.

4. Белых Ю. Э., Колоцей М. Я., Шпак Д. С., Коляго О. В. Цифровая трансформация образовательного пространства университета (опыт Гродненского государственного университета имени Янки Купалы) // Электронный научно-методический журнал «Университет образовательных инноваций». – 2022. – № 2. – URL: http://www.euryedu.grsu.by/images/files/2_2022/1.pdf.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ HYFLEX-ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ В УЧРЕЖДЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ

А. В. Янковская

*Государственное учреждение образования «Лидский районный центр
технического творчества», Беларусь, Лида, rctt@edu-lida.gov.by*

Рассмотрены теоретические основания развития hyflex-обучения программированию в учреждении дополнительного образования детей и молодежи, сущность hyflex-обучения. Дана характеристика особенностям формирования профессиональных компетенций учащихся в hyflex-обучении программированию. Предлагаются конкретные методические рекомендации развития профессиональных компетенций учащихся.

Ключевые слова: hyflex-обучение; профессиональные компетенции будущих программистов; обучение программированию; дополнительное образование детей и молодежи.

FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCES DURING HYFLEX-EDUCATION IN PROGRAMMING IN THE INSTITUTION OF ADDITIONAL EDUCATION FOR CHILDREN AND YOUTH

H. U. Yankouskaya

*State Educational Institution "Lida Regional Center for Technical Creativity",
Belarus, Lida, rctt@edu-lida.gov.by*

The theoretical foundations for the development of hyflex-training in programming in the institution of additional education for children and youth, the essence of hyflex-training are considered. The characteristics of the formation of students' professional competencies in hyflex programming training are given. Specific methodological recommendations for the development of students' professional competencies are proposed.

Keywords: hyflex training; professional competencies of future programmers; programming training; additional education for children and youth.

Введение

В современных условиях формирование профессиональных компетенций ориентирует работу учреждения дополнительного образования технического направления на использование новейших возможностей НуFlex-обучения. Категория «профессиональные компетенции» в социально-личностном значении подразумевает обучение робототехнике и программированию. В учреждении дополнительного образования детей и молодежи данный процесс реализуется в образовательных областях «Информатика», «Робототехника». Сегодня в Беларуси многое зависит от новых кадров, нацеленных на развитие с правильными профориентационными запросами.

Сущность НуFlex-обучения программированию в учреждении дополнительного образования детей и молодежи

Понятие НуFlex-обучения достаточно новое в педагогической литературе. Современные исследователи этого вопроса не дают однозначного толкования данному термину. Вместе с тем, зарубежные исследователи определяют понятие НуFlex как сочетающее в себе термины «гибридный» и «гибкий». Гибридное обучение относится к обучению, которое объединяет дополнительные очные (синхронные) и онлайн-обучения (асинхронные) для достижения намеченных целей обучения. Ожидается, что все обучающиеся гибридного курса будут проходить одинаковую комбинацию онлайн- и очных занятий. Напротив, «гибкий» аспект НуFlex заключается в том, что учащимся предоставляется выбор того, как они участвуют в курсе и взаимодействуют с материалом в режиме, который лучше всего подходит для них в течение курса и от занятия к занятию. Такой подход идеален для дополнительного образования.

Особенности формирования профессиональных компетенций учащихся в НуFlex-обучении программированию

При рассмотрении особенностей формирования профессиональных компетенций учащихся в НуFlex-обучении программированию существуют необходимые принципы, которым следуют в Государственном учреждении образования «Лидский районный центр технического творчества». Это такие принципы, как:

- выбора учащегося: нужно предоставить значимые альтернативные режимы участия и дать учащимся возможность выбирать между режимами ежедневного, еженедельного или тематического участия (при про-

ектировании занятия конструируются различные задания онлайн и оффлайн);

- эквивалентности: обеспечить учебными мероприятиями во всех формах участия, которые приводят к эквивалентным результатам обучения (задания по программированию проектируются одинаковой сложности, одинаковой степени загруженности для работы в различных режимах);

- повторного использования: использовать артефакты из учебных занятий в каждом режиме участия в качестве «учебных объектов» для всех учащихся (продумывается когортная форма взаимодействия- подгруппы и группы онлайн и оффлайн обмениваются результатами в процессе работы);

- доступности: предоставляются учащимся технологические навыки и равный доступ ко всем режимам участия (на первом втором занятии проводится тренинг для учащихся по использованию их конкретного оборудования).

Методические рекомендации особенностей использования когортных форм в контексте HyFlex-обучения

Разработанная модель методической системы подготовки в учреждении дополнительного образования детей и молодежи будущих программистов на основе когортных форм к работе в условиях hyFlex подхода включает следующие подсистемы:

- мотивационно-целевую (определение иерархии целей);
- содержательную (построение моделей содержания обучения: психолого-педагогический, предметный и практический блоки);
- технологическую (методы, средства и организационные формы).

Методическая система формирования профессиональных компетенций учащихся охватывает три этапа обучения в Государственном учреждении образования «Лидский районный центр технического творчества» учащихся по направлениям «Программирование», основные цели на каждом из которых следующие:

- I этап («Программирование Scratch») – познавательные, ориентировочно-мотивационные;

- II этап («Программирование Python») – профессионально-ориентированные, поисково-исследовательские, рефлексивно-оценочные;

- III этап («Программирование Python» «Программирование C++») – практические, творческие, аналитико-рефлексивные.

Диагностика формирования профессиональных компетенций учащихся при обучении программированию

На основе поставленных задач были спроектированы карты контроля: Карта изучения уровня сформированности профессиональных компетенций технического творчества учащихся объединения по интересам «Программирование»; Карта изучения уровня профессиональной компетентности педагогов и состояния педагогической работы по обобщению опыта подготовки учащихся к конкурсам технической направленности; Карта изучения состояния предметно-развивающей среды на предмет формирования у учащихся профессиональных компетенций технического творчества посредством участия в различных конкурсах технической направленности; Карта изучения состояния планирования образовательной деятельности на предмет формирования у учащихся профессиональных компетенций технического творчества посредством участия в различных конкурсах технической направленности; Анкета для родителей; План аналитического отчета по итогам реализации годовой задачи в рамках реализации тематического контроля. Данные карты спроектированы на основе Google-форм, Google-таблиц с автоматическим подсчетом баллов, что дает возможность сразу визуализировать результативность.

Заключение

Формирование профессиональных компетенций при NuFlex-обучении программированию в учреждении дополнительного образования детей и молодежи позволяют для обучающихся:

- реализовать принцип мобильности обучения, получить широкое развитие дистанционного обучения;
- внедрить личностно-ориентированный подход в процесс обучения, выстраивание персональной образовательной траектории обучающегося;
- создать равные возможности для получения качественных образовательных услуг на уровне современных требований национальных и международных стандартов вне зависимости от места проживания и обучения; на этой основе будет обеспечено формирование личности, адаптированной к жизни в информационном обществе со всеми его возможностями, вызовами и рисками.

Библиографические ссылки

1. *Мармыш Ю. В., Клочко И. К.* МИРОВЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПРАКТИКИ И ТЕНДЕНЦИИ В XXI ВЕКЕ // ELS. 2022. №ноябрь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovye-pedagogicheskie-praktiki-i-tendentsii-v-xxi-veke/>. – Дата доступа: 24.02.2023.

2. Наука о мозге микрообучения: почему это работает [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trainingindustry.com/articles/content-development/the-brain-science-of-microlearning-why-it-works/>. – Дата доступа: 24.02.2023.

3. *Битти Би Джей* (2019). Гибридно-гибкий дизайн курса (1-е изд.) . Книги EdTech. Внедрение управляемых студентами гибридных классов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edtechbooks.org/hyflex> . – Дата доступа: 24.02.2023.

4. *Абрамова И. В., Рихтер Т. В.* МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У БУДУЩИХ ПРОГРАММИСТОВ // КНЖ. 2021. №1 (34). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-formirovaniya-professionalnyh-kompetentsiy-u-buduschih-programmistov> . – Дата доступа: 24.02.2023.

5. В онлайн-образовании больше недостаточно делать просто хороший контент». Анализируем статью Вес Као, эксперта онлайн-образования и edtech. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.specialist.ru/news/5701/v-onlajnobrazovanii-boljshe-nedostatochno-delatj-prosto-horoshij-kontent-analiziruem-statjyu-ves-ka-eksperta-onlajnobrazovaniya-i-edtech#:~:text=%> Дата доступа: 24.02.2023.

6. *Лунгу К. Н., Измайлова Н. В.* Фундирование опыта как основа формирования математических компетенций студентов экономических специальностей // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2014. №37. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/fundirovanie-opyta-kak-osnova-formirovaniya-matematicheskikh-kompetentsiy-studentov-ekonomicheskikh-spetsialnostey> (дата обращения: 24.02.2023). Дата доступа: 24.02.2023.

РАЗДЕЛ V
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ, МАТЕМАТИКИ
И ИНФОРМАТИКИ

УДК 539.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ С ЗОНАМИ
ИЗМЕНЕННОЙ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА ПОСЛЕ
ТЕРМООБРАБОТКИ

А. И. Веремейчик¹⁾, М. В. Нерода²⁾, В. М. Хвисевич³⁾, Б. Г. Холодарь⁴⁾

*1), 2), 3), 4) Брестский государственный технический университет, Беларусь, Брест,
vai_mrtm@bstu.by*

Исследуется напряженно-деформированное состояние образцов с зонами измененной структуры материала, которые возникают после термообработки локальным высокоэнергетическим источником нагрева. Проведено компьютерное моделирование задачи при растяжении, изгибе и кручении образцов с зонами серповидного сечения. Исследовано влияние механических характеристик материала зон термообработки на напряженно-деформированное состояние. Определены коэффициенты концентрации напряжений в окрестности термообработанных областей.

Ключевые слова: зона измененной структуры; механические характеристики; напряженно-деформированное состояние; растяжение; изгиб; кручение; коэффициент концентрации напряжений; модуль упругости; коэффициент Пуассона.

SIMULATION OF TEST SAMPLES WITH ZONES OF ALTERED
MATERIAL STRUCTURE AFTER HEAT TREATMENT

A. I. Verameichyk¹⁾, M. V. Neroda²⁾, V. M. Hvisevich³⁾, B. G. Holodar⁴⁾

1), 2), 3), 4) Brest state technical university, Belarus, Brest, vai_mrtm@bstu.by

The stress-strain state of samples with zones of altered material structure that arise after heat treatment by a local high-energy heating source is investigated. A computer simulation of the problem of stretching, bending and torsion of samples with sickle-shaped cross-section zones has been carried out. The influence of the mechanical characteristics of the material of the heat treatment zones on the stress-strain state is investigated. Stress concentration coefficients in the vicinity of heat-treated areas are determined.

Keywords: zone of altered structure; mechanical characteristics; stress-strain state; stretching; bending; torsion; stress concentration coefficient; elastic modulus; Poisson's ratio.

Введение

При лазерной, плазменной и других высокоэнергетических методах сосредоточенного воздействия на деталь возникают зоны измененной структуры исходного материала – зона целевого воздействия и окружающая ее зона термического влияния [1]. В последней структура заметно отличается как от структуры зоны обработки, так и от структуры основного материала, и управление ее свойствами затруднено в связи с отсутствием возможности непосредственного воздействия на структурообразование в этой области. Данные о свойствах материала в этих областях ограничены, однозначных аналитических зависимостей между их механическими характеристиками не существует, поэтому имеет место большая неопределенность в их значениях, что является существенным недостатком при прогнозировании поведения реального объекта в условиях эксплуатации. Проводимые отечественными и зарубежными учеными исследования в области свойств образцов после воздействия локальным источником нагрева направлены в основном на установление характера структурных превращений и твердости материалов, а результаты изучения механических характеристик материала обработанной зоны, в частности, модулей упругости и коэффициентов Пуассона, представлены недостаточно. Соответственно не в полной мере представлены результаты исследований влияния возникающих различий этих показателей на напряженно-деформированное состояние (НДС) деталей машин. Поэтому рассматриваемый вопрос является актуальным. Влияние материала зон термообработки удобно характеризовать через коэффициенты концентрации напряжений.

Постановка задачи

Для исследования влияния различий модуля упругости и коэффициента Пуассона двух новообразованных зон образца и их количества после его термообработки по сравнению с характеристиками основного материала проведено конечно-элементное моделирование задачи о деформировании стержня (образца) размерами $b \times h \times l = 20 \times 7 \times 200$ мм с зонами обработанного материала сечением в форме полукруга радиусом 0,4 мм, окруженного промежуточной серповидной зоной термического влияния толщиной 0,2 мм (рисунок 1), расположенными вдоль всей длины образ-

ца или на половине его длины. В качестве расчетного пакета использован программный комплекс *ANSYS Workbench*.

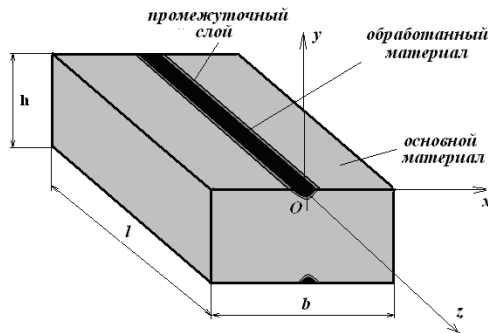


Рис. 1. Образец

Модуль упругости основного материала («*bas*») принимался равным $E = E_{bas} = 200$ ГПа, коэффициент Пуассона $\mu = \mu_{bas} = 0,3$. Модули упругости промежуточного («*int*») и обработанного («*pr*») слоев и их коэффициенты Пуассона варьировались, но принято, что после обработки материал тела во всех его точках остается в упругой области работы и при одинаковой температуре, что соответствует большинству реализующихся случаев эксплуатации деталей машин и механизмов. Отношение модулей упругости и коэффициентов Пуассона обработанного материала к значениям для исходного материала варьировалось в пределах $K_E = E_{pr}/E_{bas} = K_\mu = \mu_{pr}/\mu_{bas} = 0,6 \dots 1,5$. Рассматривалось НДС тела в установившемся тепловом режиме. Коэффициенты концентрации напряжений определяются как отношение максимального значения напряжений σ_i^{\max} с учетом концентрации к номинальному значению $\sigma_{ном}$ для образца без зон измененной структуры: $K_\sigma = \sigma_i^{\max} / \sigma_{ном}$.

Моделирование испытаний на растяжение

Нагружение осуществлялось силой, действующей по передней торцевой грани, при номинальных нормальных напряжениях $\sigma_{ном} = 239$ МПа. Граничные условия по перемещениям задавались в виде ограничения перемещения в направлении оси Oy ($v_y = 0$) в точках верхней грани тела, в направлении оси Oz ($w_z = 0$) по задней торцевой грани. На рисунке 2 приведено распределение нормальных напряжений в образце при различных соотношениях E и μ , на рисунке 3 – зависимость коэффициента концентрации напряжений от соотношений K_E или K_μ .

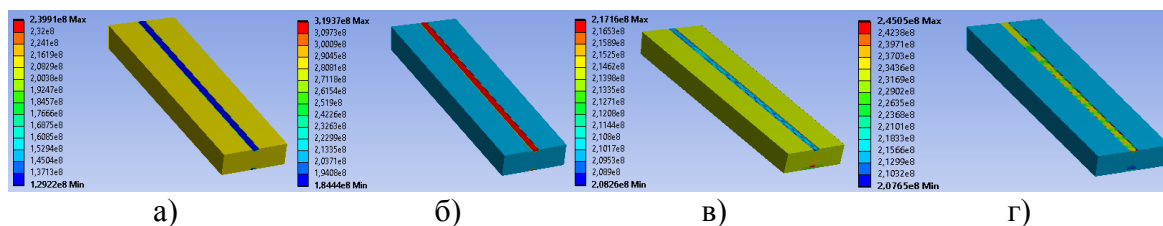


Рис. 2. Распределение нормальных напряжений в образце

- а) $E_{bas} = 200$ ГПа, $E_{int} = 160$ ГПа, $E_{pr} = 120$ ГПа, $\mu_{bas} = \mu_{int} = \mu_{pr} = 0,3$
 б) $E_{bas} = 200$ ГПа, $E_{int} = 250$ ГПа, $E_{pr} = 300$ ГПа, $\mu_{bas} = \mu_{int} = \mu_{pr} = 0,3$
 в) $E_{bas} = E_{int} = E_{pr} = 200$ ГПа, $\mu_{bas} = 0,3$, $\mu_{int} = 0,24$, $\mu_{pr} = 0,18$
 г) $E_{bas} = E_{int} = E_{pr} = 200$ ГПа, $\mu_{bas} = 0,3$, $\mu_{int} = 0,375$, $\mu_{pr} = 0,45$

Некоторые результаты исследований для случая нескольких зон измененной структуры прямоугольного сечения, а также при зонах, занимающих половину длины образца, приведены в [2].

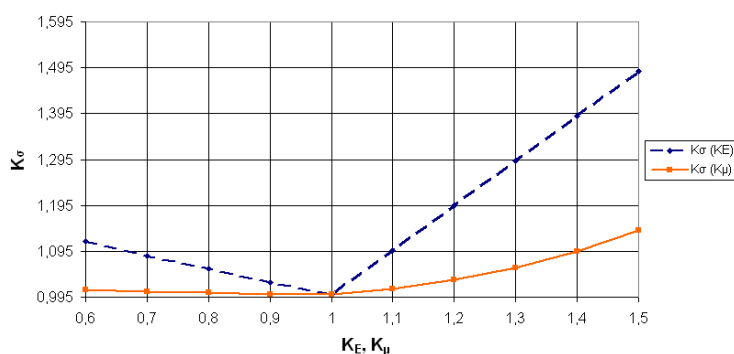


Рис. 3. Зависимость коэффициента концентрации напряжений от соотношений K_E или K_μ

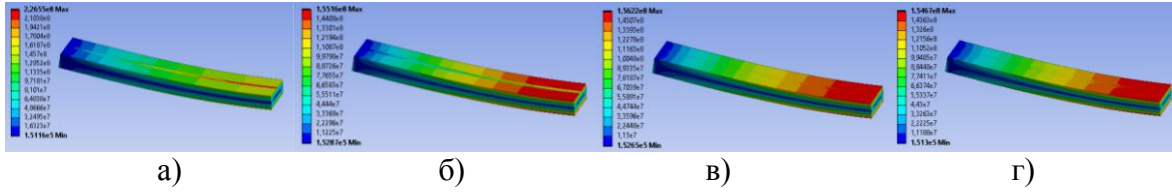
Моделирование испытаний на изгиб и кручение

Нагружение образца, закрепленного на 2-х шарнирных опорах по краям, осуществлялось силой $F = 500$ Н, действующей по верхней грани вдоль оси y , с помощью команды *Force*. При моделировании испытаний на кручение образец жестко заземлялся в левом торцевом сечении и нагружался в правом торцевом сечении моментом $M = 50$ Н м относительно оси z с помощью команды *Moment*. Номинальные эквивалентные напряжения по Мизесу составили 153,4 МПа при изгибе и 359,8 МПа при кручении.

На рисунке 4 приведено распределение эквивалентных напряжений по Мизесу в образцах при различных соотношениях E и μ (показана по-

ловина длины образца), на рисунке 5 – зависимость коэффициентов концентрации напряжений от соотношений K_E или K_μ .

1) изгиб



2) кручение

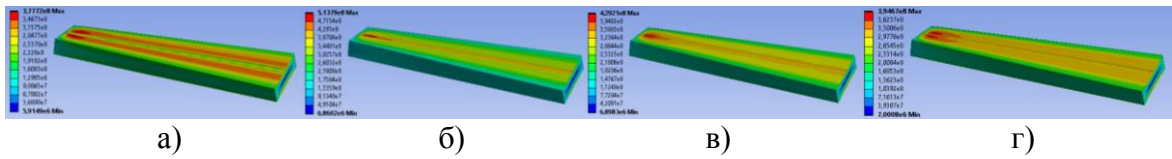


Рис. 4. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу в образце

- а) $E_{bas} = 200$ ГПа, $E_{int} = 160$ ГПа, $E_{pr} = 120$ ГПа, $\mu_{bas} = \mu_{int} = \mu_{pr} = 0,3$
- б) $E_{bas} = 200$ ГПа, $E_{int} = 250$ ГПа, $E_{pr} = 300$ ГПа, $\mu_{bas} = \mu_{int} = \mu_{pr} = 0,3$
- в) $E_{bas} = E_{int} = E_{pr} = 200$ ГПа, $\mu_{bas} = 0,3$, $\mu_{int} = 0,24$, $\mu_{pr} = 0,18$
- г) $E_{bas} = E_{int} = E_{pr} = 200$ ГПа, $\mu_{bas} = 0,3$, $\mu_{int} = 0,375$, $\mu_{pr} = 0,45$

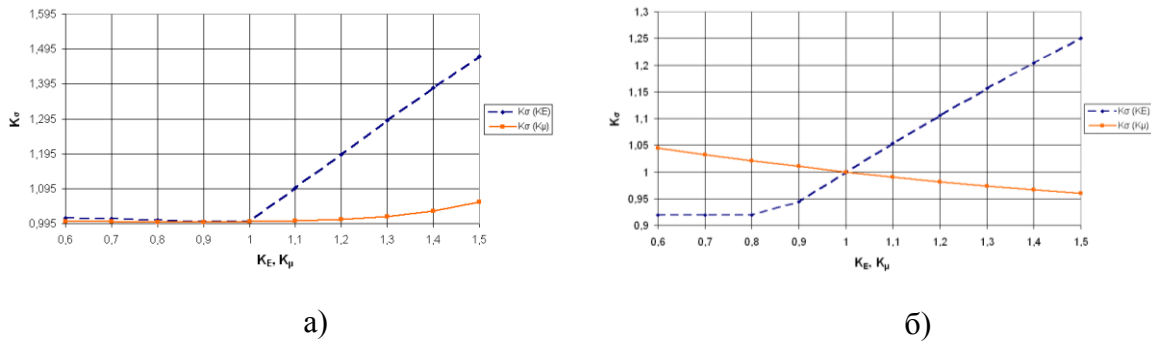


Рис. 5. Зависимость коэффициента концентрации напряжений от соотношений K_E или K_μ : а) изгиб, б) кручение

Результаты исследований показывают, что при испытаниях на кручение изменение характеристик материала упрочненной зоны менее всего влияет на эквивалентные напряжения. При кручении характер изменения коэффициентов концентрации напряжений при вариации модуля

упругости и коэффициента Пуассона принципиально отличается от испытаний на растяжение и изгиб (рисунки 3, 5).

Заключение

Установлено, что любое изменение характеристик материала обработанной и промежуточной зон по отношению к основному материалу приводит к изменению НДС образцов. Максимальные напряжения возникают как в обработанном слое, так и в основном материале или промежуточной зоне. Сравнение результатов расчетов с данными испытаний может позволить определить возможное изменение механических характеристик обработанной зоны материала от их исходных значений.

Библиографические ссылки

1. *Grigoriev, S. N.* The Influence of the Highly Concentrated Energy Treatments on the Structure and Properties of Medium Carbon Steel / S. N. Grigoriev, A. Y. Ivannikov, M. V. Prozhega, I. N. Zakharov, O. G. Kuznetsova, A. M. Levin // *Metals* 2020, 10, 1669.

2. *Веремейчик, А. И.* Конечно-элементное моделирование задачи о растяжении материала с зонами измененной структуры / А. И. Веремейчик, М. В. Нерода, Б. Г. Холодарь // *Механика машин, механизмов и материалов*. – 2022. – № 3 (60). – С. 77–84.

АНАЛИЗ УРОВНЕЙ ТЕСНОТЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ СВЯЗЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ ИВТ ПСКОВГУ

П. В. Герасименко¹⁾, С. М. Вертешев²⁾,

¹⁾ *Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия, gerasimenko@mail.ru*

²⁾ *Псковский государственный университет, Псков, Россия, verteshev@mail.ru*

Выполнен анализ МДС двух групп бакалавров направления ИВТ Псковского государственного университета, проходивших обучение в первый и в выпускной год обучения. Исходными данными для расчета коэффициентов корреляции выступают массивы итоговых семестровых экзаменационных оценок студентов по блокам дисциплин, имеющих предметную связь. Построение расчетного алгоритма выполнено с помощью ПП Excel. В основу его построения положен корреляционный анализ. Рассмотрен пример оценивания корреляционной связи между оценками по дисциплинам математического блока и блока, включающего специальные дисциплины выпускного курса. Полученные результаты дают обоснование для совершенствования учебного процесса. Работа может представлять интерес для работников университетов, которые связаны с разработкой новых образовательных программ и с планированием учебных занятий в условиях цифровизации общества.

Ключевые слова: математические дисциплины; ЕГЭ; регрессия; элементарная и высшая математика; корреляция.

ANALYSIS OF THE LEVELS OF CLOSENESS OF INTERDISCIPLINARY CONNECTIONS THAT ARISE DURING THE PREPARATION OF BACHELORS IN THE DIRECTION OF THE PSKOV STATE UNIVERSITY

P. V. Gerasimenko¹⁾, S. M. Verteshev²⁾

¹⁾ *Petersburg State University of Communications of Emperor Alexander I, St. Petersburg, Russia, gerasimenko@mail.ru*

²⁾ *Pskov State University, Pskov, Russia, verteshev@mail.ru*

The analysis of the MDS of two groups of bachelors of the IVT direction of Pskov State University, who studied in the first and final year of study, was carried out. The initial data for calculating the correlation coefficients are arrays of final semester examination grades of students in blocks of disciplines that have a subject relationship. The construction of the calculation algorithm was performed using the Excel software. Its construction is based on correlation analysis. An example of estimating the correlation between the grades in the disciplines of the mathematical block and the block including special disciplines of

the final course is considered. The obtained results provide a justification for improving the educational process. The work may be of interest to university employees who are associated with the development of new educational programs and with the planning of training sessions in the conditions of digitalization of society.

Keywords: mathematical disciplines; USE; regression; elementary and higher mathematics; correlation.

Решение важнейших задач, связанных с инновационным развитием всех сфер страны, невозможно без применения современных средств, базирующихся на цифровых системах. Большое значение при проведении цифровизации должна занимать качественная подготовка кадров [1, 2]. Особое место отведено подготовке по математическим и специальным дисциплинам студентов направления «Информатика и вычислительная техника (ИВТ)» [3].

Решение таких задач немыслимо без обеспечения будущих бакалавров основами фундаментальной научной подготовки, из числа которой, прежде всего, следует выделить математическую подготовку [4].

Действительно, привлечение современным инженером математического аппарата позволяет ему успешно моделировать и анализировать функционирование сложных технических систем и вырабатывать научно обоснованные важные для практики рекомендации [5]–[8].

Как известно, математическая подготовка в вузе во многом определяется знаниями элементарной математики.

Вместе с тем, как отмечают многие исследователи, в связи с низким уровнем школьной математики, дисциплины высшей и прикладной математики не связаны между собой и не формируют у студентов фундаментальные знания.

Цель настоящего доклада направлена на установление с помощью межпредметных связей качества математической и ИТ подготовки бакалавров направления ИВТ в ПСКОВГУ.

В педагогике междисциплинарная (межпредметная) связь рассматривается в случаях, когда между дисциплинами существуют единая используемая ими содержательная информация.

В работе термины межпредметные (МПС) и междисциплинарные (МДС) связи рассматриваются как синонимы. Кроме того, учебная дисциплина и учебный предмет – синонимы, а соответственно они обладают свойством получения новых знаний через единые методы познания в процессе реализации учебного плана.

Показателями оценивания уровня межпредметной связи выступают величины корреляционных коэффициентов между итоговыми экзаменационными оценками студентов по учебным дисциплинам.

Система МПС или МДС требует установления попарной взаимосвязи и отношений всех предметов (дисциплин) обучения, направленных на обеспечение не только усвоения определенных знаний, но и навыки их использования для дальнейшего самостоятельного приобретения новых знаний.

Следует отметить, что МПС характеризуют качество образовательного процесса, поскольку анализ межпредметных связей используется для оценивания возможности формирования у обучаемых системы межпредметных понятий и применения содержательного аппарата предыдущих по времени изучения дисциплин в последующих предметах.

Как известно, учебные дисциплины в вузах формируются на основании накопленных научных знаний, которые имеют в настоящее время высокую степень дифференциации.

Следовательно, МПС выступают одним из компонентов, позволяющих определенным образом интегрально через достигнутый уровень знаний студентов оценивать все компоненты учебного процесса, а именно, сформированное содержание учебного материала дисциплины, ее структуру, методы, средства и форму обучения.

Поэтому МПС являются интегрирующим звеном в системе дидактических принципов: научности, систематичности, целостности, преемственности.

В табл. 1 представлены коэффициенты корреляции, характеризующие межпредметную связь между математическими дисциплинами, изученными бакалаврами направления ИВТ в ПСКОВГУ на первом курсе в 2018-2019 годах.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между математическими дисциплинами

№	Дисциплины выпускного курса	1	2	3	4	5	6	7
1	ЕГЭ по математике	1,00						
2	Математическая логика	0,51	1,00					
3	Алгебра и геометрия	0,33	0,34	1,00				
4	Математический анализ	0,62	0,26	0,61	1,00			
5	Вычислительная математика	0,13	0,47	0,25	0,26	1,00		
6	Теория вероятностей	0,37	0,50	0,71	0,62	0,40	1,00	
7	Дискретная математика	0,34	0,43	0,69	0,66	0,49	0,81	1,00

В табл. 2 представлены коэффициенты корреляции, характеризующие межпредметную связь между дисциплинами ИТ, изученными бакалаврами направления ИВТ в ПСКОВГУ на выпускном курсе в 2021-2022 годах.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между дисциплинами ИТ

№	Дисциплины выпускного курса	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1 Веб-программирование	1,00							
2	Управление данными	0,75	1,00						
3	Защита информации	0,75	0,60	1,00					
4	Администрирование сетей	0,53	0,43	0,59	1,00				
5	2 Веб-программирование	0,59	0,71	0,58	0,52	1,00			
6	Конструкторско-технологическое обеспечение ЭВМ	0,78	0,76	0,70	0,56	0,56	1,00		
7	Организация ЭВМ и систем	0,41	0,41	0,51	0,44	0,35	0,52	1,00	
8	Государственный экзамен	0,69	0,58	0,58	0,21	0,44	0,52	0,24	1,00

Из сравнения данных, представленных в этих таблицах, следует, что качество усвоения дисциплин ИТ по сравнению с математическими дисциплинами является более высоким.

Количественные показатели этого отличия видны из табл. 3, где даны по шкале Чеддока суммарные относительные частоты коэффициентов корреляции.

Таблица 3

Суммарные относительные частоты коэффициентов корреляции по шкале Чеддока

	Связь между Дисциплинами первого и выпускного курсов	Характер связи в относительной частоте коэффициентов корреляции по шкале Чеддока			
		Отсутствует до $ \pm 0,3 $	Слабая $ \pm 0,3 - \pm 0,5 $	Умеренная $ \pm 0,5 - \pm 0,7 $	Сильная $ \pm 0,7 - \pm 1,0 $
1	Первый курс	0,19	0,38	0,33	0,1
2	Выпускной курс	0,07	0,21	0,51	0,21

Из таблицы следует, что связь между математическими дисциплинами «слабая», либо «отсутствует» составляет 57 %, в то время как между дисциплинами ИТ – 28%. По показателям «умеренная» и «сильная» связь между дисциплинами ИТ характеризуется 72 %, а между математическими – 43 %. В докладе основное внимание сосредоточено на методической стороне проведенных сборов статистических данных и выполненных расчетов на основе алгоритмов пакетов программы Excel [8], [9].

Библиографические ссылки

1. *Полчка А. Е.* Особенности проектирования инновационной инфраструктуры подготовки кадров информатизации региональной системы образования в условиях

функционирования информационно-коммуникационной предметной среды: Монография. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2015. – 86 с.

2. *Виноградов Б. А., Пальмов В. Г., Мещерякова Г. П.* Системный подход к оценке качества подготовки кадров для ОПК. //Иновация. № 10(192). 2014. –

3. *Изосимова, Т. Н.* Компетентностный подход как гарантия качества подготовки современных специалистов в области IT- технологий / Т. Н. Изосимова, Л. В Рудикова // Научные труды Академии управления при Президенте Республики Беларусь / Вып.1(2001). – Минск: 2014. Вып.16: в 2 ч.

4. *Вертешев С. М.* Роль математики и информатики в подготовке инженеров для инновационной деятельности / Вертешев С.М., Герасименко П. В., Лехин С.Н.// Перспективы развития высшей школы: материалы X Международной научно-методической конференции. - Гродно: ГГАУ, 4-5 мая 2017 г. – С. 223-226

5. *Уразаева Л. Ю., Дацун Н. Н.* Проблемы математического образования и их решение // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2015. –№ 3 (30). – С. 57-63.

6. *Русаков А. А.* Методологические проблемы обучения математике. – Материалы Международной научно-практической конференции «Физико-математическое образование: цели, достижения и перспективы» (10-13 мая 2017г.). – Минск; Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка. – 2017 – С.17-23.

7. *Изосимова, Т. Н.* Современные подходы в обучении компьютерным технологиям аспирантов и магистрантов / Т. Н. Изосимова, Л. В. Рудикова // Управление качеством высшего образования в условиях перехода к двухступенчатой системе подготовки кадров: материалы международной научно-практической конференции / БГУ. – Минск, 2007. – С. 174-178.

8. *Герасименко П. В.* Математическое моделирование процесса изучения учебных многосеместровых дисциплин в технических вузах / Герасименко П. В., Благовещенская Е.А., Ходаковский В.А. // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2017. Т. 14. № 3. – С. 513-522.

9. *Герасименко П. В.* О негативном влиянии результатов ЕГЭ по математике на подготовку специалистов в вузе и пути их устранения // Проблемы математической и естественно-научной подготовки в инженерном образовании. // Тезисы докладов 2-й Международной научно-методической конференции - СПб.: ПГУПС, 2012. - с. 172-173.

**МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ И ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ
В РАЗВИТИИ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ
БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ: ОПЫТ
МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ
ТЕМЫ «ФУНКЦИЯ»**

В. В. Денисовец

*Социально-гуманитарный колледж УО «Могилевский государственный университет
им. А.А. Кулешова», Беларусь, Могилев, 375257274497@yandex.by*

В статье рассматривается проблема подготовки будущих учителей математики в ходе развития познавательной самостоятельности студентов, используя мультимедийные и Интернет-технологии на примере изучения темы «Функция». В контексте математического анализа раскрывается содержание методической подготовки будущих учителей математики на лекциях, практических занятиях и в период самостоятельной работы. В статье подчеркивается, что для развития познавательной самостоятельности студентов необходимо включать поисковую, созидательную и исследовательскую деятельность в процесс обучения. Виды самостоятельных работ, которые могут быть использованы для развития этого умения, также определены.

Ключевые слова: наглядность; обучение математике; самостоятельная работа; средства мультимедиа; рабочая тетрадь; информационные технологии; электронная рабочая тетрадь; самостоятельная деятельность; учебно-исследовательская работа.

**MULTIMEDIA AND INTERNET TECHNOLOGIES
IN THE DEVELOPMENT OF COGNITIVE INDEPENDENCE
OF FUTURE TEACHERS OF MATHEMATICS: THE EXPERIENCE
OF METHODOLOGICAL TRAINING ON THE EXAMPLE
OF STUDYING THE THEME «FUNCTION»**

V. V. Denisovets

*Social and Humanitarian College of the Educational Establishment «Mogilev State
University named after I.I. A.A. Kuleshov», Belarus, Mogilev, 375257274497@yandex.by*

The article deals with the problem of training future teachers of mathematics in the course of the development of students' cognitive independence, using multimedia and Internet technologies on the example of studying the topic «Function». In the context of mathematical analysis, the content of the methodological training of future teachers of mathematics at lectures, practical classes and during independent work is revealed. The article emphasizes that for the development of cognitive independence of students, it is necessary to include search, creative and research activities in the learning process. The types of independent work that can be used to develop this skill are also identified.

Keywords: visualization; teaching mathematics; independent work; multimedia tools; workbook; information technology; electronic workbook; independent activity; educational and research work.

Введение

В современном обществе использование мультимедийных и интернет-технологий в образовании становится все более распространенным и востребованным. Эти технологии позволяют студентам получать доступ к большому количеству информации, учиться в интерактивной форме, усваивать знания в своем темпе, а также развивать познавательную самостоятельность.

Одной из важнейших задач в подготовке будущих учителей математики является развитие у них познавательной самостоятельности. Это означает, что студенты должны уметь самостоятельно исследовать материал, анализировать его, строить логические цепочки и делать выводы.

Постоянное обновление системы знаний предопределяет обновление содержания, форм и методов обучения, поэтому будущий учитель должен быть готов к систематической самостоятельной работе, самообразованию и самосовершенствованию.

Чтобы работать на уровне требований, предъявляемых сегодня к выпускникам высших учебных заведений, будущие учителя должны не только владеть профессиональными компетенциями, необходимыми для педагогической деятельности, но и личностными качествами: высокой степенью сознательности, ответственности, самостоятельности [1].

В данной статье будет рассмотрен опыт методической подготовки будущих учителей математики с использованием мультимедийных и Интернет-технологий на примере изучения темы «Функция».

Виды самостоятельных работ

В процессе вузовского обучения самостоятельная работа является одним из видов самостоятельной деятельности студентов. Поэтому мы рассматриваем самостоятельную работу не только с точки зрения достижения учебных целей, но и как средство формирования самостоятельности.

Основными видами деятельности, которыми должны овладеть будущие учителя математики, являются аналитико-синтетическая деятельность, планирование и конструирование, организация различных видов деятельности учащихся, деятельность по организации различных видов и форм контроля и т. д.

Для развития самостоятельности студенты должны заниматься не только продуктивной, но и поисковой, созидательной и исследовательской деятельностью.

Исходя из этого, мы определили уровни самостоятельной деятельности в процессе изучения курса методики преподавания математики, соответственно имеем четыре вида самостоятельных работ: репродуктивные, продуктивные, творческие и учебно-исследовательские.

Преподавателями кафедры математики учреждения образования «Могилевский государственный университет имени А.А. Кулешова» разработаны варианты заданий по всем видам самостоятельных работ по методике преподавания математики.

Репродуктивные самостоятельные работы организовывались с целью формирования учебных действий и закрепления основных понятий, вследствие чего у студентов формируются методические умения, к которым относятся: умение подбирать задачи по теме; умение работать со справочником, с таблицей, диаграммой; умение подбирать литературу по теме; умение составлять систему контрольных вопросов, вариантов самостоятельных работ, контрольных работ на основе образца; умение оценивать и анализировать письменную работу учащихся; умение проводить логико-математический анализ математических объектов; умение выполнять логико-дидактический анализ единицы учебного материала (пункта) на основе алгоритма, по инструкции.

К продуктивным видам самостоятельной работы были отнесены: на расширение и углубление понятий; применение на практике законов, теорий; перенос сформированных методических умений на новые объекты, в соответствии с конкретной педагогической ситуацией.

В результате будут сформированы такие умения, как определение цели изучения учебного материала в результате логико-дидактического анализа; умение мотивировать, ставить учебную задачу и определять соответствующие учебные действия; умение организовывать и управлять учебной деятельностью учащихся, умение составлять поурочные и календарные планы.

К творческим мы отнесли задания на творческое осмысление фактов, теорий, законов; нахождение различных способов решения задач, проблем; задания на сопоставление позиций различных авторов по определенной проблеме; преобразование знаний в практические рекомендации; коллективная разработка проблемы и др.

В этом ключе будущие учителя математики могут разрабатывать варианты контрольных работ, самостоятельных работ для студентов младших курсов, составлять методические разработки уроков по разделам, по классам. В ходе выполнения этих работ познавательная и прак-

тическая деятельность студентов была направлена на разрешение проблемы, в результате чего они приобретали опыт поисковой, творческой деятельности, но не опыт проведения целостного исследования. Такой опыт накапливается у студентов при выполнении учебно-исследовательских самостоятельных работ, которые способствуют овладению навыками научного познания.

Учебно-исследовательская работа будущих учителей математики связана с написанием рефератов, составлением докладов, выполнением проектов, курсовых и дипломных работ. В ходе методологической разработки проблемы (обоснование актуальности, постановка проблемы, определение цели, задач, выдвижение гипотезы, составление плана работы, обобщение и анализ результатов), изложения и оформления работы в рамках научных требований студенты обучаются элементам исследовательской деятельности. Навыки такого методологического осмысления проблемы вырабатываются при подготовке курсовых и дипломных работ.

Разработка рабочей тетради

Одним из наиболее важных элементов методической подготовки студентов являются лекции и практические занятия. При использовании мультимедийных и интернет-технологий на лекциях студенты могут видеть наглядную картину того, что происходит в математике. Это позволяет им лучше понимать и запоминать материал. Например, презентации, демонстрационные видео и аудиоматериалы, учебные игры и тесты могут быть очень полезными инструментами в обучении темы «Функция».

Практические занятия также являются важным компонентом методической подготовки студентов. Здесь преподаватель может использовать интерактивные задания, которые позволяют студентам самостоятельно работать с материалом. Например, можно предложить студентам провести исследование различных видов функций с использованием программного обеспечения, такого как GeoGebra. Это поможет им лучше понять свойства функций, научиться работать с графиками и делать выводы.

Также очень важным элементом развития познавательной самостоятельности студентов является самостоятельная работа [2].

При разработке учебного занятия преподаватель может испытывать определенные трудности, которые связаны с тем фактом, что существует не так много специальных учебных программ для разработки конкретных учебных занятий по данной учебной дисциплине, и преподаватель должен в основном использовать те, которые предлагаются для широко-

го круга преподавателей, адаптируя их к конкретным условиям учебного процесса.

При разработке рабочей тетради преподаватель сталкивается с одной стороны – с необходимостью разработки готовых образцов в контексте изучения темы в рамках программы определенной учебной дисциплины, а с другой – отсутствием рекомендаций по их разработке. Рабочие тетради используются для текущего контроля знаний и умений преподавателем студентов, чтобы они могли применять знания для решения учебных задач. Поскольку учебные пособия содержат пошаговое описание заданий, то у студента есть возможность самостоятельно проверить правильность решения задач в рабочих тетрадях.

Одним из эффективных дидактических средств считается применение рабочих тетрадей. На базе факультета математики и естествознания учреждения образования «Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова» в качестве эксперимента была разработана рабочая тетрадь по теме «Функция».

Главными целями ее внедрения были оптимизация учебного процесса, повышение эффективности познавательной самостоятельности студентов, организация эффективных занятий для иностранных студентов.

Данная рабочая тетрадь предназначена для организации работы студентов по математическим дисциплинам, которые содержат такие разделы как «Функции и их свойства», «Предел функции», «Непрерывность функции». Ее использование в учебном процессе позволяет студентам самостоятельно разобрать сложные моменты темы, изучать вопросы, которые не рассматриваются на аудиторных занятиях, проверить свои знания по пройденному материалу.

Разработка электронной рабочей тетради

Электронная рабочая тетрадь представлена в виде мобильного приложения, которое разработано в интегрированной среде Visual Studio 2019 на языке программирования C++ и скомпилировано при помощи Xamarin, .NET Standart 2.0, Anroid 10 (API 29).

Пользовательский интерфейс мобильного приложения состоит из нескольких форм. Первая форма представляет собой форму авторизации. Пользователь должен ввести свой логин и пароль, после чего он сможет войти в личный кабинет. Если же у пользователя нет личного кабинета, то преподаватель регистрирует его и дает право на пользование.

После того как пользователь войдет в личный кабинет на экране отобразится список тем, которые ему необходимо изучить. Для нового

пользователя доступна только одна тема, а для изучения следующей ему необходимо пройти предыдущую тему.

Пользователь выбирает первую тему «Понятие функции. Способы задания функции» и переходит на новую форму, которая представлена списком заданий: тестовые, практические, задания для организации работы студентов и вопросы для самоконтроля.

После прохождения темы «Понятие функции. Способы задания функции» выводится количество правильных ответов, после чего преподаватель проверяет прикрепленные фотографии и выставляет отметку.

В режиме преподавателя имеется возможность добавления нового пользователя, просмотра всех пользователей, а также отметки за пройденную тему.

Для того чтобы проверить отправленные результаты по темам, необходимо открыть список студентов, выбрать фамилию из списка, открыть нужную тему и начать проверять результаты.

Также каждый учащийся может посмотреть результат прохождения тем, для этого необходимо выбрать пункт «Мои отметки» после чего отобразится форма с отметками. Преподаватель имеет возможность посмотреть и оценить результаты, которые высылает студент [3].

Заключение

Анализ педагогической и методической литературы позволил определить программу и направления экспериментальной работы.

Целью проводимого эксперимента являлась определение степени влияния использования электронной рабочей тетради на уровень усвоения знаний студентами.

Для проведения эксперимента с целью проверки результативности обучения теме «Функция» с помощью электронного средства были выбраны 55 студентов первого курса специальности «Математика и информатика» (экспериментальная группа), «Физика и информатика» (контрольная группа) факультета математики и естествознания УО «МГУ имени А.А. Кулешова». Студенты экспериментальной группы (30 человек) использовали на занятиях компьютер, планшет или мобильный телефон. Студенты контрольной группы (25 студентов) их не использовали.

Эксперимент проводился в течении года. В качестве экспериментального материала был выбран раздел «Непрерывность функций».

Для определения уровня знаний в обеих группах был проведен входной контроль в форме контрольной работы, результаты которой подтвердили, что уровень знаний в контрольной и экспериментальной группах существенно не различается.

На формирующем этапе экспериментальной работы в обеих группах обучение осуществлялось с использованием рабочей тетради, однако в группе специальности «Математика и информатика» активно применялись средства мультимедиа, Интернет-технологии, электронная рабочая тетрадь.

Печатная рабочая тетрадь использовалась для самостоятельной работы студентов, как в учебной, так и внеучебной деятельности.

Стоит отметить, что поэтапный контроль выполнения практических заданий сводил к минимуму ошибки студентов, а также позволил добиться достаточно высокого уровня усвоения предлагаемого материала; выполнение заданий для самостоятельного решения позволило закрепить достигнутый эффект.

Мобильное приложение применялось как на этапе актуализации знаний, с целью проверки степени подготовленности к изучению нового материала, так и на этапе закрепления знаний, с целью контроля качества усвоения материала.

Средства мультимедиа в виде презентаций и видеофайлов применялись на этапе объяснения нового материала, Интернет-технологии (построение графиков в режиме онлайн, онлайн-решебник, онлайн-справочник, онлайн-тест) – на этапе закрепления материала с целью проверки правильности решения заданий.

Эффективность применения электронной рабочей тетради на занятиях по математике проверялась с помощью сравнения результатов констатирующего этапа эксперимента и повторной диагностики.

Библиографические ссылки

1. *Денисовец, Д. А.* Наглядность при обучении математике в условиях информационных технологий / Д. А. Денисовец, В. В. Казаченок // журнал Матэматыка: Праблемы выкладання. – 2021. – № 3. – С. 3–11.

2. *Казаченок, В. В.* Управляемое самообучение учащихся решению задач углубленного курса математики средствами современных информационных технологий / В. В. Казаченок. – Минск: БГУ, 2006. – 247 с.

3. *Марченко, И. В.* Математический анализ: рабочая тетрадь: в 3 ч. / И. В. Марченко, В. В. Жабыко. – Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2020. – Ч. 1. – 60 с.: ил.

РАСПОЗНАВАНИЕ ТАБЛИЧНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А. А. Дроздов¹⁾, Л. Л. Голубева²⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,
alexejdrozdov@gmail.com*

²⁾ *Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, goloubeva@bsu.by*

Рассматриваются задачи, связанные с извлечением информации из таблиц, содержащихся в документах разных форматов. Как смежная рассматривается задача подготовки данных для корректного обучения и тестирования моделей компьютерного зрения, обусловленная высокой чувствительностью методов к входным данным.

Ключевые слова: распознавание табличных данных; искусственные нейронные сети; разметка обучающих данных.

RECOGNITION OF TABLE DATA WITH USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

A. A. Drosdov¹⁾, L. L. Goloubeva²⁾

¹⁾ *Belarussian state university, Belarus, Minsk, alexejdrozdov@gmail.com*

²⁾ *Belarussian state university, Belarus, Minsk, goloubeva@bsu.by*

Problems related to extracting information from tables contained in documents of different formats are considered. The problem of preparing data for correct training and testing of computer vision models, due to the high sensitivity of methods to input data, is considered as a related problem.

Keywords: tabular data recognition; artificial neural networks; training data labeling.

Введение

Современный мир генерирует огромное количество данных каждый день. В 2018 году аналитики компании IDC в партнерстве с Seagate Technology провели исследование глобальной инфосферы, в ходе которого выполнили количественную оценку всей совокупности созданных, собранных и воспроизведенных данных по всему миру, детально рассмотрели ключевые тренды развития глобального рынка данных и сформировали прогноз. В докладе акцентируется внимание на том, что рост

объема мировых данных будет стремительно продолжаться, и прогнозируется, что к 2025 году совокупный объем информации на нашей планете достигнет отметки в 175 зеттабайт по сравнению с 33 зеттабайтами в 2018 году [1]. Аналитики отмечают, что в последнее время данные все чаще создаются на автоматизированной основе, хранятся в цифровых форматах, при этом они постоянно анализируются и обрабатываются.

Данные существуют во множестве различных форм и размеров, но большинство из них могут быть представлены в виде структурированных и неструктурированных данных. Структурированные данные имеют стандартизированный формат, что обеспечивает эффективный доступ к ним ПО и человеку. Обычно они представлены в форме таблиц со строками и столбцами, четко определяющими атрибуты данных. Примерами структурированных данных являются файлы Excel, базы данных SQL и др. Компьютеры могут эффективно обрабатывать структурированные данные. Однако их обработка и анализ может оказаться трудоемкой задачей, если обрабатываемые таблицы являются либо рукописными, либо не имеют четкого формата, например, представляют собой фотографию, сканированное изображение или файл PDF. Встает задача удобного извлечения данных из таблиц с их последующей цифровизацией или преобразования в подходящий для автоматического анализа цифровой формат.

Задача распознавания таблиц

Задача распознавания таблиц в документах является нетривиальной и достаточно сложной по ряду причин. Сам процесс извлечения информации из таблиц можно разделить на пять задач [2, 3].

Локализация, или *обнаружение таблицы* (table location, table detection): поиск в документе областей, являющихся таблицами, и определение их границ.

Сегментация таблицы (table segmentation): определение структуры таблицы, выделение столбцов, строк, простых и охватывающих ячеек.

Функциональный анализ (functional analysis): определение типа ячеек (ячейки со значениями, ячейки с описателями – заголовками, подзаголовками).

Структурный анализ (structural analysis): выявление связей между ячейками, т.е. зависимостей между заголовками, подзаголовками и значениями; определение ячеек, которые должны быть прочитаны совместно.

Интерпретация (interpretation): преобразование полученного на предыдущих этапах описания табличных данных к целевому представлению.

Далее на этапе постобработки решаются следующие задачи: заполнения цифровой копии таблицы извлеченными данными; сохранения цифровой копии таблицы в удобном формате (csv, excel, и др.).

Кроме того, принимая во внимание специфику работы методов компьютерного зрения, качество обучающих данных играет крайне важную роль для получения хорошей точности обученной модели. Для распознавания табличных данных с использованием методов машинного обучения необходимо иметь большой набор аннотированных обучающих данных. Аннотированные данные – это данные, которые содержат информацию о том, какие объекты находятся в таблице и как они связаны друг с другом. Они играют важную роль в обучении моделей машинного обучения, таких как нейронные сети, и позволяют им распознавать и анализировать данные.

Целью исследовательской работы является создание инструментария для распознавания табличных данных, обладающего следующим функционалом:

- разметка изображения для подготовки обучающего датасета, что включает в себя: отображение объекта изображения со всеми примененными к нему преобразованиями (поворотом, обрезкой, затемнением и др.); расширяемый набор инструментов для преобразования изображения;
- моделирование архитектуры искусственной нейронной сети (ИНС), подходящей для решения задачи распознавания таблиц; обучение и тестирование спроектированной ИНС на собственных наборах данных; применение обученной ИНС; анализ полученных результатов;
- удобный доступ к обученной модели для распознавания пользовательских изображений.

Так как задача распознавания таблиц является широко исследуемой, то существует большое количество методов, которые используются для ее решения. Из наиболее известных можно выделить: систематический фреймворк с визуальным контролем для обнаружения объединенных таблиц и распознавания структуры ячеек Global Table Extractor (GTE), нейронная сеть YOLO, предназначенная для детекции объектов на изображении, сверточная нейронная сеть Retina Net.

В исследовании рассматриваются задачи локализации, сегментации и функционального анализа. Задачи извлечения и интерпретации данных из ячеек таблицы являются, по большому счету, отдельным направлением исследования, в силу своей нетривиальности относительно содержания ячеек, и требуют отдельной глубокой концентрации на данном направлении.

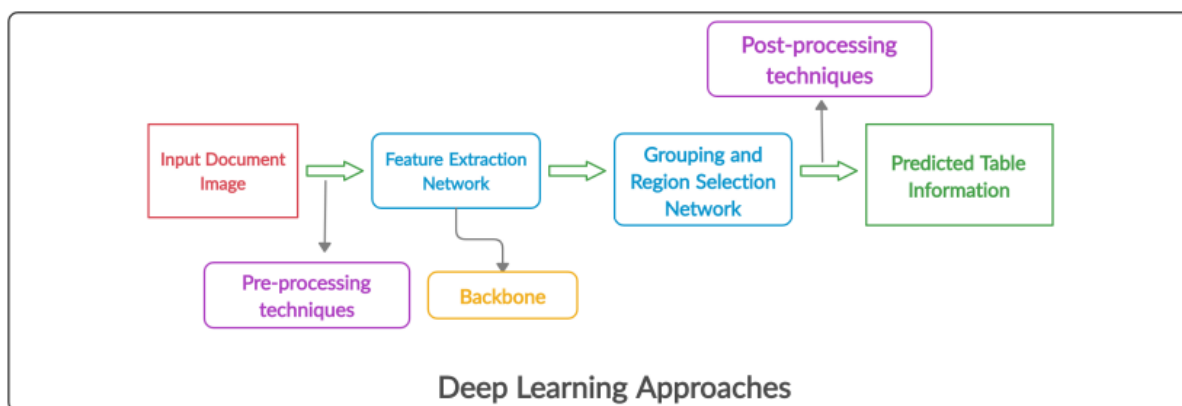


Рис. 1. Использование методов глубокого обучения для анализа таблиц [4].

На рис. 1 отображена последовательность “pipeline” использования ИНС для решения задачи анализа таблиц. Данный подход подразумевает использование ИНС для решения задач обнаружения, сегментации и извлечения данных и, в отличие от традиционных подходов, методы глубокого обучения для понимания таблиц не зависят от данных и обладают лучшими возможностями обобщения.

Предлагаемый метод. Главной целью, поставленной при проектировании метода, являлось создание удобного для использования и последующей модификации метода, который бы решал задачу как распознавания таблицы и ее ячеек, а также позволял производить действия за минимальное время. Для этого выбрана система модульности всех компонентов, основными из которых являются: backbone (тело), neck (шея), head (голова) (dense head, ROI head, mask head), ROI extractor. Для задачи распознавания таблиц были выбраны следующие компоненты: RPNHead, CascadeRoIHead, Shared2FCBBoxHead, SingleRoIExtractor.

Архитектура сети выглядит следующим образом, как представлено на рис. 2: В качестве «тела» выбрана сеть HRNetV2p_W32 [5]. RPNHead (Dense Head) предсказывает предварительные предложения объектов для этих карт объектов. BboxHead принимают функции RoI в качестве входных данных и делают прогнозы с учетом RoI. Mask Head предсказывает маски для объектов. Блок I обозначает входное изображение, блок S – результат сегментации.

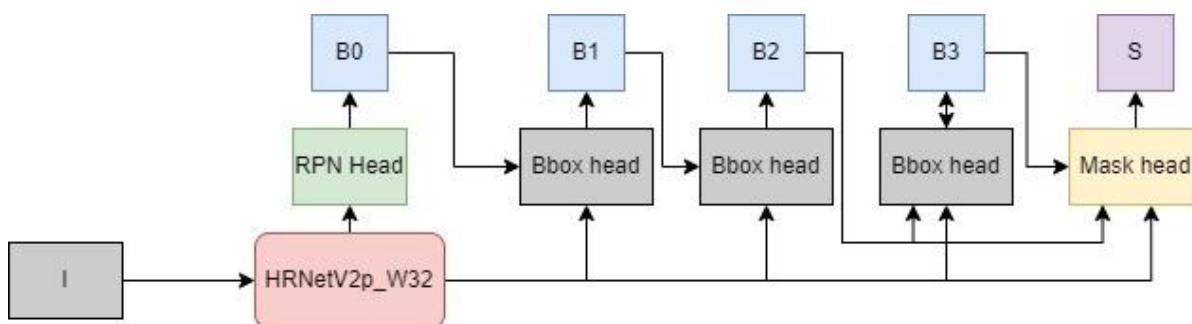


Рис. 2. Архитектура предлагаемого метода

Задачи подготовки данных

Крайне важным для обучения ИНС и методов компьютерного зрения кроме самого метода и архитектуры, является подготовка обучающих данных. Для задачи распознавания табличных данных помимо релевантно выбранных изображений так же необходимо использовать файлы аннотаций, содержащие изначально верные (ground truth) данные об объектах изображения. Существует большое число различных форматов файлов аннотаций, основными из которых являются в настоящее время COCO (Common Objects in Context, Общие объекты в контексте), и VOC (Visual Object Classes, Визуальные классы объектов). Для решения поставленной задачи было спроектировано и реализовано модульное приложение с использованием технологий DirectX и C# .Net WPF для пред- и пост- обработки изображений, а также их разметки с перспективой интеграции метода распознавания пользовательских изображений с таблицами.

Заключение

В результате проведенных исследований:

- выполнен сравнительный анализ существующих методов с выделением их преимуществ и недостатков и обоснована необходимость дальнейшего развития методов для распознавания табличных данных; обоснована необходимость дальнейших исследований в области распознавания и структурной сегментации таблиц;
- разработана легковесная система для распознавания табличных данных с возможностью удобного расширения функционала, основанная на модульности;
- обоснована необходимость корректной подготовки данных для обучения методов машинного зрения; разработано и реализовано приложение, реализующее функционал для разметки обучающих данных и со-

здания файлов аннотации с использованием модульной структуры, с возможностью дальнейшего расширения функционала путем интеграции автоматического применения ИНС сети для разметки данных;

- предложен вектор дальнейшего развития.

Дальнейшим развитием темы исследования является улучшение частей модели, таких как backbone, neck, head, а также создание сервиса для удобного доступа и обмена данными между сервисом для распознавания таблиц и пользовательскими приложениями. Кроме того, перспективным является доработка метода для решения задачи извлечения данных.

Библиографические ссылки

1. *Reinsel D., Gantz J., Rydning J.* Data Age 2025. The Digitization of the World From Edge to Core. An IDC White Paper – #US44413318, November 2018. Доступ: <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-data-age-whitepaper.pdf>.

2. *Бычков И. В., Ружников Г. М., Хмельнов А. Е. и др.* Эвристический метод обнаружения таблиц в разноформатных документах. / Вычислительные технологии. Том 14, № 2, 2009, с.58-73.

3. *e Silva A. C., Jorge A. M., Torgo L.* Automatic Selection of Table Areas in Documents for Information Extraction. // Progress in Artificial Intelligence, 11th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA 2003, Beja, Portugal, December 4-7, 2003, Proceedings. Fernando Moura Pires, Salvador Abreu (Eds.): EPIA 2003, LNAI 2902, pp. 460–465. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003. [Online]. URL: https://www.researchgate.net/publication/220773906_Automatic_Selection_of_Table_Areas_in_Documents_for_Information_Extraction.

4. *Hashmi K. A., Liwicki M., Stricker D.* Current Status and Performance Analysis of Table Recognition in Document Images With Deep Neural Networks, 2021. DOI:10.1109/ACCESS.2021.3087865. [Online]. URL: https://www.researchgate.net/publication/352270970_Current_Status_and_Performance_Analysis_of_Table_Recognition_in_Document_Images_With_Deep_Neural_Networks.

5. *Jingdong Wang, Ke Sun, Tianheng Cheng:* Deep high-resolution representation learning for visual recognition, 2019. arXiv: 1908.07919. [Online]. URL: <https://arxiv.org/abs/1908.07919>.

УДК 004

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Д. И. Елисеев

*Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,
danilae007@gmail.com*

Исследованы особенности применения компьютерного зрения для позиционирования автономного транспорта в условиях городской среды и обучение нейронных сетей для повышения точности распознавания объектов. Рассмотрены различные методы для обеспечения автономного передвижения автономного транспорта и решения проблем неточности работы системы с использованием только компьютерного зрения. Продемонстрированы преимущества использования методов компьютерного зрения по сравнению с классическими методами.

Ключевые слова: компьютерное зрение; автономный транспорт; нейронная сеть; распознавание объектов.

COMPUTER VISION FOR AUTONOMOUS TRANSPORT MOVEMENT IN AN URBAN ENVIRONMENT

D. I. Eliseev

Belarussian state university, Belarus, Minsk, danilae007@gmail.com

The features of the use of computer vision for the positioning of autonomous transport in an urban environment and the training of neural networks to improve the accuracy of object recognition are investigated. Various methods are considered to ensure the autonomous movement of autonomous transport and to solve the problems of inaccuracy of the system using only computer vision. The advantages of using computer vision methods in comparison with classical methods are demonstrated.

Keywords: computer vision; autonomous transport; neural networks; object recognition.

Введение

Компьютерное зрение для движения автономного транспорта – это важная область исследований, которая в последние годы получила широкое распространение. С развитием технологий и ростом популярности автономного транспорта, возникает все больше задач, связанных с его

навигацией в условиях городской среды. Решение этих задач связано с необходимостью разработки и использования новых методов и алгоритмов компьютерного зрения, позволяющих автоматически обрабатывать данные, получаемые с камер и других датчиков, чтобы автономные транспортные средства могли определять свое местоположение, ориентироваться в пространстве и принимать решения в режиме реального времени.

Цель данной работы состоит в изучении и анализе современных методов и алгоритмов компьютерного зрения для движения автономного транспорта в условиях городской среды, а также их практическом применении на примере конкретных проектов и экспериментов. В работе будут рассмотрены основные задачи, связанные с компьютерным зрением для автономного транспорта, а также методы и алгоритмы их решения, включая обработку изображений и видео, распознавание объектов, построение векторов и другие. По результатам анализа будут сделаны выводы о преимуществах и ограничениях существующих методов и предложены возможные направления для дальнейшего исследования и развития данной области.

Распознавание полосы движения с использованием компьютерного зрения

Процесс построения детектора состоит из трех основных шагов:

1. Предобработка данных, фильтрация от шума и векторизация изображения.

2. Обновление состояния линий дорожной разметки по данным из первого шага.

3. Рисование обновленных линий и других объектов на исходном изображении

Сперва мы должны сделать предобработку данных, а затем векторизовать в понятный для алгоритмов вид. Общий пайплайн для предобработки и векторизации исходного изображения следующий.

Сначала мы преобразуем исходное RGB-изображение в HSV — именно в этой цветовой модели удобно выделять диапазоны конкретных цветов (а нас интересуют оттенки жёлтого и белого для определения полос движения). После перевода изображения в HSV некоторые рекомендуют применить размытие по Гауссу, но в моём случае оно снизило качество распознавания. Следующая стадия — бинаризация (преобразование изображения в бинарную маску с интересующими нас цветами: оттенками желтого и белого).

Наконец, мы готовы векторизировать наше изображение. Применим два преобразования:

1. Детектор границ Кэнни: алгоритм оптимального определения границ, который рассчитывает градиенты интенсивности изображения, а затем с помощью двух порогов удаляет слабые границы, оставляя искомые (мы используем (280, 360)) как пороговые значения в функции `canny`.

2. Преобразование Хафа: получив границы с помощью алгоритма Кэнни, мы можем соединить их с помощью линий. Главное, что, применив это преобразование, мы получаем набор линий, каждая из которых, после небольшой дополнительной обработки и фильтрации, становится экземпляром класса `Line` с известным углом наклона и свободным членом.

Очевидно, что верхняя часть изображения вряд ли будет содержать линии разметки, поэтому её можно не принимать в расчёт. Способов два: либо сразу закрасить верх нашей бинарной маски черным, либо подумать над более умной фильтрацией линий. Я выбрал второй способ: я посчитал, что всё, что находится выше линии горизонта, не может быть линией разметки.

Линию горизонта (`vanishing point`) можно определить по той точке, в которой сходится правая и левая полоса движения.

Распознавание дорожных знаков с помощью нейронных сетей

Распознавание дорожных знаков является одним из важных задач компьютерного зрения, которые могут быть решены с помощью нейронных сетей. Эта технология может быть использована для автоматического распознавания дорожных знаков и определения их значения на основе изображений, полученных с камер, установленных на автомобиле или другом устройстве.

Для реализации распознавания дорожных знаков мы можем использовать Python и OpenCV, которые являются одними из наиболее популярных инструментов в области компьютерного зрения. Кроме того, мы можем использовать нейронные сети, которые предоставляют более точные результаты, чем традиционные методы компьютерного зрения.

После сбора изображений необходимо провести их обработку, чтобы они могли быть использованы для тренировки нейронной сети. Обработка включает в себя: ресайз изображений до единого размера, приведение их к одному формату, например, в черно-белое изображение, а также приведение к одному масштабу, чтобы сделать их сопоставимыми.

После обработки изображений необходимо разделить их на три категории: тренировочные данные, тестовые данные и данные для валида-

ции. Тренировочные данные используются для обучения нейронной сети, тестовые данные используются для проверки точности распознавания на уже знакомых данных, а данные для валидации используются для проверки точности на неизвестных данных.

Для улучшения точности распознавания дорожных знаков нашей нейронной сетью, мы можем использовать аугментацию данных. Аугментация данных - это процесс искусственного создания новых изображений, на основе существующих данных. Например, мы можем повернуть изображение на небольшой угол или изменить яркость, чтобы создать новые изображения, которые будут использоваться для тренировки нейронной сети.

Таким образом, первый этап работы по созданию системы распознавания включает: сбор и подготовку данных, а также создание тренировочных, тестовых и валидационных наборов данных. Качество данных и их подготовка являются ключевыми факторами для обучения точной и эффективной нейронной сети для распознавания дорожных знаков.

Заключение

В ходе данного данной работы был разработан программный комплекс для решения задачи по распознаванию линий дорожной разметки и построению вектора движения. А также распознавание автомобилей на ней.

В ходе работы были применены такие технологии как компьютерное зрение и нейронные сети. В ходе реализации были проработаны разные виды реализации задач распознавания объектов, и поиск оптимального решения для каждой части задачи по позиционированию автономного транспорта в условиях городской среды. Также в ходе исследования данной задачи, была выявлена основная проблема подхода использования компьютерного зрения – это большое количество шумов в изображении.

И большая часть работы алгоритма сводится к обработке изображения и уменьшения воздействия шумов на дальнейшую работу алгоритма. Такие как выделение рабочей зоны и работы в ее пределах максимально исключая объекты который нам не нужны.

Как следствие, можно сказать, что мы становимся свидетелями того, как беспилотные автомобили медленно появляются на наших дорогах. Вряд ли в следующие 5 лет мы увидим их как массовое явление: ни алгоритмы, ни инфраструктура еще не доросли. Однако, с приходом V2V (автомобили обмениваются информацией напрямую друг с другом) / V2I (автомобили обмениваются информацией с дорожной инфраструктурой) возможно появятся специальные зоны беспилотного транспорта, где

можно будет вызвать привычный Uber/Яндекс и доехать за полчаса на беспилотнике до работы.

Библиографические ссылки

1. *Веренцов С. И. и др.* Байесовская вероятностная локализация автономного транспортного средства путем ассимиляции сенсорных данных и информации о дорожных знаках //Компьютерные исследования и моделирование. – 2018. – Т. 10. – №. 3. – С. 295-303.

2. *Агафонов А. А., Юмаганов А. С.* Сравнение методов детектирования трехмерных объектов в задаче автономного вождения транспортных средств //Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2020). – 2020. – С. 277-284. Следование линии на основе OpenCV // https://github.com/tprlab/pitanq-dev/tree/master/selfdrive/follow_line

3. *Нам Д. З., Ивановский С. А.* Приближённые алгоритмы локализации мобильного робота //Системы анализа и обработки данных. – 2014. – №. 2 (55). – С. 109-121.

4. *Матвеева С. О.* Локализация мобильного робота //Энергетические и электротехнические системы. – 2016. – С. 226-235.

5. *Нам Д. З., Ивановский С. А.* Оптимизация алгоритма локализации мобильного робота с использованием триангуляции карты //Известия СПбЭТУ «ЛЭТИ». – 2015. – №. 2. – С. 26-32.

6. *Беркаев А. Р., Ненашев А. А., Ключиков А. В.* Разработка системы локализации и позиционирования мобильного робота //Математические методы в технике и технологиях-ММТТ. – 2020. – Т. 12. – С. 152-157.

7. *Валаа О., Громов В. С.* Исследование системы навигации для мобильных роботов на основе одновременной локализации и построения карты //Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2020. – Т. 20. – №. 3.

ИНТЕГРИРОВАНИЕ УРАВНЕНИЙ КЛАССА КИРХГОФА НА АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ИНВАРИАНТНЫХ СООТНОШЕНИЯХ

А. В. Зыза¹⁾, Е. С. Платонова²⁾

^{1), 2)} ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», РФ, ДНР, Донецк,
¹⁾ z9125494@mail.ru, ²⁾ elenasergeevna9@mail.ru

Исследованы условия существования нового класса полиномиальных решений уравнений Кирхгофа-Пуассона задачи о движении гиростата с неподвижной точкой под действием потенциальных и гироскопических сил. Особенность структуры этого класса заключается в том, что функция, задающая инвариантное соотношение для третьей компоненты орта оси симметрии действующих силовых полей, является рациональной функцией от вспомогательной переменной. Построено одно новое частное решение рассматриваемого полиномиального класса, которое описывается функциями, полученными обращением эллиптических интегралов Лежандра третьего рода.

Ключевые слова: гириостат; уравнения Кирхгофа-Пуассона; полиномиальные решения; инвариантное соотношение; интегралы Лежандра.

INTEGRATION OF KIRCHHOFF CLASS EQUATIONS ON ALGEBRAIC INVARIANT RELATIONS

A. V. Zyza¹⁾, E. S. Platonova²⁾

^{1), 2)} Donetsk National University, Russia, DPR, Donetsk,
¹⁾ z9125494@mail.ru, ²⁾ elenasergeevna9@mail.ru

In this paper we study the existence conditions of a new class of polynomial solutions of the Kirchhoff-Poisson equations of the gyrostat motion problem (having a fixed point) under the action of potential and gyroscopic forces. The peculiarity of the structure of this class lies in the fact that the function that determines the invariant relation for the third component of the axis of symmetry of the acting force fields is a rational function of the auxiliary variable. One new particular solution of the polynomial class under consideration is constructed. This solution is described by the functions obtained by inversion of the Legendre elliptic integrals of the third kind.

Keywords: gyrostat; Kirchhoff-Poisson equations; polynomial solutions; invariant relation; Legendre integrals.

Введение

Актуальность исследования задач о движении гиростата заключается в том, что динамика гиростата является составной частью аналитической механики и служит базовой научной дисциплиной, результаты которой не только находят применение в объяснении механических явлений в природе и технике, но могут служить определенными рекомендациями в практической работе человека с современными техническими конструкциями. Система связанных твердых тел, моделируемая гиростатом, является одной из важных в аналитической механике, поскольку она используется во многих задачах динамики сложных механических объектов (роботов, манипуляторов, спутников).

Моделирование движений гиростата с неподвижной точкой под действием достаточно широкого класса сил приводит к исследованию решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений шестого порядка. К таким системам относятся уравнения Кирхгофа-Пуассона (класса Кирхгофа) задачи о движении гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил [1, 2].

Задача Коши для указанных дифференциальных уравнений движения гиростата имеет решение, но получить конструктивное решение для всего множества параметров невозможно. Это связано с тем, что при произвольных значениях параметров задачи уравнения динамики твердого тела и гиростата не интегрируемы в квадратурах. Указанное обстоятельство затрудняет решение рассматриваемой задачи динамики гиростата и объясняет актуальность построения частных решений в замкнутом виде.

Среди частных решений уравнений задач о движении гиростата выделяют решения различной полиномиальной структуры [3, 4], многие из которых являются обобщением полиномиальных решений классической задачи динамики твердого тела и задачи динамики тяжелого гиростата.

В данной статье начато изучение условий существования нового полиномиального класса частных решений дифференциальных уравнений указанной выше задачи динамики гиростата. Получен новый случай интегрируемости уравнений движения гиростата.

Постановка задачи. Структура нового класса полиномиальных решений

Рассмотрим движение заряженного и намагниченного гиростата с неподвижной точкой под действием потенциальных и гироскопических сил. Потенциальные силы возникают при ньютоновском притяжении масс и взаимодействии магнитов с постоянным магнитным полем, элект-

трических зарядов с электрическим полем. Центры ньютоновского и кулоновского притяжений лежат на оси, проходящие через неподвижную точку параллельно вектору, характеризующему направление постоянного магнитного поля. Гироскопические силы определяются лоренцевым воздействием магнитного поля на движущиеся в пространстве электрические заряды и циклическим движением роторов в теле – носителе.

Уравнение движения такого гиростата относятся к уравнениям класса Кирхгофа и в векторной форме таковы [2]:

$$A\dot{\omega} = (A\omega + \lambda) \times \omega + \omega \times Bv + v \times (Cv - s), \quad \dot{v} = v \times \omega \quad (1)$$

Уравнения (1) допускают три первых интеграла

$$A\omega \cdot \omega - 2(s \cdot v) + (Cv \cdot v) = 2E_0, \quad 2(A\omega + \lambda) \cdot v - (Bv \cdot v) = 2\kappa_0, \quad v \cdot v = 1 \quad (2)$$

В (1), (2) обозначено: $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ – угловая скорость гиростата; $v = (v_1, v_2, v_3)$ – орт оси симметрии силовых полей; $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, 0)$ – гиростатический момент; $s = (s_1, s_2, 0)$ – вектор обобщенного центра масс; $A = \text{diag}(A_1, A_2, A_3)$ – тензор инерции гиростата, построенный в неподвижной точке; $C = \text{diag}(C_1, C_2, C_3)$ и $B = \text{diag}(B_1, B_2, B_3)$ – матрицы третьего порядка (матрица C характеризует потенциальные силы, B – гироскопические силы); точка над переменными обозначает относительную производную; E_0 и κ_0 – постоянные интегралов.

В статье рассмотрена задача об исследовании условий существования у уравнений (1) частных решений нового класса полиномиальной структуры:

$$\omega_1 = \sigma^2, \quad \omega_2 = Q(\sigma) = \sum_{i=0}^n b_i \sigma^i, \quad \omega_3^2 = R(\sigma) = \sum_{j=0}^m c_j \sigma^j, \\ v_1 = \varphi(\sigma) = \sum_{\kappa=0}^l a_\kappa \sigma^\kappa, \quad v_2 = \psi(\sigma) = \sum_{i=0}^{n_1} g_i \sigma^i, \quad v_3 = \frac{\theta(\sigma)}{\sigma} \sqrt{R(\sigma)}, \quad \theta(\sigma) = \sum_{j=0}^{m_1} f_j \sigma^j, \quad (3)$$

где n, m, l, n_1, m_1 – целые неотрицательные числа; $b_i, c_j, a_\kappa, g_i, f_j$ – параметры, подлежащие определению.

Указанный класс решений характеризуется квадратичным инвариантным соотношением по вспомогательной переменной и рациональной функцией от указанной переменной, задающей инвариантное соотношение для третьей компоненты орта оси симметрии силовых полей. В этом заключается отличие класса решений (3) от класса полиномиальных решений А.И. Докшевича [1].

Новое частное решение

В статье изучен случай, когда максимальные степени полиномов решения из (3) имеют значения: $n = 2, m = 4, l = 2, n_1 = 3, m_1 = 2$. В результате исследования построен новый случай интегрируемости уравнений (1) на алгебраических инвариантных соотношениях (3).

Укажем только действительный числовой пример нового решения.

Параметры задачи:

$$A_1 = \frac{a}{10}, A_2 = A_3 = a, B_1 = \frac{37}{3}b, B_2 = B_3 = b, C_3 - C_1 = 10\frac{b^2}{a}, C_2 = C_3, \quad (4)$$

$$C_2 = C_3, (a > 0, b > 0),$$

$$s = -\frac{a^2}{15bf^2} \left(\frac{864119 - 13233\varepsilon}{960}; 1; 0 \right), \lambda = \frac{3a^3}{100b^2f^2} \left(\frac{7(55129 - 843\varepsilon)}{160}; 3; 0 \right).$$

Частное решение:

$$\omega_1 = \sigma^2, \omega_2 = \frac{1}{2} \left(\sigma^2 + \frac{(3\varepsilon - 28)a}{120bf} \sigma + \frac{(141\varepsilon - 8807)a^2}{4800b^2f^2} \right),$$

$$\omega_3^2 = R(\sigma) = \frac{1}{4} \left(-\sigma^4 + \frac{(20 - \varepsilon)a}{20bf} \sigma^3 + \frac{(653 - 54\varepsilon)a^2}{1600b^2f^2} \sigma^2 + \right.$$

$$\left. + \frac{(2873\varepsilon - 186423)a^3}{32000b^3f^3} \sigma + \frac{23(9301\varepsilon - 588917)a^4}{128 \cdot 10^4 b^4f^4} \right), \quad (5)$$

$$v_1 = -\frac{a}{10b} \left(\sigma^2 + \frac{a}{bf} \sigma + \frac{(1497\varepsilon - 97031)a^2}{1600b^2f^2} \right),$$

$$v_2 = \frac{1}{2} \left(f\sigma^3 + \frac{87a}{40b} \sigma^2 + \frac{3(29\varepsilon - 1457)a^2}{800b^2f} \sigma + \frac{(4089\varepsilon - 257393)a^3}{32000b^3f^2} \right),$$

$$v_3 = \left(f\sigma + \frac{(107 - \varepsilon)a}{40b} \sqrt{R(\sigma)} \right).$$

$$\dot{\sigma} = \frac{1}{3} \left(2\sigma + \frac{(53 - \varepsilon)a}{20bf} \right) \sqrt{R(\sigma)}. \quad (6)$$

В (4) –(6) обозначено

$$\varepsilon = \sqrt{4029}, \quad f = \left(\frac{9405436485663}{64 \cdot 10^5 (29793217 + 469169\varepsilon)} \right)^{1/4} \frac{a\sqrt{a}}{b\sqrt{b}}.$$

Так как функция $R(\sigma)$ из (6) при $\sigma = 0$ принимает положительное значение, то решение (4) – (6) действительно. Функцию времени $\sigma = \sigma(t)$ получим обращением эллиптического интеграла Лежандра третьего рода, вытекающего из дифференциального уравнения (6). Это позволяет установить зависимость от времени всех переменных задачи в (5) в виде квадратур.

Заключение

Построенное новое частное решение (4)-(6) дифференциальных уравнений (1) не имеет аналогов в классической задаче динамики твердого тела и в задаче о движении тяжелого гиростата, то есть оно не является тривиальным обобщением известных решений.

Библиографические ссылки

1. Горр Г. В., Ковалев А. М. Движение гиростата / Г.В. Горр, А.М. Ковалев – Киев: Наук. думка, 2013. – 408 с.
2. Горр Г. В., Мазнев А. В. Динамика гиростата, имеющего неподвижную точку / Г.В. Горр, А. В. Мазнев. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 364 с.
3. Зыза А. В. Компьютерное исследование полиномиальных решений уравнений динамики гиростата / А.В. Зыза // Компьютерное исследование и моделирование. – 2018. – №1 (10). – С. 7-25.
4. Зыза А. В. Новые классы частных решений одной задачи о движении гиростата / А.В. Зыза, Т.В. Хомяк, А.С. Платонова // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2022. – Т. 32. Вып. 2. – С. 298-318.

О КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛАХ ГАУССА В СЛУЧАЕ ИНТЕГРИРОВАНИЯ МАТРИЧНОЗНАЧНЫХ ФУНКЦИЙ

М. В. Игнатенко

Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, ignatenkomv@bsu.by

Рассмотрено решение проблемы построения квадратурных формул наивысшей алгебраической степени точности для матричнозначных функций в случае постоянной весовой функции, полученное на основе аналогичной схемы, известной для скалярных функций.

Ключевые слова: интерполяционная квадратурная формула; алгебраическая степень точности; квадратуры Гаусса; матричнозначная функция; алгебраический матричный многочлен.

ON THE GAUSSIAN QUADRATURE FORMULAS IN THE CASE OF INTEGRATION OF MATRIX-VALUED FUNCTIONS

M. V. Ignatenko

Belarussian state university, Belarus, Minsk, ignatenkomv@bsu.by

The solution to the problem of constructing quadrature formulas of the highest algebraic degree of accuracy for matrix-valued functions in the case of a constant weight function, obtained on the basis of a similar scheme known for scalar functions, is considered.

Keywords: interpolation quadrature formula; algebraic degree of accuracy; the Gaussian quadrature; matrix-valued function; algebraic matrix polynomial.

Введение

Пусть $F(x)$ – функциональная матрица с элементами $f_{ij}(x)$, тогда матричнозначный интеграл

$$\int_a^b F(x)dx = \int_a^b \begin{bmatrix} f_{ij}(x) \end{bmatrix} dx = \begin{bmatrix} \int_a^b f_{ij}(x)dx \end{bmatrix}. \quad (1)$$

С целью приближенного вычисления интеграла (1) рассмотрим квадратурную формулу с постоянной весовой функцией

$$\int_a^b F(x)dx \approx \sum_{k=0}^n A_k F(x_k), \quad (2)$$

где

$$\sum_{k=0}^n A_k F(x_k) = \sum_{k=0}^n A_k [f_{ij}(x_k)] = \left[\sum_{k=0}^n A_k f_{ij}(x_k) \right],$$

которая содержит в качестве параметров коэффициенты A_k , узлы x_k (чаще $x_k \in [a, b]$, что необязательно), $k = 0, 1, \dots, n$, и целое неотрицательное число n . Выбор этих параметров, вообще говоря, не всегда произвольный и обычно подчинен одной или нескольким целям: 1) минимизации погрешности квадратурной формулы; 2) упрощению вычислений (для этого следует, например, выбрать узлы равноотстоящими или потребовать равенства коэффициентов $A_k \equiv C$ и рассмотреть формулу $\int_a^b F(x)dx \approx \left[C \sum_{k=0}^n f_{ij}(x_k) \right]$, которая имеет $n+3$ параметра: $C, n, x_0, x_1, \dots, x_n$); 3) увеличению степени точности для определенных, например, алгебраических матричных многочленов до наивысшей возможной.

Так как число параметров A_k и x_k равно $2n+2$, то естественно ожидать, что квадратурная формула (2) при заданном числе $n+1$ узлов будет иметь алгебраическую степень точности $2n+1$. Можно предполагать, что такая степень является, как правило, наивысшей возможной. Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности с постоянным весом, рассматриваемые для матричнозначных функций, аналогично случаю скалярных функций, будем называть квадратурными формулами Гаусса.

Схема построения квадратурных формул Гаусса для скалярных функций

Известно (см., напр., [1]), что в случае скалярных функций $f_{ij}(x)$ при произвольном выборе попарно различных точек x_0, x_1, \dots, x_n интерполяционная квадратурная формула $\int_a^b f_{ij}(x)dx \approx \sum_{k=0}^n A_k f_{ij}(x_k)$ с коэффициентами

$$A_k = \int_a^b \frac{\omega_n(x)}{(x-x_k)\omega_n'(x_k)} dx, \quad k = 0, 1, \dots, n, \quad (3)$$

где $\omega_n(x) = (x - x_0)(x - x_1)\dots(x - x_n)$, является точной для алгебраических многочленов степени не выше n . Иными словами, если $f_{ij}(x)$ – алгебраические многочлены степени меньшей или равной n , то $\int_a^b f_{ij}(x)dx = \sum_{k=0}^n A_k f_{ij}(x_k)$, что означает $\int_a^b F(x)dx = \sum_{k=0}^n A_k F(x_k)$. Если же в дополнение к указанному правилу (3) для коэффициентов A_k в качестве узлов x_k , $k = 0, 1, \dots, n$, выбрать корни многочлена $\omega_n(x) = (x - x_0)(x - x_1)\dots(x - x_n)$, ортогонального на отрезке $[a, b]$ к любому алгебраическому многочлену степени не выше n , то алгебраическая степень точности квадратурной формулы (2) увеличится и станет максимально возможной, равной $2n + 1$.

Аналогии в случае матричнозначных функций

Рассмотрим аналогичные результаты по решению проблемы построения квадратурных формул наивысшей алгебраической степени точности для матричнозначных функций $F(x) = \begin{bmatrix} f_{ij}(x) \end{bmatrix}$ в случае постоянного веса.

Теорема 1. Если узлы x_k , $k = 0, 1, \dots, n$, являются корнями многочлена $\omega_n(x) = (x - x_0)(x - x_1)\dots(x - x_n)$, ортогонального на отрезке $[a, b]$ к любому алгебраическому многочлену степени не выше n , то квадратурная формула (2) с коэффициентами A_k , $k = 0, 1, \dots, n$, вида (3), точна для любых матричных алгебраических многочленов степени не выше $2n + 1$.

Доказательство. Пусть $f_{ij}(x)$ – алгебраические многочлены степени меньшей или равной $2n + 1$. Через $\omega_n(x)$ обозначим алгебраический многочлен степени $n + 1$, ортогональный на отрезке $[a, b]$ к многочленам низшей степени: $\int_a^b \omega_n(x)x^v dx = 0$ ($v = 0, 1, \dots, n$).

Выполним деление $f_{ij}(x)$ на $\omega_n(x)$. Имеем

$$f_{ij}(x) = \omega_n(x)q_{ij}(x) + r_{ij}(x), \quad (4)$$

где $q_{ij}(x)$ и $r_{ij}(x)$ – частное и остаток, алгебраические многочлены степени не выше n . Проинтегрируем обе части равенства (4) от a до b и получим

$$\int_a^b f_{ij}(x)dx = \int_a^b \omega_n(x)q_{ij}(x)dx + \int_a^b r_{ij}(x)dx = \int_a^b r_{ij}(x)dx. \quad (5)$$

Интеграл $\int_a^b \omega_n(x)q_{ij}(x)dx$ в формуле (5) равен нулю в силу условия ортогональности $\omega_n(x)$ на отрезке $[a, b]$ к многочленам низшей степени.

Через $R(x)$ обозначим функциональную матрицу с элементами $r_{ij}(x)$. Из равенств (1) и (5) имеем

$$\int_a^b F(x)dx = \left[\int_a^b f_{ij}(x)dx \right] = \left[\int_a^b r_{ij}(x)dx \right] = \int_a^b R(x)dx.$$

В качестве интерполяционных узлов $x_k, k=0,1,\dots,n$, выберем корни многочлена $\omega_n(x)$. Интеграл $\int_a^b r_{ij}(x)dx$ точно равен квадратурной сумме $\sum_{k=0}^n A_k r_{ij}(x_k)$, так как степень многочлена $r_{ij}(x)$ не выше n , а квадратурные коэффициенты по условию заданы по правилу (3), т.е. квадратурная формула – интерполяционная и, следовательно, является точной для всех алгебраических многочленов степени не выше n .

В силу представления (4) имеем $r_{ij}(x_k) = f_{ij}(x_k)$. С учетом равенства (5) получим $\int_a^b f_{ij}(x)dx = \sum_{k=0}^n A_k f_{ij}(x_k)$ и, следовательно, придем к точному равенству $\int_a^b F(x)dx = \sum_{k=0}^n A_k F(x_k)$, если $F(x)$ – матричный алгебраический многочлен степени не выше $2n+1$.

Покажем, что квадратурная формула (2), в которой выбор узлов и коэффициентов определен теоремой 1, не может быть точна для всех матричных алгебраических многочленов степени $2n+2$, т.е. число $2n+1$ является наивысшей алгебраической степенью точности этой формулы, и, следовательно, приближенное равенство (2) – квадратура Гаусса.

Теорема 2. Ни при каких коэффициентах A_k и узлах $x_k, k=0,1,\dots,n$, приближенное равенство (2) не может быть точным для всех матричных алгебраических многочленов степени $2n+2$.

Доказательство. По квадратурным узлам $x_k, k=0,1,\dots,n$, образуем функцию $\omega_n(x) = (x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_n)$ и рассмотрим случай функциональной матрицы $F(x)$ с одинаковыми элементами $f_{ij}(x) = \omega_n^2(x)$ – алгебраическими многочленами степени $2n+2$. Очевидно, что $f_{ij}(x_k) = \omega_n^2(x_k) = 0$

для $k = 0, 1, \dots, n$, т.е. квадратура $\sum_{k=0}^n A_k F(x_k) = \left[\sum_{k=0}^n A_k f_{ij}(x_k) \right]$ будет нулевой матрицей, в то время как интеграл $\int_a^b F(x) dx = \left[\int_a^b \omega_n^2(x) dx \right] \neq [0]$. Таким образом, существует матричный алгебраический многочлен степени $2n + 2$, для которого равенство (2) не является точным.

Заключение

В заключение отметим, что при любом целом неотрицательном значении n квадратурная формула (2), в которой выбор узлов и коэффициентов определен теоремой 1, существует и является единственной.

В общем случае проблема построения квадратур наивысшей алгебраической степени точности для матричнозначных функций с весовой функцией, отличной от постоянной (квадратур типа Гаусса), исследована в работе [2].

Библиографические ссылки

1. *Крылов В. И.* Приближенное вычисление интегралов / В.И. Крылов. – М.: Наука, 1967. – 500 с.
2. *Sinap A.* Polynomial interpolation and gaussian quadrature for matrix-valued functions / A. Sinap, Walter Van Assche // Linear algebra and its applications. – 1994. – Vol. 207. – P. 71-114.

УДК 51 (075.8)

АЛГОРИТМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВЕКТОРНЫХ ЦИФРОВЫХ ПОЛЕЙ

К. С. Карпенко

Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, 3221547@gmail.com

Рассмотрена проблема вычислений большого количества данных, решена задача не имеющая аналитического решения, произведен перевод к сеточной функции для имитации нужных данных. Показаны функции распараллеливая и их польза при вычислениях больших наборов данных.

Ключевые слова: распараллеливание; векторные поля; визуализация; Wolfram Mathematica.

ALGORITHMS AND TOOLS FOR PARALLELING COMPUTATIONS DURING ANALYSIS AND VISUALIZATION VECTOR NUMERIC FIELDS

K. S. Karpenko

Belarussian state university, Belarus, Minsk, 3221547@gmail.com

The problem of computing a large amount of data is considered, a problem that does not have an analytical solution is solved, and a transition to a grid function is made to simulate the necessary data. Parallelizing functions and their usefulness in computing large data sets are shown.

Keywords: parallelization; vector fields; visualization; Wolfram Mathematica.

Введение

В научной визуализации ключевой целью является преобразование данных в визуальную форму, которая позволяет раскрыть важную информацию о данных. Благодаря использованию современных методов визуализации можно обнаруживать детали в наборах данных, которые остались бы неоткрытыми без их использования.

Развитие современных суперкомпьютеров сделало возможным более масштабное и точное моделирование физических явлений возрастающей сложности. Огромный размер наборов данных привел к растущему спросу на более эффективные и расширенные инструменты визуализа-

ции для анализа и интерпретации данных, а также к уменьшению времени вычислений больших данных. [1]

Для ученых, работающих с большими наборами цифровых данных, важность современных методов визуализации можно сравнить с использованием астрономами телескопов. В частности, векторные поля играют важную роль в науке и технике. Они позволяют описывать широкий спектр явлений, таких как поток жидкости и электромагнитные поля. Большие векторные поля часто имеют довольно сложные структуры, которые трудно выявить.

Аппроксимация, векторные поля сеточных функций

Большое количество задач физики и техники приводит к краевым либо начально-краевым задачам для линейных и нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. При этом число задач, имеющих аналитическое решение, ограничено. [2]

Для работы с векторным полем сеточных функций надо аппроксимировать производные. Для это воспользуемся формулами для аппроксимации первой производной по x центральной разностной производной второго порядка:

$$f'(x_i, y_i) = \frac{f(x_i + h, y_i) - f(x_i - h, y_i)}{2h}$$

Для аппроксимации граничных условий для x будем пользоваться формулами, которые были получены с помощью метода неопределенных коэффициентов:

$$f'(0, y_i) = \frac{-3f(0, y_i) + 4f(h, y_i) - f(2h, y_i)}{2h}$$

$$f'(N, y_i) = \frac{f(N - 2h, y_i) - 4f(N - h, y_i) + 3f(N, y_i)}{2h}$$

Аналогично получим формулы для аппроксимации граничных условий для y .

Визуализация векторного поля

После получения нескольких массивов аппроксимированных данных, визуализируем полученные векторные поля. Для проверки точности

будет сравнивать с эталоном (розовые капли) по которому имитировались данные с разным шагом (см. рисунки 1 и 2).

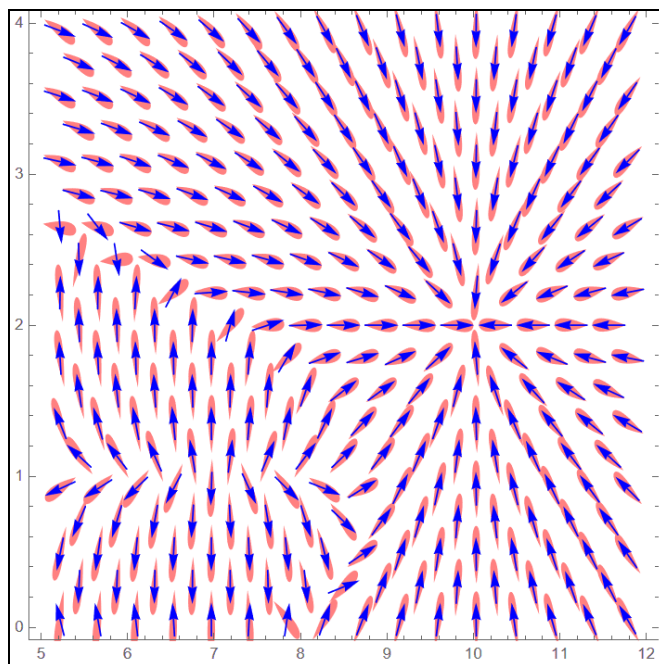


Рис. 1 Сводная карта точного и приближенного значений с $h=1$

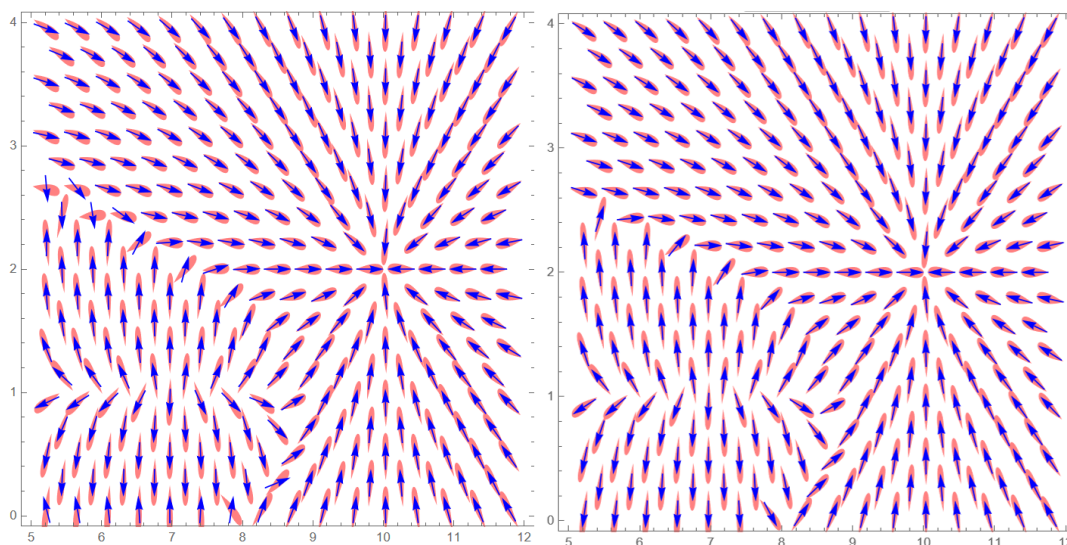


Рис. 2 Сводная карта точного и приближенного значений, варианты: $h=0.2$ (слева), $h=0.1$ (справа)

Векторные поля почти совпадают, но все же есть незначительные отклонения, они заключаются в том, что начало некоторых стрелок не совпадает с началом капли. С шагом $h=1/30$ этих отклонений уже нет (см. рисунок 3).

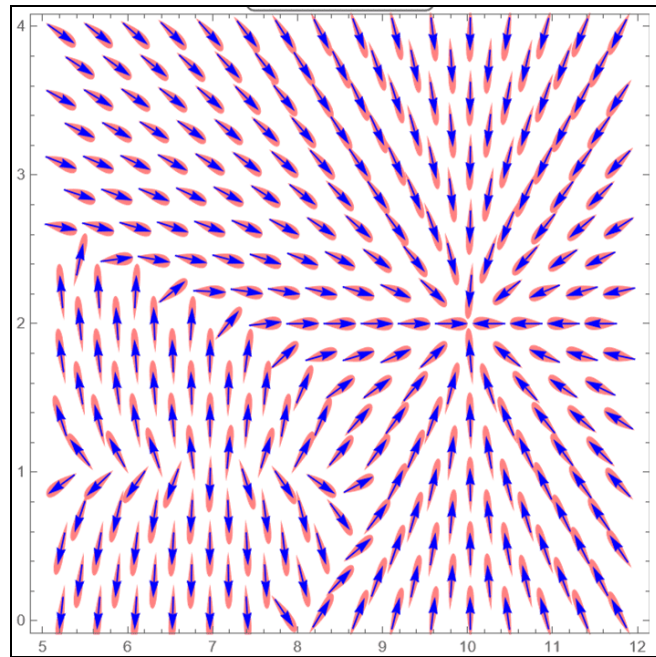


Рис. 3 Сводная карта точного и приближенного значений с $h=1/30$

Распараллеливание вычислений

При работе с большим количеством данных главной проблемой является время их обработки и вычислений. Для решения этой проблемы можно использовать распараллеливание вычислений. Система Wolfram Mathematica имеет достаточно функций для уменьшения времени работы с данными с помощью работы на нескольких ядрах одновременно [4]. Приведем некоторые примеры функций распараллеливания:

- Parallelize – выполнить вычисление с использованием автоматического распараллеливания;
- ParallelTry – пробовать разные вычисления параллельно, выдавая первый полученный результат;
- ParallelEvaluate – вычислить выражение на всех параллельных подъядрах;
- ParallelMap – параллельное сопоставление функции с элементами списка;
- ParallelTable – генерировать таблицу параллельно;
- ParallelSum – параллельное нахождение суммы;
- ParallelDo – параллельный цикл Do;
- ParallelArray – массив с параллельным вычислением.

Заключение

С помощью формул второго порядка аппроксимации производной (трехточечных на границах и центральной разности для внутренних узлов) и функционалу Wolfram Mathematica, получили и визуализировали массив приближенных значений производных в виде векторных полей функции, а также сравнили полученные данные на разных разбиениях с точным решением задачи.

Описание функционала Wolfram Mathematica для распараллеливания в дальнейшем поможет ускорить время вычислений производных для создания массива данных, по которым строится векторное поле.

Библиографические ссылки

1. *Helgeland, A.* Visualization of vector fields using Line Integral Convolution and volume rendering//A. Helgeland//University of Oslo: 2002
2. *Бекман И. Н.* Нелинейная динамика сложных систем: теория и практика : материалы к курсу лекций и учебнику / И.Н. Бекман – Москва : МГУ, 2018. – 613 с.
3. *Таранчук В. Б.* Введение в графику системы Mathematica : учеб. материалы для студентов фак. прикладной математики и информатики / В. Б. Таранчук. – Минск: БГУ, 2017. – 53 с.
4. *Таранчук В. Б.* Интеллектуальные вычисления, анализ, визуализация больших данных / В.Б. Таранчук // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13–14 марта 2019 года). В 2 ч. Ч. 1 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 337–346.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МКЭ-МДЭ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НДС ПОДРАБАТЫВАЕМОГО ПОРОДНОГО МАССИВА

Н. М. Климович¹⁾, Чжан Шици²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,
nikita.klimkovitch@yandex.ru

²⁾Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, *1471972834@qq.com*

Рассматривается возможность применения сопряженных алгоритмов МКЭ-МДЭ при моделировании геомеханического состояния подработанного породного массива, с целью построения таких расчетных схем, которые позволят моделировать геомеханическое состояние породной толщи от глубины ведения горных работ до дневной поверхности. Зоны нарушения сплошности породного массива исследуются с точки зрения МДЭ, остальные – с использованием МКЭ.

Ключевые слова: метод конечных элементов; метод дискретных элементов; зона техногенной трещиноватости; уравнение Лагранжа второго рода; массив горных пород.

APPLICATION OF FEM-DEM ALGORITHMS IN MODELING THE SSS OF A ROCK MASS DURING MINING

N. M. Klimkovich¹⁾, Zhang Shiqi²⁾

¹⁾Belarusian State University, Belarus, Minsk, *nikita.klimkovitch@yandex.ru*

²⁾Belarusian State University, Belarus, Minsk, *1471972834@qq.com*

The possibility of application the coupled FEM-DEM algorithms in modeling the geomechanical state of a mining rock mass is considered, with the purpose of constructing such calculation schemes that will allow modeling the geomechanical state of the rock strata from the depth of mining to the Earth's surface. Zones of discontinuity of the rock mass are investigated from DEM point of view, the rest – using the FEM.

Keywords: finite element method; discrete element method; technogenic cracking zone; Lagrange equation of the second kind; rock mass.

Введение

Построение моделей, позволяющих определить геомеханическое состояние подработанного породного массива по всей его высоте (от глубины ведения горных работ до дневной поверхности) является одной из

актуальных задач современной геомеханики. Основная сложность при разработке таких моделей заключается в том, что в ходе ведения очистных работ в массиве горных пород формируются области с разным структурным состоянием.

Одним из перспективных подходов для решения такого класса задач является комбинация нескольких численных методов. Такие методы базируются на преимуществах каждого из методов и нивелируют недостатки друг друга. Наилучшие результаты при решении подобных классов задач показывает сопряжение численных методов механики сплошных сред и механики дискретных сред [1]. Так, методы, основанные на понятии сплошности среды, плохо моделируют процессы, связанные с разрушением или образованием блочной структуры в массиве горных пород, в то время как дискретные методы неэффективны для изучения материалов на стадии предразрушения [2, 3].

Таким образом, в данной статье будет рассмотрено моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) подработанного породного массива с учетом образования зон техногенной трещиноватости. Так, в областях, в которых наблюдается нарушение сплошности среды, решение вычисляется с помощью модели, базируемой на алгоритмах метода дискретных элементов (МДЭ), а в «сплошных» зонах – с использованием метода конечных элементов (МКЭ).

Сопряженный МКЭ/МДЭ алгоритм выполнения компьютерного моделирования.

В качестве модельной задачи рассматривается процесс отработки породного массива широким очистным забоем (лавой).

Задача состоит из двух расчетных шагов в плоско-деформированной постановке.

На первом шаге определяется начальное (естественное) НДС породного массива. На данном шаге решение строится на основе алгоритмов МКЭ. Граничное условие на нижней грани модели представляет собой условие жесткого закрепления. К боковой границе прикладывается горное (литостатическое) давление величиной ρgh . Задача решается в поле сил тяжести. Каждая задача рассматривается в полных напряжениях, т.е. на каждом последующем шаге учитываются напряжения, полученные на предыдущем шаге. На данном шаге массив рассматривается как упругая среда.

Перед тем как перейти ко второму шагу необходимо определить размеры зоны полных сдвижений и активного трещинообразования, ко-

торая в дальнейшем будет рассматриваться с точки зрения модели, основанной на алгоритмах МДЭ.

Определение размеров зоны полных сдвижений и активного трещинообразования проводится после отработки лавы своего участка. В данном случае, горизонтальный размер зоны нарушения сплошности определяется областью, в которой превышает критическое значение по напряжениям сжатия, вертикальный размер – областью, в которой нарушается критерий Кулона-Мора [4].

На втором шаге определяется НДС породного массива после окончания активного процесса сдвижения пород.

На данном шаге, граничное условие в виде горного давления заменяется на условие ограничения перемещений по нормальям к боковым границам модели. «Сплошная» часть горного массива начинает рассматриваться как упругопластическая среда. Область полных сдвижений и активного трещинообразования заменяется блочными элементами в соответствии с моделью, базируемой на алгоритмах МДЭ. Для данной модели принимаются следующие предположения:

- Все тела модели представляют собой точечные массы;
- «Сильное» взаимодействие (взаимодействие с ближайшими телами) представляется вязкоупругой связью (демпферами);
- «Слабое» взаимодействие представляется упругой связью (рисунок 1, а);
- Положение всех элементов системы определяется с помощью системы уравнений Лагранжа второго рода.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial L}{\partial x} = - \frac{\partial G}{\partial x}$$

Аналитическое решение для системы уравнений Лагранжа второго рода может быть получено путем составления лагранжиана и определения правой части уравнения (1, б) в обобщенных координатах для расчетной схемы, приведенной на рисунке 1.

Начальные условия для расчетной схемы МДЭ, могут быть заданы в виде перемещения, скорости, нагрузки или динамической нагрузки (импульса).

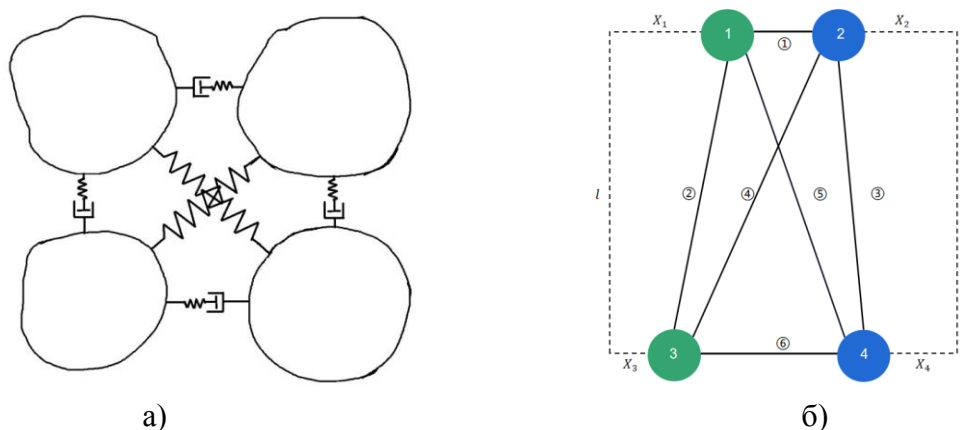


Рис. 1. Частный случай простой системы, состоящей из четырех тел:

а) общий вид; б) вид в обобщенных координатах

Таким образом, с помощью данного алгоритма может быть определено НДС породного массива по всей его высоте, т.е. от глубины ведения горных работ до дневной поверхности, а также такая важная геомеханическая характеристика как мульда сдвижений (область земной поверхности подверженная влиянию горных работ) (рисунок 2).

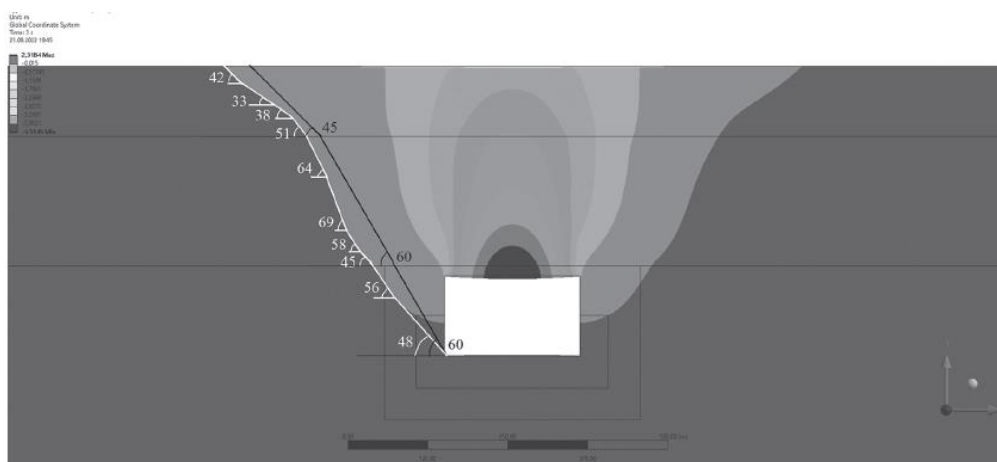


Рис. 2. Распределение вертикальных перемещений в породном массиве после окончания активного процесса сдвижения пород

Заключение

Таким образом, показано применение сопряженного алгоритма МКЭ-МДЭ при решении класса задач, связанных с определением НДС подработанного породного массива от глубины ведения горных работ до дневной поверхности и учетом образования зон техногенной трещиноватости. Поведение элементов в зоне полных сдвижений и активного тре-

щинообразования, определяемой согласно критерию предельных сжимающих напряжений и критерию Кулона-Мора, моделировалось в соответствии с аналитической моделью, основанной на системе уравнений Лагранжа второго рода, составленных для множества точечных масс, соединенных между собой упругими и вязкоупругими связями, а поведение «сплошного» массива до дневной поверхности – с помощью МКЭ.

Библиографические ссылки

1. Журавков М. А. «Современные численные методы в механике: курс лекций / М.А. Журавков. – Минск: БГУ, 2022. – 132с.
2. Li Sh, Zhao Mh, Wang Yn, Wang Jg. A continuum-based discrete element method for continuous deformation and failure process // Comput. Mech., WCCM VI in conjunction with APCOM'04, Tsinghua University Press & Springer-Verlag, Beijing, China, 2004
3. Ariffin, A. K. Hybrid finite-discrete element simulation of crack propagation under mixed mode loading condition / A.K. Ariffin, S. Huzni, M.J.M. Nor, Nan Mohamed // Comput. Meth. Appl. Mech. Eng., 2006; 195. pp. 4579-4593.
4. Журавков М. А., Николайчик М. А., Климкович Н. М. Моделирование геомеханического состояния породного массива при отработке подземного пространства большими площадями // Механика машин, механизмов и материалов. 2022, №4. – с. 97-104.

КОМБИНАТОРНО-ГРАФОВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЛЕТУЧЕСТИ β -ДИКЕТОНАТОВ МЕТАЛЛОВ(I)

Н. Н. Костюк¹⁾, Т. А. Дик²⁾, Ю. М. Метельский²⁾, К. А. Шинкарев⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} *Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,*
¹⁾ *nnkostyuk@bsu.by,* ²⁾ *dick@bsu.by,* ³⁾ *metelsky@bsu.by,* ⁴⁾ *shynkarou_bsu@mail.ru*

С помощью комбинаторно-графового подхода проведено исследование летучести β -дикетонатов металлов(I). Множество рассматриваемых хелатов одновалентных металлов представлено в виде специального графа с различными типами ребер. На основании предложенной формулы вычислены условные коэффициенты летучести β -дикетонатов металлов(I). Показано, что полученные ряды по убыванию летучести хелатов соответствуют таковым, приведенным в литературе.

Ключевые слова: хемоинформатика; хелат; β -дикетонат; одновалентные металлы; летучесть; комбинаторика; граф; моделирование.

A GRAPH COMBINATORIAL APPROACH TO MODELING THE VOLATILITY OF β -DIKETONATE METALS(I)

N. N. Kostyuk¹⁾, T. A. Dick²⁾, Yu. M. Metelsky³⁾, K. A. Shynkarou⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} *Belarusian State University, Belarus, Minsk,*
¹⁾ *nnkostyuk@bsu.by,* ²⁾ *dick@bsu.by,* ³⁾ *metelsky@bsu.by,* ⁴⁾ *shynkarou_bsu@mail.ru*

Volatility of β -diketonate metals(I) was studied by using a graph combinatorial approach. The set of chelate metals(I) under consideration is represented as a special graph having various types of edges. The formula for calculating conditional volatility indexes of β -diketonate metals(I) was proposed. Efficacy of the calculated volatility data of β -diketonate metals(I) in comparison with literature data have been shown.

Keywords: chemoinformatics; chelate; β -diketonate metal(I); volatility; combinatorics; graph; simulation.

Введение

В настоящее время в области развития высоких технологий особое место занимают процессы, связанные с химической парофазной металлизацией (CVD-методом), активно использующей летучие металлсодержащие химические соединения. Развитие метода в последние 15 лет привело к его активному внедрению в промышленные технологии выпуска

массовой продукции. Немаловажную роль играют CVD-процессы и в развитии нанотехнологий.

Особая роль, среди летучих соединений принадлежит β -дикетонатам одновалентных металлов. Данные соединения в большинстве своём используются в качестве прекурсоров для синтеза более сложных летучих соединений переходных элементов.

На современном этапе возник ряд проблем, связанных с необходимостью проведения больших объёмов экспериментальных работ при разработке новых типов прекурсоров и масштабировании процессов их получения. Для сокращения расходов и уменьшения количества затрачиваемого времени на исследовательскую деятельность необходимо разрабатывать и внедрять в практику химических работ методы и приёмы моделирования процессов получения летучих соединений. Второй, не менее важной задачей, является исчерпывающее изучение всех возможных вариантов теоретического существования соединений данного класса и выявление наиболее перспективных из них. Другими словами, необходимо построение химического пространства для β -дикетонатов металлов, насчитывающих миллионы хелатных соединений. В настоящей работе мы ограничились β -дикетонатами одновалентных металлов.

Методология исследования

Для вычисления летучести любого β -дикетоната одновалентного металла нами была предложена формула:

$$C_h = C_l - \frac{100M_h}{M_l} + (5n + n^2)$$

где C_h – условный коэффициент летучести хелата, C_l – условный коэффициент летучести лиганда, M_h – молекулярная масса хелата, M_l – молекулярная масса лиганда, n – количество атомов фтора, входящих в состав молекулы β -дикетоната металла.

Формула для вычисления значения условного коэффициента летучести состоит из трёх слагаемых. Коэффициенты летучести лигандов (β -дикетонов) получены на основании данных по температурам плавления или кипения β -дикетонов, наиболее востребованных и изученных в настоящее время. Вторым слагаемым является относительное увеличение массы хелата при вхождении металла – комплексообразователя в состав формируемого соединения. Оно имеет отрицательное влияние на летучесть используемого лиганда за счет увеличения общей массы при образовании хелата. Третье слагаемое учитывает влияние атомов фтора.

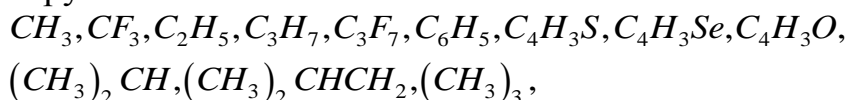
Как правило, их наличие увеличивает летучесть хелата за счёт подавления межмолекулярного взаимодействия отдельных молекул.

Работоспособность предлагаемого подхода при расчёте летучести β-дикетонатов одновалентных металлов была проверена на основании экспериментальных данных, имеющихся в литературе.

Для реализации поиска летучести и вывода некоторых рядов соединений была написана программа на языке C++, интерфейс которой реализован с помощью WindowsForms.

Результаты

В данной работе в качестве периферийных групп рассматриваются 12 основных групп



а также всех их фторированные версии. Итого, всех комбинаций только основных групп 78. Счёт комбинаций основных и фторированных групп достигает тысяч единиц. С учётом 11 одновалентных металлов общее химическое пространство будет содержать десятки тысяч хелатных соединений.

Для структуризации и удобства анализа множество рассматриваемых хелатов одновалентных металлов можно представить в виде графа, вершинами которого будут указанные хелаты, а рёбра будут проводиться в следующих случаях:

1) В случае виртуального синтеза с участием периферийных групп лигандов (рис 1).

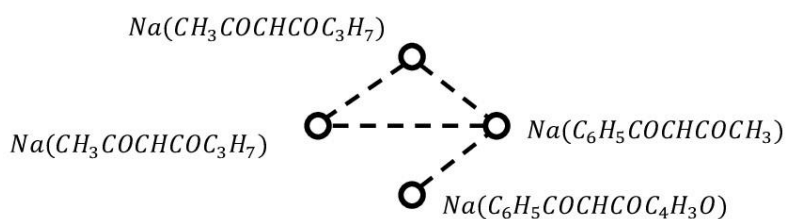


Рис. 1.

2) В случае изменения металла в однотипных по лигандам соединениях (рис. 2).

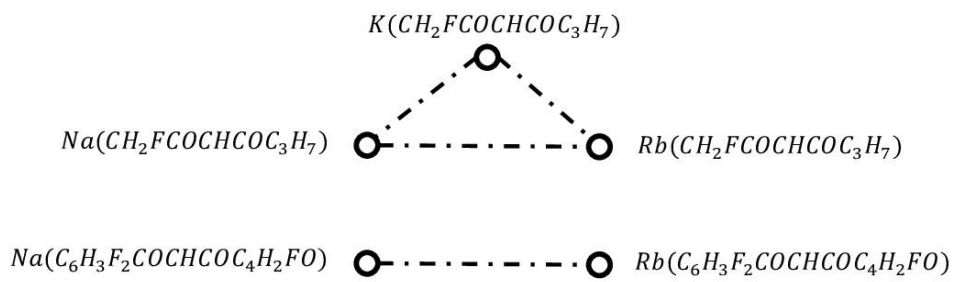


Рис. 2.

3) В случае виртуального фторсинтеза.
 Для удобства обозначим полным названием только правую верхнюю и левую нижнюю вершины, все остальные обозначим в виде $R^1 - R^2$
 а) случай 2 различных групп (рис.3):

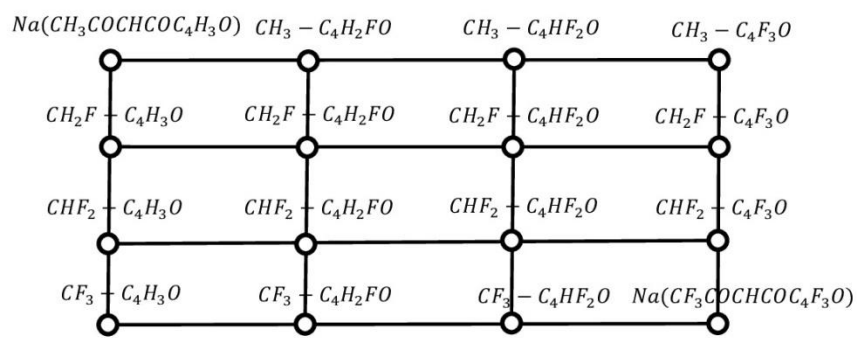


Рис. 3.

б) случай 2 одинаковых групп. Нижняя часть таблицы будет дублироваться с верхней $R^1 - R^2 = R^2 - R^1$, поэтому подграф будет выглядеть так (рис. 4):

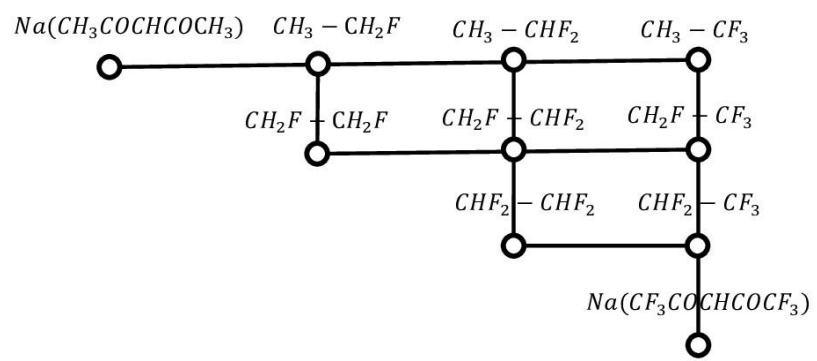
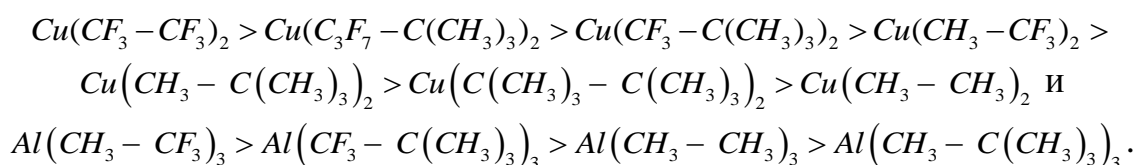


Рис. 4.

Полученный граф представляет собой множество сплошнорёберных решёток, каждая вершина которого соединена штрих-пунктирными рёбрами со всеми такими же вершинами-хелатами, отличающимися только

металлом, и каждая правая верхняя вершина решётки соединена штриховыми рёбрами со всеми вершинами-хелатами, отличающимися лишь одной группой. Другими словами, граф строится по принципу изоструктурной близости вершин – хелатов, т. е. если две вершины – хелаты имеют одно отличие в своем составе, то они соединяются ребром одного из трёх типов.

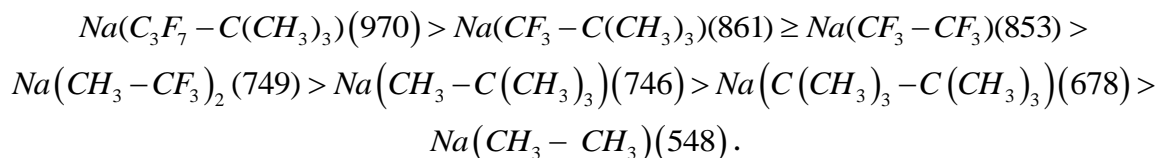
Необходимо отметить, что задача по определению летучести химических соединений является крайне сложной экспериментальной работой. Существующие методы определения давления паров дают разные по значениям результаты. Из литературных данных известно, что разброс значений, например, для бис-ацетилацетоната и бис-трифторацетилацетоната уранила лежит в интервале 133 – 0,1 Па. Также летучесть хелатов зависит от давления, при котором осуществляют эксперимент, температуры, как испарения, так и конденсации, чистоты исследуемого хелата и его надмолекулярной структуры. Наиболее изученными соединениями в данном вопросе являются β -дикетонаты меди и алюминия. Показано, что их относительную летучесть можно выразить следующими рядами:



В скобках приведены периферийные группы β -дикетонов.

Сомнения в правильности положения β -дикетонатов металлов подтверждаются расхождением их позиционирования для первых двух членов алюминиевого ряда по сравнению с аналогичными членами в ряду хелатов меди. Эти расхождения могут быть обусловлены как погрешностями эксперимента, так и различиями в его проведении. Вместе с тем, несмотря на недостатки, оба ряда относительной летучести β -дикетонатов меди и алюминия в целом правильно отражают существующее положение вещей: большей летучестью обладают наиболее фторированные соединения, а ацетилацетонаты уступают по летучести более разветвлённым пивалоилметанатам меди(II).

Аналогичная картина наблюдается для полученного нами ряда летучести β -дикетонатов одновалентных металлов на примере натрия:



Здесь в скобках после формулы приведены условные коэффициенты летучести.

Хелаты, имеющие в своём составе фторированные группы, демонстрируют более высокие условные коэффициенты летучести. Первая четверка наиболее летучих хелатов замыкается трифторацетилацетонатом натрия, а в целом ряд завершается ацетилацетонатом натрия, что совпадает с литературными экспериментальными данными для β -дикетонатов меди и алюминия.

Заключение

В настоящей работе было построено химическое пространство β -дикетонатов одновалентных металлов. Создано приложение с графическим интерфейсом, реализующее предложенный алгоритм нахождения летучести как одного химического соединения, так и рядов хелатов. Для наглядности и большей иллюстративности, возможна реализация визуализации вывода подграфов со значениями летучести каждой вершины (хелата). Путем сравнения вычисленной в настоящей работе летучести β -дикетонатов натрия и приведённых в литературе рядов относительной летучести β -дикетонатов меди и алюминия продемонстрирована состоятельность предлагаемого подхода. Фторированные хелаты металлов составили лидирующую по летучести группу, а все ряды замыкает ацетилацетонат металла.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВЕБ-РАЗРАБОТЧИКОВ

**В. А. Кочурко¹⁾, Д. В. Филимонов²⁾, С. В. Харланов³⁾,
И. Р. Лукьянович⁴⁾**

^{1), 2), 3), 4)} *Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,*

¹⁾ *vladislav.kochurko@gmail.com, ²⁾ dzfilimonau@gmail.com,*

³⁾ *s.v.harlanov@gmail.com, ⁴⁾ lukianinna12345@gmail.com*

Рассмотрено применение алгоритма контролируемого обучения, который использован при решении задачи регрессии в разработке приложения для мониторинга и предсказания ситуации COVID-19 – статистических данных о заболевших, умерших, выздоровевших, вакцинированных – на ближайшую неделю. Спроектированы, разработаны и интегрированы в приложение база данных, модель предсказания данных, back-end и front-end составляющие приложения. Применение алгоритмов машинного обучения в курсовом и дипломном проектировании имеет большое прикладное значение как для создания веб-приложений, направленных на прогнозирование и поддержку принятия решений, так и для повышения профессиональных компетенций веб-разработчиков математического профиля.

Ключевые слова: алгоритмы машинного обучения; метод случайного леса; нереляционная база данных MongoDB; Scikit-learn; Pandas; библиотека математических алгоритмов NumPy; математические специальности.

APPLYING A MACHINE LEARNING ALGORITHM FOR THE IMPLEMENTATION OF PROJECTS IN THE PREPARATION OF WEB DEVELOPERS

**V. A. Kachurka¹⁾, D. V. Filimonov²⁾, S. V. Charlanau³⁾,
I. R. Lukyanovich⁴⁾**

^{1), 2), 3), 4)} *Belarussian state university, Belarus, Minsk,*

¹⁾ *vladislav.kochurko@gmail.com, ²⁾ dzfilimonau@gmail.com,*

³⁾ *s.v.harlanov@gmail.com, ⁴⁾ lukianinna12345@gmail.com*

The application of the supervised learning algorithm, which was used to solve the regression problem in the development of an application for monitoring and predicting the situation of COVID-19 - statistical data on sick, dead, recovered, vaccinated - for the next week, is considered. A database, a data prediction model, back-end and front-end components of the application were designed, developed and integrated into the application. The use of machine learning algorithms in course and diploma design is of great practical

importance for creating web applications aimed at forecasting and decision support and to improve the professional competencies of web developers with a mathematical profile.

Keywords: machine learning algorithms, random forest method, MongoDB non-relational database, Scikit-learn, Pandas, NumPy math algorithms library, math majors.

Введение

Пандемия COVID-19 стала причиной серьезных социально-экономических последствий, включая крупнейшую мировую рецессию. Дезинформация о вирусе распространилась через социальные сети и средства массовой информации. Это сопровождалось паникой, усугубляя и без того очень неблагоприятную ситуацию в мире. Для предоставления реальных данных о COVID-19 были разработаны специальные приложения, где каждый человек мог посмотреть данные по любой стране в мире. Приходится, однако, констатировать, что количество веб-приложений, позволяющих прогнозировать развитие эпидемиологической ситуации, является недостаточным. Цель данной работы – разработать приложение для мониторинга и предсказания ситуации COVID-19 на ближайшую неделю с помощью нейронной сети.

Актуальность практического применения математических методов в курсовых и дипломных веб-проектах состоит в повышении качества обучения специалистов математического профиля, как с точки зрения прикладных аспектов использования изучаемого математического аппарата, так и для освоения и разработки методов компьютерного моделирования.

Используемые инструменты разработки и созданное веб-приложение позволят создавать подобные системы для отслеживания и прогнозирования распространения массовых заболеваний и других явлений, для описания которых подходит модель случайного леса.

Основные задачи реализации проекта

Для решения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: найти источники достоверных данных об эпидемической ситуации в различных странах [1], [2]; определить технологии, необходимые для реализации проекта, спроектировать и реализовать базу данных; разработать back-end составляющую приложения; разработать модель предсказания данных и интегрировать ее в back-end составляющую; разработать front-end составляющую приложения; провести тестирование и оптимизацию веб-приложения.

Анализ веб-приложения [1] позволил определить основные составляющие интерфейса создаваемого ресурса: интерактивную карту, панель

с общей информацией и списком стран, страницу с информацией о стране (рис. 1).

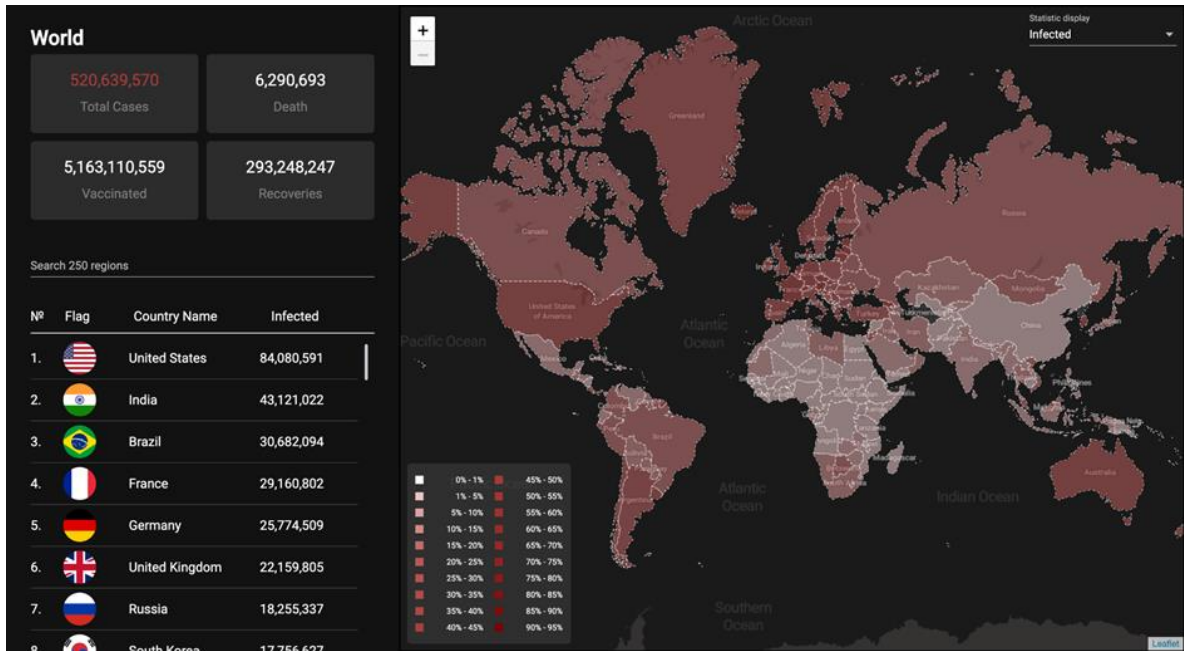


Рис. 1. Главная страница по завершении загрузки

В качестве основных показателей были выделены: новые смерти, число заболевших, смертей и выздоровевших за весь период пандемии, население страны, число людей, болеющих в настоящее время, уровень смертности, число заболевших на миллион, число смертей на миллион, а также число вакцинированных людей. визуализация данных о COVID-19 в виде графиков (рис. 2), (рис. 3)

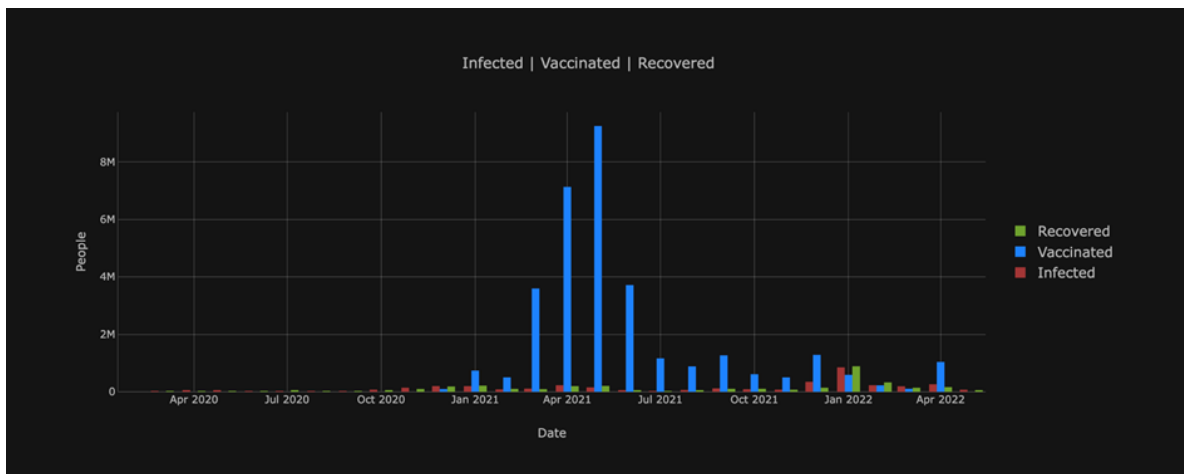


Рис. 2. Линейный график предсказания.

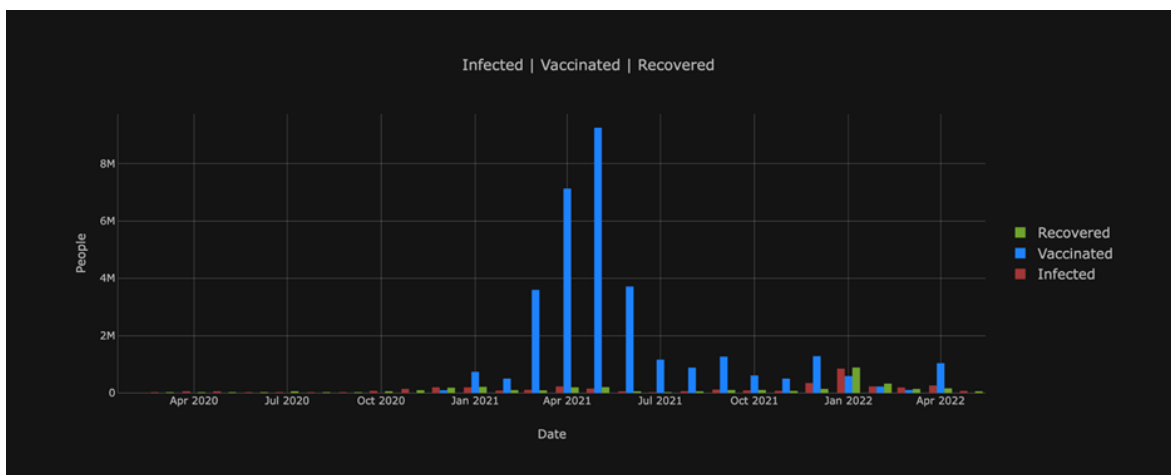


Рис. 3. Гистограмма “Infected | Vaccinated | Recovered”

Графики имеют собственную функциональность. При наведении на график появляется всплывающая подсказка с датой и значением параметра на выбранную дату. Пользователь может масштабировать графики. С помощью интерактивной легенды можно включать/отключать отображение некоторых параметров. В верхнем правом углу находится меню, с помощью него пользователь может вернуться в исходное состояние и сохранить график в виде картинки в формате .png.

Важнейшие технологии реализации проекта

Для разработки front-end части приложения применен фреймворк Angular и с языком программирования TypeScript [3]. Построение диаграмм и графиков обеспечило использование библиотек D3.js, Plotly.js [4]. Интерактивная карта реализована на основе библиотеки Leaflet [5].

Для разработки Back-end составляющей приложения была использована серверная платформа NodeJS и ее фреймворк Express [6], а также TypeScript. База данных проекта реализована с помощью нереляционной СУБД MongoDB.

Сборка проекта выполнена на основе Webpack [7]. Анализ кода и исправление ошибок выполнено с помощью ESLint [8] с конфигурацией airbnb-typescript/base.

Нейронная сеть для предсказания эпидемиологической ситуации реализована на языке программирования Python с применением библиотеки машинного обучения Scikit-learn [9].

В качестве вспомогательных библиотек для работы с данными и их анализа во время построения модели используются Python-библиотеки Pandas и NumPy, ориентированные на Data Science и Machine Learning.

Выбор алгоритма реализации модели предсказания

Из постановки задачи следует что алгоритм реализации модели – контролируемое обучение. Это значит, что обучение алгоритма контролируется разработчиком в процессе работы. Для этого маркируются данные и устанавливаются границы, которым должен следовать алгоритм.

Учитывая, что результатом работы алгоритма является численное выражение одной из опций на основе других, можно сделать вывод, что поставленная задача – задача регрессии. В задачах регрессии программа машинного обучения должна оценить и понять взаимосвязи между переменными. Предмет регрессионного анализа – одна зависимая переменная и набор других изменяющихся переменных. Это делает анализ особенно полезным для прогнозирования и предсказаний.

Для выбора подходящего алгоритма существенно, что у нас есть несколько входных параметров, характер зависимости которых непостоянен и не всегда определяется. Исходя из этого можно выделить, что будет удобно использовать алгоритм, эффективно работающий с несколькими входными параметрами, оценивающий каждый из параметров, но не позволяющий доминировать определенному параметру, и который получает эффективное решение при большом количестве возможных предсказаний.

На основании вышесказанного выбран алгоритм случайного леса. Данный алгоритм является весьма распространенным в машинном обучении, его эффективность напрямую зависит от количества решающих деревьев в ансамбле [10].

Заключение

Несмотря на то, что эпидемия COVID-19 практически сошла на нет, ее протекание и последствия свидетельствуют о важности разработки моделей прогнозирования и веб-приложений на их основе.

Библиографические ссылки

1. Covid-19 API . [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://coronavirus.app> – Дата доступа: 13.04.2023.
2. Country API . [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://restcountries.com/v3.1> – Дата доступа: 13.04.2023.
3. Документация к языку программирования TypeScript. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.typescriptlang.org/docs/> – Дата доступа: 13.04.2023.
4. Документация D3.js . [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://d3js.org/> – Дата доступа: 13.04.2023.

5. Документация Leaflet. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://leafletjs.com/> – Дата доступа: 13.04.2023.
6. Документация Express . [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://expressjs.com/ru/> – Дата доступа: 13.04.2023.
7. Документация Webpack. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://webpack.js.org/> – Дата доступа: 13.04.2023
8. Документация ESLint. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://eslint.org/> – Дата доступа: 13.04.2023.
9. Документация Scikit-learn. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/> – Дата доступа: 13.04.2023.
10. Алгоритм случайного леса. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://proglib.io/p/mashinnoe-obuchenie-dlya-nachinayushchih-algoritm-sluchaynogo-lesa-random-forest-2021-08-12> - Дата доступа: 13.04.2023

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

А. В. Кушнеров¹⁾, М. Д. Гершов²⁾

^{1), 2)} *Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,*
¹⁾ *al.v.kushnerov@gmail.com,* ²⁾ *michaelgershov@yandex.by*

Материал посвящён особенностям изложения материала по одной из дисциплин компьютерной математики – машинного обучения. Выделены основные этапы предполагаемого освоения материала. Также внимание уделено основным проблемам методического и технического характера, с которыми могут столкнуться преподаватели и обучающиеся. В работе также приведён пример построения конкретной модели классификатора, решающей задачу из области прикладной медицины.

Ключевые слова: машинное обучение; прикладное программирование; математические специальности; компьютерная математика.

APPLIED MACHINE LEARNING

A. V. Kushnerov¹⁾, M. D. Gershov²⁾

^{1), 2)} *Belarussian state university, Belarus, Minsk,*
¹⁾ *al.v.kushnerov@gmail.com,* ²⁾ *michaelgershov@yandex.by*

The article is devoted to the material presentation problem on one of the computer mathematics disciplines - machine learning. It contains a description of the main steps, which may arise during machine learning studying. In addition, attention was paid to methodological and technical problems that teachers and students may encounter. In addition, the paper provides an example of solving a specific problem.

Keywords: machine learning; applied programming; mathematical specialties; computer mathematics.

Введение

Компьютерная математика представляет собой достаточно обширную область прикладного программирования. Отличительной особенностью типичных для неё задач является прочная математическая основа компьютерной модели. Идея заключается в изучении специфических задач, которые требуют от специалиста как математических знаний, так и навыков разработки программных продуктов. Несмотря на наличие в современных средах разработки готовых решений типичных математиче-

ских задач, предполагается, что обучающийся должен владеть навыками для их реализации с нуля.

Типичный пример дисциплины компьютерной математики – машинное обучение (МО). Машинное обучение представляет собой большой класс методов для анализа и обработки данных в подавляющем большинстве математическими методами. Актуальность задач МО в современном мире очевидна и неоспорима. Алгоритмы МО нашли своё применение в обработке изображений, текстов, числовых данных, медицине, спорте, построении рекомендательных систем и других сферах. Изучение студентами подобных дисциплин отличная возможность одновременно получить навыки, востребованные на современном рынке труда, а также применить и развить свои математические знания.

Математические модели для задач машинного обучения

Практически все методы и алгоритмы машинного обучения опираются на материал из классических математических дисциплин. В общем виде задача машинного обучения предполагает получение некоторой функциональной оценки данных, которые характеризуются набором числовых признаков. Как правило предполагается наличие некоторой зависимости между исходными данными, которую алгоритму и следует выявить.

В частности, задача классификации объектов по некоторому набору из m меток $\{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ предполагает нахождение некоторой «функции» f такой что $f(\bar{x}) = y_i$ для конкретного экземпляра исходных данных из n признаков $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Первый этап работы с моделью МО — это *предварительная обработка и анализ данных*. Предполагается применение приёмов математической статистики. В частности, обычно выделяют статистики центральной тенденции (среднее значение, медиана, мода), статистики разброса (дисперсия, стандартное отклонение, интерквартильный интервал) и статистики формы, позволяющие сделать предположения о конкретном распределении выборки по тому или иному признаку. В ходе работы с исходными данными можно также провести предварительный отбор признаков.

Следующим этапом является *выбор и построение модели* исходя из поставленной. На сегодняшний день известно множество геометрических, вероятностных и логических моделей МО, таких как логистическая и линейная регрессии, дерево решений и случайный лес, метод главных компонент, Гауссова смесовая модель и многие другие. Для их освоения

респонденту необходимы знания главным образом математического анализа, линейной алгебры, теории оптимизации и математической статистики.

Для примера рассмотрим модель логистической регрессии, которая предполагает применение к вектору исходных данных \bar{x} следующей функции:

$$f(\bar{x}, \bar{w}) = \frac{1}{1 + e^{-\bar{w}^T \bar{x}}} .$$

Непосредственно обучение в данном случае предполагает нахождение вектора весов \bar{w} с помощью решения следующей задачи оптимизации:

$$L_{\log}(X, \bar{y}, \bar{w}) = \sum_{i=1}^n \left(-y_i \ln f(\bar{w}^T \bar{x}_i) - (1 - y_i) \ln(1 - f(\bar{w}^T \bar{x}_i)) \right) \rightarrow \min ,$$

где X - матрица исходных признаков, а \bar{y} - вектор исходных целевых меток. А в совокупности эти данные принято называть обучающей выборкой.

Как правило студенты математических специальностей имеют достаточный уровень подготовки для освоения описанных выше методик, но нужно понимать, что порой требуются дополнительная подготовительная работа в рамках курса МО.

Также стоит отметить, что важным этапом также является *оценка качества полученной модели*. Методы оценки разнятся в зависимости от конкретных моделей, но в целом также базируются на математических вычислениях [1].

Компьютерные модели для задач машинного обучения

Описанные выше математические модели МО безусловно требуют компьютерной реализации. Выбор среды разработки сегодня весьма широкий так как практически все поставщики девелоперского ПО обзавелись инструментами для реализации моделей машинного обучения.

Наиболее популярной средой для решения подобных задача сегодня является *python*. *Python* – бесплатный кроссплатформенный язык программирования с относительно низким порогом входа для новичка. Более того, наличие огромного количества встроенных математических возможностей за последние годы сделало *python* профильным языком для анализа данных и МО, в частности.

В процессе изучения компьютерных моделей МО обязательно необходимо производить обзор возможностей языка в контексте решаемых

задач. Важно учитывать актуальность используемого программного обеспечения, которое хоть и обладает обратной совместимостью, но предполагает оптимизацию проблем в актуальных версиях. Это требует от преподавателя постоянного изучения актуальных тенденций обновлений и плотную работу с документацией соответствующих библиотек.

Также остро стоит проблема готовых решений при компьютерном моделировании. По сути, разработчик имеет возможность реализовать достаточно объёмные модели с помощью готовых решений. При изучении материалов по МО это нужно учитывать. Порой для лучшего освоения материала, стоит отказаться от готовых решений и реализовать ту или иную модель «с нуля». Такой подход позволяет сохранить концепцию неразрывности математической и компьютерной моделей МО. Более того, понимание математической парадигмы позволяет аналитику данных быть более гибким в подборе параметров моделей и оценке их качества [2].

Пример модели классификатора на основе случайного леса

Используя имеющуюся лицензированную базу данных Кливленда, которая содержит в себе 920 записей о наличии или отсутствии ССЗ, нам удалось реализовать качественную модель МО на основе случайного леса.

Работа включала в себя несколько этапов:

1. Анализ и обработка данных;
2. Обучение модели МО и подбор гиперпараметров;
3. Оценка качества модели с применением различного рода метрик.

На первом этапе нами была проведена первичная обработка признаков: удаление дубликатов, выбросов, а также корректировка нереалистичных значений. В связи с особенностями предметной области выбросами мы считали данные, находящиеся на расстоянии $1.7 \times IQR$, где IQR – межквартильный диапазон.

Для заполнения пропусков использовался многомерный метод, основанный на группировке признаков и выведении внутригруппового значения. Стандартизация признаков была необходима для того, чтобы числовые данные были правильно интерпретированы моделью МО.

В первом случае для кодирования категориальных переменных использовался метод One-Hot Encoder, опирающийся на создание бинарных признаков, показывающих принадлежность к уникальному значению, а во втором – метод Target Encoder, который использует метку для кодирования категориальных признаков.

На этапе обучения для одной из модели мы использовали метод главных компонент PCA, взяв соответственно 3, 5, и 7 вычисленных главных компонент.

Подбор гиперпараметров моделей осуществлялся с использованием функции GridSearchCV, которая реализует метод поиска гиперпараметров по сетке.

Для правильного выбора метрики оценки качества следует обратить внимание на предметную область, из которой данные были получены. Нами был сделан вывод о том, что главной характеристикой, определяющей качество нашей модели, стоит считать процент ошибки первого рода, то есть, когда больной человек был классифицирован как здоровый.

Наиболее качественная построенная нами модель имеет следующие оценки точности:

	precision	recall	f1-score	support
Здоровый	0.79	0.81	0.80	118
Больной	0.85	0.83	0.84	149
accuracy			0.82	267
macro avg	0.82	0.82	0.82	267
weighted avg	0.82	0.82	0.82	267

где:

- precision – доля объектов, названных классификатором положительными и при этом действительно являющимися положительными;
- recall показывает, какую долю объектов положительного класса из всех объектов положительного класса нашел алгоритм;
- f1-score – F-мера;
- support – количество объектов обучающей выборки.

Заключение

Машинное обучение – современное и развивающееся направление, которое сочетает в себе элементы классической математики и программирования. Изучение подобных дисциплин способствует разностороннему развитию обучающихся и делает их востребованными на рынке труда. Множество сфер приложения позволяет развивать способности к решению прикладных математических задач на важных и нужных примерах. Также стоит отметить, что актуальность направления делает его крайне перспективным для научных исследований.

Библиографические ссылки

1. *S. Rashka, V. Mirjalili. Python Machine Learning: Machine Learning and Deep Learning with Python, scikit-learn, and TensorFlow. 2nd Edition. Packt Publishing, 2017. ISBN 9781787125933.*

2. *Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer, 2014.*

ИТ-ТЕХНОЛОГИИ В РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

В. С. Лютикова

*ПМ ИС университета «Туран», Алматы, Казахстан
Nikki.valo16@gmail.com*

Предлагается применить ИТ-технологии в области сейсмологии для распознавания образов роев землетрясений и их математических критериев. Распознавание образов роев землетрясений осуществлялось на примере сейсмичности региона исследования. В результате распознаны роевые события и приведены их математические критерии распознавания.

Ключевые слов: ИТ-технологии; распознавание образов; рои землетрясений; сейсмичность.

IT-TECHNOLOGIES IN EARTHQUAK PATTERN RECOGNITION AND THEIR MATHEMATICAL CRITERIA

V. S. Lyutikova

*PM IS University "Turan", Almaty, Kazakhstan
Nikki.valo16@gmail.com*

It is proposed to apply IT-technology in the field of seismology for recognition of images of earthquake swarms and their mathematical criteria. Earthquake swarm pattern recognition was carried out on the example of the seismicity of the study region. As a result, swarm events are recognized and their mathematical recognition criteria are given.

Keywords: IT technologies; pattern recognition; earthquake swarms; seismicity.

Введение

ИТ-технология распознавания образов в 21 веке стала широко применяться во многих отраслях знаний. При интеллектуальном анализе больших объемов данных любой природы, ИТ-специалист не всегда может распознать тот или иной объект, который он пытается найти. На помощь ему приходят интеллектуальные технологии, интеллектуальные информационные системы, математические модели и алгоритмы. Таким интеллектуальным алгоритмом может являться – распознавание образов. Традиционно задачи распознавания образов включают в круг задач искусственного интеллекта (ИИ). Теория распознавания образов – раздел

кибернетики, развивающий теоретические основы и методы классификации и идентификации предметов, явлений, процессов, сигналов, ситуаций и т. п. объектов, которые характеризуются конечным набором некоторых свойств и признаков. Применяемая IT-технология является одним из методов распознавания образов и программ графической кластеризации временных последовательностей событий. IT-технология реализована для распознавания образов в задачах сейсмологии (распознавание роевых событий). Такие задачи решаются довольно часто в различных приложениях с применением указанных IT-технологий распознавания образов. Например, в области сейсмологии, когда среди массы сейсмических событий необходимо распознать вполне конкретные события, отвечающие тем или иным математическим критериям. К таким событиям можно отнести форшоки, рои, сильные толчки и афтершоки и др. [1-3]. В данном случае, специалисту в области IT-технологии и сейсмологии при анализе временных последовательностей событий (землетрясений) на помощь приходит математический алгоритм распознавания образов, в частности графическая кластеризация временных последовательностей событий. Создание искусственных систем распознавания образов остаётся сложной теоретической и технической проблемой. Необходимость в таком распознавании возникает в самых разных областях знаний. Специалист перекладывает трудоемкий процесс распознавания образов в программу.

Методология исследования и теоретические основы

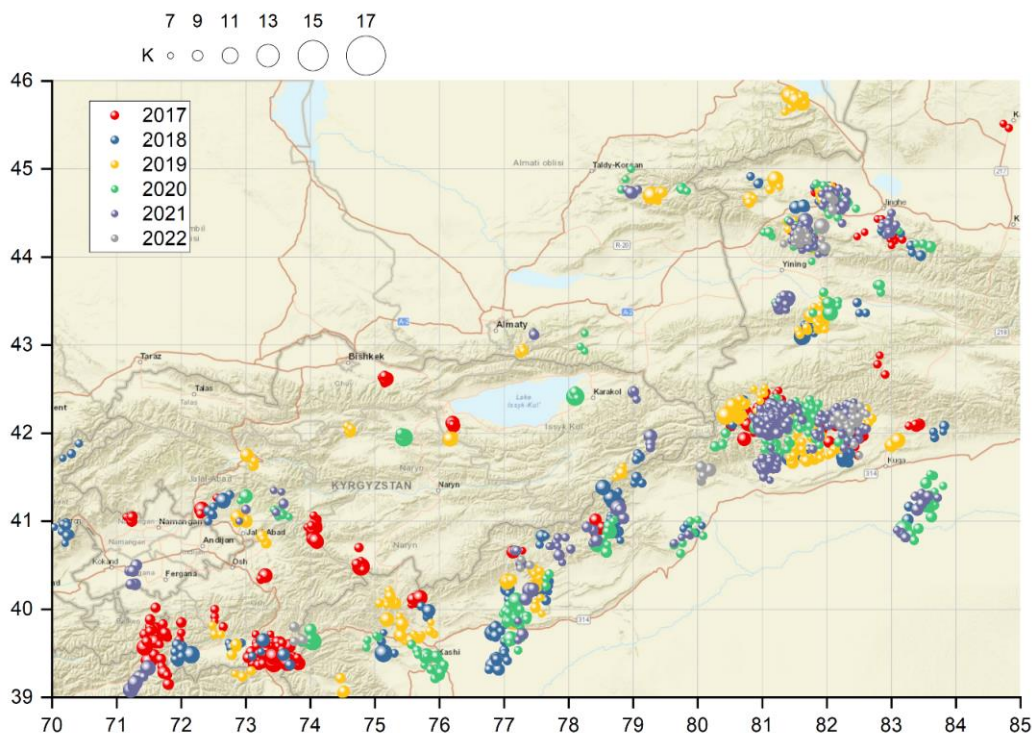
На базе современного экспериментального материала (сейсмичность) необходимо распознать рои землетрясений. В данной IT-технологии применяется графическое распознавание образов — это отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных данных. При постановке задач распознавания образов пользуются математическим языком, стараясь в отличие от теории искусственных нейронных сетей, где основой является получение результата путем эксперимента, заменить эксперимент логическими рассуждениями и математическими доказательствами. В этой задаче необходимо придерживаться принципа выделения существенных признаков, характеризующих данные в соответствии с определенными критериями из массы несущественных данных.

Применение алгоритма графической кластеризации и обсуждение

Алгоритм графической кластеризации ранее применялся в [3]. Он дает достаточную математическую статистику для обоснования математических критериев (характеристик) роев землетрясений: число землетрясений в рое $N_{sw} > 3$; расстояние между эпицентрами $L_{sw} < 10'$; время между следующими землетрясениями $0 < T_{sw} < 26$ дней. Если эти математические критерии (условия) выполнены, то относим данные землетрясения к роям. Рой землетрясений имеет тенденцию формироваться вблизи тектонических неоднородностей. После возникновения в такой области роев землетрясений в течение 10-15 лет могут произойти сильные землетрясения с $M=6-7$. Отмечается, что рои землетрясений - это особый вид проявления сейсмической активности, когда за достаточно короткое время, в течение нескольких суток от 1 до 5-15-26 суток (редко более длительное время), в одном и том же месте, на ограниченной площади, происходит большое количество землетрясений, как правило, малых энергетических классов, характерных для фоновой сейсмичности региона. Причем, в отличие от афтершоковой последовательности, роевые последовательности землетрясений не всегда имеют главное событие старшего энергетического класса, а также характерного затухания энергии событий во времени. Физическая природа возникновения роев не ясна. Они возникают, как в зонах континентальной сейсмичности (например, на Кавказе), так и в зонах субдукции (Курило-Камчатская зона) [4,6]. Иногда в тех областях, где в прошлые годы имели место сильные землетрясения, обнаруживаются рои, а иногда нет. В работе представлены результаты применения IT-технологии распознавания роевых землетрясений в обширном сейсмоактивном регионе [5], распознаны роевые события и их распределения в пространстве и времени. Проанализировано положение роевых землетрясений на фоне общей сейсмической активности в регионе исследования.

Результаты

В результате применения графической кластеризации событий получены: пространственно-временное распределение роевых сейсмических событий для сейсмоактивных регионов исследования (см. рисунок).



Карта–схема роев землетрясений сейсмоактивного региона исследования 39°-46°N, 70°-85°E за 2017-2022 г.г. (разным цветом – по годам)

Причем математический алгоритм распознавания можно адаптировать не только для конкретного региона исследования, но и других регионов. По результатам применения ИТ-технологии распознавания образов сейсмических событий получен: каталог распознанных роев каждого сейсмоактивного региона. Применение ИТ-технологии распознавания образов на сейсмических данных, позволили выделить из совокупности сейсмических событий региона исследования роевые события (см. рисунок), что является важным практическим достижением применяемого алгоритма графической кластеризации и получения математических критериев распознавания роев.

Библиографические ссылки

1. Курскиеев А. К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. Алматы, 2004.- 504с.
2. Лютикова В. С. Современные средства распознавания образов (на примере роев землетрясений).-«Вестник «Туран»».-2022, Алматы.-5С.
3. Казаков В. В., Литовченко И. Н., Париуков М. Ю. Рои землетрясений на Северном Тянь-Шане // Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. Материалы международного симпозиума. Алматы, 1997. - СС.145-151.
4. Славина Л. Б., Левина В. И., Бабанова Д. Н. Особенности возникновения и распределения роевых последовательностей землетрясений в сейсмоактивной зоне в

акватории Тихоокеанского побережья Камчатки // <http://www.emsd.iks.ru/konf091011/pdf/largesteqs/10.pdf>

5. Региональный сейсмический каталог за 1960-2022 гг./ ТОО «СОМЭ МЧС РК» Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Республики Казахстан. Главная – Товарищество с ограниченной ответственностью «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» (some.kz)

6. *Zobin V. M., Ivanova E. I.* Earthquake swarms in the Kamchatka-Commander Region // *Geophys. J. Int.*. 1994. 117.P. 38-47.

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ГИРОСТАТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ И ГИРОСКОПИЧЕСКИХ СИЛ

А. В. Мазнев¹⁾, Т. В. Белоконь²⁾

¹⁾ *Донецкий национальный университет, ДНР, Донецк, o.mazniev@donnu.ru*

²⁾ *Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, ДНР, Донецк, B.Tatyana13@mail.ru*

В работе рассмотрены условия существования полурегулярных прецессий первого типа в задаче о движении гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил. Используя инвариантные соотношения, описывающие данные прецессии гиростата с переменным гиростатическим моментом, найден новый случай интегрируемости уравнений класса Кирхгофа-Пуассона.

Ключевые слова: гириостат; потенциальные и гироскопические силы; прецессии.

ON ONE CASE SOLUTIONS TO THE EQUATIONS OF MOTIONS OF A GYROSTAT UNDER THE ACTION OF POTENTIAL AND GYROSCOPIC FORCES

A. V. Maznev¹⁾, T. V. Belokon²⁾

¹⁾ *Donetsk National University, DPR, Donetsk, o.mazniev@donnu.ru*

²⁾ *Donetsk National University of Economics and Trade Mikhail Tugan-Baranovsky, DPR, Donetsk, B.Tatyana13@mail.ru*

The paper considers conditions for the existence of semi-regular precessions of the first type in the problem of the motion of a gyrost at under the action of potential and gyroscopic forces. Using invariant relations describing these precessions and equations of motion of a gyrost at with a variable gyrostatic moment, new case of integrability Kirchhoff-Poisson class equations are found.

Keywords: gyrost at; potential and gyroscopic forces; precessions.

Введение

Доклад посвящен изучению прецессионных движений гиростата, то есть движениям, при которых постоянен угол между двумя осями l_1 и l_2 (ось l_1 связана с телом-носителем, ось l_2 неподвижна в пространстве). В работе [1] дана классификация прецессионных движений гиростата с постоянным гиростатическим моментом. В монографии [2] прецессионные

движения изучались в предположении, что гиросtatический момент зависит от времени.

В докладе рассматриваются полурегулярные прецессии первого типа гиростата с переменным гиросtatическим моментом в задаче о движении гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил. Получено новое решение уравнений класса Кирхгофа-Пуассона, описывающие данные прецессии.

Постановка задачи

Уравнения движения гиростата с переменным гиросtatическим моментом запишем в виде [2]:

$$A\dot{\omega} + \dot{\lambda}(t) = (A\omega + \lambda(t)) \times \omega + \omega \times Bv + v \times (Cv - s) = \mathbf{0}, \quad (1)$$

$$\dot{v} = v \times \omega \quad (2)$$

Здесь обозначено: тензор инерции $A = \text{diag}(A_1, A_2, A_3)$; $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ – вектор угловой скорости гиростата; $v = (v_1, v_2, v_3)$ – единичный вектор оси симметрии силовых полей; $B = \text{diag}(B_1, B_2, B_3)$ – матрица, характеризующая гироскопические силы; $C = \text{diag}(C_1, C_2, C_3)$ – матрица, характеризующая потенциальные силы, которые являются однородными многочленами по $v_i (i = \overline{1,3})$; $s = (s_1, s_2, s_3)$ – вектор обобщенного центра масс гиростата. Полагаем, что S_0 – тело-носитель, S_1 – симметричный ротор, который вращается вокруг оси Oz с угловой скоростью $\dot{\alpha}(t)$, то есть для компонент гиросtatического момента имеем равенства: $\lambda_1 = 0, \lambda_2 = 0, \lambda_3 = \lambda_3(t)$. Момент инерции ротора S_1 относительно оси Oz полагаем равным D_3^* . Производную по времени от функций $\omega_i(t), v_i(t) (i = \overline{1,3}), \lambda_3(t)$ будем обозначать точкой над этими переменными. Уравнения (1),(2) имеют два первых интеграла

$$v \cdot v = 1, \quad (A\omega + \lambda(t)) \cdot v - \frac{1}{2}(Bv \cdot v) = k, \quad (3)$$

где k – произвольная постоянная.

Поскольку система дифференциальных уравнений (1)-(3) неавтономна, то для полного решения задачи о движении гиростата с переменным гиросtatическим моментом необходимо данные уравнения рассматривать совместно с уравнениями [3]

$$\dot{\lambda}_3(t) = L(t), \quad \lambda_3(t) = D_3^*[\dot{\alpha}(t) + (\omega(t) \cdot i_3)], \quad (4)$$

где D_3^* – момент инерции относительно оси Oz .

Следуя [4], для уравнений (1)-(3) зададим три инвариантных соотношения (ИС)

$$\omega_i = \varepsilon_0 v_i + g(v_3) \beta_i, \quad (i = \overline{1,3}). \quad (5)$$

где $\beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2 = 1$. Запишем равенства (5) в векторной форме

$$\boldsymbol{\omega} = \varepsilon_0 \mathbf{v} + g(v_3) \boldsymbol{\beta}, \quad (6)$$

При подстановке значений (5) в уравнения Пуассона (2) получим

$$\begin{aligned} \dot{v}_1 &= g(v_3)(\beta_3 v_2 - \beta_2 v_3), & \dot{v}_2 &= g(v_3)(\beta_1 v_3 - \beta_3 v_1) \\ \dot{v}_3 &= g(v_3)(\beta_2 v_1 - \beta_1 v_2). \end{aligned} \quad (7)$$

Из уравнений (7) следует дополнительное ИС:

$$\beta_1 v_1 + \beta_2 v_2 + \beta_3 v_3 = c_0 \quad (8)$$

где c_0 – постоянная. В векторном виде ИС (8) можно записать в виде $\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{v} = c_0$, то есть в процессе движения гиростата постоянен угол между векторами $\boldsymbol{\beta}$ и \mathbf{v} . Такие движения называются прецессией гиростата относительно вертикали [5].

Из соотношений (3),(8) найдем функции [6]

$$\begin{aligned} v_1(v_3) &= \frac{1}{\varkappa_0^2} [\beta_1(c_0 - \beta_3 v_3) + \beta_2 \sqrt{F(v_3)}], \\ v_2(v_3) &= \frac{1}{\varkappa_0^2} [\beta_2(c_0 - \beta_3 v_3) - \beta_1 \sqrt{F(v_3)}] \end{aligned} \quad (9)$$

где $\varkappa_0^2 = \beta_1^2 + \beta_2^2$, а $F(v_3)$ имеет вид

$$F(v_3) = -v_3^2 + 2c_0 \beta_3 v_3 + (\varkappa_0^2 - c_0^2). \quad (10)$$

Зависимость $v_3(t)$ установим из третьего уравнения системы (7) путем обращения интеграла

$$\int_{v_3^{(0)}}^{v_3} \frac{dv_3}{g(v_3) \sqrt{F(v_3)}} = t - t_0, \quad (11)$$

Случай линейной функции $g(v_3)$.

Определенный интерес представляет случай когда функция $g(v_3)$ имеет вид ($g_1 \neq 0$)

$$g(v_3) = g_0 + g_1 v_3, \quad (12)$$

а вторая компонента вектора обобщенного центра масс равна нулю: $s_2 = 0$. Подставив $g(v_3)$ из (12) в уравнения (1) и требуя, чтобы полученные равенства были тождествами по v_3 , получим систему равенств

$$\begin{aligned} A_1 \beta_1^3 g_1^2 - \beta_1 g_1 D_6 - D_8 &= 0, \quad P_0 = \beta_1 \varepsilon_0 c_0 A_1 g_0, \\ A_1 \beta_1^3 g_0 g_1 - \beta_1 g_0 D_6 + \beta_1 \varepsilon_0 c_0 A_1 g_1 - D_7 &= 0, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\beta_1 \beta_3 A_1 g_1^2 - g_1 D_9 + D_{11} = 0, \quad \beta_1 \beta_3 g_0 g_1 A_1 - g_0 D_9 + D_{10} = 0,$$

где величины D_i известны и выражены через параметры задачи.

Рассмотрим особый случай: $g_0 = 0$. Из третьего уравнения системы (13) следует вариант:

$$c_0 = 0, \quad D_7 = 0, \quad P_0 = 0. \quad (14)$$

Из второго и пятого равенств системы (13) установим, что при $g_0 = 0$ должны выполняться условия

$$P_0 = 0, \quad D_{10} = 0. \quad (15)$$

из которых вытекает, что $s_1 = 0$, $s_3 = 0$. В силу данных равенств и условия $s_2 = 0$ приходим к выводу, что центр масс гиростата неподвижен. Из первого и четвертого уравнений системы (13) при $c_0 = 0$ в результате очевидной их линейной комбинации находим

$$g_1^{(0)} = \frac{\beta_3 D_8 + D_{11} \beta_1^2}{\beta_1 (\beta_1 D_9 - \beta_3 D_6)} \quad (16)$$

Полагаем, что знаменатель в формуле (16) отличен от нуля, то есть выполняется условие

$$\beta_1^2 (B_2 + B_3 - 2\varepsilon_0 A_1) + \beta_3^2 (B_1 + B_2 + 2\varepsilon_0 A_1) \neq 0. \quad (17)$$

Подставив значение (16) в первое уравнение из (13), получим

$$A_1 \beta_1^3 (g_1^{(0)})^2 - \beta_1 g_1^{(0)} D_6 - D_8 = 0 \quad (18)$$

Таким образом, система (13) в случае $g_0 = 0, c_0 = 0$ разрешима (имеет место решение (16)). Условиями существования решения являются равенства $s = 0, P_0 = 0$.

Заключение

В работе рассмотрены условия существования полурегулярных прецессий первого типа в задаче о движении гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил. Построено новое решение уравнений движения гиростата (линейное по v_3 для функции $g(v_3)$).

Библиографические ссылки

1. Горр Г. В. Прецессионные движения в динамике твердого тела и динамике систем связанных твердых тел / Г.В. Горр // Прикл. матем. и механика. 2003. Т. 67, вып. 4. С. 573–587.
2. Горр Г. В. Движение гиростата с переменным гиростатическим моментом / Г.В. Горр, А.В. Мазнев, Г.А. Котов – Донецк: Изд-е ГУ «Институт прикладной математики и механики», 2017. 250 с.
3. Харламов П. В. Об уравнениях движения системы твердых тел / П.В. Харламов // Механика твердого тела. 1972. Вып. 4. С. 52–73.
4. Горр Г. В. О решениях уравнений движения гиростата с переменным гиростатическим моментом / Г.В. Горр, Т.В. Белоконь // Прикл. матем. и механика. Москва. 2003. Т. 85, № 4. С. 139–151.
5. Горр Г. В. Прецессионные движения в динамике твердого тела и в динамике систем связанных твердых тел / Г.В. Горр, А.В. Мазнев, Е.К. Щетинина. – Донецк: ДонНУ, 2009. – 222 с.
6. Горр Г. В. О трех инвариантных соотношениях уравнений движения тела в потенциальном поле сил / Г.В. Горр // Прикл. математика и механика. 2019. Т. 83. № 2. С. 202–214.

ОДИН СЛУЧАЙ ПОЛУРЕГУЛЯРНОЙ ПРЕЦЕССИИ ПЕРВОГО ТИПА В ЗАДАЧЕ О ДВИЖЕНИИ НЕАВТОНОМНОГО ГИРОСТАТА

А. В. Мазнев¹⁾, Ю. С. Горбунова²⁾

¹⁾ Донецкий национальный университет, ДНР, Донецк, o.mazniev@donnu.ru

²⁾ Академия гражданской защиты, ДНР, Донецк, yulya_gorbunova_1993@mail.ru

Рассмотрена задача о движении гиростата, имеющего неподвижную точку, под действием потенциальных и гироскопических сил. При некоторых условиях на параметры задачи построено решение исходных уравнений, которые характеризуются линейной структурой скорости собственного вращения от независимой переменной.

Ключевые слова: прецессии; переменный гиростатический момент; потенциальные и гироскопические силы.

ONE CASE OF SEMI-REGULAR PRECESSION OF THE FIRST TYPE IN THE PROBLEM OF THE MOTION OF A NON-AUTONOMOUS GYROSTAT

A. V. Maznev¹⁾, Y. S. Gorbunova²⁾

¹⁾ Donetsk National University, DPR, Donetsk, o.mazniev@donnu.ru

²⁾ The Civil Defence Academy, DPR, Donetsk, yulya_gorbunova_1993@mail.ru

The problem of motion of a gyrostат with a fixed point under the action of potential and gyroscopic forces is considered. Under some conditions on the parameters of the problem, a solution of the initial equations is constructed, which are characterized by a linear structure of the velocity of own rotation from an independent variable.

Keywords: precessions, variable gyrostatic momentum, potential and gyroscopic forces.

Введение

Прецессионные движения твердого тела и гиростата относятся к наиболее наглядным, с механической точки зрения, движениям и находят широкое применение в важной для техники теории гироскопических систем [1]. Обзор результатов, полученных в изучении прецессий гиростата с постоянным гиростатическим моментом, под действием потенциальных и гироскопических сил изложены в работах [2,3]. В последнее время интенсивно рассматриваются условия существования прецессий

гиростата с переменным гиростатическим моментом в силовых полях сложной структуры. В монографии [4] приведены результаты по изучению не только регулярных прецессий гиростата, но и полурегулярных прецессий первого и второго типов, а также прецессий общего вида и прецессионно-изоконических движений гиростата.

Доклад посвящен изучению полурегулярных прецессий первого типа гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил с учетом переменности гиростатического момента. Построено решение уравнений движения гиростата, которое описывает рассматриваемое программное движение и представляет собой элементарные функции от вспомогательной переменной. Зависимость данной переменной от времени находится обращением рациональной функции.

Постановка задачи.

Запишем уравнения движения гиростата с переменным гиростатическим моментом под действием потенциальных и гироскопических сил [5]

$$A\dot{\boldsymbol{\omega}} + \dot{\boldsymbol{\lambda}}(t) = (A\boldsymbol{\omega} + \boldsymbol{\lambda}(t)) \times \boldsymbol{\omega} + \boldsymbol{\omega} \times B\mathbf{v} + \mathbf{v} \times (C\mathbf{v} - \mathbf{s}) = \mathbf{0}, \quad (1)$$

$$\dot{\mathbf{v}} = \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega} \quad (2)$$

Здесь введены следующие обозначения: $\boldsymbol{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ – вектор угловой скорости гиростата; $\boldsymbol{\lambda}(t) = (\lambda_1(t), \lambda_2(t), \lambda_3(t))$ – вектор гиростатического момента; $A = \text{diag}(A_1, A_2, A_3)$ – тензор инерции; $B = \text{diag}(B_1, B_2, B_3)$ – матрица, характеризующая гироскопические силы; $C = \text{diag}(C_1, C_2, C_3)$ матрица, определяющая квадратичные члены по компонентам единичного вектора оси симметрии силовых полей $\mathbf{v} = (v_1, v_2, v_3)$; $\mathbf{s} = (s_1, s_2, s_3)$ – вектор обобщенного центра масс гиростата; точка над переменными $\boldsymbol{\omega}(t)$, $\boldsymbol{\lambda}(t)$, $\mathbf{v}(t)$ обозначает дифференцирование по времени t . Уравнения (1),(2) имеют первые интегралы

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{v} = 1, \quad (A\boldsymbol{\omega} + \boldsymbol{\lambda}(t)) \cdot \mathbf{v} - \frac{1}{2}(B\mathbf{v} \cdot \mathbf{v}) = k, \quad (3)$$

где k – произвольная постоянная. Все указанные выше переменные и параметры заданы в главной системе координат $Oxyz$ единичными векторами $\mathbf{i}_1, \mathbf{i}_2, \mathbf{i}_3$ (O – неподвижная точка гиростата).

Полурегулярные прецессии гиростата первого типа зададим векторным инвариантным соотношением (ИС)[2,3]

$$\boldsymbol{\omega} = \varepsilon_0 \mathbf{v} + g(v_3) \boldsymbol{\beta}, \quad (5)$$

где ε_0 – скорость прецессии; $g(v_3)$ – дифференцируемая функция переменной v_3 , определяющая скорость собственного вращения гиростата; $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ – постоянный единичный вектор ($\beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2 = 1$).

Подставим $\boldsymbol{\omega}$ из (5) в уравнение Пуассона (2)

$$\dot{\mathbf{v}} = g(v_3)(\mathbf{v} \times \boldsymbol{\beta}). \quad (6)$$

Из уравнения (6) следует ИС: $\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{v} = c_0$, где c_0 – постоянная. В скалярном виде это ИС и уравнение (5) запишем так

$$\beta_1 v_1 + \beta_2 v_2 + \beta_3 v_3 = c_0 \quad (7)$$

$$\omega_i = \varepsilon_0 v_i + g(v_3) \beta_i, \quad (i = \overline{1,3}). \quad (8)$$

Для производных \dot{v}_i из (6) получим

$$\begin{aligned} \dot{v}_1 &= g(v_3)(\beta_3 v_2 - \beta_2 v_3), & \dot{v}_2 &= g(v_3)(\beta_1 v_3 - \beta_3 v_1), \\ \dot{v}_3 &= g(v_3)(\beta_2 v_1 - \beta_1 v_2), \end{aligned} \quad (9)$$

Постановка задачи заключается в исследовании у уравнений (1),(2) ИС (7),(8), то есть в нахождении функций $g(v_3)$, параметров ε_0, β_i ($i = \overline{1,3}$) и параметров уравнения (1).

Интегрирование уравнений (1), (2) на ИС (7), (8).

Интерес представления аналитической формы прецессий первого типа в форме (7),(8), как показано в статье [6], состоит в том, что уравнения (9) интегрируются в виде квадратур. Запишем результат, представленный в [6]:

$$v_1(v_3) = \frac{1}{\varepsilon_0^2} [\beta_1(c_0 - \beta_3 v_3) + \beta_2 \sqrt{F(v_3)}], \quad (10)$$

$$v_2(v_3) = \frac{1}{\varepsilon_0^2} [\beta_2(c_0 - \beta_3 v_3) - \beta_1 \sqrt{F(v_3)}], \quad (11)$$

$$\int_{v_3^{(0)}}^{v_3} \frac{dv_3}{g(v_3) \sqrt{F(v_3)}} = t - t_0, \quad (12)$$

где $\alpha_0^2 = \beta_1^2 + \beta_2^2$, а $F(v_3)$ имеет вид

$$F(v_3) = -v_3^2 + 2c_0\beta_3v_3 + (\alpha_0^2 - c_0^2). \quad (13)$$

Для интегрирования уравнения (1) положим $\lambda_1(t) = 0$, $\lambda_2(t) = 0$ и подставим ω_i ($i = \overline{1,3}$) из (8) во второй интеграл системы (3)

$$(A_3\omega_3 + \lambda_3(t)) = \frac{1}{v_3} \left[\frac{1}{2}(B_1 - B_3 - 2\varepsilon_0A_1)v_1^2 + \frac{1}{2}(B_2 - B_3 - 2\varepsilon_0A_2)v_2^2 - g(v_3)(\beta_1A_1v_1 + \beta_2A_2v_2) + k_0 \right], \quad (14)$$

где $k_0 = k + \frac{1}{2}B_3$. k_0

Записав уравнение (1) в виде системы трех скалярных уравнений, исключим из первых двух равенств функцию $\lambda_3(t)$. Полученное уравнение представим так

$$\left[\frac{1}{2}(A_1\omega_1^2 + A_2\omega_2^2) - s_3v_3 + \frac{1}{2}C_3v_3^2 \right]' = (A_2 - A_1)\omega_1\omega_2\omega_3 + \omega_3(B_1v_1\omega_2 - B_2v_2\omega_1) + v_3(s_2\omega_1 - s_1\omega_2) + v_3(C_1v_1\omega_2 - C_2v_2\omega_1). \quad (15)$$

Рассмотрим частный случай, который характеризуется условиями

$$A_2 = A_1, B_2 = B_1, C_2 = C_1, s_2 = 0, s_1 = 0, \beta_3 = 0. \quad (16)$$

При выполнении равенств (16) из последнего равенства системы скалярных уравнений и в силу третьего уравнения системы (9) имеем

$$\lambda_3(v_3) = l_1 - (B_1 + \varepsilon_0A_3)v_3, \quad (17)$$

а уравнение (15) позволяет указать первый интеграл

$$A_1(g^2(v_3) + 2\varepsilon_0c_0g(v_3)) - [\varepsilon_0^2A_1 + \varepsilon_0B_1 + (C_1 - C_3)]v_3^2 - 2s_3v_3 = l_2. \quad (18)$$

из которого находим функцию $g^2(v_3)$

$$g^2(v_3) = \frac{1}{A_1} [(\varepsilon_0^2A_1 + \varepsilon_0B_1 + (C_1 - C_3)v_3^2 + 2s_3v_3 + l_2)]. \quad (19)$$

Заключение

Изучена задача об условиях существования полурегулярных прецессий первого типа гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил. Рассмотрен частный случай ИС, задающих прецессию гиростата, при наличии некоторых ограничений на параметры уравнений движения гиростата. Данный подход в изучении прецессий первого типа позволил построить новое решения уравнений класса Кирхгофа-Пуассона с переменным гиростатическим моментом.

Библиографические ссылки

1. *Ишлинский А. Ю.* Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация / А.Ю. Ишлинский А.Ю. – М.: Наука. – 1976. – 672 с.
2. *Горр Г. В.* Прецессионные движения в динамике твердого тела и динамике систем связанных твердых тел / Г.В. Горр // Прикл. математика и механика. – 2003. – 67, вып. 4. – С. 573–587.
3. *Горр Г. В.* Прецессионные движения в динамике твердого тела и в динамике систем связанных твердых тел / Г.В. Горр., А.В. Мазнев, Е.К. Щетинина – Донецк: ДонНУ. – 2009. – 222 с.
4. *Горр Г. В.* Движение гиростата с переменным гиростатическим моментом / Г. В. Горр, А. В. Мазнев, Г.А. Котов. – Донецк: ГУ "ИПММ", 2017. – 265 с.
5. *Горр Г. В.* Динамика гиростата, имеющего неподвижную точку / Г. В. Горр, А. В. Мазнев – Донецк: ДонНУ. – 2010. – 364 с.
6. *Горр Г. В.* О трех инвариантных соотношениях уравнений движения тела в потенциальном поле сил / Г.В. Горр // Прикл. математика и механика. – 2019. – 83, №2. – С.202–214.

ЗАЩИТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА И ИЗМЕНЕНИЙ ПАСПОРТОВ, МАРШРУТНЫХ КАРТ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ И АГРЕГАТОВ

Д. С. Макашин¹⁾, Д. Ю. Белан²⁾, К. А. Махов³⁾

^{1), 2), 3)} Омский государственный технический университет, Омск, Россия,
¹⁾ *dima.makashin@gmail.com*, ²⁾ *Baltazar.13@mail.ru*, ³⁾ *mr.kirik04@mail.ru*

Блокчейн — новейшая технология, интерес к которой вырос вместе с популярностью криптовалют. В дословном переводе блокчейн — это непрерывная цепочка блоков. В ней содержатся все записи о сделках. В отличие от обычных баз данных, изменить или удалить эти записи нельзя, можно только добавить новые.

Ключевые слова: блокчейн; данные; транзакции.

PROTECTION AGAINST UNAUTHORIZED ACCESS AND CHANGES IN PASSPORTS, ROUTE CHARTS IN THE MANUFACTURE OF PARTS AND UNITS

D. S. Makashin¹⁾, D. Y. Belan²⁾, K. A. Makhov³⁾

^{1), 2), 3)} Omsk State Technical University, Omsk, Russia
¹⁾ *dima.makashin@gmail.com*, ²⁾ *Baltazar.13@mail.ru*, ³⁾ *mr.kirik04@mail.ru*

Blockchain is the latest technology, the interest in which has grown along with the popularity of cryptocurrencies. Literally translated, blockchain is a continuous chain of blocks. It contains all records of transactions. Unlike conventional databases, these records cannot be changed or deleted, only new ones can be added.

Keywords: blockchain; data; transactions.

Введение

Сегодня экономический рынок продолжает осваивать технологию блокчейн и находить новые применения ее главного преимущества: система распределенных транзакций позволяет предприятиям отказаться от посредников в любых операциях. Технология блокчейн отмечает необходимость в функциях доверенного хранения, передачи и подтверждения достоверности информации [1].

В последние годы информация о происхождении деталей становится все более важной для производственных цепочек поставок. Чтобы опера-

тивно удовлетворить потребность в защите данных используемых при изготовлении деталей по всей производственной цепочке поставок продукции, были созданы технологии отслеживания [2]. Однако текущие настройки либо полагаются на отдельные записи на каждом этапе цепочки поставок, либо на центральное хранилище данных в сторонней организации. Оба подхода сложны: сложны для организации и подвержены манипуляциям. В конечном итоге они строятся на доверии между всеми партнерами в цепочке поставок, которое в действительности очень ограничено. Слишком часто партнеры в цепочке поставок даже не знают друг друга [3].

Цель исследования

В статье рассматривается использование технологии блокчейн для отслеживания производства деталей в производственных цепочках поставок деталей для сборки агрегатов. После изучения текущего состояния дел разрабатываются основные требования к отслеживанию с использованием технологии блокчейн. Чтобы повысить доверие в производственной отрасли и уменьшить сложность и транзакционные издержки, основное внимание уделяется минимальному количеству данных, передаваемых и хранимых в блокчейне.

Постановка задачи

Блокчейн содержит информацию обо всех транзакциях, проведенных участниками системы. Информация хранится в виде цепочки блоков. В каждом из них записано определенное число транзакций.

Методы отслеживания производственных цепочек поставок с использованием блокчейна

Технология блокчейн основана на двух основных функциях: первая следует идее распределенного реестра, в котором копии одних и тех же данных хранятся децентрализованно разными независимыми сторонами. Это делает данные более или менее защищенными от несанкционированного доступа. Второй — декодирование информации на блоки, которые принимаются всеми сторонами. Эти блоки соединяются со всеми предыдущими блоками, а затем криптографически обрабатываются в так называемые «хеш-значения». Таким образом, они составляют длинный список всех когда-либо совершенных транзакций. Хэш-значение — это контрольная сумма, которую сложно сгенерировать, но легко проверить на достоверность. Любые попытки изменить хэш-значение после его со-

здания приведут к серьезным заметным изменениям во всех блоках, что сразу указывает на манипуляцию. Поэтому хэш блока подобен его отпечатку пальца.

Блокчейн опирается на ряд основных принципов, которые могут быть полезны для приложений в цепочках поставок:

- распределенная база данных, позволяющая проверять данные без стороннего посредника

- необратимость записей мгновенно выявляет фальсификацию, так как при одном изменении вся цепочка изменит

- прозрачность на псевдонимность, так как вся информация в блокчейне недоступна каждому узлу, но узлы могут решать индивидуально, какую часть своей личности они раскрывают

- скорость транзакций

- возможность использования вычислительной логики внутри блоков

Чтение данных из блокчейна должно быть возможным также для физических лиц и организаций без зарегистрированного идентификатора учетной записи для блокчейна. Таким образом, административные усилия по регистрации конечных клиентов и потребителей сокращаются, а принятие и использование увеличиваются. Для этого необходимо указать идентификатор транзакции последней передачи деталей или любой другой идентификатор транзакции, однозначно идентифицирующий единственный агрегат, приобретаемый конечным заказчиком. Блокчейн Ethereum был окончательно выбран для этих целей из-за его размера, широкого распространения смарт-контрактов, наличия вспомогательной литературы и др. Он поддерживает функции:

- инициирование сделки «передача товара»;

- подтверждение сделки «передача товара»;

- добавление сделки «преобразование товара»;

- предоставление доступа новым участникам.

Заключение

Технология блокчейна является хорошим вариантом для хранения и организации доступа к документам, содержащим данные о процессе производства деталей. Благодаря своей технической природе блокчейны способны адекватно устранять недостатки текущих решений, таких как отсутствие доверия, риск манипуляций или общий доступ, и устранять необходимость в стороннем поставщике услуг.

Библиографические ссылки

1. *Аюпов А. А., Бадыкова А. Р.* Гибридный токен как перспективный финансовый инструмент на рынке ICO // *Инновации и инвестиции.* 2021. № 1. С. 93-97
2. Тех процесс изготовления детали. — Текст : электронный // : [сайт]. — URL: <http://engcrafts.com/item/313-tekh-protsess-izgotovleniya-detali> (дата обращения: 30.03.2023).
3. *Филькин, М. Е.* Решение задач логистики и оптимизация управления цепочками поставок с помощью технологии блокчейн / М. Е. Филькин, М. А. Божко // *Экономика и управление: проблемы, решения.* – 2021. – Т. 2, № 8(116). – С. 53-60.

ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ В БЕЛАРУСИ

И. М. Морозова¹⁾, О. Н. Кемеш²⁾, Н. В. Шамукова³⁾

^{1), 2)} *Белорусский государственный аграрный технический университет, Беларусь, Минск, ¹⁾ inna.morozova@tut.by, ²⁾ kemesh.oksana@gmail.com*

³⁾ *Военная академия Республики Беларусь, Беларусь, Минск, shamukova_n@mail.ru*

В статье представлена история развития в Беларуси теории чисел. Приведены результаты, полученные белорусскими математиками в этой области важнейшие и перспективные задачи, требующие решения.

Ключевые слова: теория чисел; В.Г. Спринджук; метрическая теория диофантовых приближений; размерность Хаусдорфа; мера Лебега; теорема Хинчина.

NUMBER THEORY IN BELARUS

I. M. Morozova¹⁾, O. N. Kemesh²⁾, N. V. Shamukova³⁾

^{1), 2)} *Belarusian State Agrarian Technical University, Belarus, Minsk, ¹⁾ inna.morozova@tut.by, ²⁾ kemesh.oksana@gmail.com*

³⁾ *Military Academy of the Republic of Belarus, Belarus, Minsk, shamukova_n@mail.ru*

The article presents the history of the development of number theory in Belarus. The results obtained by Belarusian mathematicians in this area are presented, the most important and promising problems that need to be solved.

Keywords: number theory; V.G. Sprindzhuk; metric theory of Diophantine approximations; Hausdorff dimension; Lebesgue measure; Khinchin's theorem.

Введение

Современная научная школа теории чисел в Беларуси имеет давнюю историю развития. Беларусь – родина выдающихся, теоретико-числовиков Р.О. Кузьмина (1891-1949) и Л. Г. Шнирельмана (1905-1938) – российских и советских математиков, член-корреспондентов АН СССР. До войны в Белорусский государственный университет (БГУ) был приглашен для чтения лекций студентам и специалистам академик АН СССР А. О. Гельфонд, незадолго до этого (1934) решивший седьмую проблему Гильберта. В конце 50-х годов прошлого века в БГУ действовал семинар по теории чисел под руководством доцента В.М. Ширшова, в работе которого принимал участие студент университета В.Г.

Спринджук, ставший в последствии, основателем нового направления в математике Беларуси.

С 1963 года В. Г. Спринджук начал работать в Институте математики НАН Беларуси, и это время можно считать началом системных исследований по теории чисел. Уже в 1964 году В.Г. Спринджуком была решена известная проблема специалиста по теории чисел К. Малера, более тридцати лет не поддававшаяся усилиям многих известных математиков. В 1969 году в Институте математики была создана лаборатория теории чисел, которую возглавлял до конца своей жизни (1987) академик Беларуси В.Г. Спринджук. Он в 1970 году первым из математиков Беларуси был приглашен для выступления с докладом на Международном математическом конгрессе в Ницце.

За эти годы школой теории чисел подготовлено более 30 кандидатов наук и три доктора наук, издано пять монографий [1], [2], [3], [4], [5].

Математики Беларуси провели пять международных конференций по теории чисел, выступали с докладами на различных международных конференциях, читали лекции более чем в 50 университетах мира.

Заслуги белорусских математиков были отмечены государством: в 1976 году С.В. Котов стал лауреатом премии Ленинского коммунистического союза молодежи Белоруссии, в 1999 году В.И. Бернику присуждена премия Академии наук Беларуси, в 2004 году В.И. Берник и В.В. Бресневич получили Государственную Премию Республики Беларусь.

Метрическая теория трансцендентных чисел

В 1932 году К. Малер предложил классификацию чисел, основанную на порядке аппроксимации нуля значениями целочисленных многочленов в этих числах [1].

Обозначим через $L_n(w)$ множество вещественных чисел ω , для которых неравенство

$$|P(\omega)| < H^{-w} \quad (1)$$

имеет бесконечное число решений в целочисленных многочленах

$$P(x) = a_n x^n + \dots + a_1 x + a_0,$$

$H = \max_{1 \leq i \leq n} |a_i|$ – высота многочлена $P(x)$. В.Г. Спринджук доказал, что множество $L_n(w)$ при $w > 0$ имеет нулевую меру Лебега. Из этого результата вытекает доказательство вещественного случая проблемы Малера. Суть

доказательства состояла в использовании принципиально нового метода, который назвали методом существенных и несущественных областей.

Неравенство (1) обобщалось В.Г. Спринджуком. Он выдвинул гипотезу, согласно которой неравенство

$$\prod_{i=1}^k |P(\omega_i)| < H^{-n+k-1-\varepsilon}, 1 \leq k \leq n, \quad (2)$$

имеет для почти всех $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_k) \in R^k$ лишь конечное число решений при любом $\varepsilon > 0$. Гипотеза В.Г. Спринджука была доказана В.И. Берником [6].

Развивая методы В.Г. Спринджука, В. И. Берник и В.В. Бересневич доказали полный аналог теоремы А. Я. Хинчина. В докторской диссертации В.И. Берник решил проблему Бейкера-Шмидта, найдя точное значение размерности Хаусдорфа множества действительных чисел, для которых неравенство $|P(x)| < H^{-w}$, $w > n$ имеет бесконечное число решений в целочисленных многочленах степени n и высоты H .

Обозначим через μA меру Лебега измеримого множества $A \subset \mathbb{R}$. Пусть $\mathfrak{X}_n(\psi)$ — множество точек x некоторого интервала $I \subset \mathbb{R}$, для которых неравенство

$$|P(x)| < H^{-n+l}\psi(H) \quad (3)$$

при монотонно убывающей функции $\psi(x)$ имеет бесконечное число решений в целочисленных многочленах P степени n и высоты H . Тогда

$$|P(x)| < H^{-n} \mu \mathfrak{X}_n(\psi) = \begin{cases} 0, & \sum_{H=1}^{\infty} \psi(H) < \infty \\ \mu I, & \sum_{H=1}^{\infty} \psi(H) = \infty \end{cases} {}^{+l}\psi(H) \quad (4)$$

утверждение о сходимости ряда в (4) доказано В. И. Берником, а о расходимости его учеником В. В. Бересневичем, доктором физ.-мат. наук.

В начале 2000 годов В.И. Берник, В.В. Бересневич, Д. Клейнбоком вместе с филдсовским лауреатом Г. Маргулисом обобщили результат (4), заменив многочлен на невырожденную кривую $G \in \mathbb{R}^n$, не лежащую целиком в \mathbb{R}^l , $1 \leq l < n$. Еще более общие задачи решены в работах, в кото-

рых рассмотрены совместные приближения в пространстве действительных, комплексных и p -адических чисел [7], [8].

Отметим другие результаты, связанные с неравенствами (1), (3). И.Л. Мороцкой получен аналог теоремы А. Бейкера в p -адическом случае, а позднее [9] доказан аналог гипотезы Бейкера-Шмидта на поле p -адических чисел. Комплексный вариант этой гипотезы рассмотрен в [10]. Прогресс в исследовании неравенств (2) был сделан Ф.Ф. Желудевичем, который решил гипотезу Спринджук о совместном приближении нуля значениями целочисленных многочленов в трех метриках одновременно. И.Р. Домбровский рассмотрел неравенство (2) с полиномами, имеющими несколько совпадающих коэффициентов и нашел размерность Хаусдорфа множеств действительных векторов с заданным порядком их по координатному приближению корнями одного и того же многочлена.

Заключение

За более чем за 50 лет исследований по теории чисел в Беларуси получено много важных и интересных результатов. Установлена асимптотика числа решений диофантовых неравенств с использованием равномерного распределения дробных долей последовательности. Доказан ряд метрических теорем, которые находят применения в математическом анализе, теории уравнений математической физике, криптографии. В области трансцендентных чисел исследована арифметическая природа гипергеометрических функций Зигеля с алгебраическими параметрами. Установлена связь между величинами решений диофантовых уравнений и числом классов идеалов. Дано эффективное описание целых алгебраических чисел с дискриминантами, содержащими фиксированные простые делители. Усилен результат Е. Вирзинга о приближении действительных чисел алгебраическими числами ограниченной степени. Исследовано влияние арифметических свойств коэффициентов многочленов на характер аппроксимации нуля их линейной комбинации. Построена теория исследования совместных минимумов линейно независимых форм и получено решение проблемы Ринна.

В настоящее время специалистами в области теории чисел решаются следующие проблемы: получение оценок для целочисленных многочленов заданной степени и высоты для которых, указаны оценки сверху для модулей производной в корне и величины дискриминантов; ведется исследование обобщение леммы Гельфонда с поля действительных чи-

сел на совместные приближения в полях действительных, комплексных, p -адических чисел.

Исследования проблем теории чисел ведутся в Институте математики НАН Беларуси (Берник В.И., Васильев Д.В., Калоша Н.И., Коледа Д.В., Кудин А.С.), в Белорусском государственном аграрном техническом университете (Морозова И.М., Кемеш О.Н., Пантелеева Ж.И.), в Могилевском государственном университете имени А.А. Кулешова (Сакович Н.В., Засимович Е.В.), в Гродненском государственном университете имени Янки Купалы (Карлюкова И.А.), в Военной академии Республики Беларусь (Шамукова Н.В.).

Библиографические ссылки

1. *Спринджук В. Г.* Проблема Малера в метрической теории чисел/ В.Г. Спринджук. – Минск: Наука и техника, 1967. — 184 с.
2. *Спринджук В. Г.* Метрическая теория диофантовых приближений/ В.Г. Спринджук. — Минск: Наука, 1977. — 143 с.
3. *Спринджук В. Г.* Классические диофантовы уравнения от двух неизвестных/ В.Г. Спринджук. — Минск: Наука, 1982. — 287 с.
4. *Bernik V. I., Dodson M. M.* Metric Diophantine approximation on manifolds/ V.I. Bernik, M.M. Dodson – Cambridge: CUP. – 1999. – V. 137. – 172 p.
5. *Берник В. И., Мельничук Ю. В.* Диофантовы приближения и размерность Хаусдорфа/ В.И. Берник, Ю.В. Мельничук – Минск: Наука и техника, 1988. – 144 с.
6. *Берник, В. И.* Метрическая теорема о совместном приближении нуля значениями целочисленных многочленов / В.И. Берник // Известия АН СССР. Серия. математика. – 1980. – Т. 44, № 1. – С. 24–45.
7. *Берник В. И.* Приближение нуля значениями целочисленных полиномов в пространстве $\square \times \square \times \square_p$ / В.И. Берник, Н.И. Калоша // Весці Нац. акадэміі навук Беларусі. Серыя: фіз.-мат. навук. – 2004. – № 1. – С. 121–123.
8. *Bernik V.* Simultaneous Diophantine approximation divergent in the real, complex, and p -adic fields / V. Bernik, N. Budarina, D. Dickinson //Math. Proc. Cambridge Philos. Soc. 149 – 2010. № 2. – P. 193–216.
9. *Берник В. И.* Диофантовы приближения в \square_p и размерность Хаусдорфа/ Берник В.И., Мороцкая И.Л. // Весці. Нац. Акадэміі навук Беларусі. Серыя: фіз.-мат. навук. – 1986. – № 3. – С. 3-9.
10. *Берник В. И.* Регулярные системы комплексных алгебраических чисел/ Берник В.И., Сакович Н. В. // Доклады Нац. академии наук Беларуси. – 1994. – Т. 38, № 5. – С. 10–13.

О ДОПУСТИМЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ ТРЕХМЕРНЫХ АВТОНОМНЫХ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Э. В. Мусафиров¹⁾, А. А. Гринь²⁾, А. Ф. Проневич³⁾

^{1), 2), 3)} Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Беларусь, Гродно, ¹⁾ *musafirov@bk.ru*, ²⁾ *grin@grsu.by*, ³⁾ *pranevich@grsu.by*

Допустимыми возмущениями системы обыкновенных дифференциальных уравнений являются возмущения, не изменяющие отражающую функцию Мироненко. Допустимые возмущения сохраняют многие качественные свойства решений исходной системы, в частности характер устойчивости точек равновесия (устойчивость по Ляпунову, по Липшицу, глобальную экспоненциальную устойчивость), наличие периодических решений и их асимптотическую устойчивость (неустойчивость), наличие хаотических аттракторов. Это проиллюстрировано на примере автономных трехмерных квадратичных систем.

Ключевые слова: отражающая функция Мироненко; допустимое возмущение; устойчивость; периодическое решение; автономная система.

ON ADMISSIBLE PERTURBATIONS OF THREE-DIMENSIONAL AUTONOMOUS POLYNOMIAL SYSTEMS OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS

E. V. Musafirov¹⁾, A. A. Hryn²⁾, A. F. Pranevich³⁾

^{1), 2), 3)} Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus, Grodno, ¹⁾ *musafirov@bk.ru*, ²⁾ *grin@grsu.by*, ³⁾ *pranevich@grsu.by*

Admissible perturbations of the system of ordinary differential equations are perturbations that do not change the Mironenko reflecting function. Admissible perturbations retain many qualitative properties of the solutions of the original system, in particular, the nature of the stability of the equilibrium points (stability in the sense of Lyapunov, in the sense of Lipschitz, global exponential stability), the presence of periodic solutions and their asymptotic stability (instability), the presence of chaotic attractors. This is illustrated by the example of autonomous three-dimensional quadratic systems.

Keywords: Mironenko reflecting function; admissible perturbation; stability; periodic solution; autonomous system.

Введение

Исследователи часто используют системы обыкновенных дифференциальных уравнений при моделировании различных процессов и сталкиваются с определенными трудностями, так как большинство систем дифференциальных уравнений невозможно проинтегрировать в квадратурах. В таких случаях возможно изучение свойств решений систем дифференциальных уравнений с качественной точки зрения. В то же время сложные системы дифференциальных уравнений можно изучать на основе хорошо изученных более простых систем. В этом может помочь метод отражающей функции профессора В.И. Мироненко [1-3].

Поскольку многие качественные свойства решений систем дифференциальных уравнений, обладающих одной и той же отражающей функцией Мироненко, являются общими, то целесообразно искать возмущения, не изменяющие отражающую функцию Мироненко (так называемые *допустимые возмущения*) известных (хорошо изученных) систем. Если нам удастся найти допустимые возмущения, то тем самым мы будем знать, какие возмущения не изменят качественных свойств решений, присущих решениям исходной невозмущенной системы.

Это открывает перед исследователями новые возможности как при моделировании процессов, происходящих в реальном мире, так и при изучении новых (еще не изученных) систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

Для поиска допустимых возмущений можно воспользоваться теоремой 1 из [2], которую сформулируем здесь в виде следующей леммы.

Лемма 1. *Если вектор-функции $\Delta_i(t, x)$ ($i = \overline{1, m}$, где $m \in \mathbf{N}$ или $m = \infty$) удовлетворяют тождеству*

$$\frac{\partial \Delta_i(t, x)}{\partial t} + \frac{\partial \Delta_i(t, x)}{\partial x} X(t, x) - \frac{\partial X(t, x)}{\partial x} \Delta_i(t, x) \equiv 0, \quad (1)$$

то одинаковые отражающие функции Мироненко имеют системы $\dot{x} = X(t, x)$ и $\dot{x} = X(t, x) + \sum_{i=1}^m \alpha_i(t) \Delta_i(t, x)$, где $t \in \mathbf{R}$, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in D \subset \mathbf{R}^n$, $\alpha_i(t)$ – произвольные непрерывные скалярные нечетные функции.

В качестве исходных систем рассматриваются известные автономные полиномиальные системы обыкновенных дифференциальных уравнений (т.е. системы у которых правая часть $X(t, x) \equiv X(x)$ и компоненты вектора $X(x)$ – полиномы). Поиск допустимых возмущений осуществляется методом неопределенных

коэффициентов, используя тождество (1) для вектор-функций $\Delta_i(t, x) \equiv \Delta_i(x)$ компоненты которых – полиномы. Т.е. в этом случае тождество (1) преобразуется к виду

$$\frac{\partial \Delta_i(x)}{\partial x} X(x) \equiv \frac{\partial X(x)}{\partial x} \Delta_i(x).$$

Примеры допустимо возмущенных систем и их исследования

Используя лемму 1 и указанный выше подход в [4] получены допустимые возмущения для системы Лоренц-84, моделирующей общую циркуляцию атмосферы в средних широтах:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -ax - y^2 - z^2 + aF, \\ \dot{y} &= -y + xy - bxz + G, \\ \dot{z} &= -z + bxy + xz; \quad a, b, F, G, x, y \in \mathbf{R}. \end{aligned}$$

В [5] получены допустимые возмущения для системы Лэнгфорда, моделирующей турбулентность в жидкости, представленной в виде (чаще встречающемся в русскоязычной литературе):

$$\begin{aligned} \dot{x} &= (2a - 1)x - y + xz; \\ \dot{y} &= x + (2a - 1)y + yz; \\ \dot{z} &= -az - (x^2 + y^2 + z^2); \quad a, x, y \in \mathbf{R}. \end{aligned}$$

А для системы Лэнгфорда, представленной в виде:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= (a - 1)x - y + xz, \\ \dot{y} &= x + (a - 1)y + yz, \\ \dot{z} &= az - (x^2 + y^2 + z^2); \quad a, x, y, z \in \mathbf{R}, \end{aligned}$$

допустимые возмущения получены в [6].

В [7] получены допустимые возмущения обобщенной системы Лэнгфорда:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= ax + by + xz, \\ \dot{y} &= cx + dy + yz, \\ \dot{z} &= ez - (x^2 + y^2 + z^2); \quad a, b, c, d, e, x, y, z \in \square. \end{aligned} \tag{2}$$

В частности, доказано, что отражающие функции Мироненко системы (2) и системы

$$\begin{aligned}\dot{x} &= (ax + by + xz)(1 + \alpha_1(t)) + x(a + z)\alpha_2(t) + y\alpha_3(t) - \\ &\quad - y(x^2 + y^2)(4az + x^2 + y^2 + 2z^2)\alpha_4(t), \\ \dot{y} &= (-bx + ay + yz)(1 + \alpha_1(t)) + y(a + z)\alpha_2(t) - x\alpha_3(t) + \\ &\quad + x(x^2 + y^2)(4az + x^2 + y^2 + 2z^2)\alpha_4(t), \\ \dot{z} &= -(2az + x^2 + y^2 + z^2)(1 + \alpha_1(t) + \alpha_2(t))\end{aligned}\quad (3)$$

совпадают, если $c = -b$, $d = a$, $e = -2a$ и $\alpha_i(t)$ – произвольные скалярные нечетные функции ($i = \overline{1,4}$).

Полученный результат позволяет распространить результаты анализа качественного поведения решений исходной системы (2) на решения допустимо возмущенной системы (3), в частности в [7] доказаны следующие утверждения.

Теорема 1. Пусть $\alpha_i(t)$ ($i = \overline{1,4}$) – скалярные непрерывные функции (необязательно нечетные).

1) Если $a = 0$ и $\alpha_1(t) + \alpha_2(t) \geq l > -1 \quad \forall t \geq 0$ ($l = \text{const}$), то решение $x = y = z = 0$ системы (3) неустойчиво по Ляпунову.

2) Если $b = 0$ и функция $\alpha_3(t) + a^4\alpha_4(t)$ является ω -периодической и $\exists k \in \mathbf{Z}$ такое, что $\int_0^\omega (\alpha_3(s) + a^4\alpha_4(s)) ds = 2\pi k$, тогда решение

$$\begin{aligned}x(t) &= a \sin\left(bt + \int_0^t (b\alpha_1(s) + \alpha_3(s) + a^4\alpha_4(s)) ds\right), \\ y(t) &= a \cos\left(bt + \int_0^t (b\alpha_1(s) + \alpha_3(s) + a^4\alpha_4(s)) ds\right), \\ z(t) &= -a\end{aligned}\quad (4)$$

системы (3) является ω -периодическим (период необязательно минимальный).

3) Если $b \neq 0$ и функция $b\alpha_1(t) + \alpha_3(t) + a^4\alpha_4(t)$ является $2\pi/|b|$ -периодической и $\int_0^{2\pi/|b|} (b\alpha_1(s) + \alpha_3(s) + a^4\alpha_4(s)) ds = 0$, то решение (4) системы (3) является $2\pi/|b|$ -периодическим (период необязательно минимальный).

Теорема 2. Пусть $\alpha_i(t)$ ($i = \overline{1,4}$) – скалярные дважды непрерывно дифференцируемые нечетные функции, $b \neq 0$ и правая часть системы (3) является $2\pi/|b|$ -периодической по t . Если $\exists k \in \mathbf{Z}$ такое, что $\int_0^{-2\pi/|b|} (b\alpha_1(s) + \alpha_3(s) + a^4\alpha_4(s)) ds = 2\pi k$, тогда решение (4) системы (3) является $2\pi/|b|$ -периодическим.

Заключение

Получена совокупность нестационарных систем обыкновенных дифференциальных уравнений, отражающая функция Мироненко которых совпадает с отражающей функцией Мироненко автономной обобщенной системы Лэнгфорда (2). Одна и та же отражающая функция Мироненко этих систем определяет совпадение некоторых качественных свойств их решений. Это позволило использовать результаты исследования качественного поведения решений хорошо изученной обобщенной системы Лэнгфорда для изучения нестационарных возмущенных систем, более сложных по своей природе. Для таких систем были получены условия, при которых точка равновесия неустойчива по Ляпунову. Для системы (3) получены условия, при которых эта система имеет периодические решения.

Библиографические ссылки

1. Мироненко В. И. Отражающая функция и исследование многомерных дифференциальных систем / В.И. Мироненко. – Гомель: ГГУ, 2004. – 196 с.
2. Mironenko V. I. How to construct equivalent differential systems / V.I. Mironenko, V.V. Mironenko // Applied Mathematics Letters. – 2009. – Vol. 22, №9. – P. 1356-1359.
3. Мусафиров Э. В. О дифференциальных системах, отражающая матрица которых представляет собой произведение матричных экспонент / Э.В. Мусафиров // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-матэматычных навук. – 2002. – №1. – С. 44-50.
4. Musafirov E. V. Admissible perturbations of the Lorenz-84 climate model / E.V. Musafirov // International journal of bifurcation and chaos. – 2019. – Vol. 29. – №6. – 1950080.
5. Мусафиров Э. В. Допустимые возмущения системы Лэнгфорда / Э.В. Мусафиров // Проблемы физики, математики и техники. – 2016. – №3 (28). – С. 47–51.
6. Musafirov E. V. Perturbations of the Lanford system which do not change the reflecting function / E.V. Musafirov // International journal of bifurcation and chaos. – 2017. – Vol. 27. – №10. – 1750154.
7. Musafirov E., Grin A., Pranevich A. Admissible perturbations of a generalized Langford system / E. Musafirov, A. Grin, A. Pranevich // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 2022. – Vol. 32. – №03. – 2250038.

**ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ТЯЖЕЛОГО АНИЗОТРОПНОГО МАССИВА ВБЛИЗИ
ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ**

Р. Н. Нескородев

Донецкий государственный университет, Россия, ДНР, Донецк, nromn_72@mail.ru

В работе предложено построение решения трехмерных уравнений теории упругости анизотропного тела, представляющего собой массив горных пород с вертикальной выработкой. Массив моделируется полупространством. Общее представление решения для функций перемещений выражено через три аналитические функции обобщенных комплексных переменных. Полученное решение удовлетворяет граничным условиям на границе полупространства и содержит произвол для удовлетворения условиям на боковой поверхности. Приведены результаты численных исследований.

Ключевые слова: анизотропный массив горных пород; вертикальная выработка; напряженное состояние; функции обобщенных комплексных переменных.

**NUMERICAL AND ANALYTICAL METHODOLOGY
FOR INVESTIGATION THE STRESS-STRAIN STATE
OF A HEAVY ANISOTROPIC MASSIF NEAR A VERTICAL
EXCAVATION**

R. N. Neskoro dev

Donetsk state university, Russia, DPR, Donetsk, nromn_72@mail.ru

The paper proposes the construction of a solution of three-dimensional equations of the theory of elasticity of an anisotropic body, which is an array of rocks with vertical excavation. The massif is modeled by a half-space. The general representation of the solution for displacement functions is expressed in terms of three analytical functions of generalized complex variables. The resulting solution satisfies the boundary conditions at the boundary of the half-space and contains an arbitrary one to satisfy the conditions on the side surface. The results of numerical studies are presented.

Keywords: anisotropic rock mass; vertical excavation; stress state; functions of generalized complex variables.

Введение

В работе [1] для изотропного и в работе [2] для трансверсально-изотропного массива с вертикальной выработкой кругового сечения получены точные решения, описывающие напряженно-деформированное состояние вблизи полости от собственного веса. В данной работе предлагается решение трехмерной задачи теории упругости анизотропного тела, представляющее собой массив горных пород с вертикальной выработкой. Получены результаты численных исследований для выработок эллиптического сечения.

Постановка задачи

Рассматривается массив горных пород, ограниченный горизонтальной плоскостью (дневная поверхность). Отнесем его к прямоугольной декартовой системе координат $Oxyz$. От плоскости Oxy внутрь идет вертикальная полость в виде цилиндра произвольного сечения. Требуется определить напряженно-деформированное состояние массива около полостей от действия сил собственного веса.

Считаем, что свойства горных пород в разных направлениях различны и для описания их поведения используем модель упругого анизотропного тела. Полагаем линейную связь между напряжениями и деформациями, выраженную обобщенным законом Гука в форме [2]

$$\varepsilon_i = \sum_{k=1}^6 a_{ik} \sigma_k, \quad \text{или} \quad \sigma_i = \sum_{k=1}^6 A_{ik} \varepsilon_k \quad (1)$$

где a_{ik} - коэффициенты деформации, а A_{ik} - модули упругости, $i = \overline{1,6}$.

Для компактной записи уравнений (1) и (2) введены следующие обозначения

$$\begin{aligned} \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5, \sigma_6 & \text{ ДЛЯ } \sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}, \tau_{xz}, \tau_{xy}; \\ \varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6 & \text{ ДЛЯ } \varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}, \gamma_{xy}. \end{aligned}$$

Уравнения (1) вместе с уравнениями равновесия соотношениями Коши образуют полную систему дифференциально-алгебраических соотношений, описывающих упругие процессы в анизотропных средах.

Массив рассматривается как тяжелое упругое полупространство, свободное от напряжений на дневной поверхности

$$\sigma_3 = \sigma_4 = \sigma_5 = 0 \quad \text{при } z = 0. \quad (2)$$

Для определения компонент напряжений и перемещений необходимо проинтегрировать уравнения равновесия с учетом закона Гука граничных при условиях (2).

Проекции вектора перемещений $u_k(x, y, z)$ и напряжения $\sigma_i(x, y, z)$ далее будем представлять в виде суммы

$$u_k = u_k^0 + u_k^* \quad (k = 1, 2, 3), \quad \sigma_i = \sigma_i^0 + \sigma_i^* \quad (i = \overline{1, 6}), \quad (3)$$

где функции u_k^0 и σ_i^0 определяют решение в нетронутом массиве, а u_k^* и σ_i^* – отражают влияние выработок.

Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия сил собственного веса

Определим компоненты напряженно-деформированного состояния в нетронутом массиве под действием сил тяжести. Будем считать, что толща пород представлена однородными по плотности породами, т.е. плотность $\rho = const$. Отсутствие границ в направлении осей Ox и Oy накладывает ограничения на компоненты напряжений и перемещений. Они не должны зависеть от этих координат. Поэтому [2]

$$u_k^0 = u_k^0(z) \quad (k = 1, 2, 3), \quad \sigma_i^0 = \sigma_i^0(z), \quad (i = \overline{1, 6}). \quad (4)$$

Для определения величин u_k^0 и σ_i^0 в нетронутом массиве проинтегрируем уравнения равновесия и уравнения закона Гука (1) при условиях (2) на границе полупространства. В принятой системе координат (ось Oz направлена вниз) объемные силы имеют вид $X = Y = 0$, $Z = \rho g$, где g – ускорение силы тяжести, а ρ – плотность.

В результате получим

$$\sigma_i^0 = \tau_i \sigma_3^0 = -\tau_i \rho g z, \quad (i = \overline{1, 6}), \quad u_k^0 = -\alpha_k \rho g z^2 / 2 + c_k, \quad (k = 1, 2, 3). \quad (5)$$

Здесь введены обозначения $\tau_3 = 1$, $\tau_4 = \tau_5 = 0$, а величины τ_1 , τ_2 , τ_6 и α_k определяются из системы уравнений

$$a_{i1}\tau_1 + a_{i2}\tau_2 + a_{i6}\tau_6 = -a_{i3}\tau_3 \quad (i = 1, 2, 6) \quad (6)$$

и соотношений

$$\alpha_1 = \sum_{n=1}^6 a_{5n}\tau_n, \quad \alpha_2 = \sum_{n=1}^6 a_{4n}\tau_n, \quad \alpha_3 = \sum_{n=1}^6 a_{3n}\tau_n. \quad (7)$$

Перемещения и напряжения в массиве с вертикальными выработками

Поле перемещений и напряжений, которое формируется за счет появления в массиве вертикальных выработок, описываются функциями $u_k^*(x, y, z)$, которые являются результатом интегрирования однородных уравнений равновесия, удовлетворяющих условиям (2). Рассматривая частный случай для трансверсально-изотропных горных пород с плоскостью изотропии, параллельной плоскости Oxy , можно получить точное решение задачи для выработки эллиптического сечения. В этом случае $u_1^* = -\partial_1 u_3^*$, $u_2^* = -\partial_2 u_3^*$, уравнения равновесия приводятся к гармоническому уравнению относительно функции u_3^* . Решением этого уравнения является функция

$$u_3^* = \varphi(\eta) + \overline{\varphi(\eta)}, \quad \eta = x + iy. \quad (8)$$

Напряжения принимают вид

$$\sigma_1^* = 2zA_{66}\partial_2^2 u_3^*, \quad \sigma_2^* = 2zA_{66}\partial_1^2 u_3^*, \quad \sigma_6^* = -2zA_{66}\partial_1\partial_2 u_3^*, \quad \sigma_3^* = \sigma_4^* = \sigma_5^* = 0.$$

Полные перемещения и напряжения представляются в виде сумм (3), где в представлениях (5) необходимо положить $\tau_1 = \tau_2$, а $\tau_4 = \tau_5 = \tau_6 = 0$.

После удовлетворения граничным условиям на боковой поверхности в случае круговой полости можно получить следующие соотношения для полных напряжений

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= -z\tau_1\rho g(1 - R^2 / 2(\eta^2 + \bar{\eta}^2) / r^4), \\ \sigma_2 &= -z\tau_1\rho g(1 + R^2 / 2(\eta^2 + \bar{\eta}^2) / r^4), \\ \sigma_6 &= -z\tau_1\rho g i R^2 / 2(\eta^2 - \bar{\eta}^2) / r^4, \quad \sigma_3 = -z\tau_3\rho g \end{aligned} \quad (9)$$

Решение в форме (9) получено С.Г.Лехницким [2]. Оно построено в полярной системе координат и может служить в качестве теста при решении задач другими методами для более общих случаев анизотропии и сечений выработки.

Численные исследования

Численные исследования проведены для случаев, когда варьировались геометрия эллиптической выработки и материал, из которого сложены горные породы. В качестве материала выбирался Алевролит¹, Алевролит² и гранит изотропный. Рассматривался массив, ослабленный выработкой эллиптического сечения с полуосями a и b , направление которых совпадает с направлением осей Ox и Oy соответственно. Полуось a принималась равной двум метрам, а b – варьировалась. Расчеты проведены для случаев когда $b = 1$, $b = 2$ или $b = 3$ метрам.

Во всех рассмотренных случаях напряжения являются сжимающими. Наиболее подходящей выработкой, в случае, когда плоскость изотропии совпадает с плоскостью Oxy , является круговая, так как вокруг нее образуется равномерно распределенное поле напряжений. Если же плоскость изотропии наклонена к горизонту, то возможен поиск подходящей конфигурации выработки с точки зрения более равномерного распределения вокруг нее напряжений.

Библиографические ссылки

1. Динник А. Н. Распределение напряжений вокруг подземных выработок / А.Н. Динник, А.Б. Моргаевский, Г.Н. Савин // Тр. совещ. по управл. горным давлением. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1938. С. 7 – 55.
2. Лехницкий С. Г. Теория упругости анизотропного тела / С.Г. Лехницкий. – Наука, 1977. – 416 с.

ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ МНОГОМЕРНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

В. А. Нифагин

Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, vladnifagin@bsu.by

Пусть в пространстве расположено недоступное для непосредственного наблюдения тело. Однако, его можно облучать с различных сторон и регистрировать тень на некоторой плоскости Π , перпендикулярной направлению облучения. Обратная задача состоит в определении формы тела по множеству его теней. В более общей форме решение обратной задачи интегральной геометрии состоит в восстановлении (реконструкции) многомерных функций по их интегральным характеристикам. Внедрение современных компьютерно-математических методов в решение обратных задач интегральной геометрии позволило существенно повысить эффективность медицинской диагностики и обеспечило создание новых методов лечения. Аналогичные методики широко используются в электронной и рентгеновской микроскопии – для получения структур кристаллов и макромолекул, механике разрушения – теории трещин для идентификации малых дефектов, в геофизике – для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, в астрофизике – для исследования полей планет и в других областях науки и техники.

Излагаются новые общие подходы в постановке и решении в теории обратных пространственных задач теории упругости. Таким образом, в результате облучения по разным направлениям мы знаем интегралы от функции $f(x)$ по всевозможным прямым L . Обратная задача состоит в определении функции $f(x)$ по совокупности этих интегралов.

Ключевые слова: линейная краевая задача теории упругости; пространственная задача Римана-Гильберта; обратные многомерные задачи интегральной геометрии.

INVERSE PROBLEMS OF MULTIDIMENSIONAL INTEGRAL GEOMETRY

V. A. Nifagin

Belarussian state university, Belarus, Minsk, vladnifagin@bsu.by

Suppose in space there is a body inaccessible to direct observation. However, it is possible to irradiate it from different directions and record the shadow on some plane Π perpendicular to the direction of irradiation. The inverse problem consists in determining the shape of the body by the family of its shadow lines. In a more general form, the solution of the inverse problem of integral geometry consists in reconstruction of multidimensional functions using their integral characteristics. The introduction of modern computer-mathematical methods in solving inverse problems of integral geometry in medicine

allowed to increase significantly the efficiency of diagnosis and provided the creation of new methods of treatment. Similar methods are widely used in electron and X-ray microscopy for obtaining crystal structures and macromolecules, in fracture mechanics and crack theory.

New general approaches in formulating and solving inverse spatial problems of the theory of elasticity are outlined. Thus, as a result of solving the direct problem, we know the integrals of the function $f(x)$ over all possible straight lines L . The inverse problem consists in determining the function $f(x)$ by the set of these integrals.

Keywords: linear boundary value problem of elasticity theory; spatial Riemann-Hilbert problem; inverse multidimensional problems of integral geometry.

Введение

Разнообразные задачи механики сплошных сред, в частности теории упругости и пластичности решены с помощью редукции к краевой задаче теории аналитических функций, которая в различных постановках называется задачей Римана-Гильберта или задачей сопряжения [1]. В частности, плоские задачи теории упругости и пластичности для односвязных и многосвязных областей, а также ряд задач механики разрушения были решены методом функциональных уравнений, основанном на обобщенном принципе аналитического продолжения [2]. В простейшем случае краевые задачи теории упругости и пластичности в напряжениях и перемещениях сводятся к определению кусочно-аналитических функций внутри области по заданному скачку на граничной кривой. Тогда решение представимо в виде интегралов типа Коши по границе области. Дальнейшее развитие эта методология получила в теории интегралов типа Коши и сингулярных интегральных уравнений [3], что позволило найти решения многих важных в теоретическом и прикладном аспектах задач.

В работах [4,5] были применены методы теории функций нескольких комплексных переменных к пространственным задачам теории упругости, однако, как универсальные методики решения задач механики сплошных сред эти подходы не получили дальнейшего развития.

Исследования структур матричных комплексных переменных, функции и операторов позволили установить соответствие между описаниями трехмерного действительного пространства E_3 и комплексного пространства C^2 . Найдена схема сведения статических пространственных задач теории упругости к действительным бигармоническим задачам Дирихле и Неймана, позволяющая получить граничные условия на действительные функции напряжений. Таким образом, появилась возможность описания основных пространственных краевых упругопласти-

ческих задач в пространстве C^2 и сведения их к граничным задачам матричных аналитических функций.

Для формулировки граничной задачи в матричных аналитических функциях C^2 преобразуем поверхностные краевые условия в контурные.

$$\sigma_{ij}^{(m)} n_j \Big|_{S^+} = F_i^{(m)} \rightarrow \tilde{\sigma}_{ik}^{(m)} n_k \Big|_{\Gamma^+} = \tilde{F}_i^{(m)} \quad (1)$$

$$\text{где } \vec{n}_S = (n_j) \in S^+, \vec{n}_\Gamma = (n_k) \in \Gamma^+.$$

Выбор контура Γ осуществляется на основе заданного распределения поверхностных сил $\vec{F}(S)$ с помощью главного вектора и главного момента этих сил

$$\vec{F} = \int_{S^+} \vec{F} ds, \vec{M} = \int_{S^+} [\vec{r}, \vec{F}] ds \quad \vec{r} = (x_i) \in S \quad (2)$$

Векторы \vec{F} и \vec{M} (2) однозначно определяют плоскость Π , в сечении которой поверхности S образуется плоский пространственный контур γ , представляющий всю поверхность S тела. Фигурирующий в условиях (1) вектор нормали к поверхности $\vec{n}_s = (n_j)$ переходит на кривой γ в вектор $\vec{n}_\Gamma = (n_k)$. Заметим, что для гладких поверхностей S выбранный выше замкнутый плоский пространственный контур γ проецируется на координатные плоскости в три гладких плоских контура γ_{ij} ($i, j = \overline{1,3}, i \neq j$)

Контурные интегралы в обратных краевых задачах трехмерной интегральной геометрии

Для понимания рассматриваемых интегральных соотношений приведем построение контурного интеграла от матричной функции в \square^2 . Будем интерпретировать $f_k(x_m) \in S \subset E_n, k, m = \overline{1,4}, n = 3,4$ как скалярные действительные функции. А $f(\kappa) = D_\kappa^{(2)}(f_k(x_m)), x \in D$ — матричную функцию.

Пусть $\gamma \in S$ простой Жордановый контур и $t = D_{\kappa}^{(2)}(t_m)$ — текущая точка этого контура. Соответственно $f(t)$ — матричная функция на контуре. Считаем, что функция $f(\kappa)$ дифференцируема в S и непрерывна на $S \cup \gamma$.

Тогда контурный интеграл $I = \int_{\gamma} f(t) dt$ образуемый умножением матриц

$$f(t) = \begin{pmatrix} f_1(\cdot) + i f_2(\cdot) & f_3(\cdot) + i f_4(\cdot) \\ -f_3(\cdot) + i f_4(\cdot) & f_1(\cdot) - i f_2(\cdot) \end{pmatrix}; dt = \begin{pmatrix} dt_1 + i dt_2 & dt_3 + i dt_4 \\ -dt_3 + i dt_4 & dt_1 - i dt_2 \end{pmatrix}$$

имеет вид

$$\begin{aligned} I = & \left(\int_{\gamma} f_1(t_m) dt_1 - f_2(t_m) dt_2 - f_3(t_m) dt_3 - f_4(t_m) dt_4 \right) e_1 + \\ & + \left(\int_{\gamma} f_2(t_m) dt_1 + f_1(t_m) dt_2 - f_4(t_m) dt_3 + f_3(t_m) dt_4 \right) e_2 + \\ & + \left(\int_{\gamma} f_3(t_m) dt_1 + f_4(t_m) dt_2 + f_1(t_m) dt_3 - f_2(t_m) dt_4 \right) e_3 + \\ & + \left(\int_{\gamma} f_4(t_m) dt_1 - f_3(t_m) dt_2 + f_2(t_m) dt_3 + f_1(t_m) dt_4 \right) e_4 \end{aligned}$$

Разбивая последнее представление $I = \sum_{j=1}^4 I_j e_j$ по базису, детализируем вычисление интеграла

$$I_1 = \int_{\gamma} f_1(t_m) dt_1 - f_2(t_m) dt_2 - f_3(t_m) dt_3 - f_4(t_m) dt_4$$

Спроектируем пространственный контур γ на координатные плоскости $Ox_k x_{k+1}$ $k, k+1 = \overline{1,4}$. Получим невырожденные плоские жордановы кривые $\gamma_{k k+1}$ представленные как проекции для трехмерного случая в соответствующих координатных плоскостях.

$$D_{12} \cup \gamma_{12} = \overline{D_{12}}, D_{31} \cup \gamma_{31} = \overline{D_{31}}, D_{23} \cup \gamma_{23} = \overline{D_{23}}.$$

Контур γ с учетом ориентации эквивалентен составной кривой с тем же направлением

$$\gamma_1 = \gamma_{AB} \cup \gamma_{BC} \cup \gamma_{CD} \cup \gamma_{DD_1} \cup \gamma_{D_1C_1} \cup \gamma_{C_1B_1} \cup \gamma_{B_1A_1} \cup \gamma_{A_1A}$$

где

$\gamma_{BC} = \gamma_{12}, \gamma_{C_1B_1} = \gamma_{21} \in x_1, 0, x_2; \gamma_{AB}, \gamma_{B_1A_1} \in x_1, 0, x_3; \gamma_{CD}, \gamma_{D_1C_1} \in 0, x_2, x_3; \gamma_{A_1A}, \gamma_{DD_1} \in x_1, 0, x_2$
Учитывая, что $\gamma_{DD_1} \rightarrow 0$ и $\gamma_{A_1A} \rightarrow 0$ из-за того, что обход контуров $\gamma_{AB}, \gamma_{CD}, \gamma_{D_1C_1}, \gamma_{B_1A_1}$ производится по прямым параллельным оси Ox_3 в противоположных направлениях, слагаемые входящие в интеграл I_1 по вертикальным отрезкам при интегрировании по действительной переменной t_3 равны нулю.

Таким образом, пространственный контур γ_1 становится плоским

$$\gamma_1 \rightarrow \gamma_{BC} \cup \gamma_{C_1B_1} \rightarrow \gamma_{12}$$

Также преобразовываются пространственные контуры γ_2 и γ_3 равносильно контуру γ и сводящиеся к плоским контурам γ_{23}, γ_{31} . В итоге, кривые $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ объединяются в один пространственный контур $\gamma_1 \cup \gamma_{12}^{\pm} \cup \gamma_2 \cup \gamma_{23}^{\pm} \cup \gamma_3 \cup \gamma_{31}^{\pm}$, где $\gamma_{12}^{\pm}, \gamma_{23}^{\pm}, \gamma_{31}^{\pm}$ прямые участки контура, соединяющие $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$.

В результате получаем, что пространственный контур γ эквивалентен объединению плоских контуров $\gamma_{12} \cup \gamma_{23} \cup \gamma_{31}$, и интеграл I_1 вычисляется по следующей формуле

$$I_1 = \int_{\gamma_{12}} (f_1(t_m)dt_1 - f_2(t_m)dt_2) + \int_{\gamma_{34}} (-f_3(t_m)dt_3 - f_4(t_m)dt_4).$$

По той же схеме вычисляются остальные интегралы $I_j, j = \overline{2, 4}$.

Прямая задача интегральной геометрии

На первом этапе формируются проекционные данные, на втором по проекционным данным восстанавливается изображение поперечного сечения. Чтобы определить внутреннюю структуру объекта, необходимо получить информацию о ней. Для этого используется излучение, проникающее сквозь объект. Пусть необходимо определить плотность распре-

деления вещества $f(x_i, x_j)$ в сечении объекта. Исследуемый объект в пределах тонкого поперечного слоя просвечивается, например, параллельным пучком хорошо сфокусированных рентгеновских лучей. Направление лучей составляет некоторый угол φ с осью x_i . Лучи ослабляются веществом, находящимся внутри объекта, пропорционально его плотности. С противоположной стороны объекта располагается устройство, регистрирующее интенсивность каждого луча, прошедшего через объект. При этом полагается, что лучи распространяются в объекте вдоль прямой линии l , определяемой уравнением $x_i \cos \varphi + x_j \sin \varphi - p = 0$, (1) где p – расстояние от начала координат до соответствующего луча. Тогда интенсивность луча на выходе из объекта равна интегралу от искомого распределения $f(x_i, x_j)$ вдоль траектории l :

$$R(p, \varphi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(p \cos \varphi - x'_j \sin \varphi, p \sin \varphi + x'_j \cos \varphi) dx'_j \quad (3)$$

где связь между исходной системой координат $\{x_i, x_j\}$ и повернутой на угол φ системой координат $\{x'_i, x'_j\}$ определяется соотношением $x_i = x'_i \cos \varphi - x'_j \sin \varphi$, $x_j = x'_i \sin \varphi + x'_j \cos \varphi$, а уравнение прямой (1) в системе координат $\{x'_i, x'_j\}$ имеет вид $x'_i - p = 0$, когда одна из координат зануляется. Итак, Интеграл $R(p, \varphi)$ называется радоновским образом или проекцией, а преобразование (2) – преобразованием Радона. Проекция вычисляются под всевозможными углами φ и для тех значений p , при которых двумерная функция $f(x, y)$ отлична от нуля. На практике величина p ограничивается физическими размерами исследуемого тела, а угол φ изменяется в пределах от 0° до 180° , так как при изменении угла на 180° излучение ведется в строго обратном направлении, поэтому $R(p, \varphi) = R(-p, \varphi + \pi)$. Удобно ввести в рассмотрение окружность радиуса a , охватывающую исследуемое поперечное сечение. В этом случае интеграл в (3) имеет вид

$$R(p, \varphi) = \int_{-\sqrt{a^2 - x^2}}^{\sqrt{a^2 - x^2}} f(p \cos \varphi - x'_j \sin \varphi, x_i \sin \varphi + x'_j \cos \varphi) dx'_j \quad (4)$$

Таким образом, каждое значение радоновского образа $R(p, \varphi)$ есть интеграл от тех значений функции $f(x_i, x_j)$, которые она принимает вдоль луча l , определяемого параметрами p и φ . В качестве примера вычислим радоновский образ, например для двух гауссовских импульсов, описываемых соотношением

$$f(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^2 \exp\left(\frac{(x_i - x^{(k)}_j)^2 + (x^{(k)}_j - y_i)^2}{2b^2}\right) \quad (5)$$

Подставляя (5) в (4), находим

$$R(p, \varphi) = \sum_{i=1}^2 b\sqrt{2\pi} \exp\left(\frac{(x^{(k)}_i \cos \varphi + x^{(k)}_j \sin \varphi - p)^2}{2b^2}\right) \quad (6)$$

Функция (5) и соответствующий ей радоновский образ (6), вообще говоря, совсем непохожи друг на друга. Однако, между радоновским образом и функцией, порождающей его, имеется взаимно однозначное соответствие, которое лежит в основе большинства алгоритмов восстановления функций плотностей [6].

Сверточный алгоритм

Для восстановления функции $f(x_i, x_j)$ по проекциям $R(p, \varphi)$, необходимо найти преобразование, обратное преобразованию Радона. По сути для определения неизвестной функции $f(x_i, x_j)$ необходимо решить интегральное уравнение (3) или (4). Одной из возможных реализаций этого решения является т.н. сверточный алгоритм. Сверточный алгоритм определяется соотношением

$$f_1(x_i, x_j) = \int_0^\pi \tilde{R}(x_i \cos \varphi + x_j \sin \varphi, \varphi) d\varphi \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \tilde{R}(x_i \cos \varphi + x_j \sin \varphi, \varphi) &= \tilde{R}(p, \varphi) = \\ &= \int_{-a}^a h(p_1) R(p - p_1, \varphi) dp_1 \quad i, j = 1, 2, 3; i \neq j \end{aligned} \quad (8)$$

Выражение (8) представляет свертку проекции $R(p, \varphi)$ (при фиксированном угле φ) с функцией $h(p_1) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |\omega| \cos(\omega p_1) d\omega$

Очевидно, что операция, описываемая соотношением (7), является операцией обратного проецирования. Из (7) и (8) следует, что обратное преобразование Радона реализуется в два этапа. На первом этапе выполняется свертка по первой переменной проекции, результатом которой являются модифицированные проекции $\tilde{R}(s, \varphi)$. На втором этапе осуществляется их обратное проецирование.

Заключение

В пространственном двухэтапном алгоритме восстановления используется представление преобразования Радона в виде композиции двух двумерных преобразований. На первом этапе для каждого из направлений φ решается (7). На втором этапе решается (8) при фиксированном φ , что позволяет восстановить плотность. Дискретная расчетная схема показала наличие артефактов вблизи границы области восстановления, что свидетельствует о недостаточности числа направлений и величины шага.

Библиографические ссылки

1. *Yu. L. Rodin, The Riemann Boundary Problem on the Riemann Surfaces*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht (1988).
2. *Мирсалимов В. М.* Неоднородные упругопластические задачи - М.: Наука, 1987. – 256 с.
3. *N. P. Vekua, Systems of Singular Integral Equations and Boundary-Value Problems*, [in Russian], Nauka, Moscow (1970).
4. *Александров Л. Я., Соловьев Ю. И.* Пространственные задачи теории упругости / Александров Л.Я., Соловьев Ю.И. — М.: Наука, 1978.
5. *Нифагин, В. А.* Методы функций многих комплексных переменных в пространственных задачах математической теории пластичности /В. А. Нифагин – Минск: БНТУ, 2008. – 191 с.
6. *Хермен Г.* Восстановление изображений по проекциям / Г. Хермен. – М.: Мир, 1983.

УДК 004.65; 004.738.5; 519.6

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАКТИВНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЕ ДЛЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ С ЭКОСИСТЕМОЙ SPRING FRAMEWORK

И. М. Примова

ИООО «ЭПАМ Системз», Беларусь, Минск, mmf.inna@gmail.com

Рассмотрена проблема применения реактивного программирования в микросервисной архитектуре для веб-приложений с экосистемой Spring Framework. В связи с необходимостью создания высокопроизводительных и масштабируемых систем, способных обеспечивать стабильность работы при повышенной нагрузке, применение реактивного подхода становится все более актуальным. В данном контексте иллюстрации применения реактивного программирования для решения конкретных задач, а также выявление основных принципов и преимуществ этого подхода в микросервисной архитектуре могут служить важными дидактическими факторами для более глубокого понимания и принятия этого подхода.

Ключевые слова: микросервисная архитектура; реактивное программирование; Spring Framework; RxJava; Project Reactor; Spring WebFlux; Apache Kafka; EDA.

APPLICATION OF REACTIVE PROGRAMMING IN MICROSERVICE ARCHITECTURE FOR SPRING FRAMEWORK ECOSYSTEM WEB APPLICATIONS

I. M. Primova

EPAM Systems, Belarus, Minsk, mmf.inna@gmail.com

The problem of applying reactive programming in microservice architecture for Spring Framework ecosystem web applications has been considered. The application of the reactive approach is becoming increasingly relevant due to the need to create high-performance and scalable systems capable of maintaining stable operation under increased load. In this context, illustrations of the application of reactive programming to solve specific problems, as well as identifying the main principles and advantages of this approach in microservice architecture, can serve as important factors for deeper understanding and adoption of this approach.

Keywords: microservice architecture; reactive programming; Spring Framework; RxJava; Project Reactor; Spring WebFlux; Apache Kafka; EDA.

Введение

Разработка приложений в экосистеме Spring Framework на основе микросервисной архитектуры является популярным подходом для создания распределенных систем. Однако, при таком подходе возникают проблемы с высокой производительностью, устойчивостью и масштабируемостью системы, особенно при возрастающей нагрузке. В этом контексте применение реактивного программирования становится важным инструментом для решения данных проблем и обеспечения эффективной работы микросервисной архитектуры.

Актуальность проблемы заключается в том, что все больше организаций переходят на микросервисную архитектуру для создания высокопроизводительных и масштабируемых систем, которые могут обеспечивать стабильность работы при повышенной нагрузке. Понимание принципов реактивного программирования в этом контексте является важным фактором для успешной разработки и сопровождения микросервисов. Также они упрощают работу с потоками данных, повышают гибкость и адаптивность системы к изменяющимся условиям.

Определение понятия реактивного программирования

Для реализации микросервисов часто используют **событийно-ориентированную архитектуру (Event-Driven Architecture, EDA)**. EDA — это паттерн, который позволяет создавать слабосвязанные и масштабируемые микросервисы. Основная идея его заключается в том, что вместо того, чтобы полагаться на синхронную связь между сервисами, каждый сервис публикует события в брокере сообщений или очереди сообщений, на которые могут подписаться другие сервисы. В качестве брокера сообщений может выступать, к примеру Apache Kafka.

Соответственно для повышения общей производительности и масштабируемости микросервисов в сочетании с Kafka применяют реактивное программирование. Реактивное программирование — это парадигма программирования, которая использует асинхронное, неблокирующее взаимодействие между компонентами и методы функционального программирования, для создания систем, способных обрабатывать большое количество запросов и отвечать на них в режиме реального времени.

В основе реактивного программирования лежит **шаблон «Публикация/Подписка»**, который является разновидностью шаблона «Наблюдатель». Шаблон «Наблюдатель» состоит из субъекта (Subject), который хранит список своих наблюдателей (Observer). Субъект уведомляет

наблюдателей обо всех изменениях, которые произошли в его состоянии, вызывая один из их методов. Отличием шаблона «Публикация/Подписка» от «Наблюдатель» являются то, что в первом издатели и подписчики ничего не знают друг о друге (рисунок 1).

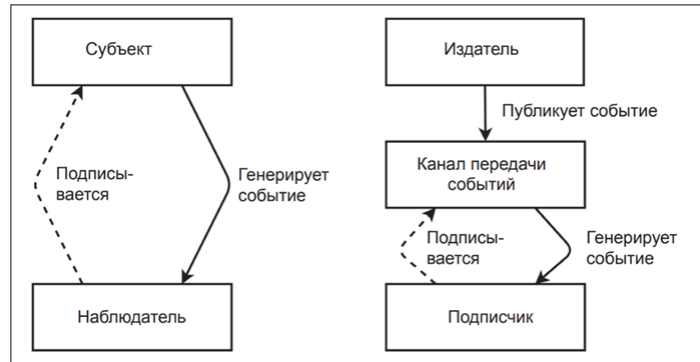


Рис. 1. Шаблон «Наблюдатель» (слева) и шаблон «Публикация/Подписка» (справа)

Реализация концепции реактивного программирования в экосистеме Spring Framework

В мире JVM некоторое время назад появилась библиотека поддержки реактивного программирования — RxJava, которая представляет собой реализацию реактивных расширений (Reactive Extensions/ReactiveX) в Java. ReactiveX — это набор инструментов, которые позволяют императивным языкам работать с потоками данных независимо от того, какая у них природа: асинхронная или синхронная. Reactive Extensions часто определяется как комбинация шаблонов «Наблюдатель», «Итератор» и функционального программирования. В RxJava интерфейс Observer является комбинацией Observer из «Наблюдателя» и «Итератора». Аналогом Subject из «Наблюдателя» выступает Observable, который играет роль источника событий и содержит много методов преобразования потока данных.

Однако кроме RxJava существует много других реализаций реактивных библиотек. В результате чего появился многообразный реактивный ландшафт. Это многообразие обусловило разработку реактивного стандарта **Reactive Streams**, чья идея заключается в стандартизации шаблонов реактивного программирования. Стандарт использует гибридную модель PUSH-PULL потоков, которая поддерживает возможность управления обратным давлением. **Обратное давление** — это обратная связь, которая согласовывает скорость работы производителя со скоростью работы потребителя: потребитель запрашивает данные, когда готов

их обработать, то есть он контролирует, сколько данных должно быть извлечено или когда подписка должна быть отменена.

В экосистеме Spring Framework широкое распространение получила библиотека **Project Reactor**, которая является реализацией Reactive Streams. Она избавляет разработчиков от глубоко вложенного кода при создании асинхронных пайплайнов и ада обратных вызовов. Её цель — повышение удобочитаемости кода и обеспечение возможности компоновать рабочие процессы. Одной из центральных задач библиотеки является управление обратным давлением. Данные передаются от издателя к подписчику. В обратном направлении (от подписчика к издателю) распространяются сигналы управления (рисунок 2).



Рис. 2. Передача данных и сигналов управления в реактивном потоке

Библиотека включает в себя концепции реактивного программирования, такие как Flux и Mono. Flux используется для обработки нескольких потоков данных и может вернуть 0, 1 или несколько элементов и даже бесконечное число элементов. Mono предназначен для обработки одного потока данных, который может произвести не более одного элемента. Вызов методов (операторов) Flux или Mono не вызывает немедленного поведения. Вместо этого возвращается новый экземпляр Flux или Mono, на основе которого можно продолжать составлять дальнейшие операторы. Таким образом, создается цепочка операторов (или ациклический граф операторов), которая представляет собой конвейер асинхронной обработки.

В дополнении библиотека Project Reactor является основой для модуля **Spring WebFlux**, который поддерживает асинхронную, неблокирующую коммуникацию в веб-приложениях. Альтернативным подходом является Spring Web MVC, который реализует концепцию Servlet API и контейнер сервлетов. Spring WebFlux поддерживает аннотированные контроллеры, функциональные конечные точки, WebClient — неблоки-

рующий, реактивный HTTP-клиент, который предоставляет упрощенный API для выполнения HTTP-запросов к внешним сервисам реактивным способом. Далее в таблице представлено сравнение реактивного стека и стека сервлетов.

Сравнение реактивного стека и стека сервлетов

Параметр	Реактивный стек	Стек сервлетов
Модули Spring	Spring WebFlux, Spring Security Reactive	Spring MVC, Spring Security
Поддерживаемые репозитории	Spring Data Reactive Repositories Mongo, Cassandra, Redis, Couchbase	Spring Data Repositories JDBC, JPA, NoSQL
Модель программирования	Асинхронная, неблокирующая, блокирующая	Синхронная, блокирующая
API, поддерживаемые среды	Reactive Streams Adapters, Netty или Undertow	Servlet API, Java Servlet Containers, Java EE Application Servers

Заключение

Таким образом, применение в веб-приложениях на базе Spring Framework реактивного программирования по средствам реализации Project Reactor, Spring WebFlux, обеспечивает высокую производительность, устойчивость и масштабируемость системы, особенно при высокой нагрузке. Это достигается благодаря использованию асинхронных и неблокирующих операций в обработке запросов и работы с данными. Кроме того, позволяет использовать механизмы обратного давления, чтобы не перегружать сервисы. Также Spring WebFlux поддерживает широкий спектр протоколов: HTTP, WebSocket, Server-Sent Events, что делает его гибким вариантом для создания микросервисов и использует небольшое количество потоков для обработки большого количества запросов, что позволяет снизить потребление ресурсов и повысить производительность.

Библиографические ссылки

1. Практика реактивного программирования в Spring 5 / Олег Докука, Игорь Лозинский. — М.: ДМК Пресс, 2019. — 508 с.
2. Medium. Kirill Sereda [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://medium.com/@kirill.sereda/reactive-programming-reactor-%D0%B8-spring-webflux-3f779953ed45> — Дата доступа: 18.03.2023.
3. Microservice Architecture [Electronic resource]. — Mode of access: <https://microservices.io/> — Date of access: 14.03.2023. ...

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО РАСПИСАНИЯ

Е. С. Селедчик

*Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,
alena.seledchik@gmail.com*

Процесс внедрение средств ИТ в систему образования является одним из приоритетных направлений информатизации образования. Целью данного исследования является выявление особенностей создания сервиса по использованию мобильного учебного расписания. Разработка мобильного приложения состоит из множества этапов, в каждом из которых есть стадии проектирования, разработки, тестирования и подведения итогов. Современные ИТ, позволяющие создавать, хранить, перерабатывать информацию и обеспечивать эффективные способы ее представления учащемуся, являются мощным инструментом ускорения образовательного процесса.

Ключевые слова: разработка мобильного приложения; информатизация образования; управление данными; предиктивная аналитика.

METHODOLOGY FOR DEVELOPING A MOBILE SCHEDULE

A. S. Sialechyk

Belarussian state university, Belarus, Minsk, alena.seledchik@gmail.com

The process of introducing IT funds into the education system is one of the priority directions of informatization of education. The purpose of this study is to identify the features of creating a service for the use of a mobile training schedule. The development of a mobile application consists of many stages, each of which has stages of design, development, testing and summing up. Contemporary IT, which allow creating, storing, processing information and providing effective ways of presenting it to participants, are a powerful tool for accelerating the educational process.

Keywords: the development of a mobile application; informatization of education; data governance; advanced analytics.

Введение

Широкое развитие информационных технологий (ИТ) и их проникновение во все сферы жизни общества является глобальной тенденцией мирового развития последних десятилетий.

В настоящее время в связи с развитием компьютерной техники и современных средств коммуникации, когда использование ИТ становится необходимым практически в любой сфере деятельности человека, одним из приоритетных направлений процесса информатизации современного общества является информатизация образования.

Характеристика исходных данных

Задача планирования расписания учебных занятий – это задача на составление расписания комбинаторного типа, характерной особенностью которой является огромная размерность и наличие большого числа ограничений сложной формы. Фактически, в настоящее время, не существует универсальных методов решения таких задач. Прямое применение математической (классической) теории расписания к задаче составления учебных занятий не представляется возможным. Тем не менее, есть ряд эвристических и переборных методов, которые вполне поддаются программированию.

В качестве исходных данных для составления расписания выступают перечень специальностей, списки групп студентов, дисциплин, а также учебная нагрузка на группы. Имеющийся ресурс выражен в качестве списка профессорско-преподавательского состава, которые могут читать некоторые предметы в заданных группах, списка аудиторий, количества учебных дней в неделю, максимального количества занятий в день.

Необходимо составить оптимальное расписание занятий для каждой группы по дням недели, распределить учебные аудитории в каждый из дней недели, распределить нагрузку на преподавателей по дням с учетом их пожеланий. То есть наиболее удобным образом распределить имеющиеся ресурсы в соответствии с запросами и выделить время для занятий каждой группы.

Выбор программного продукта или среды его разработки не следует отделять от выбора технического обеспечения, на котором предстоит в дальнейшем работать. Не следует забывать и об имеющейся информационной системе ВУЗа. Интеграция в единое информационное пространство позволяет использовать ранее реализованные компоненты и единую базу данных, что повышает гибкость информационной системы в целом и снижает дублирование уже имеющейся информации.

Описанный процесс анализа деятельности ВУЗа обычно называют «предпроектным обследованием учреждения». В ходе обследования строится полная модель организации, описывающая не только взаимодействие структурных единиц, но и реализуемые ими операции и информационные потоки.

Аналогии с обычным дифференцированием

Составление расписания относится к задачам целочисленного программирования, сложность решения которых растет экспоненциально с ростом числа и возможных значений варьируемых. Кроме того, для нее характерно наличие большого объема различной по своему составу исходной информации и большого числа трудноформализуемых требований. Указанные сложности препятствуют автоматизации процедуры составления расписания, несмотря на наличие широкого спектра методов целочисленного программирования.

С помощью точных (классических) методов и алгоритмов целочисленного программирования возможно получение точной математической модели, отвечающей всем ограничениям, но в силу NP-сложного характера задачи составления расписания эта модель будет громоздкой и сложной. Чтобы избежать этого, применяется имитационное моделирование. В этом случае алгоритм оперирует непосредственно расписанием и списком занятий, которые необходимо включить в расписание (учебным планом). Процесс составления начинается с пустого расписания, когда все занятия находятся в списке неучтенных занятий.

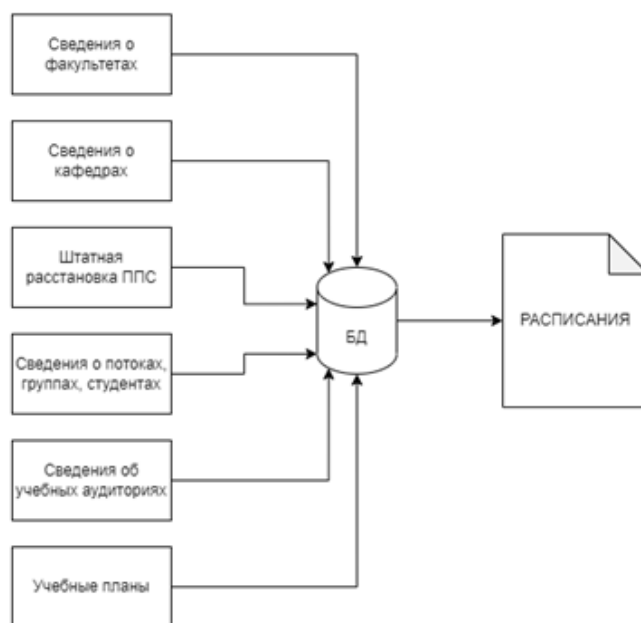


Рис. 1. Потоки данных при локальном подходе

Как видно из схемы на рисунке 1, соотношение объема входных и выходных данных настолько велико, что имеют место необоснованные потери времени, возникающие при подготовке значительного объема

входных данных только для составления расписания. Возможность же использования базы данных для решения других задач отсутствует.

Для решения этой проблемы необходимо вменить в обязанности ввод каждого блока информации соответствующим службам, непосредственно отвечающим за эти данные, которые будут контролировать, поддерживать актуальность и нести ответственность за вводимую информацию. Сведения о преподавателях – отдел кадров; учебные планы и дисциплины – учебно-методический отдел; группы и студенты – деканаты факультетов. Кроме того, необходимо заинтересовать эти службы во вводе данных в информационную систему, например, возможностью автоматизировать их бизнес-процессы, наладить поиск и устранение критических ошибок, а также возможностью формировать различные выборки, используя консолидированные данные из различных блоков информации.

Таким образом, схема потоков данных примет вид, представленный на рисунке 2.

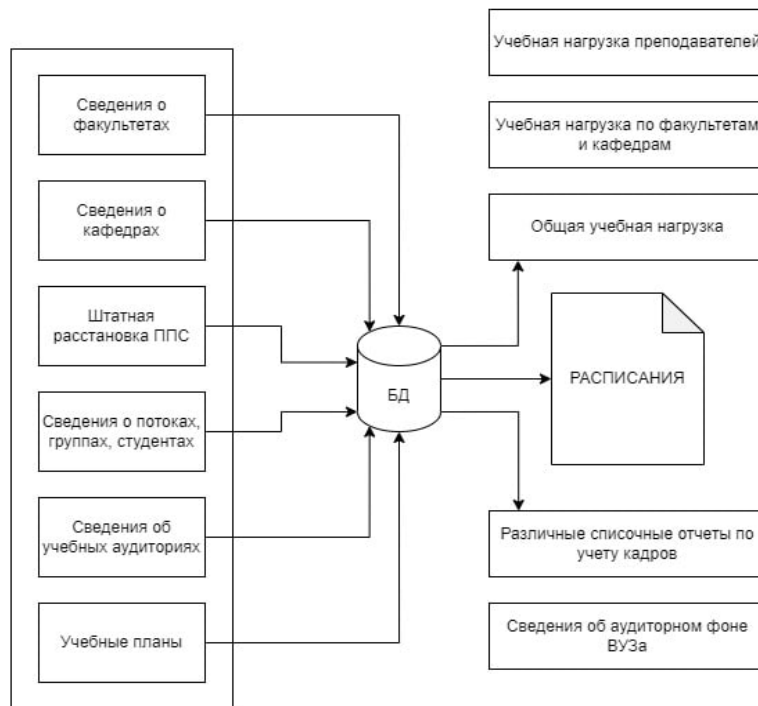


Рис. 2. Потоки данных при системном подходе

Заключение

В результате анализа существующих методов и подходов составления расписания можно сделать вывод об экономической целесообразности применения полностью автоматизированных систем составления расписаний. Автоматизация процесса администрирования расписания занятий и гибкость автоматизированной системы дают преимущества при её использовании в системе образования, улучшая при этом деятельность персонала, а вместе с тем и повышая качество предоставляемого ВУЗом образования.

Библиографические ссылки

1. *Брезгинов А. Н.* Обзор существующих методов составления расписаний / А.Н. Безгинов, С.Ю. Трегубов // Информационные технологии в программировании. – 2005. - №2 (14). – с. 24-71.

2. *Логоша, Б. А.* Комплекс моделей и методов оптимизации расписания занятий в вузе / Б.А. Логоша, А.В. Петропавловская // Экономика и математические методы. – 1993. – Т. 29, №4. – с. 14-39.

3. *Семенов, С. П.* Интегрированная информационная модель управления современным образовательным учреждением // С.П. Семенов, Т.Д. Карминская // Известия ОрелГТУ. Сер.: Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии: информационные системы и технологии. – 2008. – №1–4/269 - с. 344

**ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНТРОПИИ КАК СПОСОБА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ИНТЕРЕС
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧ ПРАВООХРАНИТЕЛЬНЫХ
ОРГАНОВ**

О. А. Слащинин

*Главное следственное управление Следственного комитета
Республики Беларусь, Беларусь, Минск, mailtempus@mail.ru*

Рассмотрена проблема измерения информационной энтропии как одного из способов определения цифровых данных, которые могут представлять интерес для реализации задач правоохранительных органов. Проанализированные в работе положения и сформулированные выводы направлены на совершенствование алгоритма исследования компьютерной информации в рамках осуществления оперативно-розыскной деятельности и предварительного расследования, а также на систематизацию подготовки для указанных органов кадров-специалистов в области форензики.

Ключевые слова: вредоносные программы; компьютерная безопасность; форензика; шифрование; энтропия.

**THE PROBLEM OF USING ENTROPY AS A METHOD
FOR DEFINING DIGITAL DATA FOR THE IMPLEMENTATION
OF THE TASKS OF LAW ENFORCEMENT AGENCIES**

O. A. Slashchynin

*The Main Investigative Department of the Investigative Committee
of the Republic of Belarus, Belarus, Minsk, mailtempus@mail.ru*

The problem of measuring information entropy as one of the ways to determine digital data that may be of interest for the implementation of the tasks of law enforcement agencies is considered. Research highlights are aimed at improving the algorithm for the examine of computer information in the framework of operational-search activities and preliminary investigation, as well as at systematizing the training of specialists in the field of digital forensics for law enforcement agencies.

Keywords: computer security; digital forensics; encryption; entropy; malware.

Введение

Сотрудникам правоохранительных органов при исследовании компьютерной информации необходимо обладать специальными знаниями о

методике поиска зашифрованных (упакованных) файлов, следов стеганографии, вредоносных компонентов программ и иных видов цифровых данных. В связи с особенностями распределения и последовательности байт в цифровых данных различных форматов усматривается возможность их идентификации среди всего исследуемого массива информации. Например, алгоритмы шифрования, используемые для маскирования вредоносных компонентов программ, а также сокрытия значимой информации, преобразуют входные данные в совокупность байтов со свойствами равномерно распределенной случайной последовательности. Так, настоящая совокупность может устанавливаться в том числе путем измерения информационной энтропии исследуемых объектов.

Указанный способ идентификации конкретных цифровых данных также может использоваться для иных задач информационной безопасности: определения границ файлов или их фрагментов, пакетного анализа захваченного сетевого трафика, оценки криптостойкости применяемых паролей и алгоритмов шифрования. Применительно к задачам правоохранительных органов измерение информационной энтропии может использоваться для поиска на исследуемых электронных накопителях скрываемых криптоконтейнеров и упакованных файлов, зашифрованных виртуальных машин, файлов кошельков криптовалют (цифровых знаков и токенов), вредоносных компонентов программ.

Однако, измерение энтропии информации как универсальный способ идентификации отдельных видов цифровых данных имеет явную проблему практического применения. Анализ указанной проблемы и предложение возможных путей ее решения позволит усовершенствовать используемый алгоритм исследования компьютерной информации как в целях осуществления правоохранительной деятельности, так и для систематизирования подготовки кадров-специалистов в области компьютерной криминалистики (форензики).

Измерение информационной энтропии (по К. Шеннону)

Понятие энтропии как меры хаотичности (неопределённости) широко используется в естественных и точных науках. В теории информации энтропия может условно интерпретироваться как мера неопределенности отдельной системы, имеющей различные исходы наступления того или иного состояния (непредсказуемость появления одного из символов первичного алфавита). Клод Элвуд Шеннон, сформулировав свойства информационной энтропии и задав требования к её измерению [1], ввёл следующую формулу (1):

$$H = -K \sum_{i=1}^n p_i * \log_2 p_i \quad (1)$$

или

$$H(x) = \sum_{i=1}^n p(x_i) * \log_b \left(\frac{1}{p(x_i)} \right),$$

где K – положительная константа, n – количество возможных вариаций символьных значений первичного алфавита (состояний), b – единица измерения (бит, нат, трит или хартли), x – случайная величина с диапазоном изменчивости, p_i – вероятность наступления i -состояния.

Применительно к двоичной системе счисления, где бит как единица измерения информации может принимать только два значения (0 или 1), а количество возможных символов входных данных, выраженных в байтах (1 байт = 8 бит), будет равняться 256 ($i = 0 \dots 255$), для вычисления энтропии цифровых данных, соответственно, будет применяться формула (2):

$$H(x) = \sum_{i=0}^{255} p(x_i) * \log_2 \left(\frac{1}{p(x_i)} \right) \quad (2)$$

На основании приведенной формулы следует указать, что значение энтропии (x) не может быть отрицательным, а максимальный уровень из-за размера первичного алфавита в 1 байт будет равен 8 ($2^8 = 256$). При любом изменении вероятности (p) наступления i -состояния, соответственно, будет изменяться и значение (x) энтропии. В случае, если состояние системы заранее и достоверно известно, то теоретически ее энтропия близка к 0, а при максимальной степени неопределенности равна 8.

Стоит упомянуть о зависимости уровня энтропии от: 1) размера входных данных (n) и 2) распределения значений байт в этих данных. Соответственно, энтропия цифровых данных небольшого размера будет отличаться от энтропии данных такого же формата, но большего размера. Это связано с тем, что у данных небольшого размера, соответственно, меньшее количество описывающих их бит, чем в данных большего размера, где такую зависимость установить сложнее. Таким образом, значение энтропии данных небольшого размера не будет достигать максимальных величин. Настоящую зависимость легче оценить в результате преобразования формулы (2) при условии $p(i) = \text{кол}(i)/n$, а именно (3):

$$H = \log_2 n - \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{255} \text{кол}(i) * \log_2 \text{кол}(i) = \log_2 n - \sum_{i=0}^{255} p(i) * \log_2 \text{кол}(i), (3)$$

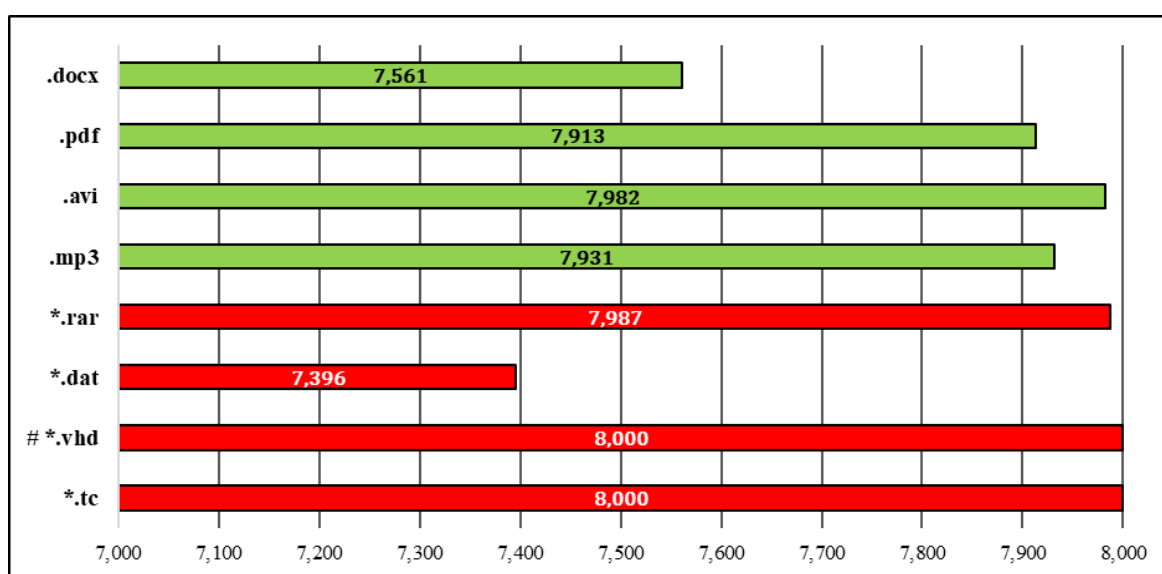
где n – общий размер входных данных в байтах, а $\text{кол}(i)$ – количество байт со значением i [2, с. 31-32]. В свою очередь, уровень энтропии также будет зависеть от спецификации структуры (формата) входных данных. Так, структурированные по различным стандартам последовательности байт будут иметь отличные друг от друга значения энтропии.

Практическое применение измерения информационной энтропии и связанные с этим проблемы

Зашифрованные (упакованные) файлы или компоненты программ независимо от их размера или формата представляют собой данные с практически случайной последовательностью описывающих их бит. Это связано с тем, что алгоритмы шифрования преобразуют оригинальный структурированный массив данных в равномерно распределенную случайную последовательность байтов для их конфиденциальности. Алгоритмы сжатия кодируют входной массив согласно тому или иному словарю, в результате чего последовательность описывающих его битов приобретает свойства, близкие к равномерно распределенной случайности. На основании изложенного, указанные файлы и компоненты будут иметь максимальные значения энтропии (от 7 до 8).

Сотрудник при реализации правоохранительных задач исследует массив цифровых данных, содержащийся на изымаемых электронных накопителях. Первичная обработка указанного массива производится программным обеспечением для компьютерно-технических исследований (например, AutoPsy, PALADIN Forensic Suite, CAINE и другие). Их функционал имеет модули по измерению информационной энтропии файлов, размеченных и неразмеченных областей памяти электронных накопителей. Побайтно проанализированные данные могут группироваться по уровню их информационной энтропии, а также отмечаться как «зашифрованные/подозрительные» при уровне энтропии свыше 7. Для этого, также, можно воспользоваться статистическими тестами NIST (англ. – The National Institute of Standards and Technology) для определения упакованных, зашифрованных и случайных данных. В теории расчет эталонных диапазонов и пороговых значений энтропии для отдельных форматов файлов позволит сузить формируемую выборку и усовершенствовать их последующий поиск среди всего массива данных. Упомянутые программные модули могут вручную настраиваться для создания вышеуказанных диапазонов и значений. Отдельными форматами, представляющих интерес для реализации задач правоохранительных органов, могут признаваться криптоконтейнеры (*.tc, и любые иные), зашифрованные (#) образы жестких дисков виртуальных машин (*.vhd и иные),

файлы кошельков (токенов) криптовалют (wallet.dat, *.dat и иные), незашифрованные архивные файлы (*.rar, *.zip и иные). Измерив уровень энтропии выборки файлов вышеуказанных форматов, содержащихся в архивах цифровых доказательств, обнаруженных следователями Следственного комитета Республики Беларусь на электронных накопителях киберпреступников, можно рассчитать их средние показатели. Однако, указанный способ идентификации конкретных форматов данных имеет проблемы, связанные со спецификациями структуры отдельных, но общераспространенных форматов файлов (например, *.docx, *.pdf, *.avi, *.mp3). Средние значения энтропии файлов вышеуказанных форматов коррелируют с диапазоном значений энтропии зашифрованных (упакованных) данных (рисунок).



Средние значения энтропии файлов различных форматов
(выборка: 100 уникальных экземпляров на один формат)

При анализе электронного накопителя использование измерения энтропии как самостоятельного средства идентификации данных конкретного формата приведет к высокому проценту ложных срабатываний программного обеспечения, соответственно, низкому проценту их корректного определения. Решение обозначенной проблемы заключается в комбинировании всех имеющихся в настоящее время способов идентификации следов шифрования или сжатия.

Так измерение уровня энтропии наряду с проверкой соответствия расширений и спецификации структур исследуемых файлов (по базе сигнатур известных форматов) должно служить лишь для создания первичной выборки «подозрительных» объектов из всего исследуемого мас-

сива данных. Далее, характер распределения и последовательности байт в сформированной выборке предлагается определять посредством дополнительных математических критериев, а именно:

1) Использование критерия согласия Пирсона или критерия согласия χ^2 «Хи-квадрат», основанного на оценке равномерности распределения байт без учета их расположения во всем массиве данных. Среднее значение указанного критерия для зашифрованных файлов составляет 255, в отличие от упакованных, значения которых варьируются от 2500 до 6500. Данный критерий чрезвычайно чувствителен к отклонениям равномерно распределенной случайно величины, поэтому его использование для обнаружения зашифрованных файлов является обоснованным [4, с. 710-712]. Однако, рассмотренный критерий имеет недостаток в виде пропуска (невозможности идентификации) зашифрованных данных небольшого размера из-за малого количества описывающих их бит [5, с. 36].

2) Аппроксимация числа π (Пи) методом Монте-Карло, выраженная в вычислении характеристики распределения байтов на координатной плоскости посредством измерения процента ошибки в приближенном значении числа π (Пи). Массив с псевдослучайными данными характеризуется величиной, близкой к значению 3,141592653. В свою очередь, большой процент ошибок (более 0,008 %), измеренный при аппроксимации числа π (Пи), является явным признаком сжатия данных, а в случае точного вычисления (ошибка менее 0,0008 %) – явным признаком шифрования [4, с. 710-712].

3) Определение коэффициента автокорреляции, который позволяет установить степень со-зависимости имеющихся в исследуемом массиве элементов. Зашифрованные данные характеризуются величиной коэффициента автокорреляции, близкой к 0, что говорит об относительном отсутствии со-зависимости всех элементов оцениваемой последовательности [5, с. 36-37].

4) Установление величины арифметического среднего, которая основывается на усредненной сумме значений байт всех элементов оцениваемой последовательности. Совокупность байтов со свойствами равномерно распределенной случайной последовательности, имеющей первичный алфавит, состоящий из 256 различными символами, характеризуется значением арифметического среднего, близким к 127,5 [5, с. 36-37].

5) Оценка плотности распределения байт в исследуемом файле на основании расчета плотности распределения его условных точек на плоскости (номер байта в файле, значение байта). У зашифрованных файлов выявленное посредством вейвлет-анализа (расчета вейвлет-коэффициентов для функции, описывающей сигнал) отклонение в рас-

пределении плотностей на этой плоскости не превосходит эталонные пороговые значения [6, с. 46].

Выводы

Таким образом, измерение энтропии информации как способ определения зашифрованных данных, представляющих интерес для реализации задач правоохранительных органов, может использоваться как первый этап исследования компьютерной информации. Создание упомянутым способом первичной выборки данных позволит сотруднику сэкономить имеющиеся вычислительные и временные ресурсы, которые могли быть затрачены на исследование всего массива информации, в том числе ручным способом. Определив границы потенциально зашифрованных (упакованных) файлов, размеченных и неразмеченных областей памяти, последние могут исследоваться посредством вышеуказанных дополнительных математических критериев. Описанные критерии могут комбинироваться или использоваться по-отдельности в зависимости от имеющихся у сотрудника вычислительных ресурсов или особенностей исследуемого массива данных.

В свою очередь, определение явных криптоконтейнеров (имеющие расширения *.tc, *.vc и иные), архивных файлов (имеющих расширение *.rar, *.zip и иные) или зашифрованных образов жестких дисков виртуальных машин (имеющих расширения *.vhd, *.vdi и иные) на исследуемых электронных накопителях теоретически возможно и с использованием лишь измерения информационной энтропии.

Библиографические ссылки

1. *Shannon C. A. The Mathematical Theory of Communication / C. Shannon // The Bell System Technical Journal. 1948. V. 27. P. 379-423, 623-656 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: web.archive.org/web/19980715013250/http://cm.bell-labs.com/cm/ms/what/shannonday/shannon1948.pdf. – Дата доступа: 26.02.2023.*
2. *Матвеева В. С. Энтропия и ее использование для решения задач информационной безопасности / В. С. Матвеева // Безопасность информационных технологий – Том 21, № 3 (2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: bit.mephi.ru/index.php/bit/article/view/163. – Дата доступа: 27.02.2023.*
3. *SP 800-22 Rev. 1a. A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications / National Institute of Standards and Technology: Computer Security Resource Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-22/rev-1a/final. – Дата доступа: 28.02.2023.*
4. *Югансон А. Н. Метод определения упакованных и зашифрованных данных во встроенном программном обеспечении / А. Н. Югансон // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20. № 5. – С. 708-713.*

5. *Матвеева В. С.* Криптография и вредоносные программы / В. С. Матвеева // Information Security/ Информационная безопасность. – 2015. – № 1. – С. 35-38.

6. *Матвеева В. С., Мамаев А. В.* Вейвлет анализ для локализации неоднородностей в распределении байт в файле с целью идентификации зашифрованных данных / В. С. Матвеева // Безопасность информационных технологий. -2015 г. -№ 1. - С. 40-46.

ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕРЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В СИСТЕМЕ ГеоБазаДанных

В. Б. Таранчук

Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, taranchuk@bsu.by

Обсуждаются методические и технические вопросы развития программной системы ГеоБазаДанных (ГБД). Отмечены новые функциональные возможности, обеспеченные включением в ГБД исполняемых модулей интеллектуального анализа данных системы компьютерной алгебры Wolfram Mathematica. Примерами на представительных наборах данных иллюстрируются варианты настройки алгоритмов кластеризации.

Ключевые слова: система ГеоБазаДанных; интеллектуальная адаптация цифровых полей; кластеризация.

FEATURES AND EXAMPLES OF CLUSTERING IN THE SYSTEM GeoBazaDannych

V. B. Taranchuk

Belarussian state university, Belarus, Minsk, Taranchuk@bsu.by

Methodological and technical issues of the development of the GeoBazaDannych software system (GBD) are discussed. The new functionality provided by the inclusion of executable data mining modules of the Wolfram Mathematica computer algebra system into the GDB is noted. Examples on representative data sets illustrate options for configuring clustering algorithms.

Keywords: system GeoBazaDannych; intelligent adaptation of digital fields; clustering.

Введение

Создание компьютерных цифровых моделей физики, механики, химии, биологии, экологии, геологии, других предполагает сбор, преобразование, анализ исходной предметной информации, замеров и наблюдений – формирование геоданных [1]. Особенности решения задач разработки и сопровождения компьютерных моделей со средствами их адаптации и самонастройки, подходы обработки, анализа, интерпретации используемых и получаемых геоданных отмечены в [2, 3]. Акцентируется, что на

данном этапе к числу приоритетных направлений исследований и разработок относится интеллектуальный анализ данных, перечислены соответствующие классы систем для его реализации [4].

Ниже обсуждаются полученные в среде системы ГеоБазаДанных результаты и методические рекомендации кластерного анализа [5] геоданных.

Кластерный анализ широко применяется во многих областях, в частности, в компьютерных системах при распознавании образов, анализе изображений, поиске информации, сжатии данных, в компьютерной графике, биоинформатике, машинном обучении. При интеллектуальном анализе данных сегментация может использоваться, как самостоятельный инструмент для принятия решения о распределении данных, контроля характеристик и последующего анализа конкретных кластеров. Также сегментация используется для обнаружения нетипичных объектов – выбросов, другими словами, это – обнаружение новизны, такие объекты могут быть более интересными, чем включенные в кластеры. Важное достоинство кластерного анализа в том, что при его выполнении можно производить разбиение объектов не только по одному параметру, а по набору признаков. Кроме того, кластерный анализ в отличие от большинства математико-статистических методов не накладывает никаких ограничений на вид рассматриваемых исходных данных.

О системе ГеоБазаДанных используемых исходных данных

ГеоБазаДанных – комплекс интеллектуальных компьютерных подсистем, математического, алгоритмического и программного обеспечения наполнения, сопровождения и визуализации входных данных для имитационных и математических моделей, средств выполнения вычислительных экспериментов (ВЭ), алгоритмических и программных средств создания постоянно действующих компьютерных моделей. Основные компоненты системы ГеоБазаДанных описаны в [6]. Инструментами ГБД можно формировать цифровые описания пространственных распределений данных; конструировать и реализовывать интерактивные сценарии обработки и визуализации результатов вычислительных экспериментов, рассчитывать локальные и интегральные характеристики моделируемых объектов, выводить на твердые копии тематические карты.

Для пояснения, в чем состоит дополнение предыдущих и новизна представляемых в данном исследовании результатов, отметим, что [3] изложены примеры интерактивного формирования в ВЭ отвечающих интуитивным требованиям эксперта цифровых моделей геологических объектов; примеры аппроксимации и восстановления цифрового поля, его интерактивной адаптации с оценками точности результатов в программ-

ном комплексе ГГМЗ. В [2] представлены и обсуждены результаты применения искусственных нейронных сетей при анализе и интерпретации геоданных, описаны возможности анализа погрешностей. В представляемой работе обсуждаются алгоритмы кластерного анализа геоданных, инструменты их реализации в среде ГБД. Сопоставлением на примерах специально подготовленных «конфликтных» данных приведены и обоснованы рекомендации выбора оптимальных параметров алгоритмов классификации в принимаемом при интерпретации приближении.

При создании математических моделей физики, механики, химии, биологии, геологии, экологии одной из ключевых является задача цифрового описания пространственных объектов, их структуры и свойств. Решения задач компьютерного моделирования объектов многими реализуются, следуя концепции, в соответствии с которой ядром и теоретической основой для построения моделей является цифровое описание ограничивающих объем поверхностей, построение генерализованных поверхностей, описывающих геометрию объекта, последовательность слоев – своеобразная структурная «этажерка». Для структурированной по слоям трехмерной модели применим подход построения в режиме «конструктор», когда сборка и редактирование модели производятся по частям, которыми служат отдельные элементы. Для принимаемых слоев в описание включаются распределения изучаемых параметров на каждом из них.

В практике, как правило, исходные данные – значения наблюдаемого параметра в точках с известными геометрическими координатами, а сами точки с замерами чаще размещены на площади в плане нерегулярно – например, данные наблюдений сети станций, пунктов постоянного учета, трасс наблюдения, точек замеров, контроля. В цифровом описании для моделей значения параметра восстанавливаются на равномерной прямоугольной (правильной регулярной) сетке. Подобные цифровые поля не что иное, как сеточные функции, а с ними можно эффективно работать средствами численного анализа. В системе ГБД реализованы обоснованные, апробированные в разных приложениях методические решения, математические методы расчета аппроксимирующих цифровых полей, высоко производительные алгоритмы составной сплайн-аппроксимации.

Примеры (имитирующих практику сбора) представительных наборов данных для ВЭ, иллюстрирующие результаты и выводы в настоящей работе, подготовлены с частично измененными данными [2]. Изменения сделаны, чтобы не было повторяющихся элементов, а также исключены типовые фигуры (пирамиды, траншеи), потому что такие объекты в ГБД идентифицируются соответствующим модулем системы, которая вос-

производит их точно. Также, и это важно отметить, добавлено возмущение «усеченный по вертикали холм». Оно в отличие от других не является непрерывно помещенным на базовую поверхность – имитируется разлом. Как и в упомянутых публикациях, моделируемая поверхность (эталон) имеет полное математическое описание.

При обсуждении результатов в докладе будут показаны иллюстрации формы эталонной поверхности в вариантах Plot3D (виды поверхностей) и RegionPlot3D (виды объемов), изолиний и карт плотностей уровней высот.

Инструментарий, примеры кластерного анализа геоданных

Эффекты числа кластеров. Одной из важнейших проблем сегментации является определение количества кластеров. Проведены расчеты, подготовлены и будут демонстрироваться и поясняться серии результатов, полученных с установками по умолчанию, используя функцию Wolfram Mathematica FindClusters с числом кластеров 3, 4, 5, 6. Из сопоставления приведенных вариантов следует, что необходимы дополнительные уточнения метода, метрики и других параметров алгоритмов кластеризации.

Эффекты принятого метода кластеризации. Кластерный анализ допускает много различных типов методов/алгоритмов кластеризации [5] для определения конечного результата. В рассмотренных примерах по выбору метода и метрики использована априорная информация, задается число кластеров – 5. Почему столько – принято во внимание, что в исходных данных замеры проведены для поверхности, которая включала 5 разных её искажений с индивидуальным позиционированием возмущений. Эффекты принятого метода кластеризации (Possible settings for Method) иллюстрируются в примерах серии расчетов только для пар координат, когда учитывается только относительное положение точек рассеянного множества. В программном модуле использована функция FindClusters с разными критериями CriterionFunction, норма в примерах основной серии вычислялась по метрике DistanceFunction EuclideanDistance.

Вообще говоря, включенное в ГеоБазаДанных из системы Wolfram Mathematica соответствующее программное приложение допускает варианты метода кластеризации (CriterionFunction): Automatic, Agglomerate (find clustering hierarchically), Optimize (find clustering by local optimization), DBSCAN (density-based spatial clustering of applications with noise), GaussianMixture (variational Gaussian mixture algorithm), JarvisPatrick (Patrick clustering algorithm), KMeans (k-means clustering algorithm), KMedoids

(partitioning around medoids), MeanShift (mean-shift clustering algorithm), NeighborhoodContraction (displace examples toward high-density region), SpanningTree (minimum spanning tree-based clustering algorithm), Spectral (spectral clustering algorithm). Все перечисленные методы проанализированы, результаты иллюстрируются интегрированными картами, на которых показаны изолинии эталонного цифрового поля, профили и точки замеров, окрашенные индивидуальными цветами примитивы узлов в конкретных кластерах, которые дополнительно окаймлены. Какие методы сегментации применены в расчетах, записано в заголовках.

Влияние метрики. В рассмотренных примерах основной серии результатов сходство или различие между классифицируемыми объектами устанавливается в зависимости от метрического расстояния между ними. Вопросы измерения близости объектов приходится решать при любых трактовках кластеров и различных методах классификации, причем, имеют место неоднозначность выбора способа нормировки и определения расстояния между объектами.

Влияние метрики (DistanceFunction) иллюстрируют специальные расчеты, в которых показаны результаты для вариантов задания DistanceFunction (Possible settings for Method): EuclideanDistance, SquaredEuclideanDistance, ManhattanDistance, NormalizedSquaredEuclideanDistance, ChessboardDistance, BrayCurtisDistance, CanberraDistance, CosineDistance, CorrelationDistance, BinaryDistance, WarpingDistance, CanonicalWarpingDistance. Алгоритмические особенности перечисленных метрик можно уточнить в [7]).

Итоги сопоставления – из полученных результатов для рассматриваемой конфигурации точек с данными, учитывая цифровое поле эталона, однозначно назвать какой-то из показанных вариантов предпочтительным трудно.

Влияние учета значений в точках. В рассмотренных и приведенных результатах заключительной серии представлены варианты классификации с использованием функции Mathematica ClusterClassify, которая позволяет выполнять кластеризацию не только, принимая во внимание координаты точек рассеянного множества, но и значения в них.

Другими словами – в представленных в такой серии результатах в алгоритмах учитываются не пары (X_i, Y_i) , а тройки – (X_i, Y_i, Z_i) . Из сопоставления результатов следует, что для рассматриваемого набора данных дополнительный учет значений в точках явно положительного эффекта в кластеризации с целью выявления возмущений не дает, но получаемые результаты полезны и важны, так как на участках отличия ясно, где необходимы дополнительные исходные данные (уплотнение точек замеров).

Заключение

В тезисах рассматриваются вопросы инструментального наполнения и использования интерактивной компьютерной системы ГеоБазаДанных. Изложены и обсуждаются результаты кластеризации для представительного набора данных типичной цифровой модели пространственного объекта.

Библиографические ссылки

1. *Савиных В. П., Цветков В. Я.* 2014. Геоданные как системный информационный ресурс. Вестник Российской академии наук. 84(9): 826–829.
2. *Taranchuk, V.* Tools and examples of intelligent processing, visualization and interpretation of GEODATA / V. Taranchuk // *Modelling and Methods of Structural Analysis*. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Vol. 1425 (2020) 012160. – P. 9.
3. *Taranchuk, V.* Interactive Adaptation of Digital Fields in the System GeoBazaDannych / V.B. Taranchuk // *Communications in Computer and Information Science*. Book series Springer (CCIS, volume 1282): 2020. – P. 222-233.
4. *Шайтура, С. В.* Интеллектуальный анализ данных геоданных /С.В. Шайтура // *Перспективы науки и образования*. – 2015. – № 6 (18). С. 24–30.
5. *Everitt B. S, Landau S, Leese M, Stahl D.* Cluster Analysis. 5th Edition (John Wiley & Sons). 2011. –360 p.
6. *Таранчук, В. Б.* Компьютерные модели подземной гидродинамики / В.Б. Таранчук. – Минск : БГУ, 2020. – 235 с.
7. *Amigó E, Gonzalo J, Artiles J et al.* A comparison of extrinsic clustering evaluation metrics based on formal constraints. *Inf Retrieval* vol. 12, 2009 pp 461–486 <https://doi.org/10.1007/s10791-008-9066-8>

УДК 51 (075.8)

МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЦИФРОВЫХ ПОЛЕЙ

Ю. О. Ходос

Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, fpm.hodos@bsu.by

Рассматриваются методы и инструменты моделирования, интеллектуального анализа и интерпретации цифровых полей. Описан процесс подготовки на примере модели рельефа задаваемой формы эталонных площадных распределений, имитации съемки данных высоты поверхности на рассеянном множестве точек в системе компьютерной алгебры Wolfram Mathematica. Для сравнения приводятся два метода предобработки исходного набора точек с замерами высоты: среднее арифметическое и среднее геометрическое значений координат. Рассматривается кластерный метод анализа с различным числом кластеров, используя различные методы.

Ключевые слова: Wolfram Mathematica; цифровые поля; 3D визуализация; карты изолиний; кластеризация.

METHODS AND TOOLS FOR MODELING, INTELLECTUAL ANALYSIS AND INTERPRETING DIGITAL FIELDS

Y. O. Khodos

Belarussian state university, Belarus, Minsk, fpm.hodos@bsu.by

Method and tools of modeling, intellectual analysis and interpretation of digital fields are considered. The process of preparation is described using the example of a relief model of a given shape of reference area distributions, simulation of shooting surface height data on a scattered set of points in the Wolfram Mathematica computer algebra system. For comparison, two methods of preprocessing the initial set of points are given: the arithmetic mean and the geometric mean of coordinate values. A cluster analysis method with a different number of clusters using different methods is considered.

Keywords: Wolfram Mathematica; 3D visualization; contour maps; digital field; clustering.

Введение

Математическое моделирование процессов, явлений в разных областях естествознания, экономики приобретает всё более широкое распространение. При этом одной из ключевых является задача цифрового опи-

сания пространственных объектов, их структуры и свойств. Например, при решении задач математического моделирования объектов геологии, подземной гидродинамики, экологии развивается концепция, следуя которой ядром и теоретической основой для построения компьютерных моделей является цифровое описание распределений изучаемых параметров на выбранном пространственном слое. Таковым параметром может быть, например, концентрация загрязняющего вещества в слое почвы, температура в зоне лесного пожара, насыщенность нефтью пласта. Считается, что исходными данными при этом являются значения наблюдаемого параметра в точках с известными геометрическими координатами, а сами точки с замерами могут быть размещены на площади нерегулярно. В цифровом описании значения параметра восстанавливаются на равномерной прямоугольной сетке. Подобные цифровые поля – не что иное, как сеточные функции, а с ними можно работать средствами численного анализа.

Моделирование и подготовка данных

На примере эталонной функции

$$f_{XY}(x, y) = e^{-(x-1)^2-(y-2)^2} - 2/3 * e^{-(x-7)^2-(3y-3)^2}$$

рассмотрим визуализацию результатов и моделирование подготовки данных.

Подготовим цифровые данные для анализа. Для начала сгенерируем трёхмерные массивы, каждая строка которых будет являться координатами одной точки. Таких массивов будет 4: для 50, 100, 150 и 250 точек. Генерировать значения по переменной x будем в диапазоне от 5 до 15, а по переменной y – от 0 до 4. Для систематизации упорядочения по плотности размещения точек будем рассматривать различные разбиения этих двух отрезков, то есть будем рассматривать различные равномерные сетки. Причем, в случаях для нескольких точек, попавших в ячейку такого разбиения, будем оставлять одну точку в ячейке сетки, используя формулы расчета: среднее арифметическое и среднее геометрическое координат точек, с последующим уточнением вычисленных значений уровня. Для удобства воспроизведения данных проинтерполируем ([1]) полученные массивы точек с помощью встроенной функции ListInterpolation [2, 3]. Для вычисления границ разбиений сеток по координатам x и y будем использовать следующие формулы:

$$arX(i, n) = aX + i * ((bX - aX)/n),$$

$$arY(j, m) = aY + j * ((bY - aY)/m),$$

где aX, aY – минимальные значения координат x и y ; bX, bY – максимальные значения; n, m – количества разбиений по x и y ; i, j – номер разбиения.

Предобработка, прореживание исходных данных, алгоритмы среднего арифметического и среднего геометрического значений координат

Визуально сопоставлялись контурные графики смоделированных массивов данных для различного числа точек и различных разбиений. С учётом вывода, сделанного в ходе работы, что представительным разбиением из рассмотренных (на 20 частей по x и на 10 частей по y , на 50 частей по x и на 25 частей по y , на 100 частей по x и на 50 частей по y) является разбиение 100x50, продемонстрируем только его (рис. 1). По тем же причинам рассмотрим только случаи 50 и 250 точек.

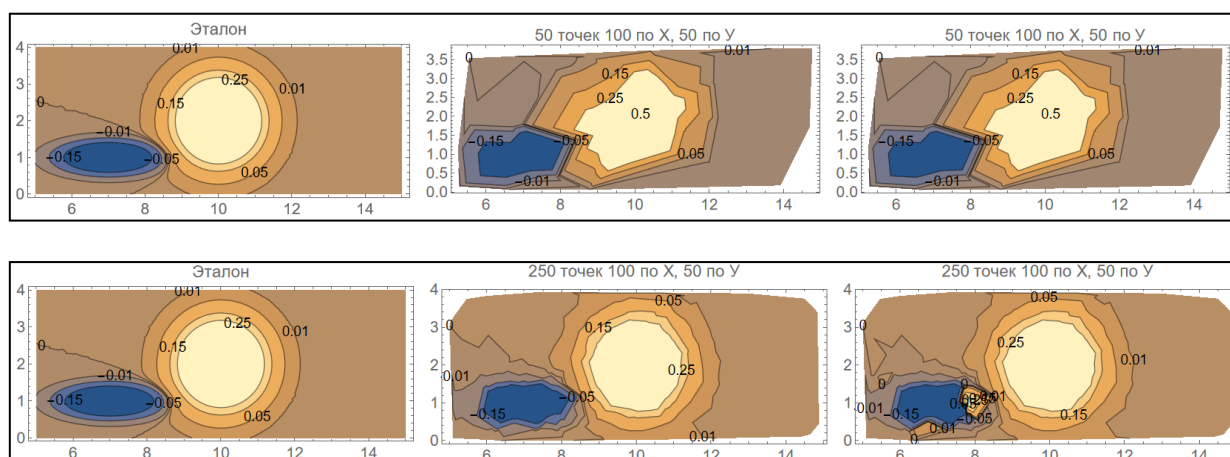


Рис.1

Слева отображён эталон, по центру – контурный график массива, обработанного алгоритмом среднего арифметического значения точек, справа – контурный график массива, обработанного алгоритмом среднего геометрического значения точек. В двух случаях получили сходимость к эталону, но в случае со средним арифметическим не возникает лишних возмущений поверхности, как в случае с 250 точками. В случае малого количества точек получили идентичные результаты для двух методов.

Применение кластеризации для интерпретации цифровых полей

В данном пункте рассмотрим различные способы кластеризации цифровых полей. Кластеризация (кластерный анализ) это задача группировки объектов таким образом, что более похожие друг на друга (по некоторым признакам) объекты окажутся в одном кластере, а различные – в разных. Кластеризация применяется в том случае, когда мы не знаем о том, как организованы данные.

В качестве эталона будем использовать контурный график той же функции, только уберём заливку фрагментов. Рассмотрим три вида кластеризации (по двум параметрам, по трём параметрам и только по третьему параметру) четырьмя методами (метод по умолчанию, KMeans, Spectral, KMedoids) [2, 3] для различного числа кластеров. Исходя из вывода, сделанного в ходе работы, отобразим только вариант 5 кластеров. Начнём с двух параметров (рис.2).

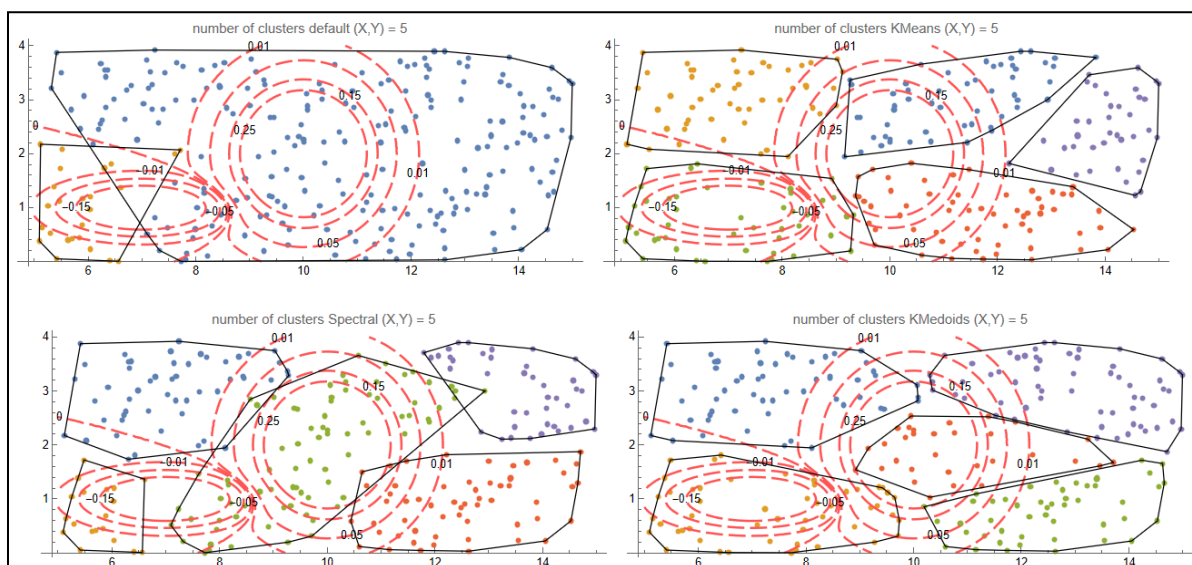


Рис. 2

Далее покажем результаты для трёх параметров (рис. 3).

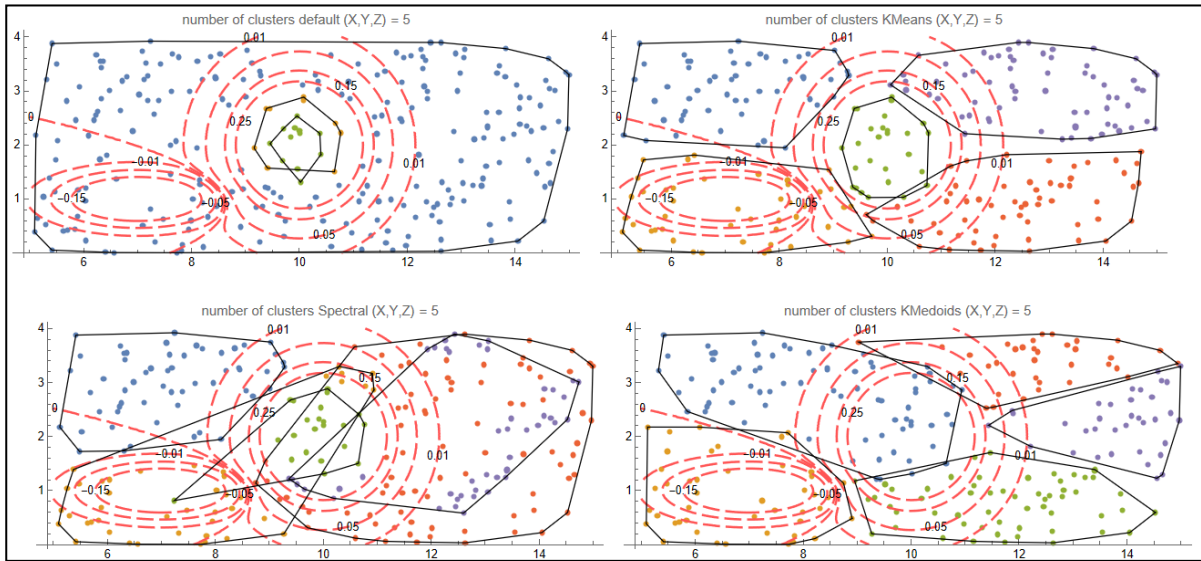


Рис. 3

И, наконец, только для третьего параметра (рис.4).

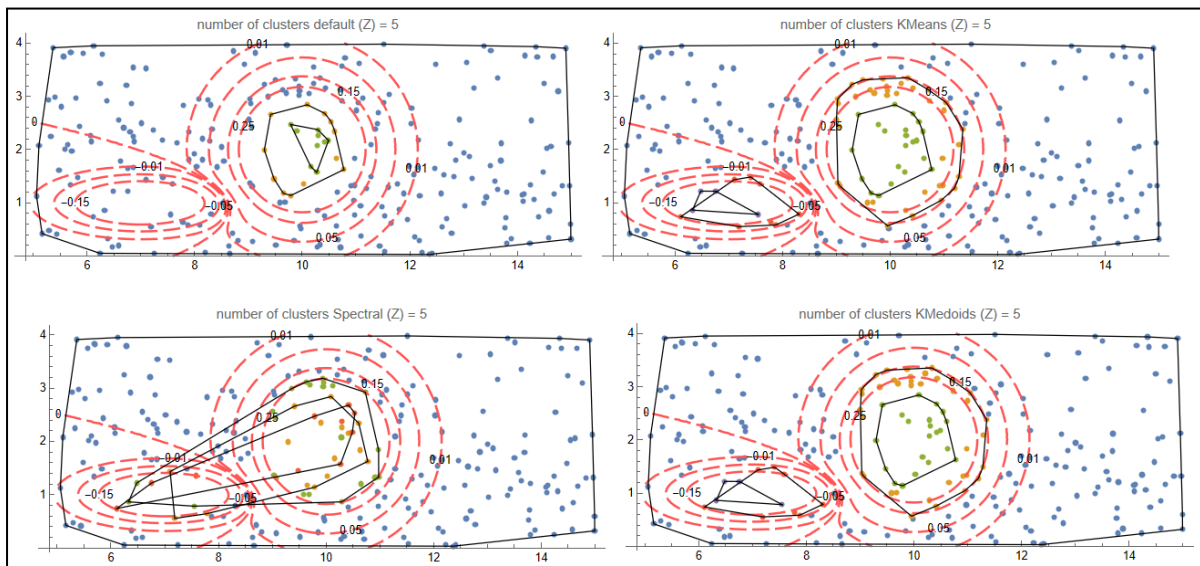


Рис. 4

Можно видеть, что лучше справляются с задачей методы KMeans и KMedoids. Окаймление в нескольких приведенных вариантах требует уточнений.

Получаемые результаты кластеризации являются базой для алгоритма интерполяции итогового цифрового распределения путем избирательного интерполирования по узлам в кластерах и последующего синтеза составных полей на всю площадь.

Заключение

Приведён пример генерирования массива числовых данных замеров уровня поверхности, его обработка и графическая интерпретация. При предобработке массива исходных точек использованы два метода: среднее арифметическое и среднее геометрическое значений координат с дальнейшей интерполяцией. Для анализа сходимости рассмотрены случаи с различным количеством точек и различными разбиениями отрезков. Показана сходимость к эталону при двух методах обработки. Приведены результаты кластерного анализа цифровых данных замеров в вариантах с разным числом кластеров и использованием различных методов, метрик.

Библиографические ссылки

1. Морозов, А. А. Программирование задач численного анализа в системе Mathematica: учеб. Пособие / А.А. Морозов, В.Б. Таранчук – Мн.: БГПУ, 2005. – 145 с.
2. Таранчук, В. Б. Методы и примеры интеллектуальной обработки данных для геологических моделей / В.Б. Таранчук // «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика»: – 2019. – № 3 том 46. – С. 511–522. DOI 10.18413/2411-3808-2019-46-3-511-522.
3. Каталог «WOLFRAM Demonstrations Project» – <https://demonstrations.wolfram.com/>

УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ДВУХСЛОЙНОЙ БАЛКИ-ПОЛОСЫ С ВЫСОКОКОНТРАСТНЫМИ СВОЙСТВАМИ МАТЕРИАЛА

Nguyen Le¹⁾, Г. И. Михасев²⁾

¹⁾ *Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск,
dinhnguyen081017@gmail.com*

²⁾ *Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск, mikhasev@bsu.by*

Рассматривается изотропная двухслойная полоса с высококонтрастными упругими свойствами. Исходя из двухмерной теории упругости выведены уравнение типа Бернулли-Эйлера и уравнение типа Уфлянда-Миндлина, описывающие длинноволновую динамику двухслойной балки-полосы под действием объемных и поверхностных сил.

Ключевые слова: двухслойная балка-полоса; высококонтрастные свойства; сдвиги; низкочастотные колебания.

EQUATIONS OF MOTION FOR TWO-LAYER BEAM-STRIP WITH HIGH CONTRAST MATERIAL PROPERTIES

Nguyen Le¹⁾, G. I. Mikhasev²⁾

¹⁾ *Belarussian State University, Belarus, Minsk, dinhnguyen081017@gmail.com*

²⁾ *Belarussian State University, Belarus, Minsk, mikhasev@bsu.by*

An isotropic two-layer strip with high contrast elastic properties is considered. The Bernoulli-Euler and Uflyand-Mindlin type equations describing the long-wave dynamics of a two-layer beam-strip under action of volume and surface forces has been derived.

Keywords: two-layer beam-strip; high contrast properties; shears; low-frequency vibrations.

Введение

Существующие теории слоистых балок, пластин и оболочек основаны, как правило, на введении кинематических гипотез, предполагающих определенный закон распределения тангенциальных перемещений по толщине слоя [1, 2]. Классические модели типа Бернулли-Эйлера для балок и Кирхгофа-Лява для пластин и оболочек не учитывают поперечные сдвиги и не удовлетворяют граничным условиям на свободной поверхности. Теории первого, второго и высших порядков, основанные на кинематических гипотезах, устраняют вышеуказанные недостатки, но они

достаточно сложны и пригодны, как правило, в случаях, когда свойства слоев различаются незначительно [3].

Целью данной работы является вывод разрешающих уравнений для двухслойной балки-полосы с существенно различными механическими свойствами составляющих частей, которые описывают длинноволновую динамику. В качестве исходных используются двумерные уравнения упругости. Рассматривается два случая: а) механические свойства слоев различаются незначительно; б) свойства слоев отличаются высокой контрастностью. В первом случае выведено уравнение типа Бернулли-Эйлера, а во втором случае получено уравнение типа Уфлянда-Миндлина, учитывающее сдвиги в жестком слое. В качестве примера рассмотрены свободные колебания балки-полосы

Постановка задачи

Рассмотрим двухслойную балку-полосу, состоящую из двух различных жестко связанных изотропных упругих слоев толщиной h_k , характеризующихся константами Ламе λ_k, μ_k и плотностями материалов ρ_k ($k=1,2$). Системы координат приведены на Рис.1. На балку-полосу действуют как внешняя поверхностная нагрузка $Q^{(k)} = (q_1^{(k)}, q_2^{(k)})$, так и объемные силы $F^{(k)} = (f_1^{(k)}, f_2^{(k)})$. В качестве исходных используем двумерные уравнения движения среды

$$s_{ij,j}^{(k)} - \rho_k \frac{\partial^2 u_i^{(k)}}{\partial t^2} + f_i^{(k)} = 0, \quad i, j, k = 1, 2 \quad (1)$$

где $s_{ij}^{(k)}$ — компоненты тензора напряжений в обоих слоях, а $u_i^{(k)}(x_j^{(k)}, t)$ — компоненты вектора перемещений.

Рассмотрим случай, когда $\lambda_2 \ll \lambda_1, \mu_2 \ll \mu_1$, а также $h \ll l$. Второе предположение заключается в малости общей толщины слоя по сравнению с длиной волны либо длиной балки-полосы. Введем два малых параметра:

$$\varepsilon = h/l, \quad E_2/E_1 = \varepsilon_{21} = \varepsilon^\alpha \nu, \quad \alpha \geq 0, \quad \nu \ll 1, \quad h = h_1 + h_2 \quad (2)$$

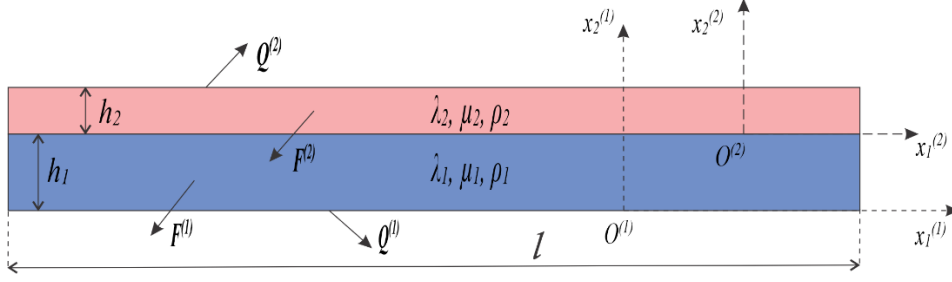


Рис. Двухслойная балка-полоса под действием поверхностных и объемных сил системы координат

Переходя в уравнениях (1) к безразмерному виду, подобно тому, как это было сделано в [4], учитывая уравнения физического состояния для изотропного материала, и вводя асимптотические оценки

$$w^{(k)} = \varepsilon^{-4} W^{(k)}, \quad u^{(k)} = \varepsilon^{-3} U^{(k)}, \quad \sigma_{12}^{(k)} = \varepsilon^{-1} \tau^{(k)}, \quad \sigma_{22}^{(k)} = \sigma^{(k)}, \quad (3)$$

соответствующие случаю низкочастотных колебаний, приходим к системе дифференциальных уравнений [5]

$$\begin{aligned} \frac{\partial W^{(k)}}{\partial z} &= -\varepsilon^2 \kappa_k c_v^{(k)} \frac{\partial U^{(k)}}{\partial x} + \varepsilon^4 \kappa_k c_3^{(k)} \sigma^{(k)}, \\ \frac{\partial U^{(k)}}{\partial z} &= -\kappa_k \frac{\partial W^{(k)}}{\partial x} + \varepsilon^2 \kappa_k c_g^{(k)} \tau^{(k)}, \\ \frac{\partial \tau^{(k)}}{\partial z} &= -\kappa_k c_0^{(k)} \frac{\partial^2 U^{(k)}}{\partial x^2} - \varepsilon^2 \kappa_k c_v^{(k)} \frac{\partial \sigma^{(k)}}{\partial x} + \varepsilon^2 \kappa_k c_\omega^{(k)} \frac{\partial^2 U^{(k)}}{\partial t^2} - \varepsilon^2 f_1^{(k)}, \\ \frac{\partial \sigma^{(k)}}{\partial z} &= -\kappa_k \frac{\partial \tau^{(k)}}{\partial x} + \kappa_k c_\omega^{(k)} \frac{\partial^2 W^{(k)}}{\partial t^2} - f_3^{(k)}, \quad k=1,2 \end{aligned} \quad (4)$$

где $W^{(k)}, U^{(k)}, \tau^{(k)}, \sigma^{(k)} \ll 1$ - безразмерные нормальное и тангенциальное перемещения, а также напряжение сдвига и нормальное напряжение соответственно.

Граничные условия и условия на интерфейсе имеют вид:

$$\begin{aligned} \tau^{(1)} \Big|_{z=0} &= \varepsilon^2 s^{(1)}(x, t), & \sigma^{(1)} \Big|_{z=0} &= q^{(1)}(x, t), \\ \tau^{(2)} \Big|_{z=1} &= \varepsilon^2 s^{(2)}(x, t), & \sigma^{(2)} \Big|_{z=1} &= q^{(2)}(x, t). \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} W^{(1)} \Big|_{z=1} &= W^{(2)} \Big|_{z=0}, & U^{(1)} \Big|_{z=1} &= U^{(2)} \Big|_{z=0}, \\ \tau^{(1)} \Big|_{z=1} &= \varepsilon^\alpha \nu \tau^{(2)} \Big|_{z=0}, & \sigma^{(1)} \Big|_{z=1} &= \varepsilon^\alpha \nu \sigma^{(2)} \Big|_{z=0}. \end{aligned} \quad (6)$$

Решение краевой задачи (4)–(6), отвечающей длинноволновой деформации, может быть найдено в виде формальных асимптотических рядов

$$\begin{aligned} W^{(k)} &= w_0^{(k)} + \varepsilon^2 w_2^{(k)} + \dots, & U^{(k)} &= u_0^{(k)} + \varepsilon^2 u_2^{(k)} + \dots, \\ \tau^{(k)} &= \tau_0^{(k)} + \varepsilon^2 \tau_2^{(k)} + \dots, & \sigma^{(k)} &= \sigma_0^{(k)} + \varepsilon^2 \sigma_2^{(k)} + \dots \end{aligned} \quad (7)$$

Уравнение типа Бернулли-Эйлера

Рассмотри случай, когда $\alpha = 0$. Этот случай соответствует балке-полосе, состоящей из двух изотропных слоев с разными, но близкими упругими свойствами.

Асимптотическое интегрирование уравнение (4) с условиями (5) и б), приводит к последовательности уравнений, относительно неизвестных функций, входящих в разложения (7). Ограничиваясь лишь главным приближением, приходим к уравнению

$$I_r \frac{\partial^4 w_0}{\partial x^4} + J_r \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2} = F_r(x, t), \quad (8)$$

где

$$\begin{aligned} I_r &= \frac{(c_0^{(1)} \kappa_1^2 + \varepsilon_{21} c_0^{(2)} \kappa_2^2)^2 + 4\varepsilon_{21} c_0^{(1)} c_0^{(2)} \kappa_1 \kappa_2 (\kappa_1 + \kappa_2^2)}{12(c_0^{(1)} \kappa_1 + \varepsilon_{21} c_0^{(2)} \kappa_2)}, & J_r &= c_\omega^{(1)} \kappa_1 + \varepsilon_{21} c_\omega^{(2)} \kappa_2, \\ F_r &= -q^{(1)}(x, t) + \int_0^1 f_2^{(1)}(x, z, t) dz + \varepsilon_{21} \left[q^{(2)}(x, t) + \int_0^1 f_2^{(2)}(x, z, t) dz \right], \\ c_0^{(k)} &= \frac{4\mu_k (\lambda_k + \mu_k)}{E_k (\lambda_k + 2\mu_k)}, & c_\omega^{(k)} &= \frac{h^2 \rho_k}{\varepsilon^4 E_k}, & \kappa_k &= \frac{h_k}{h}, \end{aligned} \quad (9)$$

E_k – модуль Юнга k -ого слоя, а F_r – внешняя нагрузка, приведенная к интерфейсной линии [5].

Уравнение (9) описывает изгибные колебания интерфейсной линии двухслойной балки-полосы и соответствует модели, основанной на гипотезах Бернулли-Эйлера. Данное уравнение не учитывает сдвиги в слоях.

Уравнение типа Уфлянда-Миндлина

Пусть $\alpha = 2$. Данный случай соответствует балке-полосе с высококонтрастными механическими свойствами составляющих слоев. В дан-

ном случае поэтапное интегрирование уравнений (4) с учетом граничных и интерфейсных условий (5) - (6) приводит к последовательности дифференциальных уравнений относительно неизвестных функций, фигурирующих в разложении (7). В частности, рассмотрение первых двух приближений, дает дифференциальное уравнение типа Уфлянда-Миндлина [6]:

$$I_{12} \frac{\partial^4 w^0}{\partial x^4} + J_{12} \frac{\partial^2 w^0}{\partial t^2} = F_{12}(x, t). \quad (10)$$

Здесь w^0 – безразмерное нормальное перемещение интерфейсной линии,

$$I_{12} = \frac{1}{12} (c_0^{(1)} \kappa_1^3 + \varepsilon^2 \nu c_0^{(2)} \kappa_2^3),$$

$$J_{12} = \eta_1 + \varepsilon^2 \left[\nu \eta_2 - \eta_1 \kappa_1^2 \left(\frac{1}{5} + \frac{(1+\nu_1)}{12(1-\nu_1)} \right) \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right], \quad \eta_k = \frac{\rho_k h_k h}{g^4 E_k}, \quad (11)$$

F_{12} – внешние объемные и поверхностные силы, приведенные к интерфейсной поверхности, а ν_1 - коэффициент Пуассона жесткого слоя.

В отличие от (8), уравнение (10) учитывает сдвиги, возникающие в жестком слое. Слагаемые, содержащие параметр ν (см. [2]) учитывают контрастность упругих свойств материалов. Заметим, что полагая $h_2 = 0$, мы приходим к уравнению типа Уфлянда-Миндлина, полученного для изотропной пластинки с корректирующим коэффициентом на сдвиг, равным $\frac{5}{6-\nu_1}$.

Заключение

В предположении малости отношения модулей мягкого и жесткого изотропных слоев для двухслойной балки-полосы, предложена асимптотическая процедура интегрирования по толщине полосы двумерных уравнений теории упругости. Предложенный метод позволяет построить иерархические модели для двухслойной балки-полосы с контрастными свойствами. В частности, рассматривая только главное приближение, можно получить уравнение типа Бернулли-Эйлера, справедливое при любом соотношении упругих характеристик слоев. Построение первых двух приближений с учетом высокой контрастности упругих свойств слоев, приводит к уравнению, соответствующему модели Уфлянда-Миндлина. Во второй модели сдвиговые эффекты учитываются только в

более жестком слое, а для учета этого эффекта в более мягком слое необходимо рассмотреть приближение третьего порядка.

Библиографические ссылки

1. *Mikhasev G.* Equivalent single layer model for thin laminated cylindrical shells/G. Mikhasev, H. Altenbach // In: Thin-walled Laminated Structures, Advanced Structured Materials, vol 106. – Cham: Springer, 2019. - pp 29–84.

2. *Reddy J.* Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis, 2nd edn. - Boca Raton: CRC Press. 2004.

3. *Tovstik P.* On the 2d models of plates and shells including the transversal shear / P. Tovstik, T. Tovstik // Z Angew Math Mech. – 2007. –V. 87. - 160–171.

4. *Mikhasev G.* On governing equations for a nanoplate derived from the 3d gradient theory of elasticity/G. Mikhasev//Mathematics and Mechanics of Solids. -2022. V. 27(9). - 1688– 1702.

5. *Mikhasev G.* Asymptotically Correct Analytical Model for Flexural Response of a Two-Layer Strip with Contrast Elastic Constants / G. Mikhasev, N. Le // In: Altenbach, H., Berezovski, A., dell'Isola, F., Porubov, A. (eds) Sixty Shades of Generalized Continua. Advanced Structured Materials, vol 170. -2023.-Cham: Springer. - 497-519.

6. *Mindlin R.* Influence of rotatory inertia and shear on flexural motions of isotropic elastic plates / R. Mindlin// Trans ASME J Appl Mech. -1951. – V. 18. - 31–38.

**RESEARCH ON TOOL PERFORMANCE EVALUATION
AND PARAMETER MATCHING BASED
ON SHAPE-PERFORMANCE APPLICATION THEORY**

Yu Guangbin

Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, China

Green manufacturing engineering is the mainstream of the development of the 21st century, so the dry cutting technology is gradually concerned by various scholars, because the technology does not use or trace use of cutting fluid and has a green environmental protection role. However, due to the lack of cutting fluid in the dry cutting process, resulting in higher cutting temperature, so that the tool wear speeds up, tool life and processing efficiency are reduced.

Key words: tool performance; shape-performance; titanium alloy; integrated design; cutting parameters.

Research purpose and significance

Titanium alloy is a kind of difficult to process materials, because of its good thermodynamic properties, high corrosion resistance, high strength to weight ratio and other capabilities and widely used in a number of mechanical manufacturing fields, the field of aerospace, but difficult to process materials with large cutting force, short tool life, high cutting temperature, poor machining surface characteristics, so in the process of titanium alloy cutting, The same will appear the speed of tool wear, tool life reduction, processing efficiency reduction and other problems. Therefore, in the process of dry cutting titanium alloy, in order to solve the problem of low tool life and low processing efficiency, it is necessary to optimize the design of tool shape parameters and tool parameters, improve tool life and efficiency, reduce tool wear speed.

**Tool "Shape-Performance-Application" integrated design
theory based on parameter matching and performance evaluation**

Nowadays, there are a variety of tool design methods in common use, but there is no one fixed tool design method can be used to guide the design and development of all tools or a class of tools. Therefore, for the purpose of parameter matching and performance evaluation, the tool "Shape-Performance-Application" integrated design theory based on parameter

matching and performance evaluation is proposed. This theory means that under the condition of specified workpiece parameters, it can predict the tool performance in the forward direction, evaluate the tool performance according to the predicted value, and match the parameters in the reverse direction by relying on the correlation relationship between the performance indicator, tool geometric parameter and tool operating parameter. According to this theory, an integrated tool design method based on the theory of "Shape-Performance-Application" is established. Through the establishment of this method, the design and development of all tools are realized.

Dry milling (side milling) of square block titanium alloy with integral carbide end milling cutter is studied. In order to improve the tool life and machining efficiency, the tool wear rate and material removal rate are taken as the performance indicators. The tool geometric parameters and tool operating parameters are designed for the end milling cutter. According to the integrated tool design method based on "Shape-Performance-Application" theory, the matching research of tool shape parameters and non-quantifiable parameters in tool use parameters is given priority. Among them, the unquantifiable parameters of the tool shape parameters include the tool type, tool material, tool structure and tool coating, and the tool operating parameters include machine tool parameters, tool installation, cutting mode and tool clamping. According to the shape of titanium alloy workpiece, material properties, physical and chemical properties and other parameters, and in order to save costs, reduce the waste of workpiece, the use of finite element method and analytical method to obtain the tool wear rate and material removal rate, so the tool type is end milling cutter, tool structure is integral, tool material is YG6 hard alloy, coating selection without coating, machine tool parameters, tool installation and tool clamping are not considered, and the cutting mode is dry side milling.

Comprehensive importance evaluation of tool parameters and cutting parameters

After the unquantifiable parameters of tool geometric parameters and tool operating parameters are obtained, the matching between quantifiable parameters is studied. Among them, quantifiable parameters include tool parameters and cutting parameters. In the process of tool design, the performance indicators will be selected according to the requirements, but it is difficult to meet the performance indicators at the same time. In order to solve the above problems, the correlation between parameters and performance indicators is essential, but there are many influencing parameters in the cutting process, such as tool parameters, cutting parameters and so on. Therefore, in

order to speed up the research process and reduce the complexity of the correlation function, it is necessary to prioritize the comprehensive importance evaluation of each parameter to multiple performance indicators, so as to select several parameters with the highest comprehensive importance for subsequent research. Grey-fuzzy analytic hierarchy process is a method combining grey theory and fuzzy theory, which can solve the problem of inaccurate evaluation results caused by limited test times in cutting process, and the problem of unclear interaction mechanism and degree between parameters and performance indicators in cutting process. Analytic hierarchy process solves the problem of comprehensive evaluation of multiple performance indicators. According to the characteristics of dry milling titanium alloy with end milling cutter, the cutting parameters are selected as the rake angle, clearance angle and helix angle, and the cutting parameters are selected as the cutting speed, feed per tooth, cutting depth and cutting width. SPSS software is used to establish 7 factors 3 horizontal orthogonal test without considering the interaction between parameters. The tool wear rate and material removal rate corresponding to the combination of different tool parameters and cutting parameters are obtained by finite element method and analytical method. The comprehensive importance of tool parameters and cutting parameters is evaluated by using grey-fuzzy analytic hierarchy process, and the ranking is carried out according to the evaluation results. The results showed that clearance angle, helix angle, feed per tooth and cutting depth are the four parameters with the highest comprehensive importance, which are selected for the subsequent parameter combination optimization and evaluation.

Horizontal optimization of tool parameters and cutting parameters

The parameters of the highest comprehensive importance are studied to determine the range of tool parameters and cutting parameters. In the process of cutting, tool wear, cutting force, surface roughness and other performance indicator values change with the progress of cutting at any time. Therefore, according to the characteristics of dynamic change of performance indicators, the dynamic comprehensive evaluation method based on gain level excitation is selected to comprehensively evaluate each level of tool parameters and cutting parameters, and optimize the value range of tool parameters and cutting parameters. SPSS software is used to establish 4 factors and 5 horizontal orthogonal tests without considering the interaction between parameters. Finite element method and analytical method are used to obtain the tool wear rate and material removal rate of different tool parameters and

cutting parameters combination at different stages. The dynamic comprehensive evaluation method based on gain level excitation is used to analyze and process the tool wear rate and material removal rate of each stage, and the total dynamic comprehensive evaluation value of each level of the same parameter is obtained. According to the evaluation value, the optimized value range of tool parameters and cutting parameters is obtained. The optimized results are as follows: clearance angle 8° - 11° , helix angle 30° - 33° , feed rate 0.15mm/z - 0.25 mm/z , cutting depth 2mm - 3mm .

Optimization design of end milling cutter based on Shape-Performance-Application theory and method

The last stage performance indicator values corresponding to the orthogonal test table in the last chapter are selected for analysis and research. The response surface method is used to analyze the interaction between the parameters. For the tool wear rate, the interaction between the clearance angle and feed per tooth is the most influential term, and the feed per tooth is the least influential term. For material removal rate, the independent term of feed per tooth, the independent term of cutting depth and the interaction term between feed per tooth and cutting depth are the most influential terms, while the interaction term between clearance angle and helix angle has the least influence. At the same time, response surface method is used to obtain the correlation function of tool wear rate and material removal rate with respect to tool parameters and cutting parameters. According to the integrated tool design method based on "Shape-Performance-Application" theory, the tool parameters and cutting parameters are optimized by using NSGA2 multi-objective genetic algorithm, and the results are derived in table form. The dry cutting tool performance evaluation system is established by using grey-fuzzy analytic hierarchy process and programming language, which includes single parameter evaluation function, multi-group parameter evaluation function and table parameter evaluation function. The data in the parameter optimization table is analyzed and processed through the table parameter evaluation function of the tool performance evaluation system, and the data with problems are deleted. The qualified parameter combination is selected and the tool performance is evaluated. The results show that the optimal tool parameter combination is 10.5° clearance angle, 31.5° helix angle, 0.15mm/z feed per tooth and 3mm cutting depth.