

УДК 378.096

РОЛЬ МАТЕМАТИКИ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ИТ-СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Д. В. ФИЛИМОНОВ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

На основе анализа современных требований к конкурентоспособному специалисту и образовательных тенденций, а также сравнения учебных программ дисциплин, обязательных при подготовке высококвалифицированных кадров, в том числе для ИТ-направления, определены пробелы в междисциплинарных связях и выдвинуты предложения по их устранению.

Ключевые слова: подготовка студентов; естественно-математические специальности; вычислительное мышление; методика преподавания математики.

THE ROLE OF MATHEMATICS IN TEACHING IT-SPECIALITY STUDENTS

D. V. FILIMONOV^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

In the article, based on an analysis of modern requirements for a competitive specialist, educational trends and a comparison of curricula of disciplines that are mandatory for the training of highly qualified personnel, including for the IT direction, gaps in interdisciplinary connections are identified and proposals are put forward to eliminate them.

Keywords: preparation of students; natural sciences and mathematics; computational thinking; methods of teaching mathematics.

Введение

Ученые уже долгое время дискутируют о влиянии информационных технологий на когнитивные навыки, поскольку при активном использовании этих технологий мышление претерпевает трансформации, связанные с необходимостью адаптации к образованию больших объемов данных и критическому их осмыслению, а также к корректной постановке вопросов для вычислительных устройств, баз данных или баз знаний и поисковых движков. Многие специалисты отмечают [1], что высшие психологические

функции угнетаются объемами информации, к столкновению с которыми мозг не готов, и сама память, как комплекс познавательных способностей, претерпевает изменения, чтобы выстоять при подобном стрессе. Такие изменения заметны и без больших статистических выборок. Активное использование гаджетов пусть и не является единственной причиной рассеянного внимания обучающего, однако действительно вызывает повышенное утомление и, как следствие, снижение качества овладения ма-

Образец цитирования:

Филимонов ДВ. Роль математики при обучении студентов ИТ-специальностей. *Университетский педагогический журнал*. 2023;1:52–57.
<https://doi.org/10.33581/2791-2892-2023-1-52-57>

For citation:

Filimonov DV. The role of mathematics in teaching IT-speciality students. *University Pedagogical Journal*. 2023;1:52–57. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2791-2892-2023-1-52-57>

Автор:

Дмитрий Васильевич Филимонов – ассистент кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета.

Author:

Dmitrii V. Filimonov, assistant at the department of web-technologies and computer modelling, faculty of mechanics and mathematics.
dzfilimonau@gmail.com

териалом. Наиболее существенна эта проблема для студентов естественно-научных и прикладных специальностей, так как высокий уровень абстракции, соответствующий многим дисциплинам в учреждении высшего образования, сам по себе является препятствием для многих студентов. Социальный заказ подразумевает выработку компетенций цифрового века, без которых любой специалист не может полностью раскрыть свой потенциал или стать конкурентоспособным, что и определяет контекст современной образовательной парадигмы.

Если долговременная память уступает кратковременной [2] под действием утомления от большого объема информации, то как в современных условиях обеспечить формирование всех необходимых навыков и компетенций, при этом не перекраивая образовательные программы согласно изменениям высших психических функций? Как обеспечить усвоение профессиональных знаний в условиях, положивших начало четвертой технологической революции, и как сохранить саму востребованность многих профессий, связанных с использованием цифровых устройств? Согласно исследованию [3] кардинальные трансформации специальностей требуют не только уверенного владения соответствующим инструментарием, но и формирования деятельности в условиях сетевого мира, подразумевающего развитие цифровой мобильности [4], а в перспективе – преобразование алгоритмического мышления в так называемое вычислительное [5].

Различные взгляды на математическое образование для IT-специалистов

Нередко в IT-сфере можно встретить часто обоснованное актуальными задачами¹ мнение о том, что фундаментальная математика IT-специалисту не нужна в той степени, в которой ее требовалось знать десять или более лет назад. Для конкурентоспособности всесторонняя подготовка скорее вредит специалисту, отнимая существенное время на изучение теоретических аспектов, которые останутся невостребованными. В результате он будет обладать широким спектром навыков, что при современном взгляде на стремительно развивающиеся технологии пессимистично рассматривается как недостаток глубоких знаний и опыта в важных направлениях.

Действительно, задачи, которые используют работодатели в процессе собеседования с соискателями², имеют мало общего с высшей математикой, если это не касается отдельных направлений. Те, кто получают образование в области компьютер-

Сопутствующие современному социальному запросу проблемы ощущаются тогда, когда фундаментальные дисциплины, объединенные общим математическим аппаратом и его приложениями, коррелируют с их вычислительными ответвлениями. Связано это с тем, что обширные области математического знания развились как раз в XX в. благодаря применению первых компьютеров. Как следствие, и без того абстрактные концепции, непонятные для освоения обучающимися, с течением времени частично утрачивают актуальность вне академической среды. Однако сопутствующие им теории необходимы для ясного понимания сути пришедших на смену дисциплин (чаще всего вычислительных). Дискретное приближенное описание естественных явлений, моделируемых в вычислительных средах, также не способствует быстрому установлению межпредметных связей в содержании подготовки специалистов – прежде чем наступит весьма обобщенное понимание сути явления, требуется осознать ряд допущений, неизбежных при построении моделей и оценке их значимости.

Среди всех дисциплин, объединенных математическим аппаратом, подобные проблемы наиболее остро ощущаются в фундаментальной математике. Обучение этому предмету, чьи понятия часто описывают недискретные объекты, сопряжено не только с трудностями восприятия, но и с особенностями специальностей, для которых он излагается.

Среди всех дисциплин, объединенных математическим аппаратом, подобные проблемы наиболее остро ощущаются в фундаментальной математике. Обучение этому предмету, чьи понятия часто описывают недискретные объекты, сопряжено не только с трудностями восприятия, но и с особенностями специальностей, для которых он излагается.

¹How is math used in computer science? [Electronic resource]. URL: <https://blog.edx.org/how-is-math-used-in-computer-science> (date of access: 12.03.2023).

²Alexander R. 35 Google tricky interview questions and answers [Electronic resource]. URL: <https://career.guru99.com/35-google-tricky-interview-questions/> (date of access: 12.03.2023).

³Свердлов М. Почему все больше людей предпочитают учиться профессии на онлайн-курсах, а не в вузах? [Электронный ресурс]. URL: <https://skillbox.ru/media/education/pochemu-vsye-bolshe-lyudey-predpochitayut-uchitsya-professii-na-onlaynkursakh-ne-v-vuzakh/> (дата обращения: 12.03.2023).

этого является недостаточная проработанность банка заданий, актуальных для данного направления, что и приводит к усложнению актуализации межпредметных связей и понимания важности дисциплины для будущей профессии.

Так, если выбрать в качестве примера востребованного направления⁴ *data science* (специалисты предпочитают изучать его на курсах компаний или на образовательных платформах, а не на занятиях в университете), то с позиции высшей математики вся наука о данных базируется на линейной алгебре, основах математического анализа, теории вероятностей и статистике, а именно на их приложениях. Решая актуальные задачи, молодой ученый при обработке данных редко сталкивается с чем-то, выходящим за пределы материала, предоставленного в программе первых семестров соответствующих дисциплин. Практически все необходимые решения уже доступны в оптимизированном виде в среде разработки, ему остается лишь грамотно распорядиться имеющимися ресурсами. Тем не менее подобные взгляды обманчивы: пусть уверенное владение знаниями из упомянутых дисциплин и позволяет успешно справляться с решением 70 % повседневных задач в выбранном направлении⁵, наука не стоит на месте, и надеяться лишь на базовые математические сведения довольно опрометчиво. Сохранение конкурентоспособности подразумевает владение специалистом навыком обучения всю жизнь.

Наука о данных была приведена только как частный случай, позволяющий детальнее взглянуть на проблему. Как обучать программированию, следуя современным требованиям к специалисту? Готовые алгоритмы решений становятся неотъемлемой частью быстрого прототипирования и разработки надежного программного обеспечения, например собственных библиотек и приложений под нужды заказчика, не имеющего возможности приобрести зарубежные аналоги или пользоваться ими (использование индивидуальной лицензионной вер-

сии *MATLAB and Simulink Start-up Suite* обходится почти в 4 тыс. долл. США в год). Для реализации даже упрощенной версии подобного программного обеспечения потребуются команда высококвалифицированных специалистов, обладающих необходимыми знаниями. Что есть квалификация в цифровую эпоху? В немалой степени это не только умение использовать эффективные инструменты для решения задач и разработки более специализированных компонент, но и выработка компетенций, позволяющих быстро строить модели задач некоторой предметной области с помощью этих инструментов и с минимальными затратами повышать точность модели (решения). Сама же разработка инструментов подразумевает создание таких вспомогательных компонент, которые будут более эффективно выполнять поставленные задачи, т. е. разработчик должен владеть численными методами, в частности методами оптимизации, на высоком уровне. Для всех студентов IT-направлений ключевым навыком, выработка которого поможет в дальнейшем быстрее ориентироваться при встрече с нестандартной задачей, должно стать развитие идей алгоритмического мышления – то, что С. Пейперт, Ж. М. Винг, а затем и С. Вольфрам понимали под вычислительным мышлением [6].

Таким образом, для двух достаточно больших групп IT-специалистов – исследователей и разработчиков программного обеспечения – знание фундаментальной математики все же требуется, пусть и в разном объеме. О различиях можно говорить уже на этапе мотивационной части обучения: математика должна показываться в приложениях к естественно возникающим в конкретном направлении задачам [7]. Внедрение подобных идей, конечно, представляет собой непростой эксперимент, включая пересмотр учебных программ, однако в случае успеха курсы дисциплин, излагаемых на естественно-научных факультетах, могут претерпеть качественные изменения.

Математика для программистов и программирование для математиков

Для студента-программиста математическая задача в первую очередь должна иметь прикладное значение и как минимум иллюстрировать своим решением эффективность некоторой распространенной технологии или практики в IT, т. е. являться так называемым кейсом. Фундаментальные математические сведения, с опорой на которые требуется решать такую задачу, естественным образом вытекают из условий и наложенных ограничений, чтобы при анализе и отладке обучающийся сталкивался

с закономерными вопросами, а в идеальном случае – частично повторял некоторый исторический опыт, приведший к развитию той или иной вычислительной дисциплины или ее ветви.

Такой подход соответствует концепциям, лежащим в основе инженерии знаний [8] как педагогического метода, так и области информационных технологий. Обучаясь на естественных задачах и проектируя модели на базе имеющихся сведений, будущий специалист не только осваивает смежные

⁴Свердлов М. Почему все больше людей предпочитают учиться профессии...

⁵Ebner J. You don't need to know much math for data science [Electronic resource]. URL: <https://www.sharpsightlabs.com/blog/math-for-data-science/> (date of access: 20.03.2023).

дисциплины (развивается как эксперт), но и сталкивается с ограничениями технологий, которые использует, будь это уже готовое исполнение (компонент) из пакета либо библиотеки или же собственная реализация. Такое столкновение побуждает искать более эффективные решения или задумываться о причинах подобного поведения моделируемого явления.

Классическим примером задачи, вызванной технологическими ограничениями, является интегрирование некоторой функции – объекта недискретной природы, значения которого приближаются суммами с некоторой точностью. Имплементация собственного решения сводится к использованию множества конструкций и шаблонов, при этом в рамках такого решения остается ряд оптимизационных вопросов, например вопрос выбора вычислительного метода, более подходящего для начальных данных.

Классы численных задач алгебры и математического анализа стали достаточно распространенными при обучении как математиков-программистов, так и разработчиков программного обеспечения благодаря дискретности и широкому охвату областей знания, моделирование типовых проблем которых происходит относительно легко. Тем не менее далеко не всем областям математики, задачи которых остаются востребованными в реальных проектах, уделяется достаточное внимание при обучении будущих разработчиков, исследователей и научных сотрудников.

Сравнивая учебные программы дисциплин фундаментальной математики (линейная алгебра⁶, аналитическая геометрия⁷, математический анализ⁸), читаемых на 1-м курсе механико-математического факультета БГУ, можно выделить темы, закрепление которых параллельно с дисциплиной «Методы программирования» затруднено в силу одной или нескольких причин.

Во-первых, недостаточное количество пререквизитов в курсе методов программирования, раскрытых к моменту изучения темы на одной из указанных дисциплин, приводит к тому, что у студента, прежде чем он получит возможность закрепить знания в среде разработки, может пропасть интерес к данной теме.

Во-вторых, из-за высокой алгоритмической сложности рассматриваемых математических задач обу-

чающемуся требуется глубокое понимание языка и стандартных функций, предоставляемых средой разработки для реализации программы по соответствующей теме.

В-третьих, программные абстракции, используемые для построения корректной модели явления, которое описывается математическим аппаратом, имеют свою специфику. В качестве примера можно привести математические множества – объекты, использование которых в C++ (первый язык программирования, изучаемый студентом) требует знакомства со структурами данных, отличными от массивов.

Наконец, задачи, имеющие отношение к аналитической геометрии или теории функций, зачастую требуют графического представления, чтобы результаты стали нагляднее. Величины и их программные описания должны иметь некоторую связь с естественными процессами, приведшими к формированию соответствующей модели. Однако предоставить такие графики в рамках методов программирования на C++ на 1-м курсе невозможно по уже указанной выше причине.

Необходимо отметить, что наряду с курсом методов программирования программа обучения студентов включает и дисциплину «Компьютерная математика», которая предоставляет возможности визуализации решений и результатов ряда математических задач. Кроме того, изучение содержания учебных программ по некоторым фундаментальным математическим дисциплинам свидетельствует о том, что в курсе «Методы программирования» фрагментарно (с расхождением во времени изучения) находят свое отражение 40 % тем. Фрагментарность подразумевает, что в каждом из указанных курсов задачи таких тем при обучении программированию все же рассматриваются в том или ином виде, но позже. Из математических дисциплин исследуются темы линейной алгебры (примерно 90 %), аналитической геометрии (около 70 %) и математического анализа (приблизительно 60 %). Для геометрии такие результаты во многом обусловлены необходимостью в наглядности, для математического анализа – исключительной фундаментальностью отдельных вопросов, запрограммировать которые нет смысла.

⁶Беняш-Кривец В. В., Тихонов С. В. Алгебра и теория чисел : учеб. программа учреждения высш. образования по учеб. дисциплине для спец.: 1-31 03 01 «Математика (по направлениям)» (направления спец.: 1-31 03 01-01 «Математика (научно-производственная деятельность)», 1-31 03 01-02 «Математика (научно-педагогическая деятельность)», 1-31 03 01-03 «Математика (экономическая деятельность)»); 1-31 03 08 «Математика и информационные технологии (по направлениям)» (направления спец.: 1-31 03 08-01 «Веб-программирование и интернет-технологии», 1-31 03 08-02 «Математическое и программное обеспечение мобильных устройств»); 1-31 03 09 «Компьютерная математика и системный анализ» [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/256961> (дата обращения: 12.03.2023).

⁷Кононов С. Г. Аналитическая геометрия : учеб. программа учреждения высш. образования по учеб. дисциплине для спец. 1-31 03 01 «Математика (по направлениям)» [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/274352> (дата обращения: 12.03.2023).

⁸Математический анализ : учеб. программа учреждения высш. образования по учеб. дисциплине для спец. 1-31 03 01 «Математика (по направлениям)» [Электронный ресурс] / Н. В. Бровка [и др.]. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/277751> (дата обращения: 12.03.2023).

Тем не менее можно выделить ряд задач, не попадающих ни в категорию теоретических, ни в категорию зависящих от уровня владения языком программирования.

Задачи аналитической геометрии, посвященные рассмотрению фигур вращения в аффинных пространствах и свойств таких структур, вычислению движений на евклидовых плоскостях в пространствах, а также задачи математического анализа, связанные с исследованием функций производными, вычислением простейших пределов и проверкой сходимости рядов, не нашли большого отражения в учебных пособиях как отечественных, так и за-

рубежных авторов, ориентированных именно на обучение программированию через математику. И если понять причины, по которым рассмотрению фигур вращения и исследованию функций производными не уделяется достаточно внимания легко, то подобных причин для других упомянутых задач отыскать не удастся. Многие из указанных задач геометрии сводятся к работе с матрицами, а реализация признаков сходимости во многом опирается на пределы, программная реализация наиболее распространенных форм которых сильна прилежному студенту, способному заметить общность алгоритмов.

Заключение

Целенаправленная системная реализация содержательных межпредметных связей математических дисциплин и методов программирования отражает методологию инженерии знаний, способствует развитию вычислительного мышления студентов и позволяет оптимизировать содержание обучения.

Каковы бы ни были образовательные тенденции, определяющие направление обучения специалистов, фундаментальные математические дисциплины сохраняют свою роль. Изменениям подвергнется лишь контекст, в котором преподаются теоретические сведения, и объем этих дисциплин для конкретной специальности. Тем не менее математика,

будучи языком живой науки, должна показываться в приложениях к реальным задачам, соответствующим направлению, для которого излагаются эти задачи. Без них формирование инженерии знаний и раскрытие необходимых межпредметных связей не могут быть реализованы в полной мере. Подобные пробелы являются одной из причин недостатка практических навыков у обучающихся, и в целях обеспечения качественной подготовки учреждения высшего образования должны предоставить возможности не только для формирования профессиональных компетенций, но и для их реализации применительно к действительно актуальным задачам соответствующих специальностей.

Библиографические ссылки

1. Small GW, Lee Jooyeon, Kaufman A, Jalil J, Siddarth Prabha, Gaddipati Himaja, et al. Brain health consequences of digital technology use. *Dialogues Clinical Neuroscience*. 2020;22(2):179–187. DOI: 10.31887/DCNS.2020.22.2/gsmall.
2. Nelson K, Miller P. The impact of social media on the short-term memory of teenagers. *Scientia*. 2020;spring:28–34.
3. Dematrini CG, Benussi L, Gatteschi V, Renga F. Educational and digital transformation: the «Riconnessioni» project. *IEEE Access* [Internet]. 2020 [cited 2023 March 3];8:186233–186256. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9172001>. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3018189.
4. Володенков С. Цифровая мобильность как феномен современного информационного общества. В: Русакова ОФ, редактор. *Мобильность как измерение мягкой силы: теория, практика, дискурс. Сборник научных трудов по итогам Первой Всероссийской научно-практической молодежной конференции; 17 октября 2018 г.; Екатеринбург, Россия*. Екатеринбург: Дискурс-Пи; 2019. с. 28–38. DOI: 10.17506/articles.mobility.2018.2838.
5. Denning PJ, Tedre M. Computational thinking: a disciplinary perspective. *Informatics in Education*. 2021;20(3):361–390. DOI: 10.15388/infedu.2021.21.
6. Филимонов ДВ. О развитии вычислительного мышления и AGILE-практиках в образовательном процессе учреждений высшего образования. *Университетский педагогический журнал*. 2022;2:61–65.
7. Литвинов ГЛ. Универсальные алгоритмы и идемпотентная математика. *Компьютерные инструменты в образовании*. 2000;6:12–18.
8. Бровка НВ. Об инженерии знаний и обучении студентов механико-математических специальностей. *Университетский педагогический журнал*. 2022;1:3–8.

References

1. Small GW, Lee Jooyeon, Kaufman A, Jalil J, Siddarth Prabha, Gaddipati Himaja, et al. Brain health consequences of digital technology use. *Dialogues Clinical Neuroscience*. 2020;22(2):179–187. DOI: 10.31887/DCNS.2020.22.2/gsmall.
2. Nelson K, Miller P. The impact of social media on the short-term memory of teenagers. *Scientia*. 2020;spring:28–34.
3. Dematrini CG, Benussi L, Gatteschi V, Renga F. Educational and digital transformation: the «Riconnessioni» project. *IEEE Access* [Internet]. 2020 [cited 2023 March 3];8:186233–186256. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9172001>. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3018189.

4. Volodenkov S. Digital mobility as a phenomenon of the contemporary information society. In: Rusakova OF, editor. *Mobility as a soft power dimension: theory, practice, discourse. The First All-Russian scientific and practical youth conference; 2018 October 17; Yekaterinburg, Russia*. Yekaterinburg: Diskurs-Pi; 2019. p. 28–38. Russian. DOI: 10.17506/articles.mobility.2018.2838.
5. Denning PJ, Tedre M. Computational thinking: a disciplinary perspective. *Informatics in Education*. 2021;20(3):361–390. DOI: 10.15388/infedu.2021.21.
6. Filimonov DV. On the development of computation thinking and Agile-practices in the educational process of universities. *University Pedagogical Journal*. 2022;2:61–65. Russian.
7. Litvinov GL. [Universal algorithms and idempotent mathematics]. *Computer Tools in Education Journal*. 2000;6:12–18. Russian.
8. Brovka NV. On knowledge engineering and training of students of mechanical and mathematical specialities. *University Pedagogical Journal*. 2022;1:3–8. Russian.

Статья поступила в редколлегию 17.03.2023.
Received by editorial board 17.03.2023.