

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ АЛГОРИТМИЗАЦИИ В ВУЗЕ

¹Козлов С.В., ²Быков А.А.

¹ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск, e-mail: svkozlov1981@yandex.ru;

²Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Смоленск, e-mail: alex1by@mail.ru

В статье обсуждаются вопросы изучения студентами вузов профильных направлений подготовки основ алгоритмов и структур компьютерной обработки данных. Для организации процесса обучения предлагается использовать методы математического моделирования в качестве инструментов построения системы изучаемых понятий и диагностики учебных достижений. Проектирование модели учебного материала осуществляется с помощью понятийного аппарата теории графов. Графовая модель знаний строится таким образом, чтобы обучение студентов основам алгоритмизации было инвариантно относительно выбранного языка программирования. Построение модели выполняется средствами программного комплекса «Advanced Tester». При этом исходная графовая модель может в ходе обучения уточняться и изменяться. На ее основе в программной среде автоматизированно генерируются индивидуальные и групповые графовые модели изучения предмета алгоритмизации. Данные модели формируются в системе «Advanced Tester» по результатам анализа учебных достижений, полученных в ходе диагностики учебных достижений студентов. Для этого применяется методология математического моделирования, основанная на использовании соответствия Галуа. Для формирования оптимальных траекторий обучения в среде программного комплекса «Advanced Tester» применяется математический аппарат имплицативных матриц. Педагогический эксперимент проводится в равных долях на независимых выборках будущих программистов и учителей информатики Смоленского государственного университета. Результаты обучения в экспериментальной группе подтверждают эффективность применения графового моделирования, соответствия Галуа и имплицативных матриц для организации учебного процесса независимо от выбранного студентом для изучения алгоритмизации языка программирования.

Ключевые слова: диагностика, образовательный процесс, математическое моделирование, графовая модель, соответствие Галуа, IT-технологии, автоматизированные системы обучения

ON THE APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING METHODS IN TEACHING ALGORITHMIZING AT A UNIVERSITY

¹Kozlov S.V., ²Bykov A.A.

¹Smolensk State University, Smolensk, e-mail: svkozlov1981@yandex.ru;

²Branch of National Research University, Smolensk, e-mail: alex1by@mail.ru

The article discusses the issues of studying by university students the specialized directions of preparing the basics of algorithms and computer data processing structures. To organize the learning process, it is proposed to use mathematical modeling methods as tools for building a system of studied concepts and diagnosing educational achievements. The design of the model of educational material is carried out using the conceptual apparatus of graph theory. The graph model of knowledge is constructed in such a way that the training of students in the basics of algorithmizing is invariant relative to the chosen programming language. The construction of the model is performed by means of the "Advanced Tester" software package. At the same time, the initial graph model can be clarified and changed during training. On its basis, individual and group graph models for studying the subject of algorithmizing are automatically generated in the software environment. These models are formed in the "Advanced Tester" system based on the results of the analysis of educational achievements obtained in the course of diagnostics of students' educational achievements. For this, the methodology of mathematical modeling based on the use of the Galois correspondence is applied. For the formation of optimal trajectories of learning in the environment of the "Advanced Tester" software package, the mathematical apparatus of implicative matrices is used. The pedagogical experiment is carried out in equal shares on independent samples of future programmers and teachers of computer science at Smolensk State University. The results of the training in the experimental group confirm the effectiveness of the application of graph modeling, Galois correspondence and implicative matrices for organizing the educational process, regardless of the programming language chosen by the student to study algorithmizing.

Keywords: diagnostics, educational process, mathematical modeling, compliance of Galois, graph model, IT-technologies, automated training systems

В системе обучения программированию в вузе изучению основных структур и алгоритмов компьютерной обработки данных отводится особое внимание. Учебные дисциплины по освоению основ алгоритмизации образуют базис знаний будущего специалиста как в области IT-технологий, так и школьного учителя информатики. Без владения фундаментальными навыками составления программ с использованием базовых алгоритмических конструкций и классических структур данных невозможно быть профессионалом в сфере применения инструментальных средств разработки и обучения программированию.

В то же время выбор языка и среды программирования для получения необходимых умений и навыков решения прикладных задач с использованием средств инструментальных программ в последнее время далеко не однозначен. Если в школьной практике основное место занимает язык программирования Pascal, отвоевывает место под солнцем Python, «умирает» Basic, то при обучении даже в одном и том же вузе спектр систем программирования достаточно широк и многообразен. Здесь пропорции уже совсем иные. Основное место занимают Си-подобные языки программирования. Это семейство C, C++, C#, вносят разнообразие Python и Java, а также популярные среды для разработки мобильных приложений, например на языке Kotlin.

В связи с этим проблема выбора стартовой системы программирования носит достаточно актуальный характер. При этом нередко учебная программа обучения основам алгоритмизации в вузе не оставляет за студентом права варьирования базового языка программирования в соответствии с имеющимися у него навыками после обучения в школе и запросами на профессиональное обучение. Преподаватель обучает всех студентов в одной языковой среде. Однако если при изучении ряда курсов по программированию оправдан именно такой подход, то базовые алгоритмические конструкции и реализация классических алгоритмов обработки данных являются инвариантом во всех инструментальных средах. Таким образом, обучаемому может быть предоставлен осознанный выбор языка программирования как ответ на его образовательный запрос. При этом система обучения должна позволять реализовать профессиональное обучение в выбранном формате, универсальном относительно современных сред программирования. То есть преподавателю будет сложно обойтись без использования средств математического моделирования при организации процесса обучения.

Методы математического моделирования должны обеспечивать диагностику знаний и умений студентов инвариантно относительно выбранной системы программирования [1, 2]. Они должны предоставлять преподавателю возможность формировать компонентную базу элементов знаний и соответствующей ей набор заданий без привязки к конкретному языку программирования. При этом студент должен обладать возможностью выбора изучаемой

инструментальной среды и выполнения в ней предметных заданий на всем протяжении курса алгоритмизации. В качестве методов математического моделирования, обладающих таким потенциалом, можно предложить инварианты теории графов [3], соответствие Галуа [4] и многомерные импликативные матрицы [5, 6].

Цель исследования – описание и анализ применения возможностей программного комплекса «Advanced Tester» как инструмента математического моделирования для диагностики знаний студентов при изучении основ алгоритмизации и программирования в вузе.

Научная новизна состоит в применении функциональных инструментов математического моделирования программного комплекса «Advanced Tester» для организации индивидуального обучения основам алгоритмов и структурам компьютерной обработки данных с учетом профессиональных запросов в выборе системы программирования.

Материалы и методы исследования

Соответствие личностных запросов в области профессионального обучения программированию должно позволять наиболее полно раскрывать потенциал будущего специалиста. Сфера применения IT-технологий в XXI в. настолько расширила свои горизонты, что подготовка студентов должна учитывать их будущую специализацию еще на ранних этапах погружения в профессию. Только в этом случае запрос в подготовке программистов и учителей информатики со стороны работодателей и государства будет реализован в наиболее полной мере. Специалист в области программирования должен быть мобилен в выборе инструментальной среды решения прикладных задач.

Теоретико-методологической основой исследования служат, с одной стороны, фундаментальные положения теорий деятельности и личности, проблемами которых занимались Д.Н. Богоявленский, Л.С. Выготский, З.И. Калмыкова, А.Н. Леонтьев, М.И. Махмутов, Н.Ф. Талызина. С другой стороны, системный подход и теория личностно-ориентированного обучения, вопросы которых исследовали Ю.К. Бабанский, В.П. Беспалько, Е.В. Бондаревская, И.Я. Лернер, А.П. Тряпицына, И.С. Якиманская. А также теории диагностики и тестирования и концепции информатизации образования, идеи которых развивали В.С. Аванесов, С.А. Бешенков, С.П. Грушевский, В.В. Краевский, М.В. Кларин, К.К. Колин, А.Н. Майоров, В.М. Монахов, Ю.М. Нейман, И.В. Роберт, И.В. Слободчиков, М.Б. Чельшкова.

Совокупность данных подходов определяет систему профессиональных знаний студентов и вектор развития их умений на основе использования возможностей IT-технологий. Они выступают фундаментальной основой применения методов математического моделирования как инструментального средства цифровой оптимизации сферы образования. При этом

моделирование различных процессов образовательной деятельности позволяет наиболее адаптивно учесть многие факторы реализации индивидуального обучения при общей групповой образовательной системе. Так инварианты теории графов позволяют наполнить систему знаний компонентами индивидуального характера, которые студент выразил желание постичь на более глубоком профессиональном уровне. Методология соответствия Галуа дает возможность выявить латентные параметры обучения, которые оказывают существенное влияние на формирование знаний студентов. Она также позволяет реализовать обучение в малых группах на основе данных диагностики освоения предметных модулей [7]. Импликативные матрицы открывают перспективы генерации и выбора оптимальных траекторий обучения в соответствии с индивидуальными показателями обучения [8].

В контексте выбора студентом языка программирования объемная диагностическая работа проводилась с использованием информационной системы «Advanced Tester» [9], которая предоставляет преподавателю все необходимые механизмы математического моделирования процесса обучения. Ее функциональный потенциал востребован на всех этапах обучения, от построения моделей группового и индивидуального обучения, анализа текущих результатов учебной деятельности до оценки учебных достижений и формирования траекторий обучения студентов оптимальным образом. При этом для организации образовательного процесса использовались и иные средства IT-технологий [10, 11]. Так, все элементы курса для обучения студентов основам алгоритмизации были реализованы с помощью различных инструментов образовательной платформы Moodle.

Исследование состояло в следующем. Была выдвинута гипотеза исследования, что применение методов математического моделирования для формирования инвариантной относительно языка программирования модели учебного материала с использованием возможностей автоматизированных программных комплексов будет способствовать росту качества профессионального мастерства студентов в области IT-технологий. При этом необходима непрерывная диагностика учебных достижений в целостной системе мониторинга образовательного процесса [12].

Для этого в системе дистанционного обучения Moodle в рамках единого образовательного пространства [13] была создана исходная графовая модель учебного материала. Элементы знаний этой модели были инвариантны относительно выбранного студентом языка программирования. Включение элементов в модель основывалось на общих понятиях алгоритмизации, инвариантных алгоритмических конструкциях, классических и современных фундаментальных алгоритмов обработки данных. Также на базе основной модели были построены вспомогательные модели, которые учитывали развитие основных идей программирования на современном этапе научных достижений. Например, к таковым можно

отнести использование цикла `foreach` для обработки массивов данных в некоторых языках программирования. С одной стороны, такое расширение не является образующим фактором, так как по-прежнему при обработке данных в массивах, списках и словарях можно использовать цикл `for`. А с другой стороны, внедрение в коллекцию алгоритмических структур более компактной его записи облегчает структурирование и чтение программного кода. Иными словами использование подобных структур не играет решающей роли в построении алгоритма, но оказывает влияние на способ его записи, что не столь существенно при выработке решения программных проектов.

Отметим, что исходная графовая модель учебного материала является динамичной. Она может быть программно модифицирована уже в ходе обучения. Во-первых, это естественным образом обусловлено ввиду целевого разнообразия выбранных для изучения алгоритмизации языков программирования. Во-вторых, так как собственно обучение с учетом индивидуальных характеристик студентов подразумевает построение траекторий обучения оптимальным образом, то это должно быть отражено на компонентах учебного материала. Исходная графовая модель после вхождения в учебный процесс становится индивидуальной для каждого студента. Она модифицируется в зависимости от результатов его учебных достижений. Так, если студент в выбранной им для изучения алгоритмизации программной среде в полной мере не справляется с освоением учебных элементов, то для выяснения причин происходящего графовая модель может быть дополнена элементами знаний характерными для конкретной программной среды. Это необходимо для понимания того, с чем не справляется студент. Он не может осмыслить математическую модель алгоритма или он не может реализовать ее в программной среде ввиду недостаточных навыков синтаксической записи выбранного решения.

В процессе обучения исходная графовая модель должна быть также дополнена преподавателем компонентами, которые отражают специфику вклада в изучение основ алгоритмизации конкретной среды программирования. Данные модификации могут быть разработаны заранее или уже в ходе обучения в зависимости от выбора студентами языка и системы программирования. Таким образом, графовая модель приобретает сетевой характер. Программный комплекс «Advanced Tester» отвечает описанным требованиям, предъявляемым к графовым моделям. Он позволяет адаптивно строить и изменять как групповые модели учебного материала, так и автоматизированно генерировать индивидуальные графовые модели на основе общих с учетом анализа результатов учебных достижений.

Индивидуальные графовые модели показывают студенту и преподавателю, каким образом степень освоения учебного материала соотносится с личностными запросами обучаемого. Они позволяют наглядно продемонстрировать текущий уровень знаний и отразить на модели те

элементы знаний, которые требуют дополнительного изучения. Для этого в системе «Advanced Tester» с использованием методологии соответствия Галуа выявляются среди показателей обучения всех студентов общие закономерности, как правило, которые носят латентный характер. Это в данном случае также можно объяснить и тем, что положения алгоритмизации студенты реализуют средствами разных языков программирования. При этом если на первый взгляд это хочется объяснить спецификой среды программирования, то на самом деле это обусловлено глубинным непониманием учебного материала в области алгоритмического и логического мышления. На основании системного анализа с помощью инструментов программного комплекса «Advanced Tester» неусвоенные компоненты знаний разбивают на множества. Это необходимо для того, чтобы сформировать программными средствами малые группы для устранения ошибок в усвоении учебного материала и дальнейшей организации оптимального обучения. Состав данных групп, как набор и объем текущих заданий для каждой из них, варьируется в системе «Advanced Tester» с помощью математического аппарата импликативных матриц. Они позволяют сгенерировать и предложить на выбор преподавателю и студенту варианты дальнейшего обучения как для отдельно взятой малой группы, так и для студента внутри нее. Это необходимо преподавателю для построения и коррекции цикла общих групповых занятий, к которым относятся лекции. А также формирования повестки индивидуальных консультаций во время лабораторных занятий для разбора возникающих индивидуальных трудностей в освоении программы курса.

Таким образом, методология соответствия Галуа и импликативные матрицы на основе анализа учебных достижений открывают широкие возможности маневрирования при изучении материала курса. Двустороннее влияние как предмета изучения, так и выбранных для его освоения подходов и методов позволяет сформировать базовые навыки для дальнейшего обучения программированию оптимальным образом. У студента закладывается понимание в инвариантности языка программирования относительно алгоритмических структур и алгоритмов обработки данных. А также формируется осознанный языковой выбор технологических решений при построении математических моделей определенных классов задач. В совокупности такой подход реализует индивидуальные запросы студентов на начальном этапе формирования их профессиональных компетенций оптимальным образом. Построение учебного процесса таким способом закладывает основы понимания многофункциональности инструментальных средств алгоритмизации и определяет необходимость поиска оптимальных методологий программирования относительно предметной области решаемых практических задач.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальная деятельность проводилась в Смоленском государственном университете. В эксперименте участвовали студенты физико-математического факультета направлений подготовки «Прикладная математика и информатика», «Прикладная информатика» и «Педагогическое образование» с профилем подготовки по информатике. Исследование осуществлялось в рамках курсов «Структуры и алгоритмы компьютерной обработки данных» для непедагогических специальностей и «Алгоритмы и структуры данных» для будущих преподавателей информатики. Состав экспериментальной и контрольной групп определялся равномерной случайной выборкой. На каждом направлении профильного обучения студентов информатике в одной из подгрупп – контрольной преподавание дисциплин велось с применением традиционных подходов и методов, в другой – экспериментальной с использованием средств математического моделирования программного комплекса «Advanced Tester». Количественный состав каждой из групп был распределен равномерно. В состав экспериментальной группы входили 36 чел., а в состав контрольной группы – 38 чел.

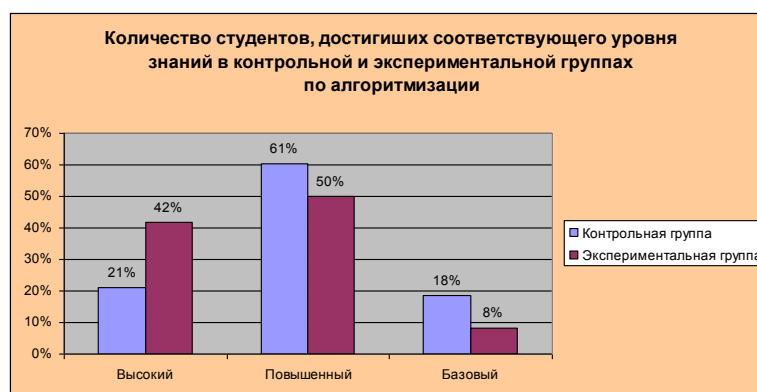
В каждой из подгрупп на входе в обучение было проведено диагностическое тестирование знаний студентов, восемь промежуточных диагностических срезов в ходе семестра, промежуточная контрольная и итоговая диагностические работы. Для определения уровня знаний и умений использовалась система оценки учебных достижений с помощью средств тестового контроля. Задача педагогического эксперимента заключалась в исследовании эффективности применения методов математического моделирования программного комплекса «Advanced Tester» для построения инвариантной относительно языковой среды программирования модели учебного материала и анализа уровня усвоения предметных знаний по основам алгоритмизации студентами при построении оптимальных траекторий обучения. Для подтверждения результативности использовались данные проверочных работ, количественный анализ которых осуществлялся по формуле $S = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5}{5}$, где S_1 , S_2 – теоретические вопросы, а S_3 , S_4 , S_5 – практические задания, оцененные по пятибалльной системе. Данные итоговой диагностики знаний и умений по базовым алгоритмическим конструкциям и основным алгоритмам обработки данных представлены в таблице.

Результаты формирующего этапа эксперимента по алгоритмизации

Группа	Число учащихся, достигших уровня усвоения знаний			Всего
	Высокий	Повышенный	Базовый	

Контрольная группа	8	23	7	38
Экспериментальная группа	15	18	3	36
Всего	22	47	10	740

Результаты формирующего этапа эксперимента по алгоритмизации также отражены на диаграмме, представленной на рисунке.



Результаты формирующего этапа эксперимента по алгоритмизации

Качественный анализ условий и результатов эксперимента. Из представленных в таблице и на диаграмме данных можно сделать вывод, что распределение количественных оценок соответствует нормальному закону распределения. Показатели высокого уровня в экспериментальной группе выше, чем в контрольной группе. Показатели базового уровня учебных достижений выше, наоборот, у студентов контрольной группы. Это объясняется, на наш взгляд, тем, что использование функциональных инструментов математического моделирования автоматизированной системы «Advanced Tester» способствовало усвоению знаний студентами оптимальным образом в соответствии с их профессиональными образовательными запросами. При этом в контрольной группе ввиду отсутствия возможности выбора языка программирования и минимальной текущей диагностики снижалась мотивация и контроль уровня результатов учебных достижений. Данные обучения студентов алгоритмизации подтверждают выдвинутую гипотезу исследования. Они характеризуют инвариантность применяемых методов математического моделирования при изучении алгоритмизации относительно специфики области языка программирования. Исходя из результатов формирующего этапа экспериментальной деятельности, которые демонстрируют устойчивый положительный рост уровня учебных достижений студентов на протяжении всего курса алгоритмизации с использованием математического функционала автоматизированной системы «Advanced Tester» можно констатировать достижение поставленных в ходе эксперимента задач.

Заключение

В соответствии с представленными данными педагогического эксперимента можно сделать вывод о целесообразности использования для формирования модели учебного материала и проведения диагностики знаний студентов методов математического моделирования. Так, результаты проведенных диагностических работ по алгоритмизации характеризуют более высокий уровень полученных студентами экспериментальной группы знаний и умений по сравнению со студентами контрольной группы. Они также подтверждают независимость выбора языка программирования для изучения основ алгоритмов и компьютерной обработки данных. При этом использование возможностей программного комплекса «Advanced Tester» позволяет реализовать такую систему инвариантного относительно языка программирования изучения предмета. Обучение на разных языках программирования основам алгоритмизации подчеркивает общие характеристики овладения базовыми знаниями в данной области. Прежде всего, будущий программист должен владеть развитыми навыками алгоритмического и логического мышления при решении задач профессиональной практики, а затем уже выбирать средство реализации своих идей.

В заключение отметим, что методы математического моделирования должны непрерывно совершенствоваться, а спектр их внедрения расширяться [14, 15]. Представление учебного материала в виде программно модифицируемых графовых моделей и использование диагностических методов на основе инструментов математического моделирования, объединенных в единой автоматизированной системе, позволяют эффективно осуществлять образовательный процесс в соответствии с профессиональными потребностями обучаемых студентов. Таким образом, это раскрывает более широкие перспективы разностороннего применения методов построения и моделирования учебного материала и введения методов диагностики в практику преподавания учебных дисциплин в вузах.

Список литературы

1. Киселева О.М. Использование математических методов для формализации элементов образовательного процесса // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. № 2 (18). С. 51–57.
2. Козлов С.В., Суин И.А. О некоторых аспектах применения инвариантных методов функционального анализа данных в различных предметных областях // Системы компьютерной математики и их приложения. Смоленск, 2019. № 20–1. С. 199–205.
3. Зыков А.А. Основы теории графов. М.: Вузовская книга, 2004. 664 с.

4. Парватов Н.Г. Соответствие Галуа для замкнутых классов дискретных функций // Прикладная дискретная математика. 2010. № 2 (8). С. 10–15.
5. Ковалёв В.А., Мунерман В.И. Использование многомерных матриц для решения задач нахождения путей в графе // Системы компьютерной математики и их приложения. 2016. № 17. С. 52–53.
6. Муха В.С. Математические модели многомерных данных // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2014. № 2 (80). С. 143–158.
7. Киселева О.М. Применение методов математического моделирования в обучении: дис. ... канд. пед. наук. Смоленск, 2007. 181 с.
8. Козлов С.В. Использование алгебраических структур для моделирования процессов в сложных информационных системах // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: сборник материалов IX Всероссийской конференции с международным участием. Оренбург, 2019. С. 436–440.
9. Козлов С.В. Особенности использования методов интеллектуального анализа данных в обучающих информационных системах // International Journal of Open Information Technologies. 2020. Т. 8. № 7. С. 29–39.
10. Максимова Н.А. Моделирование информационно-образовательной среды учебного заведения // Концепт. 2016. № 5. С. 195–200.
11. Размахнина А.Н., Баженов Р.И. О применении экспертных систем в различных областях // Постулат. 2017. № 1 (15). С. 38.
12. Тихонова Л.П. Актуальные вопросы разработки современных средств мониторинга и контроля качества обучения // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: материалы 23-й Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 2018. С. 602–605.
13. Бояринов Д.А. Модель управления качеством обучения в условиях адаптивного сетевого образовательного пространства // Проблемы современного образования. 2019. № 4. С. 202–211.
14. Козлов С.В., Быков А.А. Применение методов математического моделирования для диагностики знаний школьников // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 157–162; URL: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38632> (дата обращения: 01.05.2021).
15. Горева О.М., Осипова Л.Б. Перспективы развития дистанционной формы обучения студентов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–1; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=21312> (дата обращения: 23.05.2021).