Е. З. Власова

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДАПТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ

Рассматривается возможность использования адаптивной технологии обучения при преподавании курса «Математическое моделирование». Предлагаемая технология основана на активном привлечении студентов к проектированию и машинной реализации разнообразных вариантов математических моделей и вычислительных алгоритмов решения систем линейных уравнений и способствует активизации их мыслительной деятельности.

Одна из важнейших функций образования заключается не столько в обеспечении студентов системой знаний, сколько в необходимости научить их продуктивным способам и умениям приобретать знания, применять их на практике и вырабатывать самостоятельно научные знания в любой сфере своей будущей профессиональной деятельности. Профессиональная деятельность состоит в решении многочисленных мыслительных задач, реализация которых предполагает последовательную практическую деятельность. Именно поэтому усвоение знаний предусматривает одновременно и развитие самостоятельного мышления. Умственная деятельность студента успешно развивается на фундаментальных принципах, призванных не только обогащать память, но, главное, развивать мышление будущих специалистов. Для активизации мыслительной деятельности студентов необходимо использовать инновационные технологии и создавать условия для их реализации. Мы рассматриваем адаптивную технологию обучения одной из дисциплин предметного блока — «Математическое моделирование». Эта дисциплина характеризуется открытостью, динамичностью, междисциплинарностью. Она может выступить механизмом системного согласования, системной корреляции между изучаемыми и изученными дисциплинами, позволит трансформировать знания студентов на качественно новый уровень. В значительной степени это объясняется тем, что само математическое моделирование постоянно развивается и совершенствуется вследствие активного использования специалистами этой области современных достижений науки и техники.

К таким достижениям, прежде всего, следует отнести быстродействующую многопроцессорную вычислительную технику. Ее появление приводит к пересмотру существующего математического обеспечения и алгоритмов традиционного последовательного типа и к переходу на более эффективные, параллельные. Разработка параллельных алгоритмов, учитывающих архитектурные особенно-

сти ЭВМ, является сложным, трудно автоматизируемым процессом. Она требует исчерпывающих знаний о специфике предметной области, о численных методах, алгоритмах и архитектуре вычислительной системы.

При рассмотрении вопросов параллельных вычислений в качестве основного математического аппарата обычно выбирают линейную алгебру. Численные методы линейной алгебры относятся к классическим задачам вычислительной математики. Они являются основой решения большого количества вычислительных задач, особенно в математической статистике. По этому поводу В. П. Ильин[1] замечает: «Наиболее сложные вычислительные задачи в математической физике описываются нелинейными системами дифференциальных и интегральных уравнений, и методы их решения составляют разветвленный многоэтажный ансамбль, а составляющие его фундамент — задачи линейной алгебры». Продолжая эту мысль, он отмечает, что даже такая, казалось бы, изученная со всех сторон задача решения системы линейных алгебраических уравнений содержит многообразие вопросов[2]. Учитывая практическую значимость этой задачи для математического моделирования, автор статьи при преподавании курса «Математическое моделирование» уделяет ей особое внимание. В содержание курса включены для изучения следующие вопросы:

1. Решение систем линейных уравнений гауссовским методом последовательного исключения неизвестных по столбцам с различными вариантами алгоритмов прямого и обратного хода, ориентированными на ЭВМ с последовательной и параллельной архитектурой и основанными на многовариантности структур эквивалентных преобразований.

2. Варианты вычислительных алгоритмов гауссовского метода оптимального исключения неизвестных по столбцам (с преобразованием по строкам и по столбцам).

3. Модифицированные алгоритмы преобразования матрицы в методе Гаусса—Жордана (на основе преобразования матриц по строкам и по столбцам).

4. Проектирование алгоритмов обнуления матрицы по строкам в гауссовских методах решения систем линейных уравнений.

5. Нестандартные алгоритмы выбора главного элемента.

6. Методы треугольной факторизации на основе скалярного перемножения матриц для решения систем линейных уравнений.

7. Решение систем линейных уравнений методом факторизации на основе антискалярного перемножения матриц.

8. Методы краковянной факторизации для решения систем линейных уравнений.

9. Антикраковянная факторизация в решении систем линейных уравнений.

Для практической реализации предлагаемого содержания учебного предмета автором были разработаны модифицированные методы и алгоритмы решения систем линейных уравнений на базе общеизвестного метода Гаусса. Применение новых способов эквивалентного преобразования матриц к решению общеизвестной задачи позволяет на практике показать студентам бифуркационную картину научного поиска, продемонстрировать многообразие существующих вариантов достижения поставленной цели и, как следствие, расширить их представления о возможностях постановки и решения проблем нестандартными креативными средствами. Это, в свою очередь, формирует и развивает рефлексивные знания студентов. Ведь на примере общеизвестной задачи решения систем линейных уравнений методом Гаусса показывается возможность приобщения студентов к научному поиску. Предложенные новые варианты проблемных заданий направлены на активизацию деятельности мышления студентов. Они сформулированы таким образом, чтобы инициировать у них целенаправленный

мыслительный процесс при поиске лучшего алгоритма для вычислений. Студент в процессе самостоятельной поисковой деятельности, разработавший математическую модель и вычислительный алгоритм, на практике убеждается, что «…наука — это не сумма формул, а метод, с помощью которого творческий ум может создать порядок из хаоса и единство из многообразия. Любая формула есть результат такой творческой деятельности»[3].

Широкие возможности для развития творческой деятельности предоставляет и предлагаемый для изучения материал по решению систем линейных уравнений методами факторизации. Их различные варианты были разработаны автором статьи в процессе проведения научных исследований[4] и представлены в виде обобщенной технологии разработки вычислительных моделей решения систем линейных уравнений методами факторизации. Студенты знакомятся с ними при изучении теоретического материала и при выполнении индивидуальных заданий. Эти задания предлагается рассматривать, согласно Д. Гильберту, как средство для совершенствования «техники нашего мышления»[5]. Развитая техника мышления является основой для операциональности знаний студентов, которая еще больше развивается на примере решения систем линейных уравнений нестандартными методами факторизации (антискалярной, краковянной, антикраковянной). На их примере студенты знакомятся с новым типом табличной записи элементов. Тем самым информатика, а конкретно — курс «Математическое моделирование и численные методы», позволяет не только систематизировать знания студентов по линейной алгебре, но и расширить их, показать многообразие вариантов их практического применения. В этом проявляется гносеологичность информатики как учебного предмета и ее способность формировать аналогичную функцию у будущих учителей. Разработанный теоретический материал по решению систем линейных уравнений методом факторизации послужил основой для разработки адаптивной технологии обучения студентов, основанной на принципах нелинейности, открытости, самоорганизации и междисциплинарности.

Использование этой технологии предлагает организовывать направленную деятельность студентов при проектировании ими вычислительных моделей и алгоритмов решения систем линейных уравнений. Сложность, нетривиальность и специфика таких учебных задач будет заставлять студентов целенаправленно активизировать и систематизировать имеющиеся у них знания по известным численным методам линейной алгебры, по алгоритмизации, программированию и микропроцессорной технике. То есть само учебное задание обеспечивает появление качественно более совершенной структуры знаний у студентов на основе междисциплинарного решения поставленной задачи. Кроме того, актуализация разрозненных знаний для решения конкретной учебной задачи способствует самоорганизации студентов как с точки зрения их знаний, так и с точки зрения развития у них исследовательских навыков.

Разработка вычислительного алгоритма и его практическая реализация потребует от студента анализа его эффективности с точки зрения учета машинной реализации вычислительных операций, обмена с внешней памятью, архитектурных особенностей ЭВМ, получения устойчивого решения. При оценке алгоритма также следует учитывать трудозатраты и надежность вычислений. Здесь перед студентами появляется проблема выбора, которая, как мы видим, характеризуется многими параметрами. Можно говорить, что деятельность студента при проектировании численного метода и алгоритма решения системы линейных уравнений представляет собой бифуркационную картину и характеризуется нелинейностью выбора. Конкретные при-

меры использования нелинейной техники обучения при проектировании вычислительных методов и алгоритмов решения системы линейных уравнений предлагается рассматривать на базе гауссовских методов и методов треугольной факторизации. На их примере можно продемонстрировать работу синергетических принципов обучения с одновременным формированием у будущих учителей таких функций, как гностическая, проектирующая, конструкторская. Кроме того, технология обучения, основанная на проектировании студентами инвариантных численных методов и алгоритмов, позволяет формировать у них научный стиль мышления, то есть учит их мыслить общенаучными понятиями, принципами, законами, а не просто применять и усваивать готовые практические рекомендации.

Выделим для последующего обоснования исходные черты научного стиля мышления, необходимые современному специалисту: нелинейность, открытость, критическая самооценка, понимание преемственности и взаимообусловленности научных знаний, детерминизм, то есть овладение пониманием причинно-следственных связей, событий и явлений, системность, интеграция различных областей знаний и взаимопроникновение методов познания.

Обучение проектированию адаптивных вычислительных моделей и алгоритмов следует проводить в контексте с математическим моделированием, поскольку теоретической и прагматической базой информатики является математическое моделирование. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент позволяют исследователю получать новые, нетривиальные результаты, а следовательно, и знания, без которых, не может быть поставлена и должным образом решена та или иная научная задача. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент, включенные в человеческую деятельность, выступают усилителями человеческого интеллекта, повышают творческий потенциал исследователя, дают ему возможность вести направленный поиск и, в конечном итоге, принимать требуемые решения.

Проблема организации параллельных вычислений относится к нестандартным и требует нетрадиционного подхода со стороны исследователей и творческой мыслительной деятельности человека-специалиста. По мнению одного из ведущих отечественных исследователей в области параллельных вычислений В. А. Вальковского[6], «…при разработке параллельных алгоритмов очень важно уметь выйти для поиска закономерностей в смежные или более широкие предметные области». Пользуясь терминологией синергетики, исследователь в области параллельных вычислений должен из хаоса идей и мыслей и имеющегося разнообразия знаний из различных предметных областей, составляющих креативное поле поиска, выделить и развить нужную алгоритмическую структуру или организовать новую структурную модель для реализации параллельных вычислений. Это возможно на основе многовариантности и альтернативности путей исследования существующих последовательных численных методов и алгоритмов и их реализации на новых типах параллельных вычислительных систем. Очевидно, что только исследователь с нелинейным мышлением способен работать над созданием алгоритмов с принципиально другими свойствами и характеристиками, нежели для компьютеров с фон-неймановской архитектурой.

Преодоление инерционности мышления, понимание необходимости использования нестандартных подходов, основанных на интегрированности знаний и подходов в решении проблемы параллельных вычислений, являются основой для продуктивных исследований. Это требует подготовки специалистов, с одной стороны, с разносторонними знаниями, а с другой — со сформированным нелинейным стилем мышления.

Технология проектирования новых математических моделей факторизаций во многом будет совпадать, поэтому целесообразно ее изложить унифицированно на одном-двух вариантах, а в остальных случаях достаточно отметить их характерные особенности. Практическую деятельность студентов по разработке разнообразных моделей решения системы линейных уравнений методом факторизации будем рассматривать как средство формирования нестандартого мышления, проектных и конструктивных способностей студентов (а следовательно, соответствующих учительских функций). Это соответствует идее Г. Г. Малинецкого о том, что «…работа в области математического моделирования предполагает стиль мышления, в котором глубина и конкретность сочетаются с широтой и пониманием общих идей»[7]. Такой своеобразный стиль мышления будем понимать как нелинейное мышление, для которого характерен нестандартный, творческий подход к решению задач, многовариантность, альтернативность принимаемых решений, оригинальность путей исследования, максимальное расширение поля поиска, переоценка познавательных ценностей, уравновешивание главного и неглавного, существенного и несущественного в исследовательском процессе.

Работоспособность полученных студентами вычислительных методов необходимо проверять методом моделирования на ЭВМ. Математическое моделирование является одной из наиболее мощных современных познавательных технологий. А его наиболее высокая ступень — вычислительный эксперимент — по праву считается «новой интегрирующей технологией научных исследований»[8]. Познавательная значимость математического моделирования усиливается и тем, что этот метод является порой единственным для изучения точностных характеристик новых численных методов. Как замечает Г. Г. Малинецкий, «главное из того, что дал вычислительный эксперимент, привело к рождению новых идей, теорий, методов, к развитию междисциплинарных подходов»[9].

Математическое моделирование дает в руки исследователя (в нашем случае — студента-исследователя) принципиально новый аппарат познания, который реализуется с помощью вычислительного эксперимента. П. Н. Вабищевич (специалист в области математического моделирования и одновременно преподаватель этой дисциплины в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова) предлагает рассматривать вычислительный эксперимент как «удобную форму кооперации умственного труда, повышение его производительности»[10]. Такая трактовка созвучна идеям синергетики. «Синергетика синтезирует фрагменты обыденного и научного знания, дисциплинарно разбросанного знания»[11].

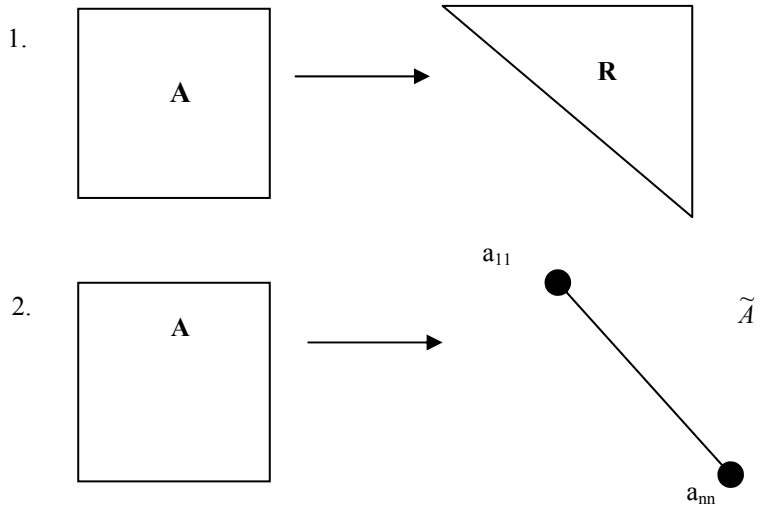
Овладение будущими учителями современной методологией научного исследования позволит решить одну из основных задач информатизации высшего педагогического образования — обеспечение общеобразовательной подготовки учителя к жизни в информационном обществе и его профессиональной подготовки к применению информационных технологий в учебном процессе и в управлении обучением.

Алгоритмы параллельных вычислений предлагается изучать с использованием общеизвестного метода решения систем линейных уравнений — метода Гаусса. Выбор этого метода также обусловлен тем, что он изучается в школьной учебной программе по математике и информатике. То есть содержание специальной дисциплины учитывает профессиональную ориентацию будущего специалиста. Предлагаемая технология основана на привлечении студентов к самостоятельному участию в разработке различных модификаций математических моделей численного метода и их разнообразных вычислительных алгоритмов по индивидуальному заданию. Она позволяет отойти от традиционного подхода к обуче-

нию, где преподаватель обычно навязывает учащимся свою логику рассуждений, свою систему ассоциативных связей. Сконструированная автором статьи адаптивная технология ориентирована на формирование у студентов профессионального сознания и педагогических ценностей в форме оперативных знаний, программ и моделей действий, а также самосознания. В основе технологии — специально сконструированные учебные задачи, которые позволяют включить студента в активное усвоение содержания курса. Такой подход выбран с учетом того, что актуально сознается только то содержание, которое является предметом целенаправленной активности субъекта, то есть занимает структурное место цели внутреннего и внешнего действия в системе той или иной деятельности.

В качестве конкретной учебной деятельности студентам предлагается разрабатывать разнообразные варианты математических моделей и вычислительных алгоритмов решения одной и той же задачи — решение систем линейных уравнений с сохранением основополагающих идей Гаусса.

В гауссовских методах матрица коэффициентов А преобразуется в правую верхнюю треугольную матрицу R_u или в диагональную матрицу $\widetilde{A}$ с направлением по главной диагонали сверху вниз $a_{11} \div a_{nn}$:

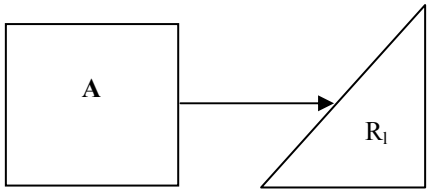


Развитие нелинейного мышления у студентов будем формировать, разрабатывая модифицированные вычислительные методы и алгоритмы решения системы линейных уравнений.

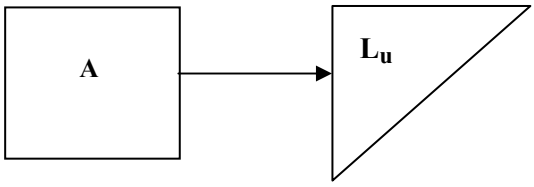
$$A\,X = B,$$

изменяя конфигурацию, то есть структуру треугольных или диагональных матриц, в которые преобразуется исходная матрица коэффициентов А. Например, проведенные исследования показывают, что аналогичные результаты можно получить, преобразуя матрицу А:

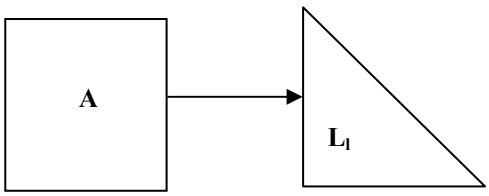
– в правую нижнюю R_l



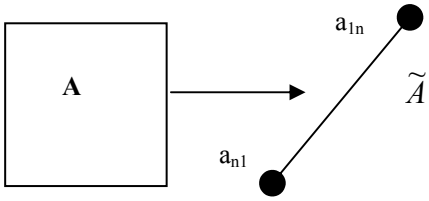
– в левую верхнюю L_u



– в левую нижнюю L_l



или в диагональную матрицу, ориентированную по побочной диагонали (антидиагонали) между элементами $a_{1n} \div a_{n1}$:



Направление преобразования для получения диагональной матрицы может быть как сверху — вниз (a_{11} — a_{nn}; a_{1n} — a_{n1}), так и снизу — вверх (a_{nn} — a_{11}; a_{n1} — a_{1n}).

Многообразие вариантов решения поставленной задачи увеличивается вдвое, если будем учитывать продиктованную практикой процедуру обнуления матрицы А не только по столбцам, но и по строкам. Дополнительно, в целях повышения вычислительной устойчивости, будем рекомендовать студентам при выполнении заданий учитывать еще один разработанный автором — четвертый — вариант алгоритма выбора главного элемента.

Описанное многообразие предлагаемых проблемно-поисковых заданий расширяется, если дополнить задания требованиями к адаптации алгоритмов на современную архитектуру ЭВМ (параллельную). Сложность и нетривиальность этих заданий позволяет классифицировать их как творческие. Выполнению этих заданий должно предшествовать изложение соответствующего теоретического материала преподавателем. Необходимо отметить, что оно соответствует новому приоритетному направлению в научных и практических исследованиях, важному как для информатики, так и для других наук. Поэтому изучение этого материала с точки зрения педагогики имеет важное методологическое значение.

Нестандартность и обширность предлагаемого для изучения содержания требует от преподавателя специальной дисциплины пересмотра подходов в изложении материала. Оно должно быть компактным и выразительным, основанным на уже имеющихся у студентов знаниях. Учитывая это, при проведении занятий автором диссертации наравне с координатной формой записи моделей и алгоритмов решения СЛУ использовалась и их матричная интерпретация. Представление учебной информации в различной знаковой форме обеспечило улучшение усвоения материала и продемонстрировало многообразие форм записи научных фактов.

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] *Ильин В. П.* Вычислительная информатика: открытие науки. Новосибирск, 1991. С. 95.

[2] Там же. С. 97.

[3] *Стефанюк В. Л.* Обучающие системы. 5-я Национальная конференция по искусственному интеллекту // Новости искусственного интеллекта. 1996. № 3. С. 18–19; 105–122.

[4] *Власова Е. З., Кузин З. С.* Решение систем линейных уравнений методами факторизации: Уч. пособ. СПб., 2000.

[5] *Гильберт Д.* Основания геометрии. М.; Л., 1948. С. 382.

[6] *Вальковский В. А.* Параллельные вычисления // Вычислительные системы. М., 1989. С. 45–57.

[7] *Малинецкий Г. Г.* Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: Введение в нелинейную динамику. М., 1997. С. 3.
[8] Там же. С. 5.
[9] Там же. С. 3.
[10] *Вабищевич П. Н.* Численное моделирование. М., 1993. С. 27.
[11] *Малинецкий Г. Г.* Цитир. изд. С. 9.

E. Vlasova

ORGANISATIONAL AND PEDAGOGICAL CHARACTERISTICS OF ADAPTIVE TEACHING TECHNOLOGIES BASED ON THE INFORMATION COMMUNICATIVE MEANS

A possibility of applying an adaptive teaching technology for the course "Mathematical Modelling" is considered. The suggested technology is based on having students design and apply various versions of mathematical models and calculation algorithms of solving systems of linear equations.