ТЕСТ ТЬЮРИНГА И КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В.А. Еровенко, О.В. Тимохович
Белорусский государственный университет

Успешная компьютеризация математического образования зависит не только от количества компьютерных классов, но и от качества его методического обеспечения. Математически конструктивно мыслит не тот, кто только соревнуется с компьютером, а тот, кто видит наиболее значимые проблемы этого состязания и пытается, подобно Алану Тьюрингу, осознать их методологическую сущность.

Моделирование мышления

Общепринятые в педагогической практике оценочные процедуры знания не позволяют судить о наиболее существенных результатах творческого педагогического процесса, заслуживающего такого названия. Труднее всего оценить уровни компетентности, относящиеся к научно-исследовательской деятельности и инициативным или руководящим способностям. Отсутствие адекватных методов оценки в образовательной политике имеет под собой вполне объективное основание. Оно связано с ответом на вопрос: “ Можно ли представить себе мышление как запрограммированный процесс?”, или в более широкой постановке: “Существует ли алгоритм мышления?” Попытаемся проанализировать эту проблему с точки зрения современного математического образования.

Убедительность доказательства зависит от багажа математических знаний, поскольку для профессионально подготовленного математика доказательство может быть достаточно коротким, а для новичка такое доказательство может оказаться довольно сложным. Вопреки распространенному мнению формализация не является синонимом надежности математических рассуждений. Когда математик в сложных ситуациях хочет убедиться в том, что математический результат верен, то он не формализует его доказательство, то есть не сравнивает его шаги с формальными правилами, а пытается сделать его доступным для понимания. Веря в практическую надежность обычной математики, он полагается не на логические, а на математические основания.

Английским математиком Аланом Тьюрингом для решения абстрактных логических проблем была предложена гипотетическая машина, позволяющая определять, какие проблемы разрешимы, а какие нет, которая привела к перевороту в понимании выполнения вычислений на реальных машинах. Проблема разрешимости формулируется следующим образом: найти общий метод, позволяющий определить, выполнимо ли данное высказывание на языке формальной логики, то есть установить его истинность. Тьюринг уловил определенную связь между проблемой разрешимости и идеей вычислимости функции:

- нужна была сравнительно простая, но достаточно точная модель процесса вычисления;
- машина, предложенная Тьюрингом, отвечала этим требованиям, хотя это не настоящий компьютер;
- в его модели увязана идея вычислимой функции с результатами Кантора по теории бесконечных множеств.

Используя идею немецкого математика Георга Кантора, можно показать, что множество всех вычислимых функций имеет ту же мощность, что и множество всех натуральных чисел, то есть это счетное множество, а множество всех функций больше множества натуральных чисел. Поэтому отсюда следует вывод о том, что не все функции вычислимы. Более того, было доказано, что все понятия алгоритма, используемые в математике, эквивалентны в том смысле, что алгоритмически определимые функции над минимальным базисом понятий совпадают. Однако совпадение определимости не означает сопоставимости ресурсов, необходимых для вычисления конкретной функции различными понятиями алгоритма.

Утверждение о том, что все можно вычислить на машине Тьюринга некорректно, когда применимость неявно подменяют определимостью. Поскольку термины “околокомпьютерной” методологии слишком многозначны, то в поисках практического решения проблемы искусственного интеллекта Алан Тьюринг предложил своеобразную “игру в имитацию”, получившую вскоре широкое распространение. В знаменитой статье Алана Тьюринга “Вычислительные машины и интеллект”, появившейся в философском журнале “Mind” в 1950 году, была предложена идея ответа на вопрос о том, можно ли с некоторым на то основанием утверждать, что “машина думает”, называемая сейчас “тестом Тьюринга”. Он считал, что вопрос “может ли машина мыслить?” должен решаться не на эмоциональном уровне, а при помощи точных критериев того, что такое мышление, предложив в качестве одного из таких критериев тест, суть которого заключена в следующем утверждении. Если машина может длительное время поддерживать виртуальный диалог с человеком, не знающим, кто его партнер, и если последний уверен, что разговаривал с человеком, то она может считаться разумной.

В середине 60-х годов XX столетия американский ученый Джозеф Вейценбаум создал программу “Элиза”, которую, как и знаменитую героиню пьесы Бернарда Шоу “Пигмалион”, можно было обучать “говорить” все лучше и лучше. Сначала эксперимент профессора фонетики Генри Хиггенса по обучению бывшей цветочницы Элизы Дулиттл литературному языку удался лишь отчасти. Элизу забыли научить “речевой прагматике”, то есть навыкам светского разговора. Тем не менее Элиза оказалась способной не только в обучении нормам литературной речи, она благодаря этому изменилась как личность. В художественном мире “Пигмалиона” человек рассматривается как изменяемая или обучаемая личность. “Стоило бы к этому прислушаться тем, кто категорически настаивает на существенности различий между людьми, например, по их математическим способностям” [1, с.27]. Главный вывод,

сознательно или бессознательно сформулированный в пьесе “Пигмалион” Бернардом Шоу, состоит в том, что мышление человека – это его язык, его речевая деятельность.

Программа “Элиза” имитировала диалог между психоаналитиком и пациентом, не пытаясь понять человеческий язык, а просто на основе формальных знаний о правилах синтаксиса “возвращала” человеку его собственные утверждения. Джозеф Вейценбаум стремился показать, что общее решение задачи понимания машиной естественного языка невозможно, так как понимание языка происходит исключительно в рамках определенного контекста и даже эти рамки бывают общими для различных людей лишь в ограниченной степени. Эксперименты подобного рода продолжались повсеместно. Так программа “Эллочка”, созданная на отделении математической лингвистики Киевского государственного университета, в отличие от “Элизы”, вычислений не производит, однако может вести беседу с человеком более тонко и гибко. Укажем также на диалоговую систему “Учитель и ученик”, созданную в 1970 году американскими разработчиками.

Программа “Элиза” экспериментально опровергла тест Тьюринга в его примитивном понимании, поскольку люди воспринимали эту программу как достаточно разумного и доброжелательного собеседника. Алан Тьюринг переоценил интеллект среднего человека. По существу эти эксперименты выявили внерациональные аспекты того, что даже сложные формальные операции человек понимает иногда как неформальные. Знаменитый английский математик и физик Роджер Пенроуз настаивает на том, что деятельность сознания не подлежит обычному компьютерному моделированию, то есть сознание является невычислительным процессом. С другой стороны, говорит он, ‘‘тест не очень-то честный по отношению к компьютеру’’ [2, с.22]. Речь идет о том, что если бы роли человека и машины поменялись так, чтобы человеку нужно было бы имитировать компьютер, то тогда определить “кто есть кто” было бы гораздо легче. Для этого достаточно было бы задать какой-нибудь сложный арифметический пример, не составляющий труда для хорошего компьютера. Хотя всегда есть исключения такого рода, когда среди людей встречаются “вычислительные дарования”.

В своей нашумевшей книге “Новый ум короля” Пенроуз излагает аргументы в пользу того, что действие нашего сознания, наделенного разумом, неалгоритмично, то есть невычислимо, и не может быть описано в рамках современной физической теории. Компьютеры, имеющие огромные логические и вычислительные ресурсы, слишком часто используют для того, чтобы искусственно продлить жизнь исчерпавшим себя структурам и методам за счет большего объема памяти или более мощного процессора. Для образовательных целей можно значительно упростить тест Тьюринга. При диалоговом режиме работы с компьютером не стоит требовать от него больше того, чем это надо с точки зрения образовательных технологий, в частности, идеального подражания человеку. Достаточно того, чтобы обучаемый по ответам на свои вопросы убедился в том, что имеет дело с “сознательным разумом”, хотя и чужеродным для него по стилю мышления.

Сказанное означает, что современная компьютерная поддержка университетского математического образования не должна игнорировать лучшие достижения мировой гуманитарной и математической мысли, не соблазняясь примитивными моделями, выдаваемыми за универсальные решатели задач, и саморекламой воинствующего “полузнания”.

Инструменты познания

Учащиеся и студенты учатся использовать компьютерные возможности как средство обучения настолько, насколько эти возможности позволяют им это осуществить. Английский специалист в области компьютерных технологий Джон Кателл считает, что изучение этой проблемы должно проходить в рамках следующей гипотезы: “как использование новых технологий изменяет деятельность человека, так манера, в которой мы говорим об этих технологиях, изменяет наш язык и наше мышление. Эта новая манера разговора приводит к изменениям в мире, который мы создаем” [3, с.13]. Применение компьютеров в учебном процессе способствует реализации следующих важных функций:

- автоматизации процессов сложновычислительной и информационно-поисковой деятельности, операций по сбору, передаче и тиражированию полезной информации;
- компьютерной визуализации учебной информации и обеспечению обратной связи между пользователем и средствами информации в диалоговом режиме;
- автоматизации процессов информационно-методического обеспечения учебной деятельности и контролю за результатами усвоения нового учебного знания.

Остановимся подробнее на функциях преподавателя и студента в учебном процессе при условии использования компьютерной поддержки образования. Появление интерактивного партнера в лице компьютера приводит к закономерному изменению роли обучающего в образовательном процессе. Благодаря электронным учебным комплексам, содержащим лекции и практические занятия, а также большое количество учебных задач для самостоятельного решения и разнообразных материалов для самоконтроля, преподаватель уже не тратит значительную долю времени на передачу учебной информации, а получает возможность сосредоточиться на решении творческих и организационных задач. Студенты, со своей стороны, будут избавлены от необходимости записывать каждое слово преподавателя, смогут активнее участвовать в интеллектуальном процессе обучения. Таким образом, грамотное использование компьютерной поддержки позволяет установить между преподавателем и студентами конструктивный диалог, который является необходимым условием качественного образования.

Роль обучаемого как потребителя учебной информации также меняется. Он переходит на более сложный путь поиска, выбора информации, ее обработки и передачи. Применение учебной информации, добытой студентом самостоятельно, переводит процесс обучения с уровня пассивного потребления

информации на уровень активного ее преобразования, а в идеале – на уровень самостоятельной постановки учебной задачи, выдвижения гипотезы для ее разрешения, проверки ее правильности и формулирования выводов. Таким образом, наиболее существенным преимуществом использования компьютерной поддержки в образовательном процессе является не столько ускорение различного рода вычислений и расширение возможностей по поиску и обработке информации, сколько то, что компьютер позволяет студенту самому выбирать тот или иной способ обработки информации для решения конкретной задачи, обеспечивая возможность постоянного контроля за информацией и быстрого изменения учебных целей.

Особняком стоит применение компьютеров непосредственно для обучения и для контроля знаний учащихся. Зачастую обучающие технологии используются лишь в качестве средства передачи информации. В процессе обучения студенты постигают смысл сообщений компьютера и взаимодействуют с обучающей технологией. Это взаимодействие часто ограничивается нажатием клавиши для продолжения представления информации или ответа на вопросы, задаваемые программой. Компьютер запрограммирован так, чтобы определенным образом реагировать на ответы учащегося. В этой технологии отсутствует какой-либо значимый контроль за процессом обучения со стороны студентов или преподавателей. Образовательная информация слишком часто направлена на то, чтобы избавить студентов от размышлений, она действует подобно наставнику и направляет процесс обучения. Такое использование компьютерных обучающих технологий приносит больше вреда, нежели пользы.

Важной составляющей процесса обучения является докомпьютерная логическая и математическая подготовка. Компьютер не должен выполнять роль учителя-эксперта, а должен стать инструментом познания, развивающим умственные способности учащихся. Наиболее распространенные затруднения при применении математических методов в решении прикладных и компьютерных задач сводятся к тому, что первокурсники:

- не умеют отличать то, что они понимают, от того, что они не понимают, стереотипно воспринимая новую информацию;
- не умеют логически четко мыслить, отличая истинное рассуждение от ложного, и не умеют отделять главное от второстепенного;
- не умеют вести аргументированный диалог, плохо формулируя свои вопросы и ответы, затрудняясь в многовариантных ответах.

Руководитель программы обучающих систем штата Пенсильвания (США), профессор Дэвид Джонассен отстаивает точку зрения, “что технологии должны использоваться учениками как инструменты построения знаний, а не как программируемые учителя, а также, что учащиеся должны обучаться с помощью технологии, а не из нее” [4, с.117]. Инструменты познания являются неинтеллектуальными инструментами, базирующимися на интеллекте обучаемого, а не компьютера. Это означает, что ответственность за планирование, принятие решения и самоконтроль процесса лежит на студенте, а не на компьютере. Инструменты познания активно вовлекают учащихся в

процесс формирования знаний, что способствует их пониманию и усвоению, а не только воспроизведению в памяти того, что получено от преподавателя. В методической литературе высказываются различные мнения о границах области применения компьютеров непосредственно для обучения и для контроля знаний учащихся. Компьютерные системы могут служить сильным катализатором приобретения знаний и навыков, если они используются таким образом, что способствуют обдумыванию, дискуссии и решению проблем.

Коллективом математиков Московского государственного университета разработана компьютерная система контроля знаний, отработанная на материале курсов математического анализа и обыкновенных дифференциальных уравнений. Универсальность программной оболочки позволяет специализировать эту систему практически для любой области знаний при условии дополнительного привлечения высококвалифицированных специалистов для создания предметного наполнения по соответствующей дисциплине. С другой стороны, высказываются и такие мнения, что разумная область использования компьютеров для непосредственного обучения и контроля знаний студентов ограничена жестко формализованными дисциплинами, например, языками программирования, для которых определяющими являются действия по разработанному алгоритму, а не осмысление причинно-следственных связей. Алгоритмический подход, применяемый к не сильно формализованным учебным дисциплинам, способен породить у студента иллюзию глубокого знания и высокого уровня овладения предметом. На деле умения студента ограничиваются одним хорошо освоенным способом решения типичных учебных упражнений, причем некоторое отступление от традиционной постановки может привести его к трудноразрешимым проблемам, поэтому о глубоком понимании предмета вообще не приходится говорить.

Анализируя педагогическую практику высшей школы, академик В.А.Садовничий указывает на следующие аспекты использования персональных компьютеров в вузовском образовании. Во-первых, это группа проблем, связанная с учетом индивидуальных возможностей студентов и несовпадением преподавательских требований. Во-вторых, проблемы, связанные с отсутствием четко сформулированных дифференцированных стандартов знаний и умений, достаточных для положительной оценки. В-третьих, группа проблем, связанная с отсутствием эффективного инструмента для предварительного самоконтроля собственных знаний, включающая негативные последствия списывания и “взаимопомощи” на экзамене. Существенным обстоятельством, по мнению В.А.Садовничего, является также “отсутствие объективных критериев оценки и эффективных механизмов сравнения результатов обучения по данной дисциплине (специальности) в различных вузах” [5, с.22]. Решению этих проблем может способствовать создание компьютерных комплексов, включающих:

- компьютерные учебники, электронные справочники, тематические энциклопедии и словари;

- обучающие программы различных уровней сложности и системы дистанционного обучения;
- системы контроля и самоконтроля знаний, имитирующие и моделирующие обучающие тренажеры.

Необходимо также признать, что опасность “угнетения” творческого потенциала учащихся и студентов в связи с чрезмерной информатизацией образования является весьма реальной, и об этом следует помнить при разработке обучающих и контролирующих программ в контексте современных тенденций гуманитаризации естественнонаучного и математического образования

Гуманитарные аспекты

Задача развития личности с помощью индивидуализации обучения требует изменения методов обучения, способствующих формированию компетентности обучаемых в зависимости от их личных способностей и интересов. Критики тестирования учебных достижений указывают как на научные, так и на этические аспекты экспансии тестологии в сфере образования. Компьютерную поддержку во многих случаях следует рассматривать как дополнительную образовательную технологию. Например, компьютерная поддержка курса высшей математики позволяет расширить формы индивидуальной работы со студентами при выполнении практических заданий и осуществлении контрольных мероприятий. При этом следует иметь в виду недостаточную прогностическую надежность критериально ориентированных тестов.

На ограниченность доминирующей в современном образовании “измерительной парадигмы” обращает внимание известный британский психолог Джон Равен. Ведущим содержательным понятием психологического ресурса людей в его теории является понятие компетентности. Быть профессионально компетентным, по Равену, “значит иметь набор специфических компетентностей разного уровня” [6, с.6]. Готовность оценивать и анализировать социальные последствия своих действий вне зависимости от того, в какой конкретно профессиональной сфере они проявляются, Джон Равен относит к так называемой “высшей компетентности”. Такого рода компетенции по своему содержанию приближаются к современным требованиям в психологических исследованиях человека. Умение выявлять и уважать индивидуальные склонности студентов прежде, чем стремиться изменить их в соответствии со стандартизированной учебной программой, – это одна из основных трудностей обучения, ориентированного на развитие у человека высокого уровня компетентности и инициативы.

Рассмотрим теперь гуманитарный аспект информатизации образования. В последние годы возобновились настроения, преуменьшающие и даже отрицающие значение лекции и живого общения, в силу повсеместного использования компьютеров и информационных технологий. Между тем не вызывает сомнений, что как бы бурно ни развивались компьютерные технологии, они никогда не смогут полностью заменить живого преподавателя

в образовательном процессе. Важнейшим фактором является то, что информация не тождественна знанию и не может заменить его. На пути к формированию знания студенту необходимо научиться ориентироваться в огромном море информации, объемы которой постоянно растут. Это невозможно сделать без живого общения с преподавателем. Вопросы студентов являются важнейшим индикатором работы преподавателя, который должен поощрять и даже инициировать вопросы на лекциях и практических занятиях, приучая студентов к мысли о целесообразности и необходимости искать и выяснять непонятное. Компьютер не способен выполнять такую педагогическую функцию.

Весьма важным в рассматриваемом аспекте представляется и роль эмоций в получении знаний. Чтобы в условиях нарастающего прагматизма и объективного снижения мотивации учебной деятельности обучение не потеряло своей значимости и привлекательности для студентов, необходимо повышение эмоциональной отдачи преподавателя. Здесь нет мелочей. Правильно взятые тон, ритм и темп звучания голоса, его укрупнение для выделения главной мысли, впрочем, как и визуальное сопровождение мимикой, жестом и взглядом, могут способствовать педагогическим целям словесного воздействия. Человек склонен к сопереживанию, и студент в этом смысле не является исключением. В связи с этим многие специалисты обращают внимание на новые тенденции в университетском образовании, когда компьютерные технологии покушаются на тысячелетний тандем “учитель–ученик” [7, с.120]. Поэтому можно утверждать, что работа преподавателя по поиску образности, выразительности, яркости должна быть сродни работе актера или художника.

Изучение математических курсов формирует у студентов как естественнонаучных, так и гуманитарных специальностей такие качества мышления, которые необходимы для полноценного функционирования человека в современном постиндустриальном обществе. Потребность в логически полноценной аргументации, в рамках принятых в современной математике систем аксиом, воспитывается у студентов на конкретных примерах, показывающих, что отклонение от этого требования приводит к типичным ошибкам. Не следует также забывать и о воспитательной функции математического образования. Несмотря на абстрактный характер математических утверждений, их наиболее характерные черты позволяют говорить о воспитательных возможностях методологии и истории математики. В указанном контексте можно выделить следующие важнейшие функции математического образования:

- развитие у учащихся навыков полноценной и исчерпывающей аргументации;
- выработка у обучаемых критического отношения к заключениям по аналогии;
- формирование у студентов навыков логических рассуждений и лаконизма.

Следует также упомянуть и о такой характерной черте математического стиля рассуждений, потенциально имеющей воспитательное значение, как

точность символики в математическом утверждении. Точность устной речи, а тем более ее письменного изложения, воспитывает такой стиль мышления, который соответствует собственным интересам студентов. Что же касается морального аспекта воспитания, то в ходе изучения математики молодые люди, по мнению выдающегося математика и педагога А.Я.Хинчина, быстро понимают, что в этой науке успех может принести только объективная, лишенная всякой тенденциозности аргументация и непредубежденное, беспристрастное “напряжение мысли”. Доведенная до предела, эта черта правильного и дисциплинированного мышления представляет собой не что иное, как честность и правдивость, то есть важнейшее неотъемлемое качество высоконравственной личности. В таком воспитательном процессе никакой компьютер никогда не заменит Учителя.

Сегодня мы переходим от образовательной культуры, основанной на печатном слове и живой речи к образовательной практике, в которой на ведущую роль претендуют мультимедийные средства. Большую опасность для человечества представляет недооценка необходимости сохранения чистоты Природы, в широком понимании последней. Огромные объемы неиспользованной информации становятся своеобразным “загрязнением окружающей среды”. Таким образом, безграничную информатизацию можно трактовать в аспекте нарушения экологического равновесия в самом человеческом существовании. Преодолеть компьютерное невежество можно, если студенты на практике убедятся в том, что для эффективного использования компьютеров необходимы такие умения как содержательное знание математической терминологии с целью грамотной постановки задачи, поручаемой компьютеру, способность проконтролировать правильность промежуточных результатов, а также проанализировать возможность практического применения окончательного результата.

Возвращаясь к вопросу о том, смогут ли компьютерные программы когда-нибудь достичь возможностей разума в привычном для нас понимании, сформулируем несколько “аксиом”, обсуждаемых философами науки и специалистами по искусственному интеллекту:

- компьютерные программы – это чисто абстрактные, формальные или синтаксические понятия;
- человеческий разум, в отличие от компьютерных имитаций, оперирует смысловым содержанием или семантикой;
- синтаксис сам по себе недостаточен для понимания или существования семантики.

Методологическая основа гуманитарного аспекта компьютерной поддержки математического образования состоит в том, что компьютерные программы, как было показано с помощью теста Тьюринга, не являются сущностью разума. Поэтому компьютерных имитаций недостаточно для отражения всех сторон современного образования. Компьютерная поддержка математического образования разного уровня непрерывно совершенствуется. Можно сказать, что это такая “потенциальная сущность”, которая допускает неограниченные во времени методологические улучшения.

Литература

1. Еровенко-Риттер В.А. Феномен “Пигмалиона” в социологии современного языка математики // Alma mater. – 2002. – №4. – С. 26–31.

2. Пенроуз Р. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 384 с.

3. Кателл Дж.П. Виртуальное обучение // Информатика и образование. – 2002. – №11. – С. 2–16.

4. Джонассен Д.Х. Компьютеры как инструменты познания: изучение с помощью технологии, а не из технологии // Информатика и образование. – 1996. – №4. – С. 117–131.

5. Садовничий В.А. Компьютерная система проверки знаний студентов // Высшее образование в России. – 1994. – №3. – С. 20–26.

6. Равен Дж. Педагогическое тестирование: Проблемы, заблуждения, перспективы. – М.: Когито-Центр, 2001. – 142 с.

7. Еровенко В.А. О духовном тандеме “учитель-ученик” и пользе компьютеризации по Биллу Гейтсу // Вузовская наука, промышленность, международное сотрудничество. Часть 2. – Мн.: БГУ, 2000. – С. 119–124.