

УДК 37.025

ДИНАМИЧЕСКОЕ АДАПТИВНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ САМООБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОБЛЕМНОЙ СРЕДЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

П.П. Дьячук (Красноярск, Россия)

Л.В. Шкерина (Красноярск, Россия)

И.В. Шадрин (Красноярск, Россия)

И.П. Перегудина (Красноярск, Россия)

Аннотация

Проблема и цель. Требования к результатам динамического адаптивного тестирования профессиональной подготовки студентов актуализировали проблему определения и обеспечения условий для приобретения студентами опыта самостоятельной учебной деятельности в электронных проблемных средах математических задач. *Целью статьи* являются выявление и обоснование возможностей повышения обучающего потенциала студентов посредством динамического адаптивного тестирования с оценочной обратной связью процесса самообучения в электронной проблемной среде математических объектов.

Методологию исследования составляют анализ психолого-педагогической теории и обобщение результатов научных исследований отечественных и зарубежных ученых, отражающих идеи актуальных подходов к динамическому адаптивному тестированию в образовании, а именно: деятельностного подхода, реализующего развивающее обучение в условиях инструктивной обратной связи; средового подхода на основе обучения с подкреплением в условиях оценочной обратной связи. Сочетание средового и деятельностного подходов в условиях компьютерного моделирования положены в основу динамического адаптивного тестирования процесса самообучения в электронной проблемной среде.

Результаты. Выведены и обоснованы основные дидактические принципы динамического адап-

тивного тестирования процесса самообучения в электронной проблемной среде: оценочной обратной связи, тезауруса, интерактивности, итеративности, семиотического разнообразия, мониторинга, неустойчивости, неопределенности. На основе этих принципов разработаны компьютерные динамические адаптивные тесты-тренажеры идентификации математических объектов, определены процессуальные характеристики учебной деятельности студентов, доказана результативность динамического адаптивного тестирования для формирования и развития когнитивных способностей студентов.

Заключение. В статье освещены теоретические основы реализации идей динамического адаптивного тестирования в обогащении дидактического потенциала продуктивной учебной деятельности студента. Предложенная в статье модель динамического адаптивного тестирования посредством сочетания самоуправления учебной деятельностью и внешнего управления в условиях оценочной обратной связи позволяет включать студентов в самостоятельную учебную деятельность и диагностировать изменения ее процессуальных характеристик.

Ключевые слова: динамическое тестирование, дидактические принципы, оценка, обучение с подкреплением, оценочная обратная связь, интерактивность и посредничество, проблемная среда, саморегулирование.

Л. С. Выготский ввел в практику тестирования динамическую оценку. Работая с детьми из сред с различными культурами, он отметил, что их тестовые результаты могут быть значительно улучшены с небольшой по-

мощью экзаменатора [Vygotsky, 1978]. Динамическая оценка позволяет получить информацию об обучающем потенциале учащегося, характеризующем развитие испытуемого при постоянной и долгосрочной помощи.

Вслед за Л.С. Выготским разработку концепции динамической оценки обучающего потенциала продолжил Р. Фойерштайн. Применяя динамические методы оценки, он выявил, что дети, которые имели низкий IQ, значительно повышали уровень развития в результате своевременного вмешательства в виде оказываемой им помощи в процессе тестирования [Feuerstein, Rand, Hoffman, 1979]. На основании результатов своих экспериментов Р. Фойерштайн, Л. Фалик, И. Ранд сделали вывод о том, что наиболее важными компонентами динамического тестирования являются посредничество и интерактивность [Feuerstein, Falik, Rand, 2002].

Медиатор (посредник) наблюдает, как обучающийся реагирует на обучение, и соответственно корректирует обучение. Роль посредника заключается в организации обучения учащихся новым стратегиям, которые помогут им продолжить обучение. Обязанности посредника включают: указание на важные особенности, задание вопросов, внесение предложений, жестикуляцию и постоянное чтение ответов ребенка, внесение корректировок и изменений для поддержания его участия. Интерактивность означает, что оба участника активны во время взаимодействия – «ребенок больше не является пассивным получателем знания, а является его активным со-конструктором» [Phoener, 2008, с. 58].

Характеристики динамической оценки

Концептуальная основа динамической оценки позволяет идентифицировать ее характеристики.

Во-первых, определяющей особенностью динамической оценки является ее интерактивный характер [Lidz, 1995, с. 143]. В традиционном стандартизированном тесте экзаменатору и испытуемому не разрешается общаться. Экзаменатор наблюдает за тем, как испытуемый проходит тест, и убеждается, что испытуемый завершает тест самостоятельно. Обследуемый не должен задавать никаких вопросов, связанных с тестом. При динамической оценке как посредник, так и испытуемый становятся активными. Посредник принимает участие в оценке и функционирует как инструмент оценки, реагируя на наблюдения и выводы об уче-

нике [Lidz, 1995, с. 143–144]. Ученику предлагается показать свои проблемы, задать вопросы и получить обратную связь от экзаменатора.

Во-вторых, в центре внимания находится процесс обучения испытуемого [Lidz, 1995]. Во время взаимодействия с испытуемым экзаменатор обращает внимание на то, что учащийся знает о содержании проблемы, что ему нужно узнать для понимания проблемы и чему нужно научить ученика, чтобы в будущем он смог эти проблемы решать автономно. Экзаменатор играет роль посредника, оказывающего содействие познавательному развитию испытуемого.

В-третьих, динамическая оценка помогает ученику в осознании метакогнитивной информации, что повышает качество обучения. При оценивании учащегося экзаменатор содействует ученику в осознании того, как решается проблема. Соответственно, способность учащихся справляться с подобными проблемами возрастает [Lantolf, 2003].

В-четвертых, для успешности решения задач динамическая оценка предоставляет испытуемому согласованное посредничество, которое проявляется как трансцендентность, когда в результате взаимодействия у учащегося формируются новые навыки, позволяющие ему решать более сложные задачи.

В-пятых, динамическая оценка диагностирует реальные и потенциальные возможности испытуемых, а не дефицит и ограничения. Стандартный тест дает эксперту понимание, что испытуемый не знает и не умеет, а динамическая оценка заставляет испытуемого сосредоточиться на том, что потенциально он сможет сделать в будущем.

В-шестых, динамическая оценка объединяет обучение и тестирование. В этом отличие динамической оценки от оценки, полученной посредством традиционных стандартизированных тестов, которые позволяют лишь фиксировать образовательный результат.

Использование динамической оценки может способствовать повышению мотивации к обучению и решению проблем. Успех, который гарантируется высокой динамической оценкой, приводит к увеличению самооценки ученика. Благодаря посредничеству у учащихся формируются когнитив-

ные способности и метакогнитивные привычки, то есть привычки думать о собственном мышлении, разрабатывать, выбирать и использовать эффективные метакогнитивные стратегии самообучения и решения проблем. Благодаря этому повышается эффективность обучения, а также ускоряется познавательное развитие в более общем смысле.

Компьютеризация динамической оценки

Характерной особенностью компьютерных обучающих и тестирующих систем является то, что они предоставляют персонализированную обратную связь, позволяющую учитывать индивидуальные особенности студентов [Hwang, Panjaburee, Triampo, Shih, 2013; Kao, Lin, Chu, 2012; Luft, Gomes, Priori, Takase, 2013]. Однако в большинстве компьютерных тестов обратная связь реализуется на основе результата, а не процесса решения диагностических задач. В рамках процедуры тестирования все испытуемые выполняют одни и те же задания. В компьютерных адаптивных тестах испытуемым предлагается выполнить индивидуальные задания, соответствующие их способностям и когнитивному статусу. В настоящее время разработан компьютеризированный динамический адаптивный тест для диагностики учебных профилей учащихся, основанный на структуре знаний. Компьютеризированные динамические адаптивные тесты обеспечивают диагностику сформированности определенных навыков в результате выполнения небольшого числа заданий [Wu, Kuo, Yang, 2012].

Эффективность обучения и тестирования может быть существенно повышена, если обеспечить своевременную обратную связь с процессом обучения [Gabelica, Van Den Bossche, Segers, Gijsselaers, 2012; Harks, Rakoczy, Hattie, Besser, Klieme, 2014; Parr, Timperley, 2010; Wang, 2011]. Компьютеризированный динамический адаптивный тест или компьютеризированная динамическая оценка может предоставить студентам немедленную, ориентированную на процесс обратную связь [Haywood, Lidz, 2007]. Динамическое адаптивное тестирование описывает то, как студент может перейти от своего фактического уровня развития к своему потенциальному уровню развития посредством непрерывной коммуникации и консультаций в ходе

взаимодействий с учителями, сверстниками или родителями [Poehner, 2008]. В основу динамического адаптивного тестирования заложена инструкторная обратная связь с учащимся. Инструкторная обратная связь моделирует деятельность медиатора, включая вмешательство (для обеспечения, соответствующей обратной связи, основанной на характеристике учащегося и помощи ему в обучении) в процедуру тестирования.

Главная проблема процедуры динамического тестирования с инструкторной обратной связью [Haywood, Lidz, 2007] состоит в том, что эта процедура чрезвычайно затратная, так как требует много усилий и времени для подготовки медиаторов, которые должны иметь глубокие знания в предметных областях динамического тестирования. Это мешает широкому внедрению динамического адаптивного тестирования в образовательный процесс и приводит к большим проблемам в создании компьютерного варианта динамического адаптивного тестирования процесса обучения в различных предметных средах. Известно, что «классическое» тестирование обучения является «статическим», потому что никаких изменений когнитивных способностей испытуемых не регистрируется. Классическое тестирование не выходит за рамки простой маркировки дисфункций когнитивных способностей испытуемых. Соответственно, отсутствуют рекомендации о том, как необходимо изменить обучение студентов, чтобы реализовать имеющийся у них потенциал обучения. Однако классическое тестирование является коротким и относительно дешевым способом оценивания и дает оперативную диагностическую информацию.

Динамическое адаптивное тестирование представляет собой альтернативный классическим тестам интеллекта метод тестирования, который почти не привлекал внимание в качестве альтернативы диагностики учебных достижений. Впервые метод динамического адаптивного тестирования, или динамической оценки, был представлен в работах [Luria, 1973]. Динамическое тестирование – это метод интерактивной диагностики, который включает запланированное обучение в процессе взаимодействия с экспертом и учитывает

влияние этого обучения на последующую учебную деятельность студентов [Haywood, Lidz, 2007]. Другие ученые описывают динамическое тестирование как процедуру, которая учитывает результаты вмешательства со стороны эксперта, и подчеркивают, что процедура динамического тестирования включает процесс обучения и учитывает объем и характер помощи эксперта, т.е. динамическая оценка интерактивна и диагностирует не результаты, а процесс обучения [Sternberg, Grigorenko, 2002]. В основе динамического тестирования лежит концепция изменчивости индивида, которая указывает на важность того, что человек может изменяться, развиваясь в результате интерактивного взаимодействия с окружающей средой (включая преподавателей, студентов и т.д.) и адаптации к меняющимся обстоятельствам [Куравский, Марголис, Мармалюк и др., 2016; Feuerstein, Rand, Hoffman, 1979].

Таким образом, динамическое адаптивное тестирование – это процедура, направленная на диагностику процесса обучения с учетом объема и характера помощи со стороны экзаменатора. Особенность динамического адаптивного тестирования заключается в том, что оно имеет смысл для контекста обучения и взаимодействия. В результате взаимодействия со студентом эксперт получает информацию о наличии или отсутствии у студентов способности саморегулирования, чувства компетентности, реакции на вызов, самокритики, потребности в мастерстве, индивидуальности и др. В классическом тестировании это не диагностируется.

Динамическое и классическое тестирование отличаются друг от друга тем, что имеют радикально отличные цели: не сравнивать студентов друг с другом, не оценивать их, не прогнозировать, а понимать, исследовать, консультировать и проектировать помощь и поддержку. Динамическое тестирование может изменить образовательную перспективу студента. В процессе взаимодействия через посреднический процесс студент начинает осознавать свой потенциал и компетенции. В качестве посредника в процедуре динамического тестирования обычно выступает учитель или экзаменатор – носитель знаний, умений и навыков, но эту роль посредника могут выполнять и более

сильные студенты, которые в состоянии оказать помощь испытуемому в выполнении заданий динамического адаптивного теста.

«Обучение с учителем» – это обучение по примерам, предъявляемым некоторой информированной внешней инстанцией [Саттон, Барто 2014]. В социокультурной теории развития [Vygotsky, 1978] человек развивается в процессе его взаимодействия с носителями знаний, культуры и т.д. Но, кроме обучения с учителем, существует обучение с подкреплением, которое отличается от обучения с учителем тем, что это обучение на собственном опыте взаимодействия со средой. Обратная связь при обучении с подкреплением носит оценочный характер, т.е. каждое действие испытуемого получает численную оценку, которая может быть положительным числом (вознаграждением) или отрицательным (наказанием). Цель деятельности обучаемого состоит в получении максимального суммарного вознаграждения за совершенные действия. Обучение с подкреплением реализует идею гедонистической обучающейся системы [Саттон, Барто, 2014].

В настоящей работе динамическую оценку поисковой активности испытуемого предлагается проводить в процессе его взаимодействия с электронной проблемной средой посредством сочетания самоуправления учебной деятельностью и внешнего управления с оценочной обратной связью [Дьячук, Шкерина, 2012]. Инструментально это взаимодействие реализовано в виде динамического адаптивного тестирования процесса научения идентифицировать элементы сложных объектов, в основе которого лежит обучение с подкреплением. При этом испытуемый пытается максимизировать получаемое вознаграждение, действуя в электронной проблемной среде с высокой степенью неопределенности. Обучающийся рассматривается как система, которая может приспособливаться к окружающей среде, а также обучаться на основе получаемого опыта. Электронная проблемная среда представляет собой совокупность условий, необходимых для поисковой активности в процессе научения решению задач [Дьячук, Суровцев, 2010, с. 115]. Основная идея обучения с подкреплением состоит в организации взаимодействия обучающегося с электронной

проблемной средой для достижения некоторой цели. Испытуемый воспринимает состояние среды и предпринимает действия, которые влияют на ее состояние. Он имеет цель или цели, связанные с состоянием среды. Обучение с подкреплением должно учитывать все три аспекта: восприятие, действие, цель.

В динамических адаптивных тестах-тренажерах на основе оценочной обратной связи обучающемуся предоставляется возможность осуществлять деятельность по решению задач в виртуальном мире объектов, целевое состояние которых ему необходимо достигнуть. Для этого он (студент) может осуществлять разнообразные манипуляции и преобразования этих объектов. Изначально для обучающегося закладывается возможность действовать методом проб и ошибок для достижения целевого состояния. При этом действия, которые приближают к цели, получают положительное численное подкрепление. Действия или операции, которые удаляют от цели, получают отрицательное численное подкрепление. При обучении с подкреплением различают поведение, направленное на получение знания, и поведение, основанное на использовании уже имеющегося знания.

Электронная проблемная среда генерирует задачи определенного типа. При этом, так же как и в реальном мире, каждая новая ситуация (задача) в чем-то отличается от предыдущих ситуаций (задач). Обучающемуся не сообщается напрямую, как поступить или какое действие совершить. Он на основе своего опыта узнает, какие действия приводят к вознаграждению. Действия студентов определяются не только сиюминутным результатом, но и последующими действиями и случайными вознаграждениями. Эти свойства электронной проблемной среды в динамических адаптивных тестах-тренажерах (метод «проб и ошибок» и подкрепление с задержкой) являются его основными характеристиками [Дьячук, Николаева, 2009]. Обучение в динамических адаптивных тестах-тренажерах с оценочной обратной связью характеризуется действиями студента в электронной проблемной среде и откликом этой среды в виде численной оценки действий. Динамические адаптивные тесты-тренажеры являются инструментальными средствами измерения из-

менений учебной деятельности студента при итеративном научении в результате поиска решения в пространстве состояний задач [Дьячук, Николаева, 2009; Дьячук, Дьячук (мл.), Николаева, 2009; Дьячук, Дроздова, Дьячук (мл.), Бортновский, Шадрин, 2010]. Измерение производится не только посредством получения данных о структуре системы действий, но и путем измерения суммарного коэффициента обратной связи:

$$R_i^T = P_A^{i-1} \cdot P_B^{i-1} + P_A^{i-1}, \quad (1)$$

где $P_A^{i-1} = \frac{N_1^{i-1}}{N_0^{i-1}}$ – доля неправильных действий (N_1 – количество неправильных действий; N_0 – общее количество действий; P_B^{i-1} – относительная частота подкреплений посредством включения датчиков «расстояние до цели» или «гомеостаза» числа ошибок). Индекс T в обозначении суммарного коэффициента обратной связи (указывает количество затраченного времени на момент завершения выполнения i -го задания) позволяет рассматривать его как в масштабе выполненных заданий, так и по затраченному времени.

Конечной целью развития учебной деятельности является достижение суммарным коэффициентом обратной связи нулевого значения. При $R_i^T = 0$ процесс адаптации завершается достижением автономности деятельности обучающегося от управляющей системы. При этом учебная деятельность студента при решении задач становится полностью самостоятельной [Дьячук, Дроздова, Шадрин, 2010].

В настоящей статье рассматривается динамическое адаптивное тестирование процесса научения решению задач идентификации элементов структуры сложного объекта. Динамическое адаптивное тестирование учебной деятельности в условиях оценочной обратной связи основано:

- на мониторинге учебной деятельности, т.е. слежении и протоколировании учебных действий студента в режиме реального времени;
- распознавании, в пространстве состояний задачи, величины рассогласования текущего и целевого состояния решения задачи и его корректировке через механизмы оценочной обратной связи;

– системе численных оценок учебных действий, отмены или корректировки неправильных действий;

– саморегулировании объема и частоты информационных (пассивных) и активных (отменяющих или корректирующих действия обучающегося) действий электронной проблемной среды, содействующих уменьшению величины рассогласования текущего и целевого состояния решения задач [Дьячук, 2008].

Завершение научения решению задачи идентификации сложных объектов происходит при достижении безошибочной автономной деятельности студента.

Электронная проблемная среда

Типичный интерфейс динамического адаптивного теста-тренажера идентификации элементов структуры объекта представлен на рис. 1. В качестве объекта взята таблица интегралов основных элементарных функций.

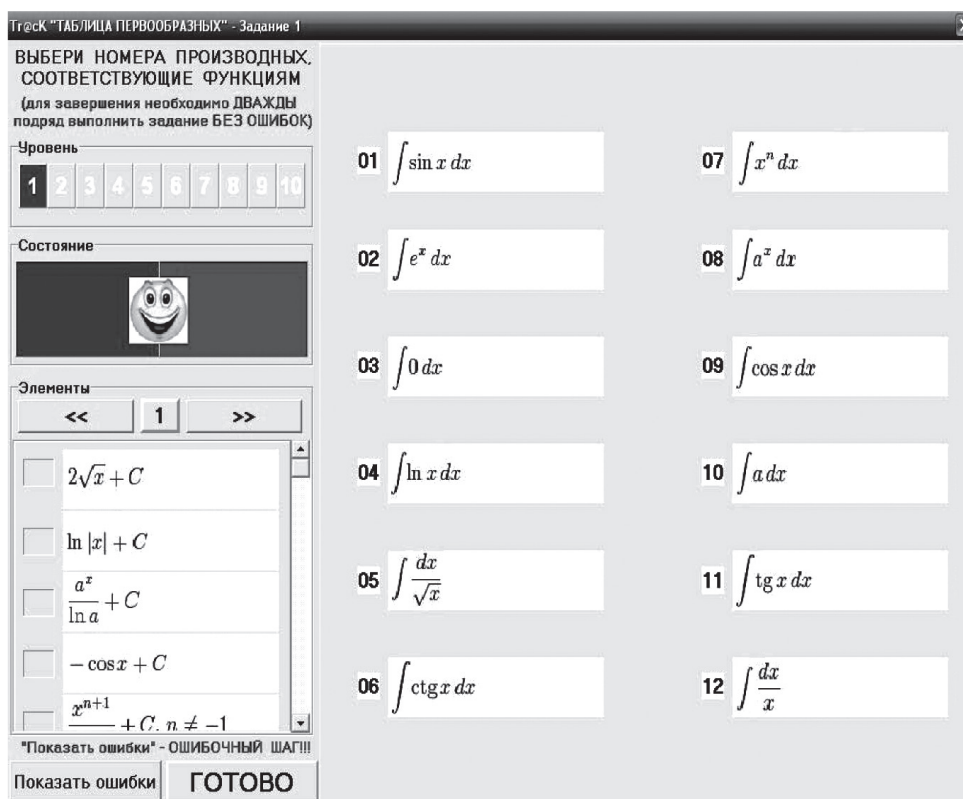


Рис. 1. Интерфейс динамического адаптивного теста-тренажера идентификации таблицы интегралов основных элементарных функций

Fig. 1. The interface of the dynamic adaptive test simulating the identification of the table of integrals of basic elementary functions

Кроме датчиков «расстояния до цели» и уровня ценности состояния обучающегося, интерфейс цветовой информацией о правильности установленных соответствий способствует действиям обучающихся: правильно указанные номера подсвечиваются зеленым цветом, а ошибочные – красным. Электронная проблемная среда «предлагает» итеративно устанавливать соответствие между пронумерованными интегралами основных функций и выражения-

ми этих интегралов. Обучающийся должен достичь безошибочной деятельности на 10-м уровне рейтинга или ценности состояния деятельности по идентификации, соответствующей полному отсутствию реакции проблемной среды. При формировании каждого нового задания элементы таблицы интегралов основных функций случайным образом нумеруются и так же, в случайном порядке, формируется последовательность выражений интегралов в списке.

Анализ результатов входного тестирования таблицей интегралов основных функций. Это со-
показал, что обучающиеся не были знакомы с состояние представлено на рис. 2.

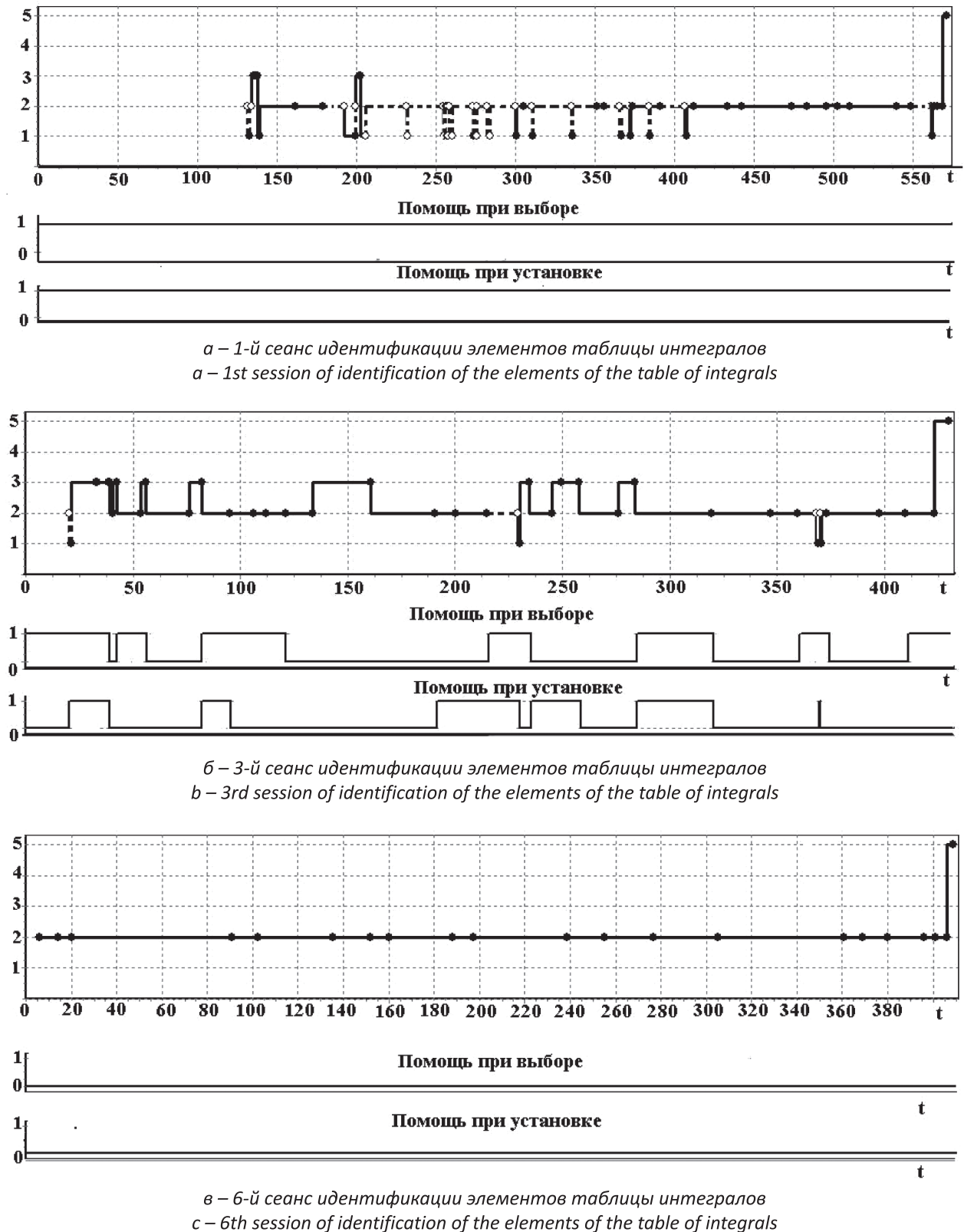


Рис. 2. Графическое представление динамической оценки идентификации сложного объекта
Fig. 2. Graphical representation of the dynamic evaluation of a complex object's identification

Номера действий: 1 – отмена сделанного выбора элемента таблицы интегралов; 2 – выбор элемента таблицы интегралов; 3 и 4 – просмотр элементов таблицы интегралов, подкрепление каждого своего действия, т.е. все действия происходят в режиме стимул – реакция.

На рис. 2: а – подкрепление обозначено как помощь при выборе элемента таблицы и его установке. Видно, что время выполнения 1-й идентификации составляет 10 мин. При этом испытуемый совершал много ошибок (на графике действий, номера которых означают вид действия, ошибочные действия представлены штриховыми линиями и незакрашенными кружками).

Сравнение 1-й (см. рис. 2 а) и 3-й (см. рис. 2 б) процедур идентификации элементов таблицы интегралов показывает уменьшение числа ошибочных действий и соответственно уменьшение частоты помощи или подкреплений действий испытуемых.

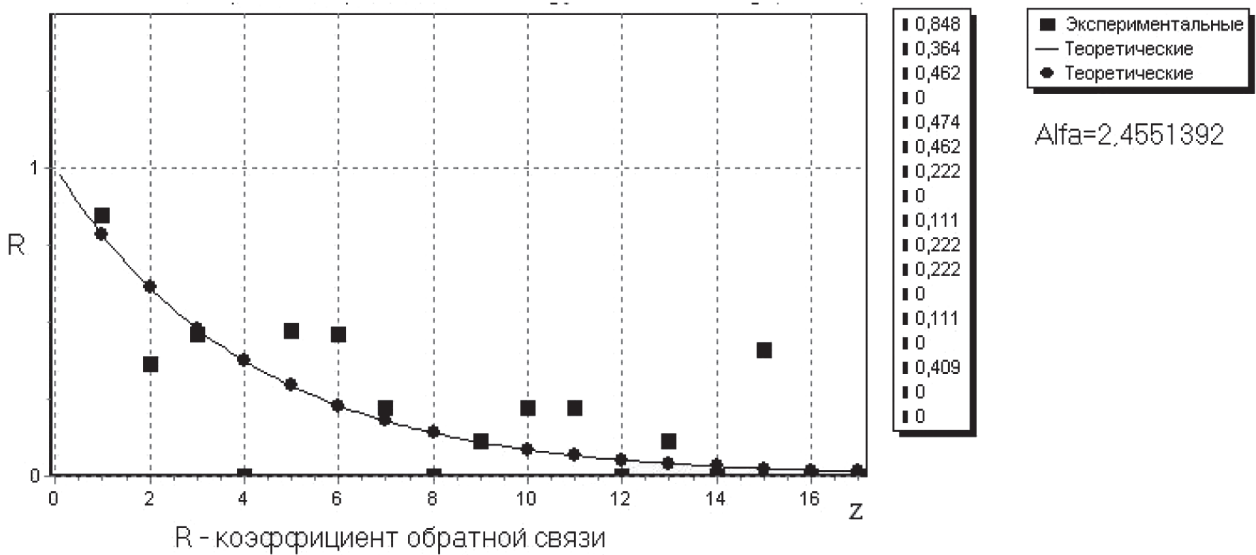
На 6-й по счету процедуре идентификации деятельность студентов становится безошибочной, а подкрепления действий отсутствуют.

Для достижения автономности учебной деятельности необходимо, чтобы в первом контуре обратной связи величина P_a равнялась единице, а P_b равнялось нулю. Во втором контуре

необходимым условием для достижения цели является равенство величин задающего воздействия и значения реальной структуры действий обучающегося.

Построим график изменения коэффициента обратной связи (1) в масштабе выполненных заданий (рис. 3). По мере овладения способами решения задач P_a уменьшается, что делает структуру системы действий более совершенной. Соответственно, функция ценности состояния деятельности, или уровень рейтинга, обучающегося студента возрастает, а суммарный коэффициент обратной связи уменьшается. Уменьшение внешних подкреплений действий обучающегося (уменьшение P_b и отключение датчика информационного подкрепления) компенсируется накопленной внутренней информацией обучающегося. Учебная деятельность студента перестает нуждаться во внешнем управлении.

Обучающиеся, успешно осуществляющие деятельность при повышенной частоте P_b (подкрепления компенсируют внутреннюю неопределенность принятия решений студентом), при уменьшении частоты подкрепления начинают совершать больше ошибочных действий. Поэтому при выполнении следующего задания система внешнего управления увеличивает P_b (рис. 3).



Аппроксимация значений R функцией $R=\exp(-\text{alfa} \cdot z)$

Рис. 3. График изменения коэффициента обратной связи в масштабе выполненных заданий

Fig. 3. The graph of feedback coefficient change in the scale of completed tasks

Приведенный на рис. 3. график изменения коэффициента обратной связи показывает динамику процесса научения решению задач. Достижение безошибочной деятельности при внешнем подкреплении действий не всегда означает, что студент способен самостоятельно осуществлять поиск решения задач. Достижение безошибочной автономной деятельности наступает только тогда, когда студент совершенно не нуждается в подкреплении или помощи при решении задач.

Результаты и выводы проведенного исследования позволяют выработать основные принципы динамического адаптивного тестирования посредством сочетания саморегулирования учебной деятельности с внешним управлением на основе оценочной обратной связи в электронной проблемной среде.

Библиографический список

1. Дьячук П.П., Шкерина Л.В. Индивидуализация математической подготовки студентов на основе интерактивного управления учебной деятельностью: монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2012. 317 с.
2. Дьячук П.П., Николаева Ю.С. Компьютерные динамические тесты адаптивного поведения человека в проблемной среде // Системы управления и информационные технологии. 2009. № 3.1 (37). С. 135–139.
3. Дьячук П.П., Суровцев В.М. Компьютерные системы автоматического регулирования учебных действий // Информатика и образование. 2010. № 4. С. 115–118.
4. Дьячук П.П., Дьячук П.П.(мл.), Николаева Ю.С. Компьютерные системы управления поиском решения задач // Программные продукты и системы. 2009. № 2 (86). С. 128–130.
5. Дьячук П.П. Об адаптации в компьютерных обучающих системах // Информатика и образование. 2008. № 10. С. 116–120.
6. Дьячук П.П., Дроздова Л.Н., Шадрин И.В. Система автоматического управления учебной деятельностью и ее диагностики // Информационно-управляющие системы. 2010. № 5. С. 63–69.
7. Дьячук П.П., Дроздова Л.Н., Дьячук П.П.(мл.), Бортновский С.В., Шадрин И.В. Управление адаптацией обучающихся в проблемных средах и диагностика процессов саморегуляции учебных действий: монография. Красноярск, 2010. 383 с.
8. Куравский Л.С., Марголис А.А., Мармалюк П.А., Панфилова А.С., Юрьев Г.А. Математические аспекты концепции адаптивного тренажера // Психологическая наука и образование. 2016. Т. 21, № 2. С. 84–95. DOI: 10.17759/pse.2016210210
9. Саттон Р.С., Барто Э.Г. Адаптивные и интеллектуальные системы. Обучение с подкреплением. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 402 с.
10. Feuerstein R., Rand Y., Hoffman M. The dynamic assessment of retarded performers: The learning potential assessment device, theory, instruments, and techniques. Baltimore, MD: University Park Press, 1979.
11. Feuerstein R., Feuerstein R.S., Falik L.H., Rand Y. The dynamic assessment of cognitive modifiability: the learning propensity assessment device: Theory, instruments, and techniques. Jerusalem: ICELP Press, 2002.
12. Gabelica C., Van Den Bossche P., Segers M., & Gijssels W. Feedback, a powerful lever in teams: A Review. Educational Research Review. 2012. 7(2). P. 123–144. DOI:10.1016/j.edurev.2011.11.003
13. Haywood C.H., & Lidz C.S. Dynamic assessment in practice: Clinical and educational applications. New York: NY: Cambridge University Press, 2007.
14. Harks B., Rakoczy K., Hattie J., Besser M., & Klieme E. The Effects of feedback on achievement, interest and self-evaluation: The Role of feedback's perceived usefulness // Educational Psychology. 2014. 34(3). P. 269–290. DOI:10.1080/01443410.2013.785384
15. Hwang G.-J., Panjaburee P., Triampo W., & Shih B.-Y. A Group decision approach to developing concept-effect models for diagnosing student learning problems in mathematics // British Journal of Educational Technology. 2013. 44. P. 453–468. DOI:10.1111/j.1467-8535.2012.01319.x

16. Kao Y.T., Lin Y.S., & Chu C.P. A Multi-factor fuzzy inference and concept map approach for developing diagnostic and adaptive remedial learning systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2012. 64. p. 65–74.
17. Lantolf J.P. Intrapersonal communication and internalization in the second language classroom. In *Vygotsky's Theory of Education in Cultural Context*. A. Kozulin, V.S. Ageev, S. Miller, & B. Gindis, (Eds.) Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
18. Lidz C.S. Dynamic assessment and the legacy of L.S. Vygotsky // *School Psychology International*. 1995. 16. P. 143–153. URL: <http://dx.doi.org/10.1177/0143034395162005>
19. Luft C.D.B., Gomes J.S., Priori D., & Takase E. Using online cognitive tasks to predict mathematics low school achievement // *Computers & Education*. 2013. 67. P. 219–228.
20. Luria A.R. *The Working Brain*. New York: Basic Books, 1973.
21. Parr M.J., & Timperley H.S. Feedback to writing, assessment for teaching and learning and student progress. *Assessment Writing*, 2010. 15. P. 68–85.
22. Poehner M.E. *Dynamic assessment: A Vygotskian approach to understanding and promoting second language development*. Berlin, Germany: Springer Publishing? 2008.
23. Sternberg R.J., & Grigorenko E.L. *Dynamic testing: The nature and measurement of learning potential*. New York: Cambridge University Press? 2002.
24. Vygotsky L.S. *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
25. Wang T.H. Implementation of eeb-based dynamic assessment in facilitating junior high school students to learn mathematics // *Computers & Education*. 2011. 56. P. 1062–1071.
26. Wu H.M., Kuo B.C., & Yang J.M. Evaluating knowledge structure based adaptive testing algorithms and system development // *Journal of Educational Technology & Society*. 2012. 15(2). P. 73–88.

DYNAMIC ADAPTIVE TESTING AS A METHOD OF STUDENTS' SELF-LEARNING IN THE ELECTRONIC PROBLEM ENVIRONMENT OF MATHEMATICAL OBJECTS

P.P. D'iachuk (Krasnoyarsk, Russia)

L.V. Shkerina (Krasnoyarsk, Russia)

I.V. Shadrin (Krasnoyarsk, Russia)

I.P. Peregodina (Krasnoyarsk, Russia)

Abstract

Problem and purpose. The requirements for the results of dynamic adaptive testing of student's professional training of students have actualized the problem of determining and providing conditions for students to gain experience of independent learning activities in electronic mathematical problem environments. *The purpose of the article* is to identify and substantiate the possibilities of increasing the learning potential of students through dynamic adaptive testing with an estimated feedback of the self-learning process in the electronic problem environment of mathematical objects.

The research methodology is based on the analysis of the psychological and pedagogical theory and the generalization of the results of scientific research of domestic and foreign scientists reflecting the ideas of actual approaches to dynamic adaptive testing in education, namely: the activity approach that implements developmental learning in the conditions of instructive feedback; the environmental approach, on the basis of training with reinforcement, in the context of evaluative feedback. The combination of environmental and activity approaches in the context of computer modeling is the basis for dynamic adaptive testing of the self-learning process in the electronic problem environment.

Results. The article formulates and justifies the basic didactic principles of dynamic adaptive testing of the self-learning process in the electronic problem environment, such as appraisal feedback, thesaurus, interactivity, iterativity, semiotic diversity, monitoring, instability, uncertainty. Based on these principles, computerized dynamic adaptive tests simulating the identification of mathematical objects have been developed, procedural characteristics of students' learning activities have been defined, and the effectiveness of dynamic adaptive testing has been proved for the formation and development of cognitive abilities of students.

Conclusion. The article deals with the theoretical bases for the implementation of ideas of dynamic adaptive testing in enriching the didactic potential of the student's productive learning activities. The model of dynamic adaptive testing proposed in the article, through a combination of self-management of educational activity and external management in conditions of estimated feedback, allows to include students in independent educational activities and diagnose the changes in its procedural characteristics.

Keywords: *dynamic testing, didactic principles, evaluation, training with reinforcement, evaluation feedback, interactivity and mediation, problem environment, self-regulation.*

References

1. D'iachuk P.P., Shkerina L.V. (2012). Individualization of mathematical training of students on the basis of the interactive management of learning activity: monograph. Krasnoyarsk, KSPU named after V.P. Astafiev, 317 p.
2. D'iachuk P.P., Nikolaeva Iu.S. (2009). Computer dynamic tests of adaptive human behavior in a problem environment // *Control Systems and Information Technology*, 3.1 (37), 135–139.
3. D'iachuk P.P., Surovtsev V.M. (2010). Computer systems of automatic regulation of learning actions // *Informatics and education*, 4, 115–118.
4. D'iachuk P.P., D'iachuk, P.P. (jr.), Nikolaeva Iu.S. (2009). Computer systems for managing the search for solving problems // *Software products and systems*, 2 (86), 128–130.
5. D'iachuk P.P. (2008). On adaptation in computer learning systems // *Informatics and education*, 10, 116–120.

6. D'iachuk P.P., Drozdova L.N., Shadrin I.V. (2010). The system of automatic control of learning activity and its diagnostics // *Information-control systems*, 5, 63–69.
7. D'iachuk P.P., Drozdova L.N., D'iachuk P.P. (jr.), Bortnovskii S.V., Shadrin I.V. (2010). Management of students' adaptation in problem environments and diagnostics of the self-regulation processes of learning activities: monograph. Krasnoyarsk, 383 p.
8. Kuravskii L.S., Margolis A.A., Marmaliuk P.A., Panfilova A.S., Iur'ev G.A. (2016). Mathematical aspects of the concept of adaptive simulator // *Psychological science and education*, 21 (2), 84–95. DOI: 10.17759 / pse.2016210210
9. Satton R.S., Barto E.G. (2014). Adaptive and intelligent systems. Training with reinforcement. Moscow, BINOM. Laboratoriia znanii, 402 p.
10. Feuerstein R., Rand Y., Hoffman M. (1979). The dynamic assessment of retarded performers: The learning potential assessment device, theory, instruments, and techniques. Baltimore, MD: University Park Press.
11. Feuerstein R., Feuerstein R.S., Falik L.H., Rand Y. (2002). The dynamic assessment of cognitive modifiability: the learning propensity assessment device: Theory, instruments, and techniques. Jerusalem: ICELP Press.
12. Gabelica C., Van Den Bossche P., Segers M., & Gijsselaers W. (2012). Feedback, a powerful lever in teams: A Review. *Educational Research Review*, 7(2), p. 123-144. DOI: 10.1016/j.edurev.2011.11.003
13. Haywood C. H., & Lidz C.S. (2007). Dynamic assessment in practice: Clinical and educational applications. New York, NY: Cambridge University Press.
14. Harks B., Rakoczy K., Hattie J., Besser M., & Klieme E. (2014). The Effects of feedback on achievement, interest and self-evaluation: The Role of feedback's perceived usefulness. *Educational Psychology*. 34(3), p. 269-290. doi:10.1080 /01443410.2013.785384
15. Hwang G.-J., Panjaburee P., Triampo W., & Shih B.-Y. (2013). A Group decision approach to developing concept–effect models for diagnosing student learning problems in mathematics. *British Journal of Educational Technology*, 44, p. 453–468. DOI:10.1111/j.1467-8535.2012.01319.x
16. Kao Y.T., Lin Y.S., & Chu C.P. (2012). A Multi-factor fuzzy inference and concept map approach for developing diagnostic and adaptive remedial learning systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 64. p. 65–74.
17. Lantolf J.P. (2003). Intrapersonal communication and internalization in the second language classroom. In *Vygotsky's Theory of Education in Cultural Context*. A. Kozulin, V. S. Ageev, S. Miller, & B. Gindis, (Eds.) Cambridge: Cambridge University Press.
18. Lidz C.S. (1995). Dynamic assessment and the legacy of L.S. Vygotsky. *School Psychology International*, 16, p. 143–153. <http://dx.doi.org/10.1177/0143034395162005>
19. Luft C.D. B., Gomes J.S., Priori D., & Takase, E. (2013). Using online cognitive tasks to predict mathematics low school achievement. *Computers & Education*, 67, p. 219–228.
20. Luria A. R. (1973). *The Working Brain*. New York: Basic Books.
21. Parr M.J., & Timperley H.S. (2010). Feedback to writing, assessment for teaching and learning and student progress. *Assessment Writing*, 15, p. 68–85.
22. Poehner M.E. (2008). *Dynamic assessment: A Vygotskian approach to understanding and promoting second language development*. Berlin, Germany: Springer Publishing.
23. Sternberg R.J., & Grigorenko E.L. (2002). *Dynamic testing: The nature and measurement of learning potential*. New York: Cambridge University Press.
24. Vygotsky L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
25. Wang T. H. (2011). Implementation of eeb-based dynamic assessment in facilitating junior high school students to learn mathematics. *Computers & Education*, 56, p. 1062–1071.
26. Wu H.M., Kuo B.C., & Yang J.M. (2012). Evaluating knowledge structure based adaptive testing algorithms and system development. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(2), p. 73–88.