

Модель системы компьютерного адаптивного обучающего тестирования

И. Б. Готская,^{1,2} В. И. Снегурова³

¹ Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена,
Санкт Петербург; Российская Федерация

² Национальный исследовательский университет ИТМО,
Санкт Петербург; Российская Федерация

³ Институт содержания и методов обучения имени В. С. Леднева,
Москва, Российская Федерация

Введение. Создание концептуально новой модели СКАТ опиралось на результаты теоретических и экспериментальных российских (В. А. Векслер, П. П. Дьячук, В. С. Добряк, Т. М. Зубкова, А. Р. Кочур, М. С. Мазорчук, И. П. Перегудова, Л. Ф. Тагирова и др.) и зарубежных (M. V. Brus, A. J. Martin, G. Lazendic, S. L. Zahrebelnyj) исследований, анализ которых позволил выявить три сложившихся подхода к адаптации, используемых в большинстве СКАТ (варьирование количества, уровня сложности и времени выполнения тестовых заданий). При этом нерешенной оставалась проблема индивидуальной настройки СКАТ, так как традиционно подобные системы выполняли только одну функцию – оценивающую. Две другие функции – диагностическая (выявление причин невыполнения тестового задания) и корректирующая (подбор элементов содержания) обеспечивали устранение индивидуальных учебных дефицитов, что способствовало бы повышению эффективности промежуточной аттестации.

Материалы и методы. В проведенном исследовании были использованы следующие методы: теоретический анализ научной литературы, сравнительный анализ СКАТ, систематизация и обобщение результатов локального эксперимента.

Результаты. В статье обсуждается структура представленной модели системы компьютерного адаптивного обучающего тестирования (СКАТ), необходимость разработки которой связана с развитием теории и практики создания адаптивных систем обучения и их востребованностью для реализации персонализированных моделей обучения. Специфика предложенной модели определяется ее структурой, которая в отличие от распространенных моделей СКАТ включает два обязательных дополнительных блока – диагностический и обучающий. Соответственно, наполнение этих блоков потребовало разработки специальных требований к тестовым заданиям, которые представлены кейсами или наборами кейсов. Новизна исследования заключается в развитии теории и практики разработки СКАТ включением диагностирующей и обучающей функций для обеспечения дополнительной и более гибкой адаптации.

Обсуждение и выводы. Включение диагностирующего и обучающего блоков расширяет границы применимости СКАТ и их влияние на повышение успешности решения математических задач обучающимися. Продолжение исследования будет связано с использованием технологий искусственного интеллекта для совершенствования разработанной системы компьютерного адаптивного обучающего тестирования.

Ключевые слова: адаптивное тестирование, обучающее тестирование, электронное обучение, модель обучающего тестирования.

Для цитирования: Готская И. Б., Снегурова В. И. Модель системы компьютерного адаптивного обучающего тестирования // Вестник Ленинградского государственного университета имени А. С. Пушкина. – 2025. – № 2. – С. 174–187. DOI: 10.35231/18186653_2025_2_174. EDN: FLLOIU

Model of a Computer Adaptive Learning Testing System

Irina B. Gotskaya^{1,2}, Victoria I. Snegurova³

¹ The Herzen State Pedagogical University of Russia,
Saint Petersburg, Russian Federation

² National Research University ITMO,
Saint Petersburg, Russian Federation

³ Institute of Content and Methods of Education,
Moscow, Russian Federation

Introduction. The creation of a conceptually new CAT model was based on the results of theoretical and experimental studies by Russian (V. A. Veksler, P. P. Dyachuk, V. S. Dobryak, T. M. Zubkova, A. R. Kochura, M. S. Mazorchuk, I. P. Peregodova, L. F. Tagirova, etc.) and foreign researchers (M. V. Brus, A. J. Martin, G. Lazendic, S. L. Zahrebelnyi). The analysis of these studies revealed three established approaches to adaptation used in most CAT systems (variation of the number, difficulty level, and time for completing test tasks). However, the problem of individual CAT customization remained unsolved, as traditionally such systems performed only one function – assessment. Meanwhile, it was the other two functions – diagnostic (identifying the reasons for failing to complete a test task) and corrective (selecting content elements) – that ensured the elimination of individual learning deficits, which would contribute to improving the effectiveness of interim assessment.

Materials and Methods. The following methods were used in the conducted research: theoretical analysis of scientific literature, comparative analysis of CAT systems, systematization, and generalization of local experiment results.

Results. The article discusses the structure of the presented model of the Computer Adaptive Learning Testing System (CAT), the need for which development is related to the advancement of theory and practice in creating adaptive learning systems and their demand for implementing personalized learning models. The specificity of the proposed model is determined by its structure, which, unlike common CAT models, includes two mandatory additional blocks – diagnostic and learning. Accordingly, filling these blocks required the development of special requirements for test tasks, which are represented by cases or sets of cases. The novelty of the research lies in the development of theory and practice of CAT development by incorporating diagnostic and learning functions to provide additional and more flexible adaptation.

Discussion and conclusions. The inclusion of diagnostic and learning blocks expands the scope of CAT applicability and their impact on improving the success rate of solving mathematical problems by students. The continuation of the research will be related to the use of artificial intelligence technologies to improve the developed Computer Adaptive Learning Testing System.

Key words: adaptive testing, educational assessment, e-learning, educational assessment model.

For citation: Gotskaya, I. B., Snegurova, V. I. (2025) Model' sistemy komp'yuternogo adaptivnogo obuchayushchego testirovaniya [Model of a Computer Adaptive Learning Testing System]. *Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta imeni A. S. Pushkina – Pushkin Leningrad State University Journal*. No. 2. Pp. 174–187. (In Russian). DOI: 10.35231/18186653_2025_2_174. EDN: FLLOIU

Введение

Развитие системы образования в Российской Федерации и в мире неразрывно связано с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ) и технологий электронного обучения, эффективность которых во многом определяется возможностями гибкой настройки на уровень сформированных у обучающихся знаний, умений и навыков, а также их индивидуальных психо-физиологических особенностей [3]. Именно поэтому одним из перспективных трендов развития цифровых платформ электронного обучения и ДОТ является разработка систем адаптивного электронного обучения. Следует отметить, что обращение к теории и практике адаптивного обучения не является новым, впервые ученые (Э. Г. С. Паск, Б. Ф. Скиннер) заговорили об адаптивном обучении в середине прошлого века, когда появился, собственно, и сам термин «адаптивное обучение», а также были разработаны первые алгоритмы (Э. Г. С. Паск), обучающие машины для самостоятельного пошагового усвоения учебного материала (Б. Ф. Скиннер) и системы адаптивного обучения (Э. Г. С. Паск). Компьютеризация и информатизация образовательного процесса обозначили новую веху в развитии теоретических основ и практики применения адаптивного обучения. Начиная с конца прошлого века направления исследований ученых (психологов, социологов, педагогов, ИТ-специалистов) сфокусировались на проблеме персонификации обучения на основе ИКТ и, как следствие, разработке систем адаптивного электронного обучения и СКАТ. Последние довольно быстро стали разрабатываться как автономные независимые модули, а не только как встроенные в системы дистанционного обучения или электронные образовательные платформы [5].

Если внедрение в педагогическую практику ДОТ и технологий электронного обучения вызывало определенные сложности, то практическое применение СКАТ нашло поддержку в высшем образовании для проведения промежуточной аттестации [2, 4], а также в системе дополнительного профессионального образования (особенно в корпоративном обучении), в частности для оценки сформированных профессиональных компетенций и гибких навыков (soft skills). СКАТ при этом рассматриваются как инструмент повышения эффективности не только традиционного компьютерного тестирования [1], но и в целом приме-

ния электронного и мобильного обучения. Как показал анализ разработанных и внедрённых в педагогическую практику СКАТ, большинство из них (как автономных модулей, так и встроенных в СДО, платформы электронного или мобильного обучения) ориентированы только на оценивание [7, 8, 11, 20, 22], а выявление причин затруднений обучающихся и организации корректирующих процедур до настоящего времени не находится в фокусе научных интересов ученых и ИТ-специалистов. По-прежнему приоритетным является применение классической теории тестирования (КТТ), а использование моделей и алгоритмов современной теории тестирования (IRT) в основном сосредоточено на выявлении подходов и алгоритмов для повышения достоверности адаптивного тестирования [1].

Обзор литературы

Создание концептуально новой модели СКАТ, которая бы обеспечивала не только оценивание, но и реализацию диагностической и корректирующих функций, потребовало обобщения научных исследований российских и зарубежных ученых. Среди направлений развития теории и практики компьютерного адаптивного тестирования можно выделить сравнительные исследования классических линейных и адаптивных тестов, обосновывающие эффективность последних на экспериментальном и теоретическом уровне [2, 7, 13, 16, 17, 19]; труды по исследованию динамического адаптивного тестирования [6, 9], научной основой которого являются теория когнитивного развития Ж. Пиаже и теория социокультурного развития Л. С. Выготского; работы по поиску путей варьирования уровня сложности тестовых заданий по разным основаниям [5, 10, 14]; по применению технологий искусственного интеллекта [13, 22], по созданию новых алгоритмов, обеспечивающих не только достоверность, но более высокую точность измерений [17]. Особое место занимают исследования следующих проблем: внедрение СКАТ в учебный процесс в общем и высшем образовании по различным учебным дисциплинам [2, 4, 6, 9, 11, 15, 16, 19, 20], в том числе для повышения мотивации обучающихся [17]; проведение различных психологических исследований, включая оценку компьютерной и интернет-аддикции; расширение традиционных оснований адаптивности тестов (количество

заданий, уровень их сложности, время выполнения), а именно адаптация формата представления тестовых заданий к стилю познавательной деятельности обучающихся, что обеспечивает более точные индивидуальные результаты тестирования [4, 5]. Необходимо также отметить и поиск альтернативных компьютерному адаптивному тестированию решений [15].

Материалы и методы

В РГПУ им. А. И. Герцена начиная с 2019 г., проводились исследования СКАТ [11], по результатам которых были выделены функции, по поддержке системы для обеспечения эффективной промежуточной аттестации обучающихся по различным учебным дисциплинам. Результаты проведенных исследований выявили три такие функции: *диагностическую* – для определения причин неуспешного выполнения заданий тестов отдельными обучающимися; *корректирующую* – для выбора подходящих учебных материалов и, соответственно, устранения выявленных индивидуальных учебных дефицитов); *оценивающую* – которая в СКАТ позволяет оценивать результаты как первоначального, так и повторного тестирования. Следует отметить, что повторное тестирование проводится только после проработки обучающимся соответствующего учебного содержания. СКАТ, поддерживающая эти функции, соответственно получила название *система компьютерного адаптивного обучающего тестирования*¹. Особое внимание при разработке этой системы уделялось тестовым заданиям, представленными кейсами или наборами кейсов [5, 10], структура которых определяется описанным выше функционалом, т. е. состоит из двух блоков – блока диагностики и блока обучения.

Блок диагностики всегда содержит одно комплексное задание и систему более простых заданий. Выполнение комплексного задания помогает оценить уровень владения сложными умениями, тогда как выполнение более простых заданий направлено на проверку отдельных умений, необходимых для выполнения основного задания. Это позволяет точнее выявить у каждого обучающегося те умения, на формирование которых следует обратить дополнительное внимание. Более того, эти

¹ Снегурова В. И., Готская И. Б. и др. Работа с системой компьютерного адаптивного тестирования: учебно-методическое пособие. СПб.: НИЦ АРТ, 2023. 146 с. EDN SCFDIG

отдельные умения классифицируются по уровням сложности, что является дополнительным инструментом адаптации.

Блок обучения содержит не только теоретический материал, но и примеры решения задач, схожих с теми, что представлены в блоке диагностики, а также тренажеры для отработки навыков. Как и в случае с диагностическими заданиями, здесь реализована дополнительная адаптация путем распределения заданий и тренажеров по уровням сложности. Схема последовательности выполнения кейса представлена на рисунке.

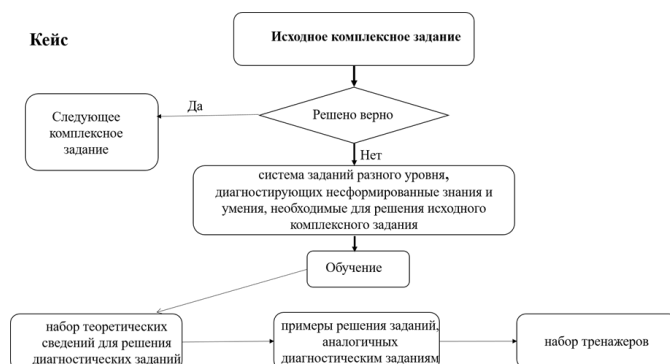


Рисунок. Последовательность выполнения кейса

На основе проведённых исследований были определены следующие уровни сложности заданий и тренажёров. Нулевой или базовый уровень включает задания, решение которых требует системного применения совокупности более простых умений. Первый уровень охватывает более простые умения, достаточные для выполнения заданий нулевого уровня. Второй уровень объединяет еще более элементарные умения для решения задач первого уровня, и так далее вплоть до базовых знаний и умений. Общая структура кейса представлена в таблице.

Заметим, что количество уровней – это переменная характеристика, которая зависит от особенностей самой учебной дисциплины, предлагаемых заданий и тренажеров.

Таким образом, система диагностики представляет собой структуру, в которой все предметные знания и умения объединены в иерархическую систему.

Общая структура кейса

Уровень 0	Уровень 1	Уровень 2	...	Элементарное умение
Комплексное задание		...		
		2.1)		
		2.2)		
		2.3)		
		3.1)		
		3.2)	3.2.1)	
			3.2.2)	
			3.2.3)	
		3.3)		
		...		
		5.1)		
		5.2)	5.2.1)	5.2.1.1)
				5.2.1.2)
		5.2.2)		
		...		

Задания нулевого уровня в рамках изучаемого блока содержания предполагают использование комплексных умений, успешное выполнение которых основывается на объединении более простых действий/умений первого уровня. В свою очередь задания первого уровня будут нацелены на применение элементарных умений, без сформированности которых невозможно успешное выполнение заданий нулевого уровня (комплексных задач), и далее, до самых элементарных умений, сформированность которых необходима для успешного выполнения самых простых одношаговых заданий.

Заметим, что для большинства комплексных заданий достаточно будет второго уровня, на котором уже возможно выделение элементарных знаний и умений и соответствующих им заданий.

Данная система позволяет не только констатировать невыполнение комплексного задания, но и диагностировать причину его невыполнения, т. е. автоматически выявить то действие более низкого уровня, несформированность которого послужила причиной возникшего неуспеха.

Результаты

Интуитивно возникает предположение, что для каждого участника тестирования умение, несформированность которого стало причиной затруднения, будет индивидуальным. Если устранить выявленное затруднение, то комплексное задание заданного типа будет выполнено успешно.

В 2023–24 учебном году было проведено локальное исследование, которое проводилось на материале математики и составленных на основе описанной выше модели математических задач. В нем приняли участие четыре группы испытуемых:

- обучающиеся 9-х (23 чел.) и 11-х (21 чел.) классов;
- будущие учителя математики (19 чел.) – студенты III курса РГПУ им. А. И. Герцена, обучающиеся по направлению «Педагогическое образование», профиль «Математическое образование» и осваивающие дисциплину «Практикум по решению математических задач»;
- работающие учителя математики (18 чел.), которые проходили повышение квалификации по отдельным вопросам методики обучения математики, в том числе по решению математических задач.

Целью эксперимента была проверка предположений:

- 1) успешность выполнения задания в каждой группе испытуемых не превышает 40 %;
- 2) причины неуспешного выполнения заданий индивидуальны, но могут быть диагностируемы при реализации предложенного алгоритма;
- 3) при устранении выявленного пробела в знаниях/умениях успешность выполнения подобных заданий и/или решения которых основано на аналогичном наборе элементарных знаний и умений, существенно повышается.

На первом шаге каждой группе предлагалось решить одну или две математические задачи. Оценивалась степень успешности (процент участников, правильно и без ошибок выполнивших задание) решения задачи в группе.

Задания для каждой из групп предлагались разные. Для 1 и 2 групп – по одной математической задаче. Для группы 1 была дана задача по планиметрии, соответствующая по содержанию заданию 25 ОГЭ; для группы два – дробно-рациональное неравенство, соответствующее заданию 15 ЕГЭ.

Студентам и учителям были предложены по два задания – те же задачи, что и школьникам 9-х и 11-х классов.

В результате проведения первого шага эксперимента были получены следующие выводы:

1. Успешность выполнения задания по геометрии в группе учащихся 9 класса составила 8,6 % (2 чел.), студенты III курса полностью справились с ней в 26,3 % случаев (5 чел.), а учителя продемонстрировали 38,9 % успеха (7 чел.).

2. Успешность решения дробно-рационального неравенства учащимися 11 класса составила 23,8 % (5 чел.), количество студентов, решивших его правильно, составило 47,3 % (9 чел.), а учителя успешно решили его в 55,6 % случаев (10 чел.).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что предлагаемые задания были достаточно трудными для решения не только школьниками, но и студентами и учителями.

Далее группы участников разделили на две подгруппы: А и Б. Таким образом, получилось восемь подгрупп участников. Каждому участнику подгрупп А предлагалось ответить на вопрос, что послужило причиной неуспеха, проверить свое решение и выделить те математические факты, незнание или неверное применение которых привело к неверному решению задач.

Затем участникам подгрупп А предлагались задачи, решение которых опирается на знание и умение применить тот же набор математических фактов. Оценивалась успешность решения каждой задачи в группе.

В результате проведения второго шага эксперимента с подгруппами А были получены следующие выводы:

1. Из числа школьников правильно смогли найти свою ошибку и ответить на вопрос 6 обучающихся 9 класса (26,1 %) и 8 обучающихся 11 класса (52,4 %). Количество студентов составило 12 (60 %) для геометрической задачи и 18 (90 %) для неравенства, а из общего количества учителей правильно ответили на вопрос 14 (77,8 %) – для геометрии и 18 (100 %) для неравенства.

2. Успешность решения вторых задач не отличалось существенным образом от результатов решения первых задач.

На втором шаге участникам подгрупп Б предлагался алгоритм работы с задачами по схеме, описанной выше.

В результате проведения второго шага эксперимента с подгруппами Б были получены следующие выводы:

1. Из 46 человек, не решивших геометрическую задачу, до уровня элементарных умений спустились 18, из них 15 учащихся 9 класса и 3 студента.

2. Из 34 человек, не решивших неравенство, до уровня элементарных умений спустились 22, из них 12 учащихся 11 класса, 5 студентов и 5 учителей.

3. Успешность решения вторых задач повысилась в среднем на 50 %.

Обсуждения и выводы

Проведенное локальное экспериментальное исследование выявило повышение успешности решения задач по математике в ходе реализации предлагаемого алгоритма, положенного в основу разработанной системы компьютерного адаптивного обучающего тестирования, что подтверждает эффективность полученных к настоящему времени результатов научных исследований создания такой системы и целесообразность их дальнейшего продолжения. В частности, очевидна необходимость проведения дальнейших исследований структуры комплексного задания из блока диагностики, а также разработки расширенной типологии системы простых заданий из этого же блока. Экспериментальное исследование выявило потребность в дальнейшей конкретизации и формализации уровней сложности заданий и тренажеров, что рассматривается как самостоятельная методическая научная задача в рамках проблемы дальнейшего совершенствования модели и системы компьютерного адаптивного обучающего тестирования. Развитие технологий искусственного интеллекта раскрывают новые возможности в проектировании системы компьютерного адаптивного обучающего тестирования, а также в расширении ее функционала на другие предметные области, именно эти направления рассматриваются как приоритетные в продолжении исследований по рассматриваемой проблеме.

Список литературы

1. Безруков А. И., Акимова С. А. Моделирование адаптивного теста по результатам классического тестирования // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2023. – Т. 19. – № 2. – С. 498–507. EDN KQPWNH.

2. Векслер В. А., Отроков Д. А. Адаптивное тестирование как вид объективного контроля знаний, умений и навыков обучаемых и одного из способов повышения качества образования // NovalInfo. – 2018 – Т. 1. – № 94. – С. 170–174. EDN: VNYVVE.

3. Вихрев В. В. Цифровая трансформация образования и проблематика адаптивного обучения // Информационные технологии в образовании: материалы XI Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Саратов, 01–02 ноября 2019 года. – Саратов: Перо, 2019. – С. 44–48. EDN NUYXDU.
4. Готская И. Б., Снегурова В. И. Компьютерное диагностическое адаптивное тестирование в подготовке бакалавров и магистров технологического образования // Технологическое образование: теория и инновационные практики (К 45-летию юбилею кафедры технологического образования РГПУ им. А. И. Герцена): материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 28–30 марта 2023 года. – СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2023. – С. 167–171. EDN THNZBO.
5. Готская И. Б., Снегурова В. И., Сивинский С. А. Система компьютерного адаптивного тестирования: варьирование уровня сложности и формата предъявления тестовых заданий // Управление качеством образования: теория и практика эффективного администрирования. – 2025. – № 3. – С. 41–47. – EDN YVXHIE.
6. Дьячук П. П., Шкерина Л. В., Шадрин И. В., Перегудина И. П. Динамическое адаптивное тестирование как способ самообучения студентов в электронной проблемной среде математических объектов // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. – 2018. – № 1 (43). – С. 48–59. EDN: XLWTKX.
7. Ларин С. Н., Герасимова Л. И., Герасимова Е. В. Адаптивное тестирование уровня знаний обучаемых как инструмент реализации принципов индивидуализации и дифференциации обучения // Педагогический журнал. – 2018. – Т. 8. – № 2А. – С. 48–57. EDN: XYDEJN.
8. Мазорчук М. С., Добряк В. С., Кочура А. Р. Технология адаптивного тестирования в среде R // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. 2017. – № 75. – С. 215–230.
9. Перегудова И. П. Динамическое адаптивное тестирование учебной деятельности студентов при изучении времен английского языка // Педагогические науки. – 2020. – № 10 (100). – С. 40–45. EDN: ZPPMDC.
10. Снегурова В. И., Готская И. Б., Пиотровская К. Р. Кейсы по математике для системы компьютерного диагностического адаптивного тестирования // Новые образовательные стратегии в современном информационном пространстве: сб. науч. статей по материалам международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 09–30 марта 2022 года. – СПб.: Астерион, 2022. – С. 141–148. EDN WIRQDV.
11. Столярова И. В. Электронный тестовый метод контроля на этапе фронтального опроса на уроках информатики у учащихся средней школе // Russian Journal of Education and Psychology. – 2020. – Том 11. – № 3. – С. 48–54. EDN: ZZVPI.
12. Тагирова Л. Ф., Зубкова Т. М. Интеллектуальная система адаптивного тестирования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2023. – № 4 (24). – С. 757–764. EDN: AYOMEW.
13. Томашев М. В., Авдеев А. С., Краснова М. В. Адаптивное тестирование как средство управления качеством образования // Информатика и образование. – 2018. – № 9 (298). – С. 27–33. EDN: YQHHLV
14. Шершнева В. А., Вайнштейн Ю. В., Кочеткова Т. О. Адаптивная система обучения в электронной среде // Программные системы: теория и приложения. – 2018. – Т. 9. – № 4 (39). – С. 159–177. EDN DNBANN.
15. Delgado-Gómez D., Laria J. C., Ruiz-Hernández D. Computerized adaptive test and decision trees: A unifying approach // Expert systems with applications, March 2019. – Vol. 117. – P. 358–366. DOI: 10.1016/j.eswa.2018.09.052.
16. Gotskaya I. B., Zhukov N. N., Gosudarev I. B., Snegurova V. I. [et al.]. The problem of increasing the efficiency of computer adaptive testing for students in higher educational establishments // Revista EDaPEC: Educação a Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais. – 2021. – Vol. 21. – No. 2. – P. 98–108. EDN AMBNRX.
17. Martin A. J., Lazendic, G. Computer-adaptive testing: Implications for students' achievement, motivation, engagement, and subjective test experience // Journal of Educational Psychology. – 2018. – 110(1). – P. 27–45. DOI: 10.1037/edu0000205.
18. Samsudin M. A., Som Chut T., Ismail M. E. Evaluating computerized adaptive testing efficiency in measuring students' performance in science TIMSS // Jurnal pendidikan IPA In-

donesia (Indonesian Journal of Science Education). [S.L.]. – 2019. – Vol. 8. – № 4. – P. 547–560. DOI:10.1007/978-3-642-20074-8_3.

19. Shapiro E. S., Dennis M. S., Fu Q. Comparing computer adaptive and curriculum-based measures of math in progress monitoring // *School Psychology Quarterly*. – 2015. – Vol. 30 (4). – P. 470–487. DOI: 10.1037/spq0000116.

20. Zahrebelnyi, S. L., Brus, M. V. Adaptive testing as a means of students' knowledge control at technical higher educational institutions. *DHMA Bulletin*. – 2017. – 1(22). – P. 155–162.

21. Zhuang Y., Liu Q., Huang Z., Li Z., Shen S., Ma H. Fully adaptive framework: neural computerized adaptive testing for online education. *Proceedings of the thirty-sixth AAAI conference on artificial intelligence (AAAI-22)*. February 22 March 1, 2022, held virtually. – 2022. – Vol. 36. – № 4. – P. 4734–4742. DOI: 10.1609/aaai.v36i4.20399.

22. Gomedé E., Barros R. M., Mendes L. S. Deep auto encoders to adaptive e-learning recommender system // *Computers and education: Artificial intelligence*. – 2021. Vol. 2. – Pp. 2–12. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100009.

References

1. Bezrukov, A. I., Akimova, S. A. (2023) Modelirovanie adaptivnogo testa po rezul'tatam klassicheskogo testirovaniya [Modeling of adaptive testing based on classical testing results]. *Sovremennye informacionnye tekhnologii i IT-obrazovanie – Modern Information Technologies and IT Education*. No. 2 (19). Pp. 498–507. (In Russian). EDN KQPWNH.

2. Veksler, V. A., Otrokov, D. A. (2018) Adaptivnoe testirovanie kak vid ob"ektivnogo kontrolya znanij, umenij i navykov obuchaemyh i odnogo iz sposobov povysheniya kachestva obrazovaniya [Adaptive testing as a type of objective knowledge control, skills and abilities of students and one of the ways to improve the quality of education]. *NovalInfo – NovalInfo*. No. 94 (1). Pp. 170–174. (In Russian). EDN: VNYVVE.

3. Vihrev, V. V. (2019) *Cifrovaya transformaciya obrazovaniya i problematika adaptivnogo obucheniya* [Digital transformation of education and issues of adaptive learning]. *Informacionnye tekhnologii v obrazovanii* [Information Technologies in Education]. *Proceedings of the XI All-Russian (with international participation) scientific-practical conference*. Saratov, November 01–02, 2019. Saratov: Pero Publishing House. Pp. 44–48. (In Russian). EDN NUYXDU.

4. Gotskaya, I. B., Snegurova, V. I. (2023) *Komp'yuternoe diagnosticheskoe adaptivnoe testirovanie v podgotovke bakalavrov i magistrów tekhnologicheskogo obrazovaniya* [Computer diagnostic adaptive testing in the training of bachelors and masters in technological education]. *Tekhnologicheskoe obrazovanie: teoriya i innovacionnye praktiki (K 45-letnemu yubileyu kafedry tekhnologicheskogo obrazovaniya RGPU im. A. I. Gercena)* [Technological Education: Theory and Innovative Practices (Dedicated to the 45th Anniversary of the Department of Technological Education, Herzen State Pedagogical University)]. *Materials of the russian scientific and practical conference with international participation*, St. Petersburg, March 28–30, 2023. St. Petersburg: Russian State Pedagogical University A. I. Herzen. Pp. 167–171. (In Russian). EDN THNZBO.

5. Gotskaya, I. B., Snegurova, V. I., Sivinskij, S. A. (2025) *Sistema komp'yuternogo adaptivnogo testirovaniya: var'irovanie urovnya slozhnosti i formata pred'yavleniya testovyh zadaniy* [Computer adaptive testing system: varying the level of complexity and format of presenting test tasks]. *Upravlenie kachestvom obrazovaniya: teoriya i praktika effektivnogo administrirovaniya. – Education quality management: theory and practice of effective administration*. No. 3. Pp. 41–47. (In Russian). EDN YXIHIE.

6. D'yachuk, P. P., Shkerina, L. V., Shadrin, I. V., Peregudina, I. P. (2018) Dinamicheskoe adaptivnoe testirovanie kak sposob samoobucheniya studentov v elektronnoy problemnoy srede matematicheskikh ob"ektov [Dynamic adaptive testing as a method of students' self-learning in the electronic problem-based environment of mathematical objects]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V. P. Astaf'eva – Bulletin of Krasnoyarsk state pedagogical university named after V. P. Astafyev*. No. 1 (43). Pp. 48–59. (In Russian). EDN: XLWTKX.

7. Larin, S. N., Gerasimova, L. I., Gerasimova, E. V. (2018) Adaptivnoe testirovanie urovnya znanij obuchaemyh kak instrumentarij realizacii principov individualizacii i differenciacii obucheniya [Adaptive testing of students' knowledge level as a tool for implementing the principles of individualization and differentiation of education]. *Pedagogicheskij zhurnal – Pedagogical Journal*. No. 2A (8). Pp. 48–57. (In Russian). EDN: XYDEJN.

8. Mazorchuk, M. S., Dobryak, V. S., Kochura, A. R. (2017) Tekhnologiya adaptivnogo testirovaniya v srede R [Adaptive testing technology in the R environment]. *Otkrytye informacionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii – Open information and computer integrated technologies*. No. 75. Pp. 215–230. (In Russian).
9. Peregudova, I. P. (2020) Dinamicheskoe adaptivnoe testirovanie uchebnoj deyatel'nosti studentov pri izuchenii vremen anglijskogo yazyka [Dynamic adaptive testing of students' learning activities in the study of English tenses]. *Pedagogicheskie nauki – Pedagogical Sciences*. No. 10 (100). Pp. 40–45. (In Russian). EDN: ZPPMDC.
10. Snegurova, V. I., Gotskaya, I. B., Piotrovskaya, K. R. (2022) *Kejsy po matematike dlya sistemy komp'yuternogo diagnosticheskogo adaptivnogo testirovaniya* [Cases in mathematics for the computer diagnostic adaptive testing system]. *Novye obrazovatel'nye strategii v sovremennom informacionnom prostranstve* [New educational strategies in modern information space]. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific-practical conference, Sankt-Peterburg, March 09–30, 2022. Saint-Petersburg: Asterion. Pp. 141–148. (In Russian). EDN WIRQDV.
11. Stolyarova, I. V. (2020) Elektronnyj testovyy metod kontrolya na etape frontal'nogo oprosa na urokah informatiki u uchashchihsya srednej shkole [Electronic testing method for control at the frontal survey stage in computer science lessons for secondary school students]. *Russian Journal of Education and Psychology – Russian Journal of Education and Psychology*. No. 3 (11). Pp. 48–54. EDN: ZZVPJ.
12. Tagirova, L. F., Zubkova, T. M. (2023) Intellekturnaya sistema adaptivnogo testirovaniya [Intelligent adaptive testing system]. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik informacionnykh tekhnologij, mekhaniki i optiki – Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics*. No. 4 (24). Pp. 757–764. (In Russian). EDN: ZZVPJ.
13. Tomashev, M. V., Avdeev, A. S., Krasnova, M. V. (2018) Adaptivnoe testirovanie kak sredstvo upravleniya kachestvom obrazovaniya [Adaptive testing as a tool for education quality management]. *Informatika i obrazovanie – Computer Science and Education*. No. 9 (298). Pp. 27–33. (In Russian). EDN: YQHHLV.
14. Shershneva, V. A., Vajnshtejn, YU. V., Kochetkova, T. O. (2018) Adaptivnaya sistema obucheniya v elektronnoj srede [Adaptive learning system in electronic environment]. *Programmye sistemy: teoriya i prilozheniya – Software Systems: Theory and Applications*. No. 4 (39). Pp. 159–177. (In Russian). EDN DNBANN.
15. Delgado-Gómez, D., Laria, J. C., Ruiz-Hernández, D. (2019) Computerized adaptive test and decision trees: A unifying approach. *Expert systems with applications*. Vol. 117. Pp. 358–366. DOI: 10.1016/j.eswa.2018.09.052.
16. Gotskaya, I. B., Zhukov, N. N., Gosudarev, I. B., Snegurova, V. I. (2021) [et al.] The problem of increasing the efficiency of computer adaptive testing for students in higher educational establishments. *Revista EDaPECI: Educação a Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais*. Vol. 21. No. 2. Pp. 98–108. EDN AMBNRX.
17. Martin, A. J., Lazendic, G. (2018) Computer-adaptive testing: Implications for students' achievement, motivation, engagement, and subjective test experience. *Journal of Educational Psychology*. No. 110(1). Pp. 27–45. DOI: 10.1037/edu0000205.
18. Samsudin, M. A., Som, Chut T., Ismail, M. E. (2019) Evaluating computerized adaptive testing efficiency in measuring students' performance in science TIMSS. *Jurnal pendidikan IPA Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*. [S.l.]. Vol. 8. No. 4. Pp. 547–560. DOI: 10.1007/978-3-642-20074-8_3.
19. Shapiro, E. S., Dennis, M. S., Fu Q. (2015) Comparing computer adaptive and curriculum-based measures of math in progress monitoring. *School Psychology Quarterly*. Vol. 30 (4). Pp. 470–487. DOI: 10.1037/spq0000116.
20. Zahrebelnyi, S. L., Brus, M. V. (2017) Adaptive testing as a means of students' knowledge control at technical higher educational institutions. *DHMA Bulletin*. No. 1 (22). Pp. 155–162.
21. Zhuang, Y., Liu, Q., Huang, Z., Li, Z., Shen, S., Ma, H. (2022) Fully adaptive framework: neural computerized adaptive testing for online education. *Proceedings of the thirty-sixth AAAI conference on artificial intelligence (AAAI-22)*. February 22– March 1, 2022, held virtually. Vol. 36. No. 4. Pp. 4734–4742 DOI: 10.1609/aaai.v36i4.20399.
22. Gomedede, E., Barros, R. M., Mendes, L. S. (2021) Deep auto encoders to adaptive e-learning recommender system. *Computers and education: Artificial intelligence*. Vol. 2. Pp. 2–12. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100009.

Личный вклад соавторов
Personal co-authors contribution
50/50 %

|187|

Информация об авторах

Готская Ирина Борисовна – доктор педагогических наук, профессор, Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена; Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0003-3074-8936, e-mail: iringot@mail.ru

Снегурова Виктория Игоревна – доктор педагогических наук, Институт содержания и методов обучения имени В. С. Леднева, Москва, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0001-7349-6578, e-mail: snegurova@bk.ru

Information about the authors

Irina B. Gotskaya – Dr. Sci. (Ped.), Professor, The Herzen State Pedagogical University of Russia; Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0003-3074-8936, e-mail: iringot@mail.ru

Victoria I. Snegurova – Dr. Sci. (Ped.), Institute of Content and Methods of Education, Moscow, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0001-7349-6578, e-mail: snegurova@bk.ru

Поступила в редакцию: 05.05.2025
Принята к публикации: 23.05.2025
Опубликована: 30.06.2025

Received: 05 May 2025
Accepted: 23 May 2025
Published: 30 June 2025