

## Формирование индивидуальных образовательных траекторий в традиционных LMS

Ю. В. Перязева\*, Р. Г. Калганов

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

197376, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5

\* peryazeva@list.ru

### Аннотация

Индивидуальные образовательные траектории – это тренд современного образования. В работе рассматриваются возможности индивидуализации в традиционных LMS на основе адаптивных технологий и технологий искусственного интеллекта. Проанализированы различные подходы к построению индивидуальных траекторий, выбран для реализации и обоснован способ, основанный на построении программного комплекса, связывающего адаптивный движок, источники учебных материалов и LMS по протоколу LTI. Разработанная система построения траекторий включает: модель компетенций, модели студентов, многоуровневую по сложности систему контента, адаптивные движки и веб-приложение реализующее взаимодействие всех компонентов. В основе функционирования системы лежит модель компетенций, которая представляет собой композицию индикаторов достижения компетенций (ИДК), сформированность которых определяется по результатам выполнения заданий по определенным качественным критериям, заданным для каждой дисциплины, формируя модель студента. Учебный контент разрабатывается на основе модели компетенций, задания отвечают за определенные ИДК и имеют разную сложность. Курс строится из микромодулей на основе модели студента и модели компетенций, наполнение которых формируется в процессе обучения с помощью адаптивных технологий. Предложенный подход позволяет разрабатывать сложные алгоритмы построения траекторий вне зависимости от возможностей LMS, используя при этом уже годами накопленный учебный контент. Предлагаемые принципы построения траекторий были технически реализованы на основе LMS Moodle с адаптивным движком на базе Item Response Theory и апробированы для индивидуализации обучения информатике студентов первого курса технических направлений.

**Ключевые слова:** электронное обучение, смешанное обучение, адаптивное обучение, искусственный интеллект в образовании, индивидуальные образовательные траектории, система управления обучением, LMS Moodle.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**Для цитирования:** Перязева, Ю. В. Формирование индивидуальных образовательных траекторий в традиционных LMS / Ю. В. Перязева, Р. Г. Калганов. – DOI 10.25559/SITITO.16.202003.754-763 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 3. – С. 754-763.

© Перязева Ю. В., Калганов Р. Г., 2020



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



## Design of Personalized Learning Paths in Traditional LMS

J. V. Peryazeva\*, R. G. Kalganov

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russian Federation  
5 Professora Popova St., St. Petersburg 197376, Russian Federation

\* peryazeva@list.ru

### Abstract

Personalized learning is one of the most significant trends in education. The article discusses the individualization of learning to use traditional LMS based on adaptive learning and artificial intelligence technologies. Several of the approaches have been considered, a method based on the construction of a software package connecting an adaptive engine, content source, LMS using the LTI protocol was selected for implementation. The developed system for constructing personalized learning paths includes: a competency model, student models, a multi-level content, adaptive engines and a web application that connecting all components. The system is based on the model of competencies, which is a composition of indicators of achievement of competencies. Educational content is developed on the basis of a competency model, tasks are responsible for certain indicator of achievement of competencies and have different complexity. The course is built from micro-modules based on a student's model and a competency model, the content of which is formed in the learning process using adaptive technologies. The current version of the application is developed on the basis of LMS Moodle using IRT and tested on first-year students.

**Keywords:** E-learning, blended learning, adaptive learning, personalized learning paths, Artificial Intelligence in education, learning management system, LMS Moodle.

*The authors declare no conflict of interest.*

**For citation:** Peryazeva J.V., Kalganov R.G. Design of Personalized Learning Paths in Traditional LMS. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2020; 16(3):754-763. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202003.754-763>



## Введение

Российские вузы постепенно переходят от классической модели дипломного образования к индивидуальным программам, концентрируя внимание на каждом отдельном студенте. Индивидуальные образовательные траектории — это тренд современного образования<sup>1,2</sup>. Индивидуализация предполагается как в построении учебного плана, так и уникальных траекторий изучения отдельных дисциплин [1],[2]. Студенты сильно отличаются по способностям и мотивации. Кто-то быстро осваивает материал, другим требуется больше времени или учебного материала и усилий. Кроме того, для студентов первого курса в первом семестре, в условиях неоднородного уровня подготовки по базовым школьным предметам, индивидуализация изучения базовых дисциплин в первую очередь должна быть направлена на решение задачи выравнивающей подготовки. Сформировать условия для построения каждому студенту собственной траектории развития — задача нетривиальная, одним из решений является использование технологий адаптивного и смешанного обучения. Основой адаптивного обучения как раз и является персонализированный подход к каждому студенту, для обучающегося это означает, что ему будет предложен учебный материал в соответствии с его способностями и знаниями. Для этого, во-первых, отделяется то, что студенты уже знают, от того, что им неизвестно, и, во-вторых, используются характеристики самих студентов, чтобы предложить подходящий учебный материал. Идея адаптивного обучения стала популярной с широким распространением компьютерных технологий, первые разработки появились более тридцати лет назад. Сейчас интерес к таким системам возвращается [3], благодаря технологиям искусственного интеллекта, которые многократно усиливают возможности адаптивных подходов, хотя о явной эффективности и массовом внедрении в учебный процесс говорить пока рано<sup>3</sup> [4],[5].

Существуют различные подходы к разработке систем адаптивного обучения, в том числе, на основе традиционных систем управления обучением (learning management system, LMS). Несмотря на то, что чаще всего в LMS применяется линейное прохождение учебных единиц, большинство предоставляет возможности построения достаточно сложных траекторий. Например, в LMS Moodle, Edx можно выстраивать контент в зависимости от условий по принадлежности учащегося к определенной группе, дате, полученным оценкам, и это можно использовать для построения траекторий [6], но эти способы требуют ручной настройки преподавателем или администратором курса.

Другой подход, не требующий такой вовлеченности преподавателя и администратора в процесс адаптации, разработка плагинов и различных расширений LMS [7],[8],[9]. Например, в работе [9] описывается плагин LMS Moodle, который производит взаимодействие между Moodle и программным комплексом, который строит индивидуальную траекторию студента на основе нечетких сетей Петри (НСП). Для НСП выделяются наборы компонент и множество переходов для начальной структуры курса, а также набор опциональных элементов с некоторыми коэффициентами «присутствия». Далее, на основе нечеткой оценки уровня знания пользователя, полученной от нейросетевой модели, коэффициенты пересчитываются и на выходе получается курс с отличным от изначального набором компонентов. Таким образом, формируется индивидуальная траектория для студента, а преподавателю или администратору курса требуется лишь настроить первоначальную структуру и альтернативные элементы. Такой подход требует поддержки плагина для новых версий платформы, имеет сильную связность с алгоритмом адаптации и конкретной системой управления обучением, ограничивает в использовании различных LMS.

В работах [10],[11] представлено решение для LMS Edx, которое, на наш взгляд, лишено выше описанных недостатков. Вместо плагина для интеграции с LMS используется протокол LTI<sup>4</sup> [12], который реализует подавляющее большинство LMS систем в качестве потребителя<sup>5,6</sup>, а вместо НСП набор из адаптивных движков, которые не имеют сильной связности ни с LMS, ни с реализацией курса. Формируется программный комплекс из компонента для связи (Bridge), набора источников материалов (Content Source), и адаптивного движка (Adaptive Engine), который отвечает за поддержку информационной модели студента и построение траектории обучения, основываясь на информации, полученной из Bridge. В качестве источника может послужить любая система, которая реализует протокол LTI как поставщик, в частности LMS [13]. Алгоритм адаптации также становится независимым от LMS, что позволяет менять способы построения индивидуальной траектории, не внося изменений ни в курс, ни в LMS.

Аналогичный подход можно использовать и для других LMS, что позволит разрабатывать сложные алгоритмы построения траекторий вне зависимости от возможностей LMS, траектории при этом можно строить на основе уже годами накопленного учебного контента. А так же такой подход может существенно упростить использование в смешанном и онлайн обучении учебного учреждения различных LMS [14].

<sup>1</sup> Алеева В. Индивидуальная образовательная траектория: естественный путь студента и гонка с препятствиями для университета // Т-университеты / Под ред. В. Волянской. М.: Центр трансформации образования Московской школы управления СКОЛКОВО, 2019. С. 35-58. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO\\_SEDeC\\_T-universities\\_ru.pdf](http://www.skolkovo.ru/public/media/documents/research/sedec/SKOLKOVO_SEDeC_T-universities_ru.pdf) (дата обращения: 12.09.2020).

<sup>2</sup> Brown M. et al. 2020 EDUCAUSE Horizon Report. Teaching and Learning Edition. Louisville, CO: EDUCAUSE, 2020. [Электронный ресурс]. URL: [https://library.educause.edu/-/media/files/library/2020/3/2020\\_horizon\\_report\\_pdf.pdf?la=en&hash=08A92C17998E8113BCB15DCA7BA1F467F303BA80](https://library.educause.edu/-/media/files/library/2020/3/2020_horizon_report_pdf.pdf?la=en&hash=08A92C17998E8113BCB15DCA7BA1F467F303BA80) (дата обращения: 12.09.2020).

<sup>3</sup> Вилкова К.А., Лебедев Д.В. Адаптивное обучение в высшем образовании: за и против // Современная аналитика образования. 2020. № 7(37). М.: НИУ ВШЭ, 2020. 36 с.

<sup>4</sup> Learning Tools Interoperability // IMS Global [Электронный ресурс]. URL: <http://www.imsglobal.org/activity/learning-tools-interoperability> (дата обращения: 12.09.2020).

<sup>5</sup> LTI and Moodle // Moodle [Электронный ресурс]. URL: [https://docs.moodle.org/39/en/LTI\\_and\\_Moodle](https://docs.moodle.org/39/en/LTI_and_Moodle) (дата обращения: 12.09.2020).

<sup>6</sup> LTI Consumer // edX [Электронный ресурс]. URL: [https://edx.readthedocs.io/projects/edx-partner-course-staff/en/latest/exercises\\_tools/lti\\_component.html](https://edx.readthedocs.io/projects/edx-partner-course-staff/en/latest/exercises_tools/lti_component.html) (дата обращения: 12.09.2020).



**Цель работы** — представить подход к построению индивидуальных образовательных траекторий на основе LMS Moodle, основанный на построении программного комплекса, связывающего адаптивный движок, источники учебных материалов и LMS по протоколу LTI.

## Принципы построения индивидуальных траекторий

Современные стандарты образования предъявляют требования к результатам освоения образовательных программ в виде набора компетенций. Индикаторы достижения компетенций (ИДК) — комплекс характеристик, уточняющих и раскрывающих формулировку компетенции в виде результатов обучения и конкретных действий, выполняемых студентом,

освоившим данную компетенцию, которые должны быть измеряемы с помощью средств, доступных в образовательном процессе. Оценка сформированности компетенции основана на декомпозиции компетенции на ИДК [15]. Для измерения ИДК применяются так называемые дескрипторы, которые в общем можно определить как качественные критерии оценивания, описывающие уровень проявления ИДК (низкий, средний, высокий), что дает основания для определения степени ее сформированности у обучающегося [16].

Модель компетенций системы (Рис. 1) представляет собой композицию ИДК, дескрипторы оцениваются (уровень высокий, средний, низкий) по результатам выполнения практических заданий по определенной шкале, заданной для каждой дисциплины и формируют модель студента.

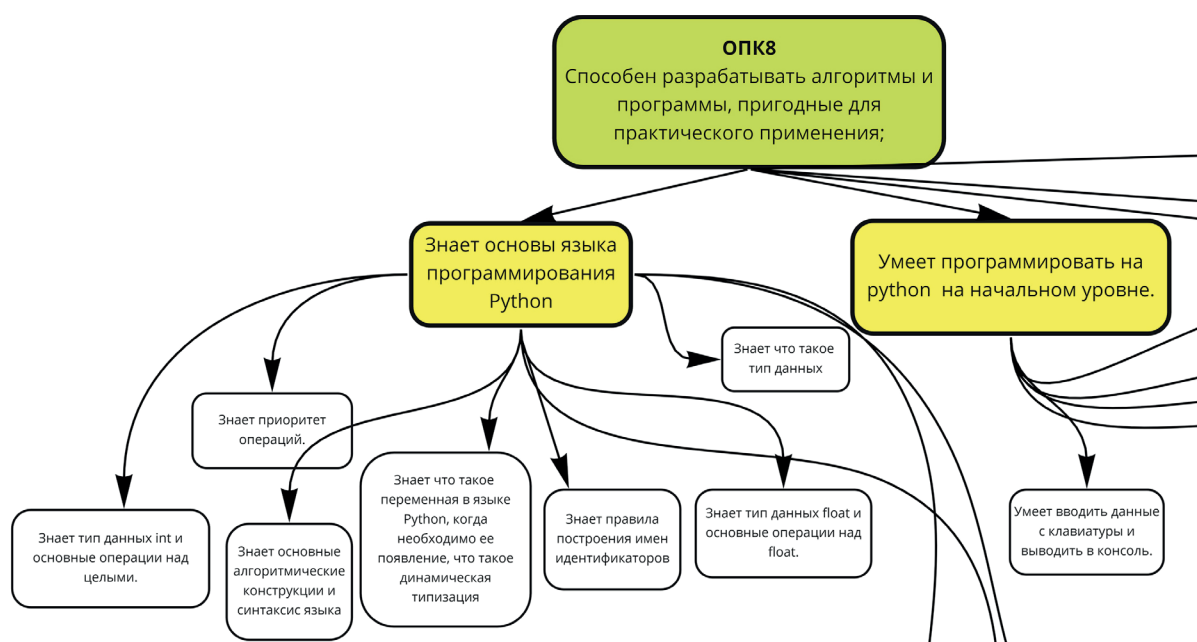


Рис. 1.  
Fig. 1.

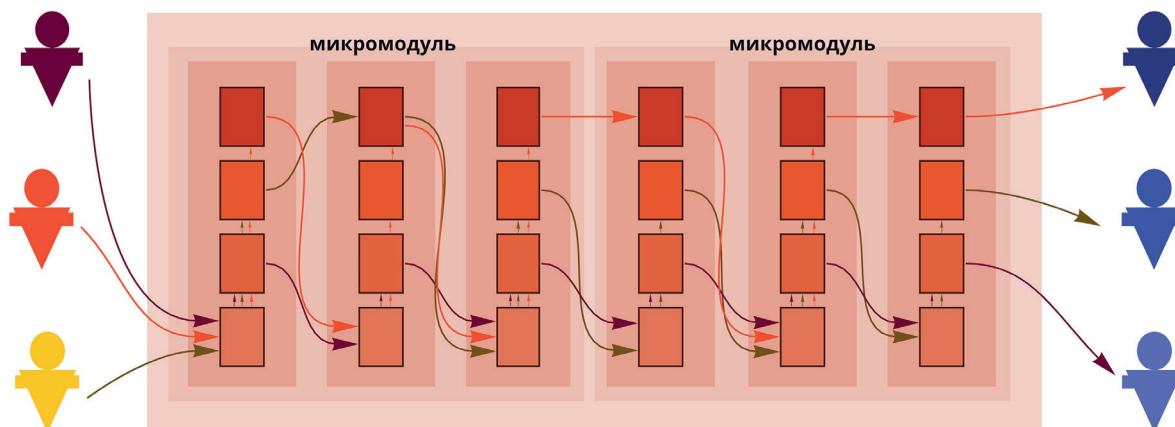
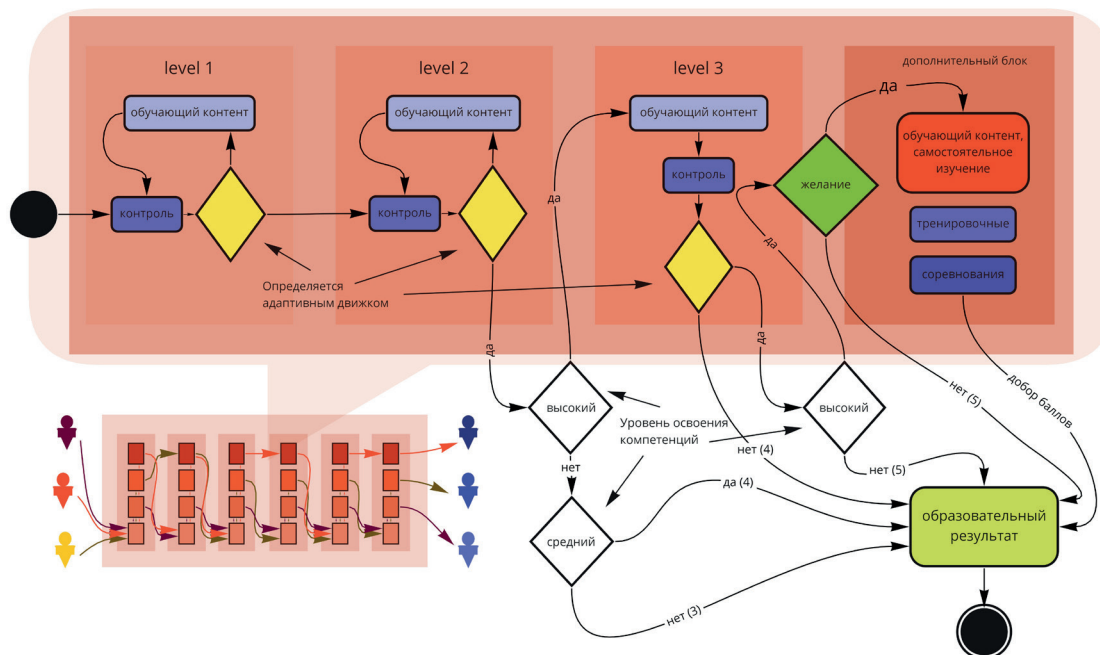
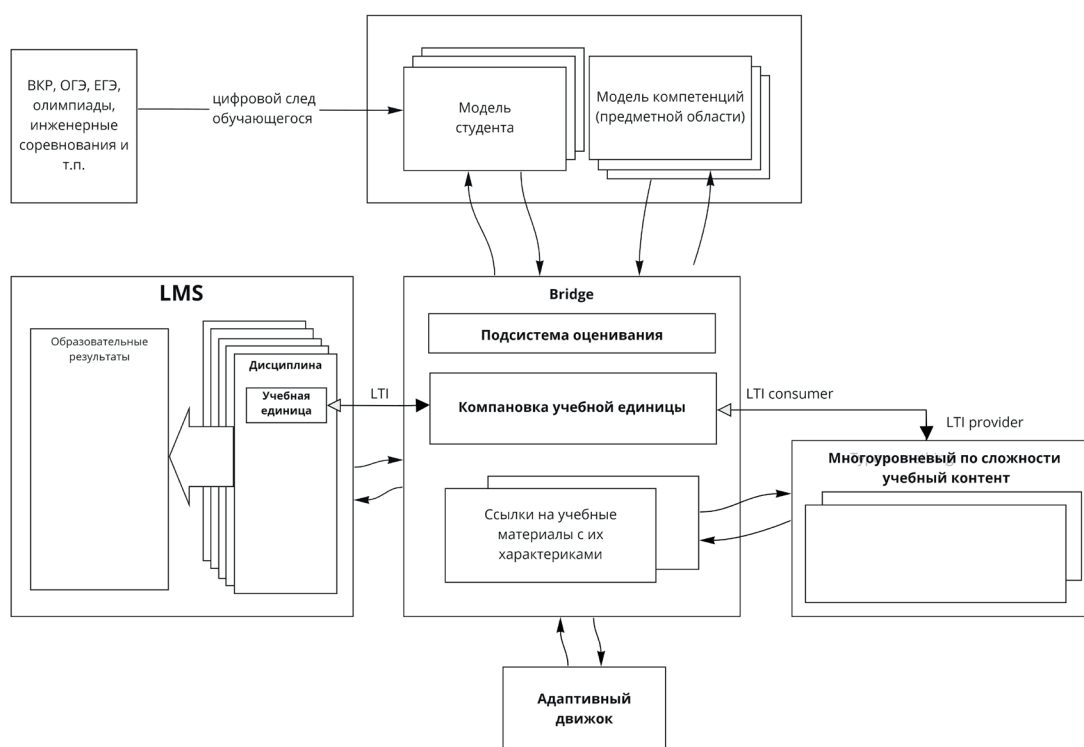


Рис. 2.  
Fig. 2.





Р и с. 3.  
Fig. 3.



Р и с. 4.  
Fig. 4.



Учебный контент разрабатывается на основе модели компетенций дисциплины, задания отвечают за определенные индикаторы достижений и имеют разную сложность. Это дает возможность организовывать разноуровневую подготовку, которая предполагает разный уровень усвоения учебного материала, то есть глубина и сложность одного и того же учебного материала различна на выделенных уровнях, что дает возможность каждому студенту овладевать учебным материалом на разном уровне, но не ниже базового, в зависимости от способностей и индивидуальных особенностей. В системе предполагается три уровня сложности и задания повышенной сложности, чем будет обеспечиваться принцип минимакса который заключается в том, что мы предлагаем каждому студенту содержание образования на максимальном уровне, и обеспечиваем его освоение на уровне, не ниже некоторого минимума, который должен быть определен по дисциплине. Обучающий контент строится из микромодулей на основе модели студента и модели компетенций (Рис. 2). Каждый модуль состоит из нескольких блоков, наполнение которых и персонализированная траектория должна формироваться в процессе обучения с помощью адаптивных технологий, как показано на рисунке 3. Так же студент может сам выбирать дополнительные задания и активности, по каждому модулю предполагается дополнительный блок. Следовательно, система построения траекторий должна включать модель компетенций (предметной области), много-

уровневую по сложности систему контента и заданий, модели студентов, адаптивные движки и веб-приложение реализующее взаимодействие всех компонентов (Рис. 4).

#### Техническая реализация

Предлагаемые принципы построения траекторий были технически реализованы на основе LMS Moodle и апробированы для индивидуализации обучения информатике студентов первого курса технических направлений.

Для реализации модели студента и модели компетенций используется [17],[18],[19] графовая база данных Neo4j.

Стандарт LTI описывает протокол взаимодействия системы со сторонними ресурсами. Ресурсы предоставляют контент и\или расширенные методы тестирования, которые не реализованы в стандартной конфигурации LMS. Подавляющее большинство современных LMS систем способны выступать как consumer, так и поддерживать возможность распространения материалов курсов, выступая в роли provider, например, Moodle и Edx. В конкретной реализации<sup>7</sup> Moodle используется и как consumer и как provider для хранения многоуровневого по сложности учебного контента, хотя возможно использование и другой LMS, например, Edx (Рис. 4). Банк задач — это ссылки на материалы из различных источников, реализующих протокол LTI как провайдер.

Рассмотрим детально взаимодействие компонентов, представленное на рисунке 5.

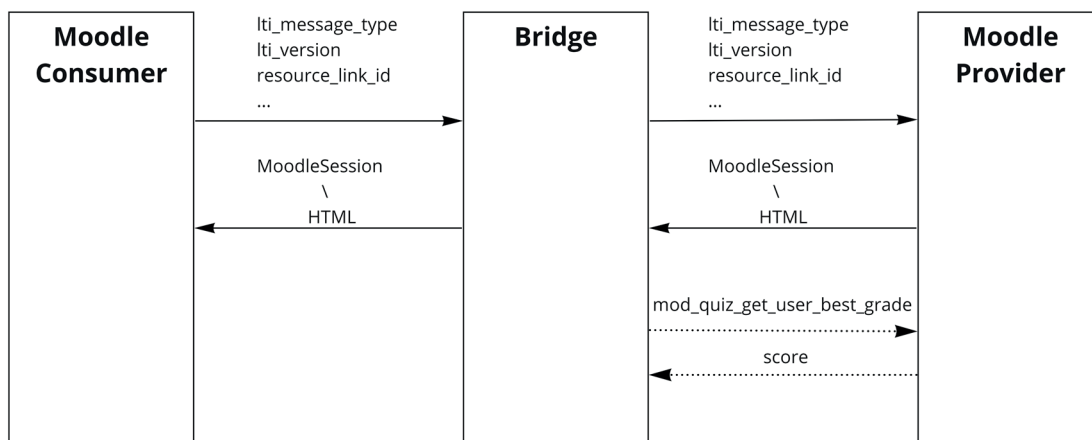


Рис. 5.

Fig. 5.

MoodleConsumer — это LMS система через которую работает конечный пользователь — студент. MoodleProvider — это LMS система, хранящая задания и предоставляющая возможности тестирования классического Moodle.

Bridge — это веб-приложение на базе Python\ Django, выступающее в качестве прокси между MoodleProvider и MoodleConsumer. Bridge занимается рендером конечной HTML страницы материала для MoodleConsumer. Материал для отображения выбирается следующим способом.

Bridge получает от MoodleConsumer POST запрос с обязательными для LTI параметрами, а также с рядом дополнительных:

- lis\_person\_contact\_email\_primary — email пользователя;
- lis\_person\_name\_family — имя пользователя;
- lis\_person\_name\_given — фамилия пользователя;
- lis\_outcome\_service\_url — url для отправки оценок с provider;
- resource\_link\_title — название модуля, которому provider отдает HTML страницу.

<sup>7</sup> Kalganov R.G. Moodle-lti-bridge [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/kalganov/moodle-lti-bridge> (дата обращения: 12.09.2020).



Используя имя пользователя и его email, Bridge идентифицирует пользователя и сопоставляет его с моделью, а также на основе названия модуля в MoodleConsumer ищет связанные ИДК и материалы для их формирования. Используя данную выборку и модель студента адаптивный движок определяет следующий материал для студента в рамках этого модуля. В качестве адаптивного движка для текущей реализации используется подход на базе Item Response Theory (IRT) [20],[21]. Благодаря IRT происходит фильтрация материалов, и таким образом формируется индивидуальная траектория для каждого студента, в зависимости от уровня его компетенции по каждому ИДК. Уровень компетенции обновляется по мере взаимодействия пользователя с материалами [22].

Далее необходимо сформировать ответ MoodleConsumer. Для этого Bridge формирует параметры LTI в зависимости от задания, выбранного адаптивным движком, и отправляет POST запрос к MoodleProvider для получения HTML страницы. MoodleProvider аутентифицирует пользователя, выдает специальную cookie MoodleSession, и генерирует страницу. Из-за того, что название cookie в рамках одного Moodle всегда одинаковое нельзя использовать в качестве поставщика и потребителя один и тот же экземпляр LMS. Bridge помещает полученную страницу в iframe, изменяет политику приема cookie, добавляет дополнительные элементы управления (например, переход к следующему заданию) и отдает MoodleConsumer.

У Moodle есть два типа отображения сгенерированной страницы: отдельная страница и внутренняя страница. При режиме отдельной страницы содержимое открывается либо в текущем окне браузера, либо создается новое окно. Внутренняя страница также использует iframe для отображения содержимого. В последних версиях браузеров на основе Chromium изначально запрещено принимать cookie от сайтов, запущенных в iframe, с другим доменным именем по протоколу http<sup>8</sup>, что следует учитывать при подобном использовании Moodle как провайдер.

Далее пользователь взаимодействует с материалом. Если в качестве материала было выбрано задание, то необходимо получить от MoodleProvider результаты его выполнения и сохранить их в модель студента. Для этого LTI провайдер имеет параметр `lis_outcome_service_url`, в который посылается XML документ с оценкой. Однако, стандартом не указано, когда будет отослан документ и будет ли отослан — провайдер в праве игнорировать данный параметр. Moodle, как провайдер, отправляет оценки, используя запуск скрипта по `scop`<sup>9</sup>, который можно сконфигурировать [23]. Таким образом, при использовании `scop`, пользователю необходимо ожидать после прохождения задания следующий запуск скрипта. Ставя короткое время запуска, чтобы уменьшить ожидание обучающегося, можно сильно увеличить нагрузку на базу данных, используемую Moodle. Поэтому было принято решение использовать альтернативный способ получения оценок.

Moodle в качестве базового плагина имеет расширение веб-сервисов<sup>10</sup> [24]. Веб-сервисы предоставляют широкий

API<sup>11</sup> для работы с LMS системой, который можно использовать для создания пользователей, записи их на курс, получения их оценок и для других сценариев [25]. Для получения результатов пользователя система опрашивает по API функции `mod_quiz_get_user_best_grade MoodleProvider` при обновлении iframe. Получив результат, пользователю предлагается следующее задание или, при достаточном освоении ИДК для данного блока, завершить выполнение модуля.

## Заключение

В работе были проанализированы различные подходы к реализации адаптивного обучения с помощью традиционных систем управления обучением. Был выбран для реализации и обоснован подход, основанный на построении программного комплекса, связывающего адаптивный движок, источники учебных материалов, LMS по протоколу LTI. Система была реализована с использованием LMS Moodle и апробирована для дисциплины «Информатика» для студентов первого курса технических направлений. В качестве адаптивного движка для текущей реализации использован подход на базе Item Response Theory, планируется расширение набора адаптивных движков, что позволяет предложенная реализация. Практика показала, что наиболее эффективно сочетать адаптивные технологии с активными методами обучения и использовать систему в режиме смешанного обучения. Применение обучения по индивидуально построенным траекториям позволяет выровнять базовую подготовку, полученную в школе, разделить обучающихся на потоки по уровню овладения учебным материалом, выделить группу одаренных студентов.

## Список использованных источников

- [1] Dreving, S. R. Formation of an Individual Development Trajectory of a Specialist / S. R. Dreving, O. V. Borisova, N. A. Shevchenko. — DOI 10.1007/978-3-030-60926-9\_55 // Digital Economy and the New Labor Market: Jobs, Competences and Innovative HR Technologies. IPM 2020. Lecture Notes in Networks and Systems; S. I. Ashmarina, V. V. Mantulenko (ed.). Springer, Cham. — 2021. — Vol. 161. — Pp. 428-435. — URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-60926-9\\_55](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-60926-9_55) (дата обращения: 12.09.2020).
- [2] Ibatullin, R. R. Construction of individual educational trajectory of students based on e-learning / R. R. Ibatullin, E. S. Anisimova. — DOI 10.1109/ICAICT.2016.7991799 // 2016 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). — Baku, 2016. — Pp. 1-4. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7991799> (дата обращения: 12.09.2020).
- [3] Xie, H. Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review

<sup>8</sup> West M., Goodwin M. Same-Site Cookies. IETF, 2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-httpbis-cookie-same-site-00> (дата обращения: 12.09.2020).

<sup>9</sup> Immediate LTI Provider grading // Moodle Tracker [Электронный ресурс]. URL: <https://tracker.moodle.org/browse/MDL-54809> (дата обращения: 12.09.2020).

<sup>10</sup> Web services // Moodle [Электронный ресурс]. URL: [https://docs.moodle.org/dev/Web\\_services](https://docs.moodle.org/dev/Web_services) (дата обращения: 12.09.2020).

<sup>11</sup> Web service API functions // Moodle [Электронный ресурс]. URL: [https://docs.moodle.org/dev/Web\\_service\\_API\\_functions](https://docs.moodle.org/dev/Web_service_API_functions) (дата обращения: 12.09.2020).



- of journal publications from 2007 to 2017 / H. Xie, H.-C. Chu, G.-J. Hwang, C.-C. Wang. — DOI 10.1016/j.compedu.2019.103599 // *Computers & Education*. — 2019. — Vol. 140. — Article 103599. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519301526> (дата обращения: 12.09.2020).
- [4] Johanes, P. Adaptive Learning: The Premise, Promise, and Pitfalls / P. Johanes, L. Lagerstrom // *Proceedings of 2017 ASEE Annual Conference & Exposition*. — American Society for Engineering Education, 2017. — Pp. 18941. — URL: <https://www.asee.org/public/conferences/78/papers/18941/view> (дата обращения: 12.09.2020).
- [5] Ennouamani, S. An overview of adaptive e-learning systems / S. Ennouamani, Z. Mahani. — DOI 10.1109/INTELICIS.2017.8260060 // *2017 Eighth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS)*. — Cairo, Egypt, 2017. — Pp. 342-347. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8260060> (дата обращения: 12.09.2020).
- [6] Шершнева, В. А. Адаптивная система обучения в электронной среде / В. А. Шершнева, Ю. В. Вайнштейн, Т. О. Кочеткова. — DOI 10.25209/2079-3316-2018-9-4-3-159-177 // *Программные системы: теория и приложения*. — 2018. — Т. 9, № 4. — С. 159-177. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38542272> (дата обращения: 12.09.2020).
- [7] Louhab, F. E. Smart adaptive learning based on Moodle platform / F. E. Louhab, A. Bahnasse, M. Talea. — DOI 10.1145/3175628.3175635 // *Proceedings of the Mediterranean Symposium on Smart City Application (SCAMS'17)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. — 2017. — Article 13. — Pp. 1-5. — URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3175628.3175635> (дата обращения: 12.09.2020).
- [8] Tlili, A. Automatic modeling learner's personality using learning analytics approach in an intelligent Moodle learning platform / A. Tlili, M. Denden, F. Essalmi, M. Jemni, M. Chang, Kinshuk, N-S. Chen. — DOI 10.1080/10494820.2019.1636084 // *Interactive Learning Environments*. — 2019. — Pp. 1-15. — URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2019.1636084> (дата обращения: 12.09.2020).
- [9] Живенков, А. Н. Формирование плагинов LMS Moodle для адаптивного построения структуры курса электронного обучения / А. Н. Живенков, О. Г. Иванова // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*. — 2010. — № 19(90). — С. 15-156. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17386495> (дата обращения: 12.09.2020). — Рез. англ.
- [10] Rushkin, I. Adaptive Assessment Experiment in a HarvardX MOOC / I. Rushkin, Y. Rosen, A. Ang, C. Fredericks, D. Tingley, M. J. Blink, G. Lopez // *Proceedings of the 10th International Conference on Educational Data Mining*. — Wuhan, China, 2017. — Pp. 466-471. — URL: <https://vpal.harvard.edu/publications/adaptive-assessment-experiment-harvardx-моос> (дата обращения: 12.09.2020).
- [11] Rosen, Y. The effects of adaptive learning in a massive open online course on learners' skill development / Y. Rosen, I. Rushkin, R. Rubin, L. Munson, A. Ang, G. Weber, G. Lopez, D. Tingley. — DOI 10.1145/3231644.3231651 // *Proceedings of the Fifth Annual ACM Conference on Learning at Scale (L@S '18)*. — Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2018. — Article 6. — Pp. 1-8. — URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3231644.3231651> (дата обращения: 12.09.2020).
- [12] Brusilovsky, P. Increasing Adoption of Smart Learning Content for Computer Science Education / P. Brusilovsky, S. Edwards, A. Kumar, L. Malmi, L. Benotti, D. Buck, P. Ihantola, R. Prince, T. Sirkiä, S. Sosnovsky, J. Urquiza, A. Vihavainen, M. Wollowski. — DOI 10.1145/2713609.2713611 // *Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation & Technology in Computer Science Education Conference (ITiCSE-WGR '14)*. — Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2014. — Pp. 31-57. — URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2713609.2713611> (дата обращения: 12.09.2020).
- [13] Queirós, R. Integrating Rich Learning Applications in LMS / R. Queirós, J. P. Leal, J. C. Paiva. — DOI 10.1007/978-981-287-868-7\_46 // *State-of-the-Art and Future Directions of Smart Learning*. Lecture Notes in Educational Technology; Y. Li et al. (ed.). Springer, Singapore. — 2016. — Pp. 381-386. — URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-287-868-7\\_46](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-287-868-7_46) (дата обращения: 12.09.2020).
- [14] Díaz Redondo, R. P. Integrating micro-learning content in traditional e-learning platforms / R. P. Díaz Redondo, M. Caeiro Rodríguez, J. López Escobar, A. F. Vilas. — DOI 10.1007/s11042-020-09523-z // *Multimedia Tools and Applications*. — 2021. — Vol. 80, issue 2. — Pp. 3121-3151. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-020-09523-z> (дата обращения: 12.09.2020).
- [15] Казакова, Е. И. Оценка универсальных компетенций студентов при освоении образовательных программ / Е. И. Казакова, И. Ю. Тарханова. — DOI 10.24411/1813-145X-2018-10164 // *Ярославский педагогический вестник*. — 2018. — № 5. — С. 127-135. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36479344> (дата обращения: 12.09.2020). — Рез. англ.
- [16] Полетайкин, А. Н. Оптимизационная модель построения индикаторов достижения компетенций / А. Н. Полетайкин, Е. Ю. Кунц, Н. В. Кулешова // *Информатизация образования и науки*. — 2020. — № 1(45). — С. 64-81. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41830911> (дата обращения: 12.09.2020). — Рез. англ.
- [17] Абрамский, М. М. Управление данными в современных цифровых образовательных средах / М. М. Абрамский // *Информационное общество*. — 2019. — № 1-2. — С. 82-91. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39555281> (дата обращения: 12.09.2020). — Рез. англ.
- [18] Begam, M. F. Personalized learning management system using semantic web based learning style detection / M. F. Begam, G. Ganapathy // *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. — 2016. — Vol. 9, issue 4. — Pp. 1837-1842.
- [19] Oprea, M. Methodological guidelines for the development of university course examination ontologies / M. Oprea //





Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Learning. — Bucharest, 2015. — Pp. 50-61.

- [20] Baker, F. B. The Basics of Item Response Theory / F. B. Baker. Second Edition. — Washington, DC: ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, 2001. — URL: <https://eric.ed.gov/?id=ED458219> (дата обращения: 12.09.2020).
- [21] Muñoz-Merino, P. J. Assessment of skills and adaptive learning for parametric exercises combining knowledge spaces and item response theory / P. J. Muñoz-Merino, R. G. Novillo, C. D. Kloos. — DOI 10.1016/j.asoc.2018.03.045 // Applied Soft Computing. — 2018. — Vol. 68. — Pp. 110-124. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494618301765> (дата обращения: 12.09.2020).
- [22] Jackson, E. A. Impact of MOODLE platform on the pedagogy of students and staff: Cross-curricular comparison / E. A. Jackson. — DOI 10.1007/s10639-015-9438-9 // Education and Information Technologies. — 2017. — Vol. 22, issue 1. — Pp. 177-193. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10639-015-9438-9> (дата обращения: 12.09.2020).
- [23] Then, M. Introducing Competences into LTI-Connections between Learning Management Systems and Gaming Platforms / M. Then [et al.] // 1st Workshop on Gamification and Games for Learning (GamiLearn'17). — Tenerife, Spain, 2017. — URL: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/4778> (дата обращения: 12.09.2020).
- [24] Badea, G. Integrating Enhanced Peer Assessment Features in Moodle Learning Management System / G. Badea, E. Popescu, A. Sterbini, M. Temperini. — DOI 10.1007/978-981-13-6908-7\_19 // Foundations and Trends in Smart Learning. Lecture Notes in Educational Technology; M. Chang [et al.] (ed.) Springer, Singapore. — 2019. — Pp. 135-144. — URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-6908-7\\_19](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-6908-7_19) (дата обращения: 12.09.2020).
- [25] Hummer, W. Towards efficient measuring of web services API coverage / W. Hummer, O. Raz, S. Dustdar. — DOI 10.1145/1985394.1985398 // Proceedings of the 3rd International Workshop on Principles of Engineering Service-Oriented Systems (PESOS '11). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2011. — Pp. 22-28. — URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1985394.1985398> (дата обращения: 12.09.2020).

Поступила 12.09.2020; одобрена после рецензирования 24.10.2020; принята к публикации 10.11.2020.

#### Об авторах:

**Перязева Юлия Валерьевна**, доцент кафедры вычислительной техники, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (197376, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5), кандидат физико-математических наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7021-2899>, [peryazeva@list.ru](mailto:peryazeva@list.ru)

**Калганов Роман Геннадьевич**, магистрант кафедры вычислительной техники, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.

В.И. Ульянова (Ленина)» (197376, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1122-1143>, [19k0903@mail.ru](mailto:19k0903@mail.ru)

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## References

- [1] Dreving S.R., Borisova O.V., Shevchenko N.A. Formation of an Individual Development Trajectory of a Specialist. In: Ashmarina S.I., Mantulenko V.V. (ed.) Digital Economy and the New Labor Market: Jobs, Competences and Innovative HR Technologies. IPM 2020. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021; 161:428-435. Springer, Cham. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60926-9\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60926-9_55)
- [2] Ibatullin R.R., Anisimova E.S. Construction of individual educational trajectory of students based on e-learning. In: 2016 IEEE 10th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). Baku; 2016. p. 1-4. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1109/ICAICT.2016.7991799>
- [3] Xie H., Chu H-C., Hwang G-J., Wang C-C. Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*. 2019; 140:103599. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599>
- [4] Johanes P., Lagerstrom L. Adaptive Learning: The Promise, Promise, and Pitfalls. In: *Proceedings of 2017 ASEE Annual Conference & Exposition*. American Society for Engineering Education; 2017. p. 18941. Available at: <https://www.asee.org/public/conferences/78/papers/18941/view> (accessed 12.09.2020). (In Eng.)
- [5] Ennouamani S., Mahani Z. An overview of adaptive e-learning systems. In: 2017 Eighth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS). Cairo, Egypt; 2017. p. 342-347. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1109/INTELCIS.2017.8260060>
- [6] Shersheva V.A., Vainshtein Yu.V., Kochetkova T.O. Adaptive System of Web-Based Teaching. *Program Systems: Theory and Applications*. 2018; 9(4):159-177. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25209/2079-3316-2018-9-4-3-159-177>
- [7] Louhab F.E., Bahnasse A., Talea M. Smart adaptive learning based on Moodle platform. In: *Proceedings of the Mediterranean Symposium on Smart City Application (SCAMS'17)*. 2017; 13:1-5. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3175628.3175635>
- [8] Tlili A., Denden M., Essalmi F., Jemni M., Chang M., Kinshuk, Chen N-S. Automatic modeling learner's personality using learning analytics approach in an intelligent Moodle learning platform. *Interactive Learning Environments*. 2019. p. 1-15. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636084>
- [9] Zhivenkov A.N., Ivanova O.G. Configuration of LMS Moodle plugins for adaptive construction of electronic learning course structure. *Belgorod State University Scientific*



- Bulletin. Economics. Computer Science.* 2010; (19):15-156. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17386495> (accessed 12.09.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [10] Rushkin I., Rosen Y., Ang A., Fredericks C., Tingley D., Blink M.J., Lopez G. Adaptive Assessment Experiment in a HarvardX MOOC. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Educational Data Mining*. Wuhan, China; 2017. p. 466-471. Available at: <https://vpal.harvard.edu/publications/adaptive-assessment-experiment-harvardx-mooc> (accessed 12.09.2020). (In Eng.)
- [11] Rosen Y., Rushkin I., Rubin R., Munson L., Ang A., Weber G., Lopez G., Tingley D. The effects of adaptive learning in a massive open online course on learners' skill development. In: *Proceedings of the Fifth Annual ACM Conference on Learning at Scale (L@S '18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2018. Article 6. p. 1-8. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3231644.3231651>
- [12] Brusilovsky P., Edwards S., Kumar A., Malmi L., Benotti L., Buck D., Ihantola P., Prince R., Sirkiä T., Sosnovsky S., Urquiza J., Vihavainen A., Wollowski M. Increasing Adoption of Smart Learning Content for Computer Science Education. In: *Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation & Technology in Computer Science Education Conference (ITiCSE-WGR '14)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2014. p. 31-57. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/2713609.2713611>
- [13] Queirós R., Leal J.P., Paiva J.C. Integrating Rich Learning Applications in LMS. In: Li Y. et al. (ed.) *State-of-the-Art and Future Directions of Smart Learning*. *Lecture Notes in Educational Technology*. Springer, Singapore; 2016. p. 381-386. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-287-868-7\\_46](https://doi.org/10.1007/978-981-287-868-7_46)
- [14] Díaz Redondo R.P., Caeiro Rodríguez M., López Escobar J., Vilas A.F. Integrating micro-learning content in traditional e-learning platforms. *Multimedia Tools and Applications*. 2021; 80(2):3121-3151. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09523-z>
- [15] Kazakova E.I., Tarkhanova I.Yu. Assessment of students' universal competences when mastering educational programs. *Yaroslavl pedagogical bulletin*. 2018; (5):127-135. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.24411/1813-145X-2018-10164>
- [16] Poletaykin A.N., Kunts E.Yu., Kuleshova N.V. Optimization model for building of achievement competence indicator. *Informatization of Education and Science*. 2020; (1):64-81. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41830911> (accessed 12.09.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [17] Abramsky M.M. Data management in modern digital learning environments. *Information Society*. 2019; (1-2):82-91. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39555281> (accessed 12.09.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [18] Begam M.F., Ganapathy G. Personalized learning management system using semantic web based learning style detection. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*. 2016; 9(4):1837-1842. (In Eng.)
- [19] Oprea M. Methodological guidelines for the development of university course examination ontologies. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Learning*. Bucharest; 2015. p. 50-61. (In Eng.)
- [20] Baker F.B. *The Basics of Item Response Theory*. Second Edition. Washington, DC: ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation; 2001. Available at: <https://eric.ed.gov/?id=ED458219> (accessed 12.09.2020). (In Eng.)
- [21] Muñoz-Merino P.J., Novillo R.G., Kloos C.D. Assessment of skills and adaptive learning for parametric exercises combining knowledge spaces and item response theory. *Applied Soft Computing*. 2018; 68:110-124. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.03.045>
- [22] Jackson E.A. Impact of MOODLE platform on the pedagogy of students and staff: Cross-curricular comparison. *Education and Information Technologies*. 2017; 22(1):177-193. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9438-9>
- [23] Then M. et al. Introducing Competences into LTI-Connections between Learning Management Systems and Gaming Platforms. In: *1st Workshop on Gamification and Games for Learning (GamiLearn'17)*. Tenerife, Spain; 2017. Available at: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/4778> (accessed 12.09.2020). (In Eng.)
- [24] Badea G., Popescu E., Sterbini A., Temperini M. Integrating Enhanced Peer Assessment Features in Moodle Learning Management System. In: Chang M. et al. (ed.) *Foundations and Trends in Smart Learning*. *Lecture Notes in Educational Technology*. Springer, Singapore; 2019. p. 135-144. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6908-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6908-7_19)
- [25] Hummer W., Raz O., Dustdar S. Towards efficient measuring of web services API coverage. In: *Proceedings of the 3rd International Workshop on Principles of Engineering Service-Oriented Systems (PESOS '11)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2011. p. 22-28. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/1985394.1985398>

Submitted 12.09.2020; approved after reviewing 24.10.2020;  
accepted for publication 10.11.2020.

#### About the authors:

**Julia V. Peryazeva**, Associate Professor of the Department of Computer Science and Engineering, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" (5 Professora Popova St., St. Petersburg 197376, Russian Federation), Ph.D. (Phys.-Math.), Associate Professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7021-2899>, peryazeva@list.ru

**Roman G. Kalganov**, Master's student of the Department of Computer Science and Engineering, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" (5 Professora Popova St., St. Petersburg 197376, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1122-1143>, 19k0903@mail.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

