

DOI: 10.15593/2499-9873/2021.2.09

УДК 004.9

**К.В. Логинов**

Национальный исследовательский университет ИТМО,  
Санкт-Петербург, Россия

## **МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ СОБЫТИЙНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ИГРОВЫХ МЕХАНИК В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Посвящена проблеме отсутствия гибкого унифицированного подхода к реализации систем корпоративного электронного обучения с применением игровых механик. Целью работы является разработка нового метода автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик. Предложенный метод базируется на формальной модели описания событийно-ориентированной игровой механики и производственных правилах отображения. Такой подход позволяет рассматривать воздействие событийно-ориентированной игровой механики как объект управления, обеспечивая возможность унификации правил генерации воздействий всего класса событийно-ориентированных игровых механик.

Приводится описание информационной модели системы управления электронным корпоративным обучением, удовлетворяющей спецификации стандарта xAPI (Experience API) и позволяющей имплементировать предложенный метод автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик в рамках процесса прохождения обучающих курсов. Предложенная информационная модель позволяет реализовать подход смешанного обучения и использования мобильных технологий.

Освещены особенности программной реализации системы управления обучением, спроектированной на основе предложенной информационной модели, удовлетворяющей стандарту xAPI и реализующей разработанный метод автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик. Предлагается рассматривать подкомпоненты компонента провайдера задач (Activity Provider) как отдельные микросервисы, обмен сообщениями между которыми осуществляется с помощью REST API-интерфейсов. Данные о совершении пользователем действий, регистрируемых системой, также отправляются в хранилище учебных записей (LRS) посредством REST API-интерфейсов. Библиотека производственных правил реализована в виде отдельного компонента, в котором правила генерации событий и воздействий игровых механик записываются с помощью расширенного языка нотации Gherkin и соотносятся с определенной программной функцией, реализующей отправку событий воздействий событийно-ориентированных игровых механик.

Проведение экспериментов и апробации предложенного метода автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик доказали эффективность предложенного метода. Анализ результатов проведения корпоративного обучения с применением предложенных решений согласно четырехуровневой модели Киркпатрика показал, что каждый из четырех уровней данной модели оценки эффективности был успешно достигнут.

**Ключевые слова:** электронное обучение, системы корпоративного обучения, геймификация, игровые механики, системы управления обучением, событийно-ориентированные игровые механики, событийное моделирование, стандарт xAPI, библиотеки правил, производственные правила.

**K.V. Loginov**

ITMO University, Saint-Petersburg, Russian Federation

## **THE METHOD OF AUTOMATICLY GENERATED EFFECTS OF EVENT-BASED GAME MECHANICS IN THE FRAMEWORK OF A CORPORATE E-LEARNING SYSTEM**

The article is devoted to the problem of the lack of a flexible unified approach to the corporate e-learning systems implementation using game mechanics. The aim of the work is to develop a new method for automatically generated effects of event-based game mechanics. The proposed method is based on a formal model for describing event-based game mechanics and production rules. This approach allows us to consider the impact of event-based game mechanics as a control object, providing the ability to unify the rules for generating impacts for the entire class of event-based game mechanics.

The article describes an information model of an e-learning management system that meets the xAPI (Experience API) standard specification and allows implementing proposed method for automatically generated effects of event-driven game mechanics. The proposed information model provides with ability for using a blended learning approach and mobile technologies.

The article also highlights the specificities of the learning management system software implementation, designed on the basis of the proposed information model that meets the xAPI standard, and that implements the developed method for automatically generated effects of event-based game mechanics. It is proposed to consider the subcomponents of the Activity Provider component as separate microservices, the exchange of messages between each other by REST API interfaces. Information of user actions is also sent to the Learning Record Store (LRS) via REST APIs. The library of production rules is a separate component. The rules for automatically triggering the game mechanics' effects are written using the extended Gherkin notation language. Every rule effect associated with a specific program function those implements dispatching events of actions of event-based game mechanics.

Experiments and approbation of the proposed method of automatically generated effects of event-based game mechanics have proven the effectiveness of the proposed method. Results analysis of corporate training using the proposed solutions according to the four-level Kirkpatrick model showed that each of the four levels of this model for assessing effectiveness was successfully achieved.

**Keywords:** e-learning, corporate training systems, gamification, game mechanics, learning management systems, event-based game mechanics, event-based modeling, xAPI specification, rules library, production rules.

### **Введение**

Постоянно изменяющиеся условия на рынке, появление новых инструментов, распространение лучших практик все чаще стимулирует компании, особенно те, которые являются инновационными, развивать процессы корпоративного обучения и повышения квалификации персонала. Классическое обучение офлайн является слишком ресурсозатратным, а также, как показали события пандемии нового коронавируса, не всегда реализуемым. В рамках проведения корпоративного обучения онлайн в большинстве компаний наблюдаются проблемы, связанные с недостаточно высоким уровнем вовлеченности и мотивации сотрудников, проходящих обучение, что ведет к несистемному прохождению обучения, откладыванию выполнения заданий на последний

момент, что влечет снижение качества полученных навыков и знаний [1]. Также стоит отметить, что во многих случаях реализации процесса корпоративного обучения в подобном режиме нельзя получить высокий уровень конверсии времени и средств, затраченных на проведение обучения, повысить процентное соотношение сотрудников, использующих полученные навыки и знания на практике.

Одним из инструментов повышения вовлеченности и мотивации является геймификация. Под геймификацией понимают практику применения игровых механик в неигровых контекстах [2]. В качестве игровых механик, в свою очередь, рассматривают элементы геймдизайна, способные воздействовать на пользователя.

В настоящее время геймификация используется для решения различных задач во многих областях: банковской сфере [3–5], маркетинге [6, 7], менеджменте и рекрутинге [8, 9]. Сфера обучения, в том числе и корпоративного, не осталась в стороне. Однако в большинстве случаев внедрение игровых механик происходит бессистемно, управление информационными системами и системами управления обучением, реализующими воздействие игровых механик, является сложным, а сами системы труднорасширяемыми [10–15]. Внесение изменений в состав используемых игровых механик влечет за собой значительную переработку систем по причине влияния одних игровых механик на другие. Также стоит отметить высокие требования к техническим компетенциям сотрудников, которые формируют набор используемых игровых механик и настраивают их воздействие. С целью унификации подхода и разработки единого метода генерации воздействий игровых механик необходимо их классифицировать и представить формальную модель описания.

### **1. Формальная модель событийно-ориентированной игровой механики**

Относительно возможности генерации воздействий игровых механик с точки зрения событийного подхода совокупность игровых механик можно разделить на событийно-ориентированные (event-based) и не событийно-ориентированные (non event-based). Классификация множества игровых механик относительно применения событийного подхода приведена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация игровых механик относительно механизма генерации воздействий

С целью унификации представления сущности событийно-ориентированной игровой механики можно предложить следующую модель, основанную на задании отношений между элементами множества непустого булеана возможных действий пользователя, элементов множества непустого булеана элементарных событий, регистрируемых системой, и элементами множества воздействий событийно-ориентированных игровых механик с помощью правил продукций.

Пусть некоторое элементарное действие пользователя  $a_i \in A$ , где  $A$  – множество всех возможных действий пользователя, допустимых и регистрируемых системой, отображается на элементарное событие  $e_i \in E$ , где  $E$  – множество событий, регистрируемых в системе, с помощью отношения  $f$  таким образом, что  $a_i \in A \exists \{a_i; e_i\} \in f$ . Отношение  $f$  определяется совокупностью продукционных правил, составленных на основе логики предикатов:

$$a_i \rightarrow e_i.$$

Как уже было отмечено, элементарное событие, регистрируемое системой, может продуцироваться вследствие совершения пользователем нескольких элементарных действий, тогда продукционное правило может быть записано следующим образом:

$$a_i \wedge a_{i+1} \wedge \dots \wedge a_n \rightarrow e_i.$$

События, происходящие в системе и регистрируемые ей, могут возникать не только вследствие совершенных пользователем действий, но и вследствие наступления системных событий и триггеров (наступление срока дедлайна, конкретного значения времени).

Пусть существует конечное множество воздействий игровых механик  $G$ ,  $p$  – отношение элементов множества  $E$  элементарных событий, регистрируемых системой, и элементов множества  $G$  воздействий событийно-ориентированных игровых механик. Тогда

$$e_i \in 2^E \exists (e_i; g_i) \in p,$$

$$a_i \in 2^A \exists (a_i; e_i) \in f,$$

$$g_i \in G,$$

$$\{\emptyset\} \notin 2^E,$$

$$\{\emptyset\} \notin 2^A,$$

где  $e_i$  – элементарное событие конечного множества событий  $E$ ;  $2^E$  – булеан конечного множества событий  $E$ ;  $g_i$  – элементарное воздействие, генерируемое игровой механикой;  $a_i$  – элементарное действие, совершаемое пользователем;  $2^A$  – булеан конечного множества действий  $A$ , тогда отображение  $h: A \rightarrow G$  элементов множества элементарных действий пользователя на элементы множества воздействий событийно-ориентированных игровых механик определяется композицией отображений

$$h(a_i) = p(\{f(\{a_i\})\}).$$

Предложенная формальная модель событийно-ориентированных игровых механик позволяет унифицировать метод генерации воздействий всей совокупности событийно-ориентированных игровых механик, реализовать подход событийного моделирования (рис. 2) при проектировании систем управления обучением с применением игровых механик, что, в свою очередь, обеспечивает возможность гибкого изменения используемого набора игровых механик без влияния друг на друга и создания новых авторских игровых механик.

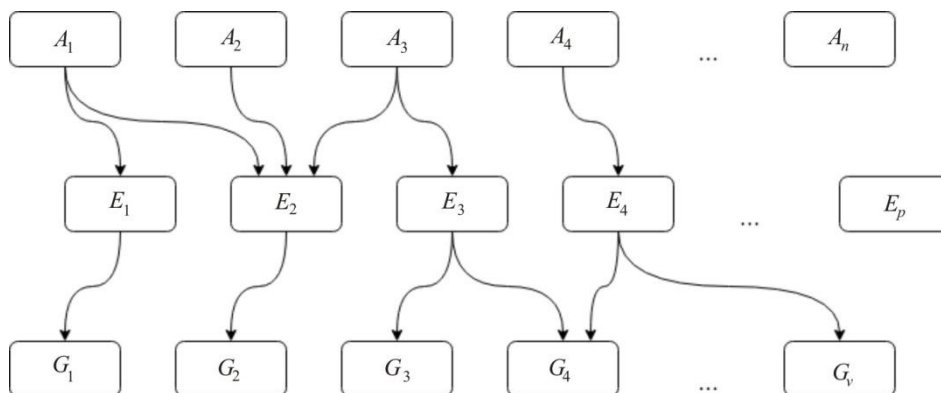


Рис. 2. Общая схема отображения структурных компонентов событийно-ориентированной игровой механики

## 2. Информационная модель электронной транслирующей обучающей среды с применением игровых механик

В настоящее время активно используется ряд спецификаций и стандартов электронного обучения. Несмотря на то, что стандарт SCORM (Sharable Content Object Reference Model) во многих смыслах является устаревшим, а стандарт xAPI (Experience API) был представлен еще в 2013 г., на практике оказывается, что эти два стандарта являются наиболее используемыми.

Стандарт xAPI позволяет представлять информацию о совершенных пользователем действиях, регистрируемых системой, в виде утверждений (Statement) определенного формата, имплементируя подход событийного моделирования. Такая информация в формате утверждений постоянно сохраняется в хранилище учебных записей LRS (Learning Record Store), оперирующем обширной совокупностью данных о процессе обучения. Любое утверждение о действии пользователя представляется кортежем атрибутов <Actor Verb Object>, где Actor – идентификатор пользователя; Verb – действия, совершенные пользователем из словаря регистрируемых действий; Object – идентификатор объекта, с которым взаимодействовал пользователь. Каждый из атрибутов кортежа также имеет свои дополнительные атрибуты для детализации хранимой информации о действиях пользователей. Использование данного стандарта позволяет предоставить возможность использования информации о действиях пользователя офлайн, а также возможность использования в качестве клиентского приложения не только Web, но и мобильных приложений. Возможность получения и

оперирования учебными записями в формате утверждений из сторонних источников по отношению к LRS (мобильные приложения, сторонние сервисы, симуляторы, AR/VR) обеспечивается за счет реализации REST-интерфейсов LRS, позволяющих отправку и получение запросов клиентских по отношению к ней приложений.

Постоянный мониторинг и анализ в автоматическом режиме сообщений о действиях пользователей в формате утверждений позволяют генерировать соответствующие события на основе их сопоставления с продукционными правилами генерации событий. Мониторинг и анализ же элементарных событий, регистрируемых системой, позволяют на основе имеющихся в библиотеке продукционных правил генерировать необходимое воздействие соответствующей событийно-ориентированной игровой механики.

ER-диаграмма информационной системы управления электронным обучением с применением событийно-ориентированных игровых механик, а также описание связей между выделенными сущностями и их характером и соответствующих атрибутов рассматриваемых сущностей, представлена на рис. 3. Для реализации подобной системы можно выделить следующий список необходимых сущностей:

- user – пользователь системы электронного обучения, атрибутами сущности которого являются: адрес электронной почты, логин, пароль и т.д.;
- teacher, student – сущности, представляющие преподавателей и обучающихся. Могут быть не выделены в отдельные объекты, а являются ролями сущности user;
- rule – продукционное правило, на основе которого происходит генерация определенного события вследствие совершения пользователем действия либо воздействия игровой механики вследствие регистрации необходимого для этого события. Данные правила продукций хранятся в библиотеке правил, могут дополняться, корректироваться и удаляться преподавателем и администратором системы;
- statement – утверждение, сохраняющееся в LRS, представляющее информацию о совершенных пользователем действиях, которое обязательно должно быть связано с сущностями actor, verb, object. Экземпляр класса данной сущности несет в себе информацию о единичном действии пользователя в определенный момент времени и является входным параметром относительно продукционного правила, генерирующего событие;

- event – событие, формируемое провайдером задач на основе утверждений из LRS и продукционных правил;
- game mechanic effect – воздействие игровой механики, генерируемое на основе утверждений в LRS, событий и продукционных правил.

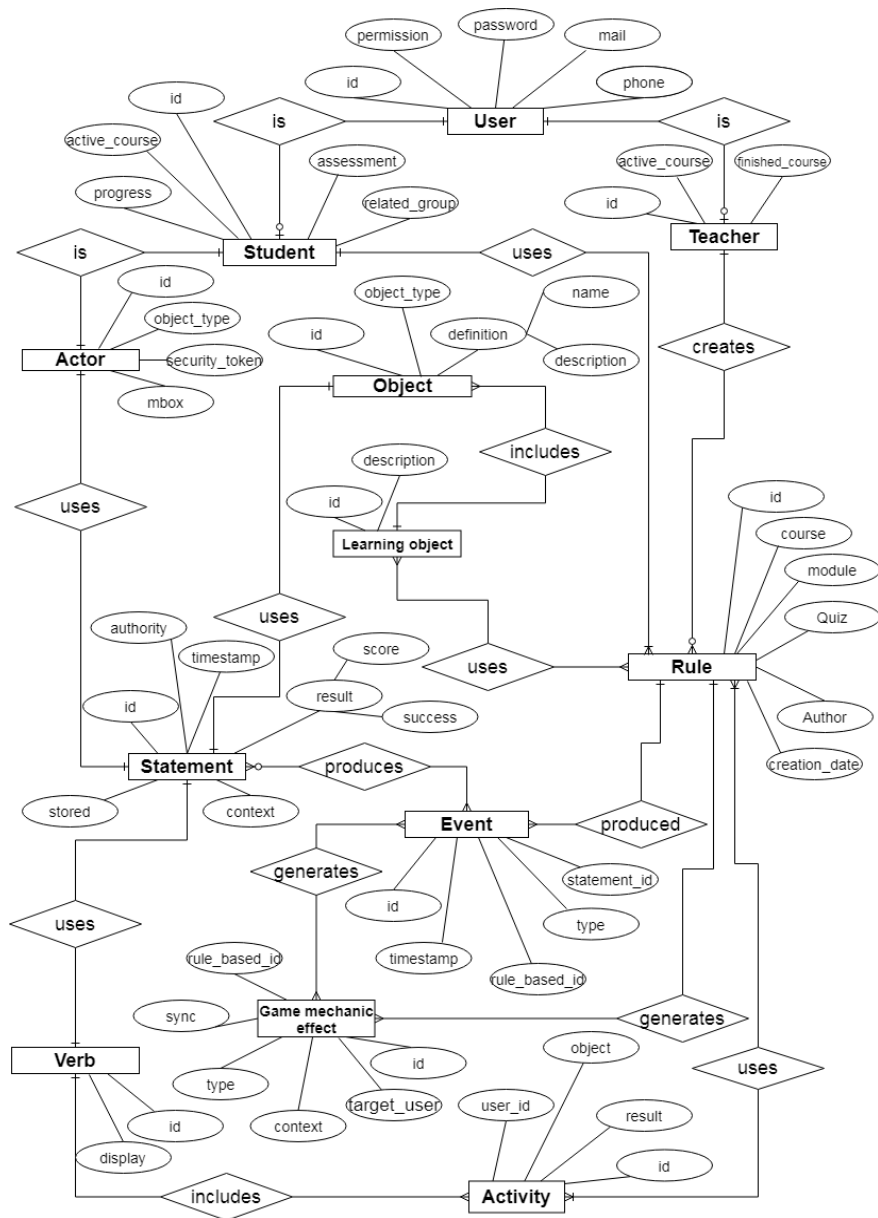


Рис. 3. ER-диаграмма информационной системы управления электронным обучением с применением игровых механик



По сравнению с существующими реализациями корпоративных обучающих приложений с применением игровых механик, данный подход позволяет минимизировать временные и ресурсные затраты на модификацию системы, изменение состава используемых игровых механик, настройку выработки воздействий игровых механик за счет реализации компонента библиотеки правил, создания шаблонов и их последующей кастомизации для различных обучающих курсов. Использование стандарта xAPI также сокращает время разработки за счет унификации интерфейсов прикладного уровня и использования фиксированной модели данных для обмена между составными компонентами системы, однако, в отличие от систем управления электронным обучением на основе классического стандарта xAPI, использование предложенной модели описания воздействия событийно-ориентированных механик и расширения словаря утверждений (Statement) необходимыми элементами позволяет внедрить элементы геймификации в рамках реализации корпоративных систем электронного обучения.

### **3. Метод автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик в рамках реализации системы электронного обучения**

На основе предложенной формальной модели событийно-ориентированной игровой механики, а также информационной модели системы электронного обучения с применением событийно-ориентированных игровых механик можно предложить следующий метод автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик, который позволяет гибко изменять используемый набор игровых механик, без влияния механик друг на друга, а также создавать собственные игровые механики, снижая требования к уровню технических компетенций для настройки воздействий игровых механик и изменению состава набора используемых игровых механик. Общая структурная схема взаимодействия основных компонентов системы, позволяющей реализовать предлагаемый метод, приведена на рис. 4.

В качестве обучающегося выступает пользователь системы электронного обучения. Элементарные действия  $a_i$  конечного множества возможных действий  $A$ , совершаемые обучающимся, регистрируются системой с помощью компонента провайдера задач (Activity Provider), посредством которого отправляются в хранилище учебных записей

(LRS). Компонент библиотеки правил (Rule library) хранит набор продукционных правил, представляющих собой правила отображения  $f$  множества подмножеств  $2^A$  из множества  $A$  на элементы  $e_i$  конечного множества возможных событий  $E$ ; правила отображения  $p$  множества подмножеств  $2^E$  из множества  $E$  на элементы  $g_i$  конечного множества возможных воздействий игровых механик  $G$ ; а также композиции отображений  $h$  элементов множества  $A$  на элементы множества  $G$ . На основе записанных правил и мониторинга хранилища учебных записей о действиях пользователя сопоставляется соответствующее событие  $e_i$  и генерируемое воздействие игровой механики  $g_i$ , которое получает пользователь в синхронном или асинхронном режиме.

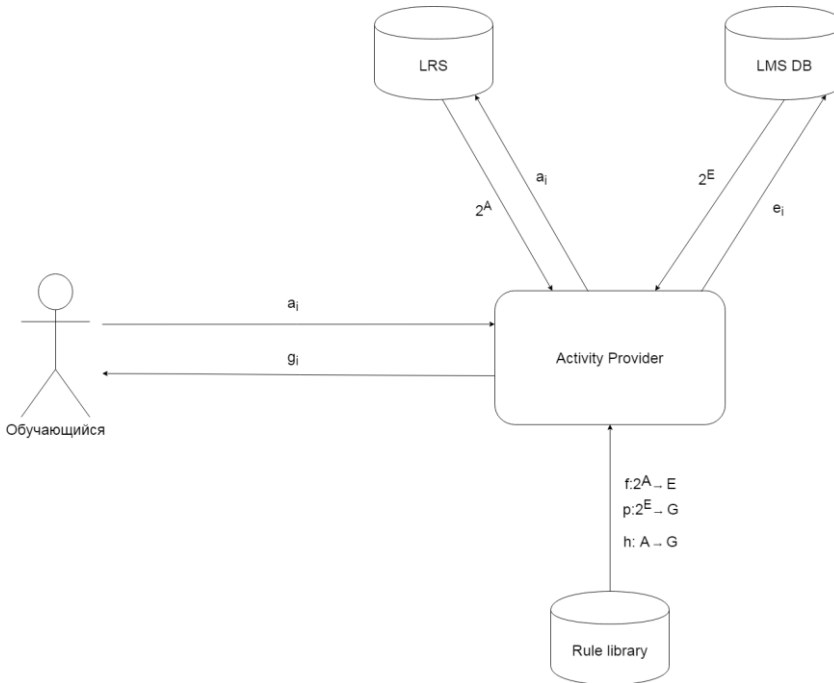


Рис. 4. Структурная схема системы генерации воздействий игровых механик

Структурная схема взаимодействия основных компонентов системы для реализации метода автоматизированной генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик в рамках обеспечения прохождения обучающего курса представлена в виде swim lane диаграммы на рис. 5.

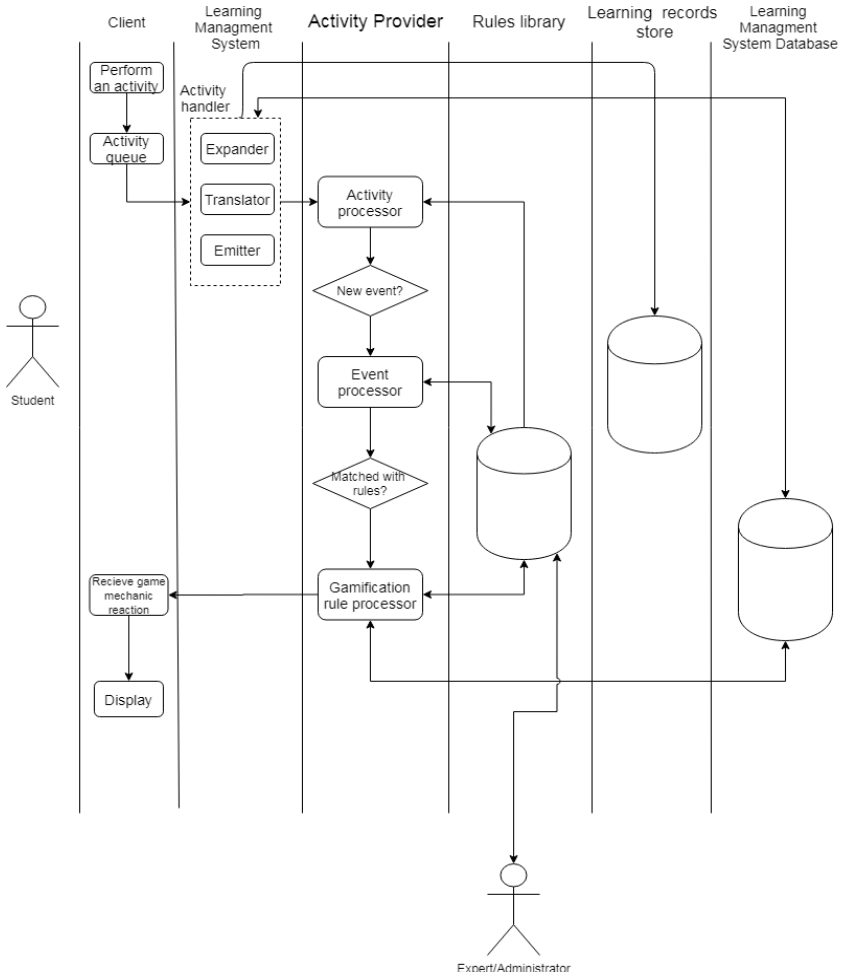


Рис. 5. Структурная схема взаимодействия основных компонентов системы генерации воздействия игровых механик

Предлагаемый метод автоматической генерации воздействий игровых механик на основе формальной модели событийно-ориентированной игровой механики, а также информационной модели системы электронного обучения с применением событийно-ориентированных игровых механик, можно представить в виде последовательности следующих шагов:

Шаг 1. Пользователь системы совершает некоторое действие  $a_i$ .

Шаг 2. LMS обрабатывает действие пользователя, обогащает данными из базы данных LMS и отправляет сообщение посредством REST API в формате JSON в LRS.

Шаг 3. Подкомпонент провайдера задач Activity Processor анализирует каждое новое сообщение о действии пользователя на предмет соответствия продукционным правилам из Rule library и в случае наличия подходящего правила продуцирует сообщение о соответствующем событии  $e_i$ , отправляя его в подкомпонент Event Processor для обработки.

Шаг 4. Подкомпонент Event Processor анализирует каждое новое сообщение о событии на предмет соответствия продукционным правилам, связанным с генерацией воздействий игровых механик из Rule Library, и в случае наличия подходящего правила генерирует сообщение о выработке соответствующей реакции  $g_i$ , отправляя сообщение в подкомпонент Gamification rule processor.

Шаг 5. Подкомпонент Gamification rule processor формирует сообщение с телом в формате JSON о выработке соответствующей реакции  $g_i$  событийно-ориентированной игровой механики и отправляет его LMS посредством вызова метода REST API.

Шаг 6. Сообщение о выработке соответствующей реакции  $g_i$  обрабатывается на стороне соответствующего клиентского приложения и отображается пользователю.

#### **4. Особенности программной реализации системы управления обучением, имплементирующей предложенный метод автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик**

В рамках проведения экспериментов по внедрению предложенного метода генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик, а также оценки эффективности его применения и последующей апробации была разработана архитектура информационной системы, представленная на рис. 6.

В результате проведенного анализа в качестве платформы управления обучением LMS для реализации системы управления корпоративным электронным обучением с применением игровых механик была выбрана платформа Moodle LMS. Данная платформа распространяется свободно под лицензией GNU Public License, обеспечивает возможность нативной интеграции с хранилищем учебных записей (LRS), при этом обладает обширным сообществом пользователей.

В качестве хранилища учебных записей LRS был выбран инструмент Learning Locker, поддерживающий возможность реализации обмена данными согласно стандарту xAPI, обладающий готовым решением по интеграции с LMS Moodle, а также свободной лицензией использования.

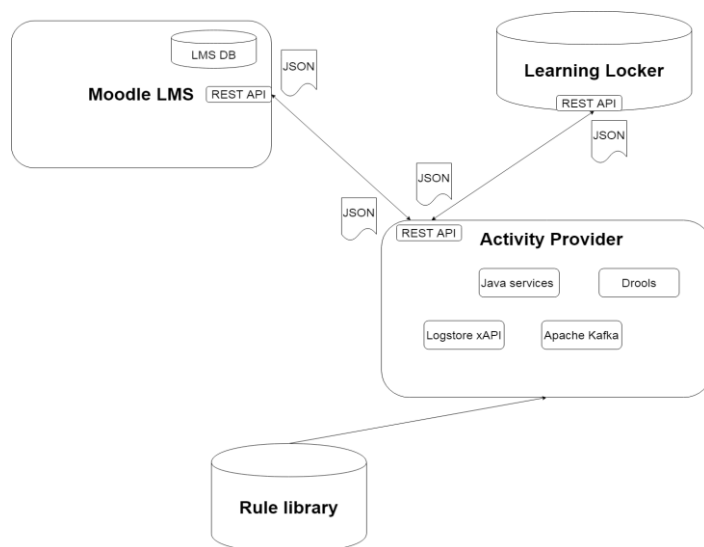


Рис. 6. Структурная схема основных компонентов системы управления корпоративным электронным обучением с применением событийно-ориентированных игровых механик

Для реализации интеграции между LMS и LRS был использован плагин Logstore xAPI, предоставляемый платформой Moodle LMS. Записи из логов Moodle Logstore, представляющие информацию о совершенных пользователем действиях, проходят следующие шаги обработки, прежде чем будут отправлены в хранилище учебных записей:

1. Плагин отправляет полученную запись о действии пользователя из logstore\_standard\_log в подкомпонент Expander.
2. Подкомпонент Expander расширяет запись из лога за счет обогащения информацией из базы данных Moodle LMS.
3. Плагин отправляет расширенную запись в подкомпонент Translator.
4. Подкомпонент Translator преобразовывает расширенную запись о событии к формату атрибутов утверждений (Statement) стандарта xAPI.

5. Плагин отправляет преобразованные данные о событии в подкомпонент Emitter.

6. Подкомпонент Emitter формирует из полученных преобразованных данных о событии утверждение xAPI и сохраняет его в LRS посредством отправки сообщения через REST API.

Реализация компонента провайдера задач (Activity Provider) была произведена на языке Java с использованием фреймворка Spring и Apache Kafka для сбора и агрегации информации о событиях, регистрируемых системой.

Библиотека производственных правил реализована в виде совокупности файлов с расширением .feature, представляющих собой наборы производственных правил, записываемых с помощью человекочитаемого расширенного языка Gherkin нотации. Каждое такое воздействие соотносится с определенной функцией на языке Java, реализующей дальнейшую обработку с целью доведения до пользователя данного воздействия посредством конечного клиентского приложения.

Пример файла, содержащего производственные правила отображения событий, регистрируемых системой, на элементарные воздействия событийно-ориентированных игровых механик на примере механики поощрений/наказаний, представлен на рис. 7.

```
Feature: Игровая механика поощрений/наказаний

@rewardsAndPenalties @softDeadlineMissed @ID15
Scenario: ID=15. Rewards without missing deadlines
  When userType = "student" of the course = "Agile: Gr3" answered "correct" taskType = "test"
  And softDeadline not missed
  Then reward with max tasks' point

@rewardsAndPenalties @softDeadlineMissed @ID16
Scenario: ID=16. Penalties for missing soft deadlines
  When userType = "student" of the course = "Agile: Gr3" answered "correct" taskType = "test"
  And softDeadline missed
  But hardDeadline not missed
  Then reduce points by "5" percent per each "day" of missing

@rewardsAndPenalties @hardDeadlineMissed @ID17
Scenario: ID=17. Penalties for missing hard deadlines
  When userType = "student" of the course = "Agile: Gr3" answered "correct" taskType = "test"
  And hardDeadline missed
  Then reduce points by "100" percent
```

Рис. 7. Правила генерации воздействий игровой механики поощрений/наказаний

## **5. Результаты экспериментов и апробации предложенного метода автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик**

С целью оценки эффективности предложенного метода автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик были поставлены два эксперимента [16]. В качестве участников экспериментов по прохождению корпоративных обучающих курсов выступили 32 человека, возраст которых находился в диапазоне от 22 до 40 лет. Участники экспериментов были разделены на три группы в соответствии с результатами входного тестирования таким образом, чтобы обеспечить максимальную близость медианных значений и значений квартилей полученных результатов входного тематического тестирования, а также наиболее равномерное представление вариативности доминирующих мотиваций сотрудников к обучению во всех трех группах [17].

В рамках проведения первого эксперимента учебный курс был реализован в трех вариантах:

1. Без использования игровых механик (курс типа 1).
2. С использованием механики вознаграждения/наказания, механики напоминания (курс типа 2).
3. С использованием механики вознаграждения/наказания, механики напоминания и механики подсказок (курс типа 3).

По результатам проведения обучения можно заключить, что значения среднего времени выполнения заданий курса в случае применения игровых механик оказались меньше на 25–29 %, чем время выполнения заданий в случае отсутствия элементов геймификации (рис. 8). Данный факт можно объяснить использованием воздействия игровой механики вознаграждения, которая стимулирует стремление обучающихся получить максимальное количество баллов, соблюдая крайние сроки выполнения заданий.

В ходе анализа результатов также было установлено, что при прохождении обучающего курса с использованием игровых механик процентное соотношение случаев нарушения крайних сроков сдачи в значительной мере уменьшилось. Так, например, процентное соотношение случаев нарушения жестких дедлайнов в случае прохождения курса с применением геймификации оказалось вдвое ниже (таблица).

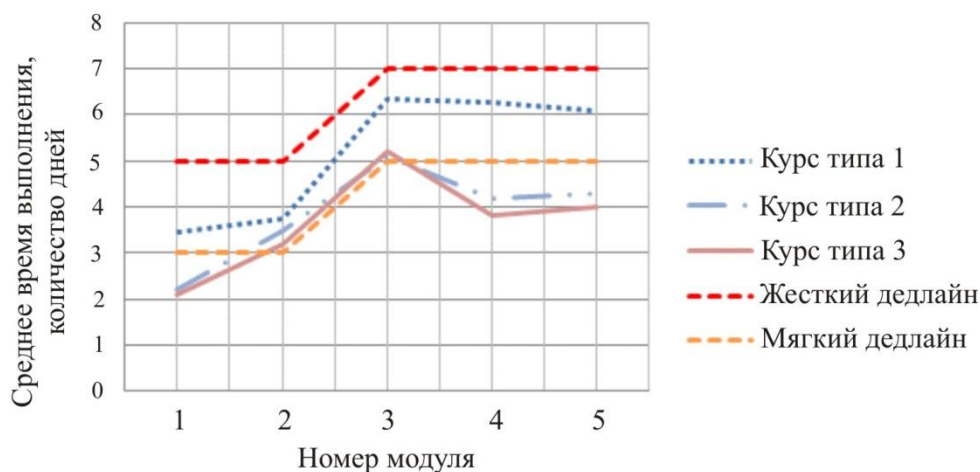


Рис. 8. Зависимость времени выполнения заданий учебных модулей от типа курса

#### Процентное соотношение случаев нарушения дедлайнов двух типов в зависимости от типа курса

Случай	Курс типа 1	Курс типа 2	Курс типа 3
Нарушение мягкого дедлайна, %	54,55	20,00	12,73
Нарушение жесткого дедлайна, %	20,00	0,00	0,00

Еще одним параметром оценки эффективности применения игровых механик в рамках реализации обучающего курса выступает показатель удержания  $N$ -го дня. Данная метрика отражает информацию о том, какой процент пользователей от изначально зарегистрированных взаимодействовал с системой в  $N$ -й день. Стандартный расчет показателя удержания  $N$ -го дня для осуществления следующим образом:

$$\text{ret}_N = \frac{kN}{pN} \cdot 100\%;$$

где  $\text{ret}_N$  – значение показателя удержания дня  $N$ ;  $kN$  – количество пользователей, использовавших систему в день  $N$ .

В случае прохождения курсов с применением игровых механик в среднем значение показателя удержания  $N$ -го дня оказалось выше, чем в случае прохождения курса без применения геймификации (рис. 9). Значение среднеквадратического отклонения показателя удержания за весь период обучения, за исключением первого и двух последних дней,



составило 38 % от среднего значения данной метрики в случае прохождения обучающего курса без применения игровых механик, а в случае их применения – 10–13 %.

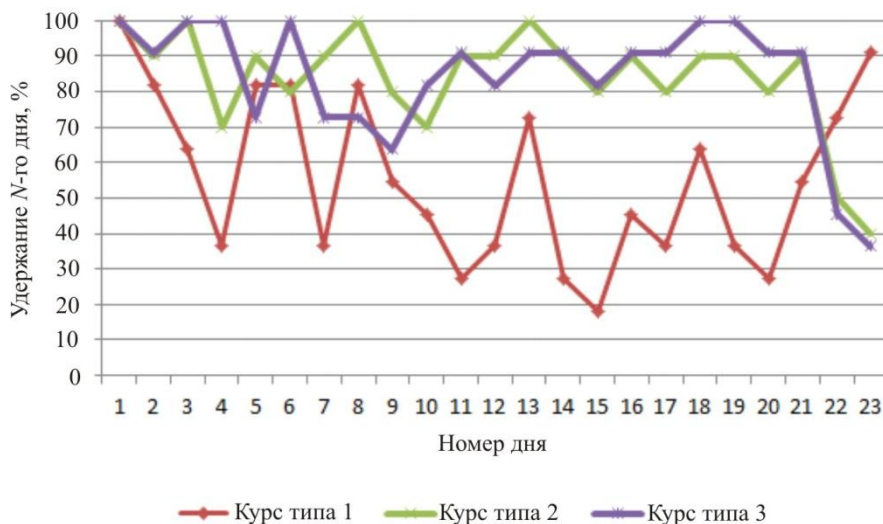


Рис. 9. График изменения показателя удержания  $N$ -го дня для курсов трех типов

Полученные результаты можно объяснить тем, что внедрение игровой механики поощрений/наказаний в рамках реализации процесса корпоративного обучения позволяет обеспечить такой уровень вовлеченности обучающихся в процесс, что они осваивают учебный материал планомерно, не оставляя все на последний момент. Значительный рост метрики удержания  $N$ -го дня в последние дни выполнения заданий модулей в случае курса без использования игровых механик связан с тем, что обучающиеся, откладывая выполнение заданий на последний момент, вынуждены активизироваться в эти промежутки времени.

В ходе анализа полученных результатов было также установлено, что в случае прохождения курса с применением игровой механики подсказки количество правильных ответов на задания курса оказалось выше на 11 % по сравнению с реализацией курса без ее применения, а с третьей попытки – выше на 16 %, что доказывает целесообразность применения данной событийно-ориентированной игровой механики.

Анализ результатов проведения второго эксперимента также показал сокращение среднего времени прохождения обучающего курса, состоящего из трех модулей, в случае применения игровых механик, а также сокращение случаев наущения крайних сроков выполнения заданий курса (рис. 10).

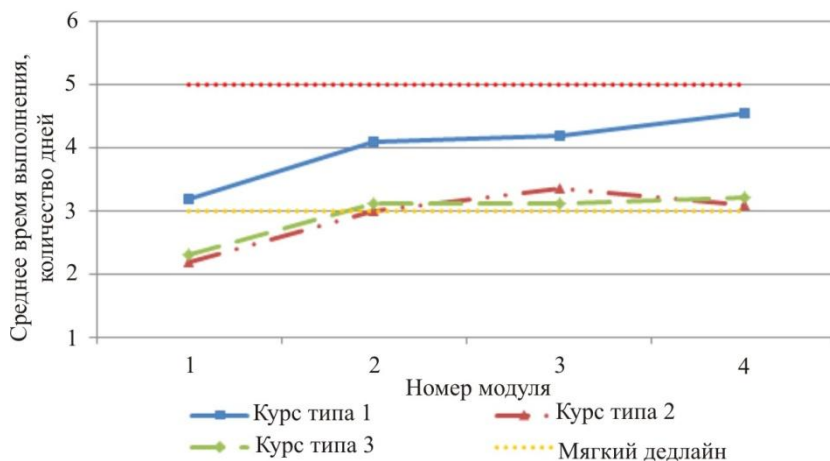


Рис. 10. График зависимости среднего времени прохождения учебных модулей от номера модуля и типа курса

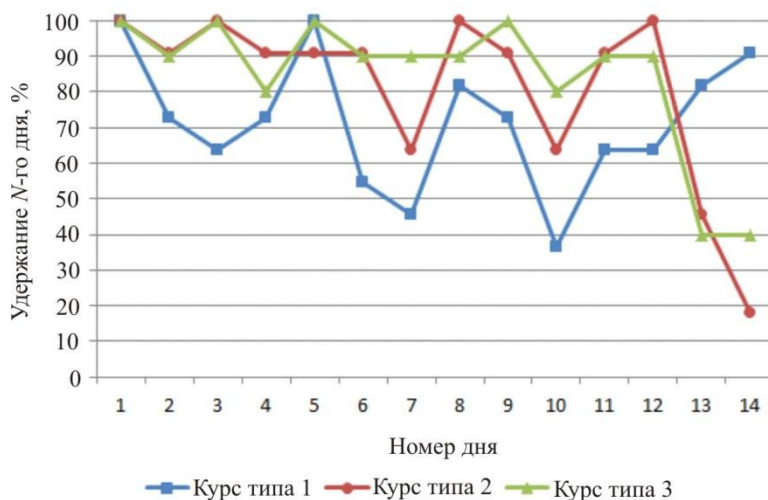


Рис. 11. График изменения показателя удержания  $N$ -го дня для курсов трех типов

Значение показателя удержания  $N$ -го дня в среднем также оказалось выше порядка 15 % в случае реализации курсов с применением игровых механик, чем курсов без их использования (рис. 11).

### Заключение

В ходе анализа существующих решений применения игровых механик в рамках реализации процесса корпоративного обучения была выявлена проблема отсутствия унифицированного метода генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик, позволяющего гибко изменять наборы используемых механик без влияния друг на друга. Разработка такого метода с вынесением правил генерации воздействий игровых механик на отдельный логический уровень позволяет предложить системный единообразный подход к решению проблемы управления системой корпоративного электронного обучения, снижая требования к техническим компетенциям сотрудников, реализующих запуск, настройку и проведение подобных обучающих курсов с применением событийно-ориентированных игровых механик.

Предложенный метод автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик прошел апробацию в рамках его применения при реализации процессов корпоративного обучения на четырех инновационных предприятиях. Оценка эффективности применения предложенных решений производилась согласно четырехуровневой модели Киркпатрика [18]. Согласно полученным результатам оценки все четыре уровня были достигнуты:

I уровень: почти в два раза снизилось количество случаев нарушения крайних сроков выполнения заданий, значение показателя удержания  $N$ -го дня увеличилось в среднем до 35.

II уровень: среднее время прохождения обучающего курса снижено на 22 %.

III уровень: ускорен рост показателя использования приобретенных в ходе обучения навыков в рамках выполнения трудовых обязанностей на значение порядка 10 % по сравнению с аналогичным ростом данного показателя в случае обучения без внедрения игровых механик на основе разработанных моделей и метода автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик; рост КРП-сотрудников – до 15 %.

IV уровень: рост отдельных бизнес-метрик – порядка 17 %, выделенных компаниями как проблемные и необходимые в улучшении.

### Список литературы

1. Завьялова Е.К., Ардишвили А. Современные проблемы российского корпоративного образования: возможно ли обучение без развития? // Российский журнал менеджмента. – 2019. – Т. 17(4). – С. 499–516.
2. Варенина Л.П. Геймификация в образовании // Историческая и социально-образовательная мысль. – 2014. – Т. 6, № 6, ч. 2. – С. 314–317.
3. Тенденции в сфере управления персоналом в России – 2019. Делойт Консалтинг [Электронный ресурс]. – 2019. – URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/human-capital/russian/HC-Trends-2019-Russia-General-Report.pdf> (дата обращения: 15.04.2021).
4. Stefanel M., Goyal U. Gamification of financial services: current trends and future possibilities. – URL: [https://apis.pe/downloads/apis\\_gamification\\_report\\_v5.pdf](https://apis.pe/downloads/apis_gamification_report_v5.pdf) (accessed 15 April 2021).
5. Геймификация и RTM в Тинькофф Банке [Электронный ресурс]. – URL: <http://files.runet-id.com/2015/pm-moscow/presentations/7oct.pm15-yamanov.pdf> (дата обращения: 15.04.2021).
6. Геймификация – новый тренд интернет-маркетинга [Электронный ресурс]. – URL: <https://docplayer.ru/67759924-Geymifikaciya-novyy-trend-internet-marketing.html> (дата обращения: 15.04.2021).
7. Быкова Е.В., Таранова Ю.В. Геймификация как PR-тренд в бизнес-коммуникации // Стратегические коммуникации в бизнесе и политике. – 2016. – № 2. – С. 55–63.
8. Применение геймификации на этапе подбора [Электронный ресурс]. – URL: <https://hrliga.com/index.php?module=news&op=view&id=20119> (дата обращения: 15.04.2021).
9. Маркеева А.В. Геймификация как инструмент управления персоналом современной организации // Российское предпринимательство. – 2015. – Т. 16, № 12. – С. 1923–1936. DOI: 10.18334/rp.16.12.390
10. Le Serious Game dans le management. – URL: <https://lesseriousgames.wordpress.com/le-serious-game-dans-le-management> (accessed 20 April 2021).
11. Go To Jupiter: E-learning Game for Employees. – URL: <https://www.alittlebit.it/game-based-marketing/go-to-jupiter-e-learning-game-for-employees/> (accessed 21 April 2021).
12. Meister J.C. How deloitte made learning a game. – URL: <https://hbr.org/2013/01/how-deloitte-made-learning-a-g/> (accessed 21 April 2021).
13. Aloysius Y. Game based study: Gamification. Corporate. Suism // SSRN Electronic Journal. – URL: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3162635/](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3162635/) (accessed 21 April 2021).

14. Kilpelyaynen E., Volkova I.I. Gamification in corporate education: russian practice // International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts-SGEM [Proceedings of 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts (SGEM 2017), 24–30 August 2017]. – 2017. – Book 5, vol. 17. – P. 209–216. DOI: 10.5593/sgemsocial2017/35/S13.028

15. Enders B. GAMIFICATION, GAMES, AND LEARNING: What Managers and Practitioners Need to Know. – URL: [http://dharmamonk.files.wordpress.com/2014/01/guildresearch\\_gamification2013.pdf](http://dharmamonk.files.wordpress.com/2014/01/guildresearch_gamification2013.pdf) (accessed 27 April 2021).

16. Логинов К.В., Шиков А.Н. Применение геймификации в процессе управления обучением, адаптацией и развитием персонала // Информатика и образование. – 2020. – № 9 (318). – С. 28–37.

17. Домбровская И.С. Изучение типов и уровней мотивации учебной деятельности [Электронный ресурс]. – URL: <http://zagranichnyjai.lien.ru/userfiles/motiv.pdf> (дата обращения: 20.04.2021).

18. Kirkpatrick D. Great ideas revisited. Techniques for evaluating training programs // Revisiting Kirkpatrick's fourlevel model. Training and Development. – 1996. – Vol. 50. – С. 54–59.

## References

1. Zav'ialova E.K., Ardishvili A. Sovremennye problemy rossiiskogo korporativnogo obrazovaniia: vozmozhno li obuchenie bez razvitiia?// Rossiiskii zhurnal menedzhmenta. 2019, no. 17(4), pp. 499–516.

2. Varenina L. P. Gejmifikatsiya v obrazovanii [Gamification in education]. Istoricheskaya i sotsial'no-obrazovatel'naya mysl'— Historical and Social-Educational Idea, 2014, vol. 6, no. 6-2, pp. 314–317. (In Russian.) DOI: 10.17748/2075-9908-2014-6-6\_2-314-317

3. Tendentsii v sfere upravleniia personalom v Rossii – 2019. 2019. Deloit Konsalting, available at: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/human-capital/russian/HC-Trends-2019-Russia-General-Report.pdf> (accessed 15 April 2021).

4. Stefanel M., Goyal U. Gamification of Financial Services: Current Trends and Future Possibilities, available at: [https://apis.pe/downloads/apis\\_gamification\\_report\\_v5.pdf](https://apis.pe/downloads/apis_gamification_report_v5.pdf) (accessed 15 April 2021).

5. Geimifikatsiia i RTM v Tin'koff Banke, available at: <http://files.runet-id.com/2015/pm-moscow/presentations/7oct.pm15--yamanov.pdf> (accessed 15 April 2021).

6. Geimifikatsiia novyi trend internet marketinga, available at: <https://docplayer.ru/67759924-Geymifikaciya-novyiy-trend-internet-marketinga.html> (accessed 15 April 2021)

7. Bykova E.V., Taranova Iu.V. Geimifikatsiia kak pr-trend v biznes-kommunikatsii. *Strategicheskie kommunikatsii v biznese i politike*. 2016, no. 2, pp. 55-63.

8. Primenenie geimifikatsii na etape podbora, available at: <https://hrliga.com/index.php?module=news&op=view&id=20119> (accessed 15 April 2021).

9. Markeeva A.V. Geimifikatsiia kak instrument upravleniia personalom sovremennoi organizatsii. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo*. 2015, vol. 16, no. 12, pp. 1923-1936. DOI: 10.18334/rp.16.12.390

10. Le Serious Game dans le management, available at: <https://lesseriousgames.wordpress.com/le-serious-game-dans-le-management> (accessed 20 April 2021).

11. Go To Jupiter: E-learning Game for Employees, available at: <https://www.alittlebit.it/game-based-marketing/go-to-jupiter-e-learning-game-for-employees/> (accessed 21 April 2021).

12. Meister J.C. How Deloitte Made Learning a Game, available at: <https://hbr.org/2013/01/how-deloitte-made-learning-a-g/> (accessed 21 April 2021).

13. Aloysius Y. Game Based Study: Gamification. Corporate. Suism. SSRN Electronic Journal, available at: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3162635/](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3162635/) (accessed 21 April 2021).

14. Kilpelyaynen E.S., Volkova I.I. Gamification in corporate education: Russian practice. *International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts-SGEM [Proceedings of 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts (SGEM 2017), 24-30 August 2017]*, 2017, book 5, vol. 17, pp. 209-216. DOI 10.5593/sgemsocial2017/35/S13.028

15. Enders B. GAMIFICATION, GAMES, AND LEARNING: What Managers and Practitioners Need to Know, available at: [http://dharmamonk.files.wordpress.com/2014/01/guildresearch\\_gamification2013.pdf](http://dharmamonk.files.wordpress.com/2014/01/guildresearch_gamification2013.pdf) (accessed 27 April 2021).

16. Loginov K.V., Shikov A.N. Primenenie geimifikatsii v protsesse upravleniia obucheniem, adaptatsiei i razvitiem personala. *Informatika i obrazovanie*, 2020, no. 9 (318), pp. 28-37.

17. Dombrovskaia I.S. «Izuchenie tipov i urovnei motivatsii uchebnoi deiatel'nosti», <http://zagranichnyjai.lien.ru/userfiles/motiv.pdf> (accessed 20 April 2021).

18. Kirkpatrick D. (1996). Great ideas revisited. Techniques for evaluating training programs. Revisiting Kirkpatrick's fourlevel model. *Training and Development*, 50, pp. 54-59.

Статья получена: 23.04.2021

Статья принята: 14.06.2021

## Сведения об авторе

**Логинов Константин Викторович** (Санкт-Петербург, Россия) – соискатель, Национальный исследовательский университет ИТМО (197101, Санкт-Петербург, Кронверский пр., 49, e-mail: kv.loginov@yandex.ru).

## About the author

**Konstantin V. Loginov** (Saint-Petersburg, Russian Federation) – Ph.D. Student, ITMO University (49, Kronversky av., Saint-Petersburg, 197101, e-mail: kv.loginov@yandex.ru).

## Библиографическое описание статьи согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018:

**Логинов, К.В.** Метод автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик в рамках реализации корпоративной системы электронного обучения / К. В. Логинов. – текст : непосредственный. – DOI: 10.15593/2499-9873/2021.2.09 // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2021. – № 2. – С. 140–162.

## Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Логинов К.В. Метод автоматической генерации воздействий событийно-ориентированных игровых механик в рамках реализации корпоративной системы электронного обучения // Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – № 2. – С. 140–162. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.2.09

## Цитирование статьи в references и международных изданиях

### Cite this article as:

Loginov K.V. The method of automatically generated effects of event-based game mechanics in the framework of a corporate e-learning system. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2021, no. 2, pp. 140–162. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.2.09 (in Russian)