

ГЕЙМИФИКАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА КАК УПРАВЛЯЕМАЯ ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СИСТЕМА: МОДЕЛИ И НОТАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Носов Кирилл Андреевич

Аспирант, ФГАОУ ВО Уральский федеральный
университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

nosowork@yandex.ru

Санников Егор Игоревич

Аспирант, ФГАОУ ВО Уральский федеральный
университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

egor.oruh@gmail.com

A GAMIFIED EDUCATIONAL ENVIRONMENT AS A MANAGED ORGANIZATIONAL SYSTEM: MODELS AND NOTATIONS FOR MANAGING THE SUSTAINABILITY OF EDUCATIONAL PROCESS

**K. Nosov
E. Sannikov**

Summary. The article is devoted to the formalization of a gamified educational environment as a managed organizational system in the context of digital transformation of education. In contrast to the prevailing psychological and pedagogical interpretations of gamification, the work considers it as a controlling influence that regulates the parameters of students' behavior. Based on system analysis, structural and functional modeling methods, and logical and analytical construction of control contours, a model of a gamified EdTech environment has been developed that includes a managed object, a control subsystem, a digital infrastructure, and external disruptive factors. The functional decomposition was performed using the IDEF0 notation, and the process dynamics was described using BPMN tools, which made it possible to formalize inputs, outputs, control actions, and feedback mechanisms. The concept of the stability of the educational process is introduced as a property of the system to maintain the trajectory of learning activity under the influence of external and internal factors. The levels of stability are highlighted: local, structural and trajectory. It is shown that gamified mechanisms can be interpreted as regulatory signals that ensure adaptability and controllability of educational activity. The results obtained expand the tools of organizational systems management theory in relation to digital educational ecosystems and create the basis for the development of adaptive algorithmic management models in EdTech.

Keywords: gamification, digital educational environment, EdTech, educational system management, organizational system, system analysis, IDEF0, BPMN.

Аннотация. Статья посвящена формализации геймифицированной образовательной среды как управляемой организационной системы в условиях цифровой трансформации образования. В отличие от преобладающих психолого-педагогических интерпретаций геймификации, в работе она рассматривается как управляющее воздействие, регулирующее параметры поведения обучающихся. На основе системного анализа, методов структурно-функционального моделирования и логико-аналитического построения контуров управления разработана модель геймифицированной EdTech-среды, включающая управляемый объект, управляющую подсистему, цифровую инфраструктуру и внешние возмущающие факторы. Функциональная декомпозиция выполнена с применением нотации IDEF0, процессная динамика описана средствами BPMN, что позволило формализовать входы, выходы, управляющие воздействия и механизмы обратной связи. Введено понятие устойчивости образовательного процесса как свойства системы сохранять траекторию учебной активности при воздействии внешних и внутренних факторов. Выделены уровни устойчивости: локальная, структурная и траекторная. Показано, что геймифицированные механизмы могут интерпретироваться как регулирующие сигналы, обеспечивающие адаптивность и управляемость образовательной активности. Полученные результаты расширяют инструментарий теории управления организационными системами применительно к цифровым образовательным экосистемам и создают основу для разработки моделей адаптивного алгоритмического управления в EdTech.

Ключевые слова: геймификация, цифровая образовательная среда, EdTech, управление образовательными системами, организационная система, системный анализ, IDEF0, BPMN.

Введение

Цифровая трансформация образования в последние годы сопровождается активным внедрением геймифицированных механизмов в образовательные платформы. По данным отечественных исследований в сфере EdTech, геймификация становится

устойчивым элементом архитектуры цифровых образовательных сред, влияя на поведенческие паттерны обучающихся и параметры вовлечённости [1]. Зарубежные авторы также фиксируют рост интереса к геймифицированным решениям как инструменту повышения учебной активности и удержания в онлайн-курсах [2] [3].

В то же время анализ современной литературы показывает, что большинство работ рассматривают геймификацию преимущественно с позиций педагогической психологии, то есть через категории мотивации, вовлечённости и эмоциональной включённости обучающихся [4] [5] [6]. Управленческий аспект функционирования геймифицированной среды остаётся недостаточно формализованным: отсутствуют модели, описывающие её как целостную организационную систему с входами, выходами, управляющими воздействиями и контурами обратной связи.

Современные исследования цифровых образовательных экосистем подчёркивают необходимость системного описания EdTech-платформ как сложных социотехнических систем, функционирующих в условиях внешних возмущающих факторов и динамики пользовательского поведения [7]. В зарубежных работах 2022–2024 гг. всё чаще используется язык теории управления и системной инженерии применительно к цифровому обучению, однако формализация геймификации как управляемого механизма остаётся фрагментарной [8].

Таким образом, выявляется научная проблема: при наличии значительного массива эмпирических данных о влиянии геймификации на мотивацию и вовлечённость отсутствует формализованная управленческая модель, позволяющая рассматривать геймифицированную образовательную среду как управляемую организационную систему и проектировать устойчивость образовательных процессов.

В рамках настоящего исследования геймифицированная образовательная среда интерпретируется как управляемая организационная система, элементы которой (обучающиеся, цифровая платформа, геймифицированные механизмы, внешняя среда) могут быть формализованы, а их взаимодействие — описано в терминах управляющих воздействий и обратной связи.

С точки зрения теории управления объектом анализа выступает цифровая образовательная система как организационная структура с регулируемыми параметрами функционирования. С психолого-педагогической позиции объектом исследования являются внутренние состояния обучающихся: мотивация, вовлечённость и саморегуляция, рассматриваемые как переменные состояния управляемой системы, через которые опосредуется поведение.

Научная гипотеза заключается в том, что геймифицированная EdTech-среда может быть описана как система с формализуемыми входами, выходами, управляющими воздействиями и контурами корректирующей обратной связи, что позволяет проектировать устойчивость образовательных процессов в условиях цифровой трансформации.

Цель исследования: разработать формальную модель геймифицированной образовательной среды как управляемой организационной системы и предложить нотацию описания контуров управления устойчивостью образовательных процессов.

Используемые методы и стратегия исследования

В настоящем исследовании применён комплекс методологических подходов, обеспечивающих системный, управленческий и концептуально-аналитический анализ геймифицированной образовательной среды как управляемой организационной системы.

Ключевым методом выступает системный анализ, направленный на декомпозицию сложной образовательной среды на элементы, связи и контуры управления. Системный анализ трактуется как совокупность методов исследования сложных объектов посредством структурирования, моделирования и синтеза [9]. Данный подход позволяет формализовать EdTech-среду как систему с входами, выходами, управляющими воздействиями и механизмами обратной связи.

Во-вторых, для обзора и синтеза научных данных использовались методы систематического литературного обзора. Современные исследования по геймификации часто применяют методологию систематического обзора в качестве основы для обобщения эмпирических данных, выявления основных подходов и построения таксономий (см. обзоры по геймификации в образовании 2025 г. [10]; анализ интеграции геймификации и перевёрнутого класса, охватывающий исследования 2022–2024 гг. [11]; работы на основе методологии PRISMA [12]).

Данный метод обеспечивает структурированный анализ публикаций по геймификации образовательных процессов, что важно для выявления текущих исследований и определения дефицита формализованных управленческих подходов.

Третьим методом является структурно-функциональное моделирование, направленное на построение модели целостной системы, включающей:

- компоненты: обучающиеся, платформы, механизмы геймификации;
- управляющие воздействия и возмущающие факторы;
- динамические контуры обратной связи.

Такой подход опирается на принципы теории систем и управления, применяемые в организациях и социотехнических системах, что даёт возможность не только описать структуру, но и формализовать её функционирование.

Структурно-функциональное моделирование осуществлялось с опорой на исследования цифровых образовательных экосистем как объектов управления [13].

Четвёртым методом является логико-аналитическое моделирование управляющих контуров, основанное на синтезе теоретических конструкций и построении гипотез причинно-следственных связей между управляющими сигналами, внутренними состояниями обучающихся и наблюдаемым поведением.

Пятым направлением является интерпретационный анализ психолого-педагогических переменных, поскольку модели геймификации требуют учёта мотивации, вовлечённости и саморегуляции как внутренних состояний системы — это важно для понимания механизмов действия управляющих воздействий.

В совокупности описанные методы позволяют реализовать стратегию исследования, включающую:

- систематизацию существующих методик и эмпирических данных по геймификации;
- формализацию образовательной среды;
- построение логических моделей управления;
- интерпретацию устойчивости образовательных процессов через призму управленческой теории.

Результаты

В результате исследования разработана формализованная модель геймифицированной образовательной среды как управляемой организационной системы, включающая структурную декомпозицию элементов, описание контуров управления и интерпретацию устойчивости образовательного процесса.

Формализация структуры системы

Геймифицированная образовательная среда представлена как организационная система, состоящая из:

- управляемого объекта (обучающийся);
- управляющей подсистемы (геймифицированные механизмы);
- цифровой инфраструктуры (образовательная платформа);
- внешней среды (социальные, институциональные и временные ограничения).

Подобный подход соответствует представлению образовательных организаций как управляемых социотехнических систем [13] [14], где ключевую роль играет согласование управляющих воздействий и поведенческих реакций участников.

Функциональная декомпозиция системы выполнена в логике методологии IDEF0, позволяющей выделить:

- входы (учебные материалы, требования),
- выходы (завершённость заданий, удержание),
- механизмы (цифровая платформа, алгоритмы начисления баллов),
- управляющие воздействия (игровые элементы, рейтинги, уровни).

Функциональная структура геймифицированной образовательной среды как управляемой организационной системы представлена в нотации IDEF0. Данная нотация позволяет формализовать процессы управления образовательной активностью через выделение входов, выходов, управляющих воздействий и механизмов реализации.

На рисунке 1 представлена контекстная диаграмма уровня A0, отражающая функцию «Управление образовательной активностью в геймифицированной цифровой среде».

Применение IDEF0 в моделировании образовательных процессов обосновано в исследованиях по функциональному моделированию управления вузом [15].

Выделение контуров управления

На основе системного анализа разработана модель трёх управленческих контуров:

1. Контур интенсивности (регулирование частоты учебных действий);
2. Контур регулярности (поддержание устойчивости активности);
3. Контур удержания (предотвращение выпадения из образовательного процесса).

Каждый контур описывается как замкнутый цикл: управляющее воздействие → изменение состояния → поведенческая реакция → измерение → корректировка воздействия.

Такая структура соответствует базовой логике управления организационными системами с обратной связью [8].

Для описания динамики управления образовательной активностью в геймифицированной цифровой среде использована нотация BPMN (Business Process Model and Notation), позволяющая формализовать последовательность действий, условия переходов и точки управленческого вмешательства.

В отличие от IDEF0, отражающей функциональную структуру системы, BPMN-модель демонстрирует процессную логику реализации управляющих воздействий и замкнутый контур обратной связи.

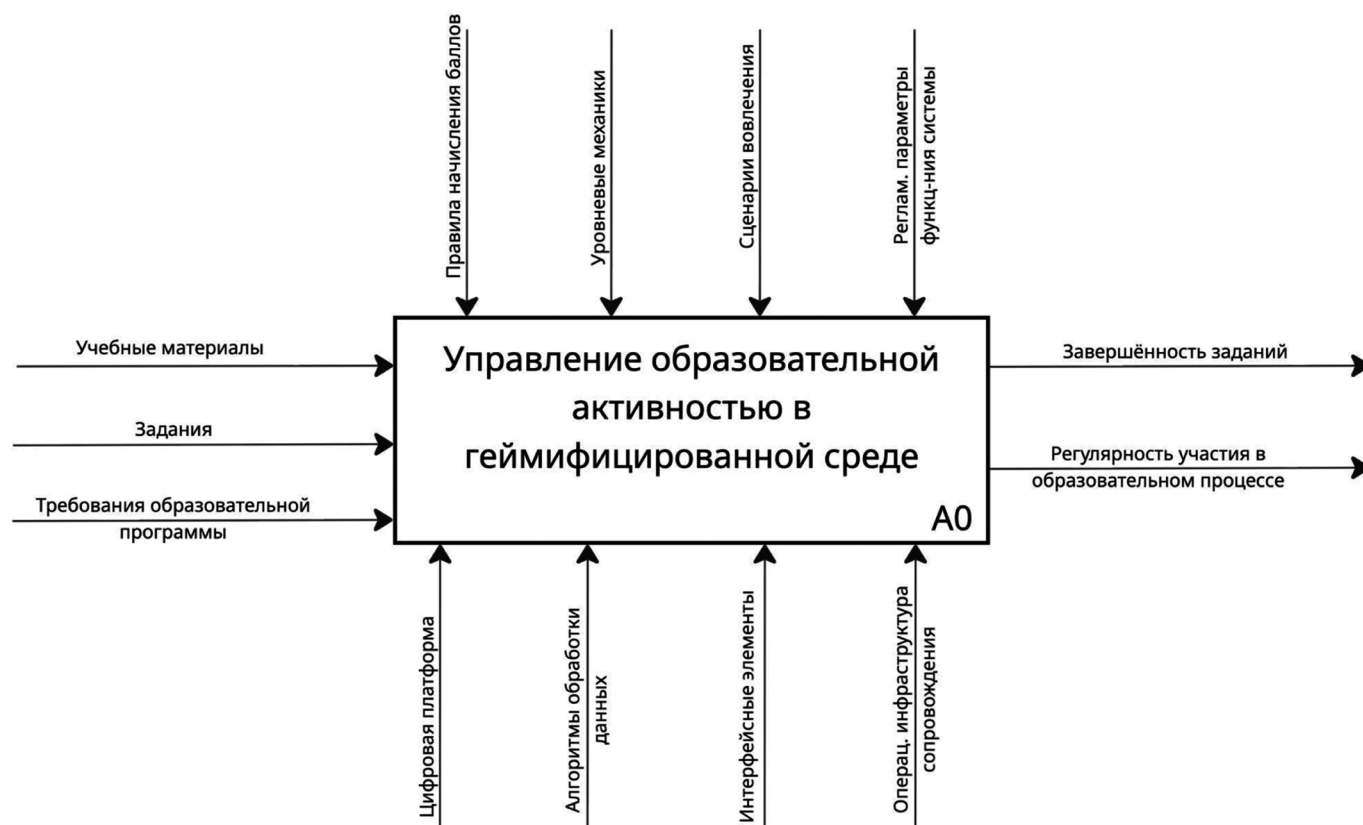


Рис. 1. Контекстная модель IDEF0 уровня A0: управление образовательной активностью в геймифицированной среде

На рисунке 2 представлена процессная модель управления образовательной активностью обучающегося в геймифицированной среде.

Использование BPMN для моделирования образовательных процессов подтверждено в работах по процессному управлению учебной деятельностью [16].

Формализация переменных состояния

В рамках модели выделены переменные состояния системы:

- S_1 — уровень учебной активности,
- S_2 — регулярность выполнения заданий,
- S_3 — степень вовлечённости,
- S_4 — риск выпадения.

Геймифицированные механизмы интерпретируются как управляющие сигналы G , изменяющие параметры S .

Формально динамика может быть представлена в виде:

$$\Delta S = f(G, e, t) \quad (2)$$

где:

- G — управляющее воздействие,
- E — внешние возмущения,
- t — временной параметр.

Такой подход соответствует моделированию динамики организационных систем в условиях неопределённости [17] [18].

Понятие устойчивости образовательного процесса

Введено понятие устойчивости образовательного процесса как свойства системы сохранять траекторию учебной активности при изменении внешних условий.

Выделены три уровня устойчивости:

1. локальная устойчивость (сохранение активности при кратковременных возмущениях),
2. структурная устойчивость (сохранение целостности контуров управления),
3. траекторная устойчивость (сохранение долгосрочной динамики вовлечённости).

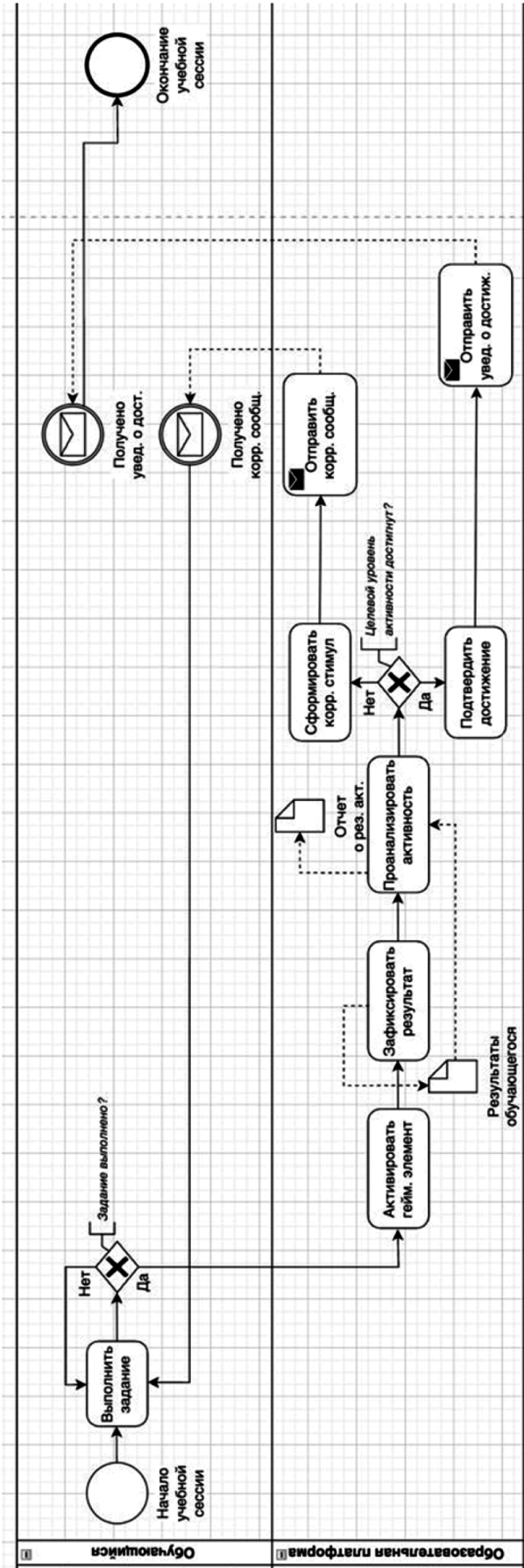


Рис. 2. VRM-модель процесса управления образовательной активностью в геймифицированной среде

Интерпретация устойчивости опирается на концепции устойчивости организационных систем и цифровых экосистем [19] [20].

Интеграция нотаций моделирования

Для комплексного описания системы предложено комбинированное использование нотаций:

IDEFO — для функциональной декомпозиции, BPMN — для описания динамики процессов.

Заключение

В работе геймифицированная образовательная среда представлена как управляемая организационная система, функционирующая на основе формализуемых элементов, связей и контуров обратной связи. В отличие от доминирующих исследований, рассматривающих геймификацию преимущественно как инструмент повышения мотивации, в настоящем исследовании она интерпретирована как управляющее воздействие, направленное на регулирование параметров поведения обучающихся.

В результате проведённого системного анализа:

- выполнена структурно-функциональная декомпозиция геймифицированной образовательной среды;
- выделены управляющие и управляемые подсистемы;
- описаны входы, выходы, механизмы и возмущающие факторы;
- сформированы замкнутые контуры управления образовательной активностью.

Разработанная модель позволяет рассматривать геймифицированные механизмы (баллы, уровни, рейтинги,

прогресс, сценарии вовлечения) как регулирующие сигналы, изменяющие состояние системы и обеспечивающие управляемую динамику образовательного поведения.

Введено понятие устойчивости образовательного процесса как свойства системы сохранять траекторию учебной активности при воздействии внешних и внутренних возмущающих факторов. Устойчивость интерпретирована на трёх уровнях: локальном, структурном и траекторном, что расширяет управленческий инструментальный анализа цифровых образовательных сред.

Практическая значимость исследования заключается в возможности:

- проектирования геймифицированных платформ на основе формализованных управленческих моделей;
- использования нотаций IDEFO, BPMN и ARIS для описания образовательных процессов;
- прогнозирования динамики вовлечённости и удержания через моделирование управляющих контуров;
- повышения управляемости цифровых образовательных экосистем.

Научная новизна работы состоит в формализации геймифицированной образовательной среды как организационной системы с чётко определёнными элементами управления и разработке модели контуров регулирования устойчивости образовательных процессов.

Полученные результаты могут служить методологической основой для дальнейших исследований в области цифровых двойников образовательных систем, адаптивного алгоритмического управления и разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений в EdTech.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болтышев М.Г. Геймификация цифрового обучения: актуальные проблемы. Информатика и образование. 2022;37(3):28–34. DOI: <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2022-37-3-28-34>
2. Sailer M., Homner L. The Gamification of Learning: a Meta-analysis of Empirical Studies // Educational Psychology Review. — 2022. — Vol. 34. — No. 1. — P. 77–112. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
3. Lee J., Hammer J. Gamification in Education: What, How, Why Bother? // Academic Exchange Quarterly. — 2011. — Vol. 15. — No. 2. — P. 1–5.
4. Ryan R.M., Deci E.L. (2022). Self-Determination Theory. In: Maggino, F. (eds) Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-69909-7_2630-2
5. Rosli Mohd Shafie & Saleh nor & Ali Azlah & Bakar Suaibah. (2022). Self-Determination Theory and Online Learning in University: Advancements, Future Direction and Research Gaps. Sustainability. 14(21):14655. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142114655>.
6. Бодруг Н.С. Вовлечение обучающихся в цифровую образовательную среду ВУЗа // Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета № 2 (174), 2023, С. 24–42.
7. Сулейманкадиева А.Э., Петров М.А., Александров И.Н. (2021). Цифровая образовательная экосистема: генезис и перспективы развития онлайн-образования. Вопросы инновационной экономики, 11 (3), С. 1273–1288. DOI: <https://doi.org/10.18334/vines.11.3.113470>.
8. Williamson B., Macgilchrist F., Potter J. (2023). Re-examining AI, automation and datafication in education. Learning, Media, and Technology, 48(1), 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1080/17439884.2023.2167830>

9. Попов В.Л., Александрова Т.В. Интеграция системного и процессного подходов к управлению предприятием в рамках национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости». *Управленческие науки*. 2021;11(4):71–85. DOI: 10.26794/2404-022X-2021-11-3-71–85.
10. Nascimento S.A.G.C., Souza C.A. de, Oliveira E.D. de, Lima G. S., Nascimento I.J.B.M.F. do, Fagundes J.M., Viana M.C.V., Cardoso R.S., & Júnior T.S.C. (2025). Gamification in Education: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Tertiary Education and Learning*, 3(3), 128–133. <https://doi.org/10.54536/jtel.v3i3.5590>.
11. Fernández-Velásquez J.D.R., López-Regalado O., & Fernández-Hurtado G.A. (2025). Educational dualism in action: Systematic review of gamification and flipped classrooms' effects on young learners. *Contemporary Educational Technology*, 17(1), ep557. <https://doi.org/10.30935/cedtech/15749>
12. Romero-Rodríguez J.-M., Martínez-Menéndez A., Alonso-García S., Victoria-Maldonado J.-J. The reality of the gamification methodology in Primary Education: A systematic review, *International Journal of Educational Research*, V. 128, 2024, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102481>.
13. Анисимов П.Ф. (2023). Анализ и оптимизация системы качественного управления высшим учебным заведением в контексте цифровизации образовательного процесса в России. *Управление образованием: теория и практика*, (11–2 (71)), 136–143. doi: 10.25726/y1057-8550-0035-m.
14. Каратаева О.Г., Рузлева А.П., Симаева Е.А. (2024). Цифровая экосистема в образовании. *Право и управление*, (12), 459–463.
15. Maksimiak I. Application of IDEFO methodology for creation of a functional model of management of educational activities of a higher educational institution // *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2020. DOI:10.15593/2499–9873/2020.2.07.
16. Листопад Н.И. Модель управления учебным процессом в учреждениях среднего специального образования / Н.И. Листопад, Е.А. Бущик // *Цифровая трансформация*. 2023. 29 (2). С. 52–59. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-29-2-52-59>.
17. Sterman J.D. System Dynamics Modeling for Organizational Learning // *System Dynamics Review*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/sdr.1715>.
18. Sterman J.D. System dynamics modeling: Tools for learning in a complex world // *IEEE Engineering Management Review* 43(1):42 — 42. 2022. DOI: 10.1109/EMR.2002.1022404.
19. Holling C.S. 1973. Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review Ecology, Evolution, and Systematics*. 4:1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>.
20. Folke C., Carpenter S., Brian W., Scheffer M., Rockström J. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*. 15. 10.5751/ES-03610–150420.

© Носов Кирилл Андреевич (nosowork@yandex.ru); Санников Егор Игоревич (egor.oruh@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»