

DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-6-32-44

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ю. А. Кузнецова<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup> *Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия*✉ [yualkuznetsova@ya.ru](mailto:yualkuznetsova@ya.ru)

## Аннотация

Мировые тренды и современные проблемы российской системы высшего образования обуславливают актуальность задач анализа и прогнозирования долгосрочного развития этой системы и выработки управленческих решений, направленных на ее совершенствование. Такие задачи могут решаться с помощью компьютерных моделей системы образования, позволяющих исследовать поведение сложной системы в динамике, учитывать взаимодействия ее элементов, эффекты запаздывания и циклы обратных связей. Несмотря на проводимые исследования в этой сфере, вопрос инструментария поддержки принятия управленческих решений касательно стратегического развития российской системы высшего образования не решен.

В статье рассматриваются вопросы имитационного моделирования системы высшего образования Российской Федерации с учетом ее взаимодействия с макроэкономическими и демографическими факторами. Предлагаемый комплекс имитационных моделей системы высшего образования разработан с использованием методов агентного моделирования и системной динамики. В предлагаемом комплексе моделей функционирование системы образования описывается на разных уровнях: уровень индивидуума, уровень образовательных учреждений, макроэкономический уровень. Комплекс моделей может быть положен в основу инструментария поддержки стратегического планирования развития системы образования Российской Федерации.

**Ключевые слова:** система высшего образования, агентное моделирование, системная динамика, имитационное моделирование, стратегическое планирование.

## Для цитирования:

Кузнецова Ю. А. Имитационное моделирование стратегического развития системы высшего образования Российской Федерации. *Информатика и образование*. 2023;38(6):32–44. DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-6-32-44.

# SIMULATION MODELING OF THE STRATEGIC DEVELOPMENT OF THE HIGHER EDUCATION SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION

Yu. A. Kuznetsova<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup> *National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia*✉ [yualkuznetsova@ya.ru](mailto:yualkuznetsova@ya.ru)

## Abstract

Global trends and current problems of the Russian higher education system determine the relevance of the tasks of analyzing and forecasting the long-term development of the Russian higher education system and developing management decisions aimed at its improvement. These tasks can be solved with the help of computer models of the education system, which allow us to study the behavior of a complex system in dynamics, considering the interactions of its elements, lag effects, and feedback loops. Despite the ongoing research in this area, the issue of management decision support tools for the strategic development of the Russian higher education system has not been resolved.

The article discusses the issues of simulation modeling of the higher education system of the Russian Federation, considering its interaction with macroeconomic and demographic factors. The proposed set of simulation models of the higher education system is developed using agent-based modeling and system dynamics methods. The functioning of the education system is described at different levels in the proposed set of models: the individual level, the educational institutions level, and the macroeconomic level. The set of models can be used as the basis for tools to support strategic planning of the Russian Federation's education system development.

**Keywords:** higher education system, agent-based modeling, system dynamics, simulation modeling, strategic planning.

## For citation:

Kuznetsova Yu. A. Simulation modeling of the strategic development of the higher education system of the Russian Federation. *Informatics and Education*. 2023;38(6):32–44. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-6-32-44.

## 1. Введение

Ключевыми ресурсами современного мира стали знание, информация и образование, поэтому роль образовательной системы в экономическом, технологическом и социальном развитии страны переоценить трудно. Образование как институт выполняет значимые для общества функции, благодаря которым общество формируется как целостный организм. Исследования, например Т. Агасисти, А. А. Егорова и М. М. Максимовой [1], подтверждают, что эффективное развитие региональных систем высшего образования положительно влияет на темпы экономического развития в регионах. Сложная политическая обстановка в мире заставляет вспомнить и о мировоззренческой роли образования. Задачей государства является построение такой системы образования, которая может эффективно готовить не только квалифицированных специалистов, но и сознательных граждан, поскольку миссия образования состоит также в том, чтобы обеспечивать становление и развитие личности.

Сегодня, как отмечается в аналитическом докладе дайджесте Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова за 2021 год, **сфера образования каждого государства развивается под влиянием мировых трендов** [2]. Процессы глобализации и интернационализации выводят национальные образовательные системы на мировой рынок образовательных услуг. Благодаря социальной поддержке со стороны государства **образование стало доступно широким слоям населения** и больше не является признаком принадлежности к элите. Однако **массовость образования привела к его дискредитации и снижению качества**. Другой мировой тренд — это **демократизация образования, проявляющаяся в расширении прав и возможностей обучающихся в выборе образовательной траектории, сокращении государственного регулирования и развитии общественного управления и автономии образовательных учреждений**.

Информационные и цифровые технологии изменили образовательный ландшафт и превратили образовательный процесс из коммуникативного в технологический. С точки зрения экономики образование рассматривается скорее не как затратная, но как инвестиционная сфера, которая определяет темпы и качество экономического роста. **Быстро развивающиеся технологии и изменяющиеся экономические условия делают актуальным непрерывное образование, когда человек вынужден обучаться на протяжении всей жизни, чтобы быть востребованным на рынке труда**. В свою очередь, образовательные учреждения конкурируют между собой, стараясь привлечь талантливых студентов.

В системе высшего образования Российской Федерации в последние десятилетия произошли значительные структурные изменения. Если в советской системе государство само создавало спрос и предложение в высшем образовании, то в постсоветский период государство отказалось от монополии на спрос в сфере

высшего образования и не может больше полностью контролировать предложение. Как описали этот процесс И. Фрумин, Я. Кузьминов и Д. Семенов [3], в системе высшего образования появилось институциональное разнобразие, а ее развитие стало зависеть от влияния разных, порой противодействующих сил.

Среди проблем современной системы образования в России Э. М. Ахметшин в статье «Цифровая трансформация высшего образования: состояние, проблемы и перспективы» [4] выделяет:

- снижение качества образования;
- несовершенство образовательных программ;
- высокий уровень нагрузки на преподавателей;
- дефицит квалифицированных кадров преподавательского состава;
- низкий уровень финансирования образовательной системы;
- недостаточное техническое оснащение образовательных учреждений;
- дисбаланс между количеством подготовленных специалистов и реальными потребностями рынка.

В частности, в результате падения престижа профессионального образования на рынке возник переизбыток людей с высшим образованием и дефицит кадров рабочих специальностей. Как показали последние годы, **система образования оказалась неспособна оптимально адаптироваться к меняющейся экономической и социальной среде и быстрому технологическому развитию**.

К амбивалентным результатам привели государственные реформы системы образования, активно проводимые после вступления России в ВТО в 2012 году. К социальной сфере стал применяться коммерческий подход, а образовательные учреждения стали рассматриваться как хозяйствующие субъекты, оказывающие образовательные услуги заказчикам (студентам) и имеющие целью максимизацию прибыли при минимуме издержек. В 2012–2017 годах для повышения показателей эффективности некоторые образовательные учреждения были принудительно объединены. Как показал анализ Т. Агасисти и др. [5], при определенных условиях объединенным университетам действительно удалось улучшить показатели эффективности — увеличить количество научных публикаций в рейтинговых журналах, объем НИОКР, долю аспирантов в общей численности обучающихся.

Однако коммерческий подход имеет свои негативные стороны, например, описанные в исследовании Л. А. Мусаеляна и С. Г. Зырянова «Глобальные вызовы России и некоторые проблемы системы отечественного высшего образования» [6]. Поскольку образовательные учреждения стали ориентироваться на коммерциализацию образовательных программ, выросла значимость узконаправленных дисциплин, которые востребованы и хорошо продаются на рынке, а социально-гуманитарные дисциплины, формирующие мировоззрение, убеждения, жизненные ценности человека, почти ушли из курсов негуманитарных

специальностей. Но нельзя забывать, что ценность человека как работника на рынке труда во многом зависит от его творческого потенциала, мышления, воображения, воли, ответственности, развитие которых поддерживалось социально-гуманитарными дисциплинами. **Уменьшение доли теоретических дисциплин существенно ограничивает возможности развития фундаментальной науки**, открытия в которой обеспечивают технологический прорыв, необходимый для экономического роста. Недостаточное финансирование вузов породило стремление увеличить количество студентов, обучающихся на коммерческой основе. Однако **более слабая общеобразовательная подготовка большинства студентов, обучающихся платно** (средний балл ЕГЭ бюджетного приема в 2022 году в целом по России был равен 70,3, в то время как средний балл ЕГЭ платного приема — 65,5<sup>1</sup>), **является фактором общего снижения уровня подготовки выпускающихся специалистов**. По данным опроса работодателей, проводившегося в 2021 году компанией HeadHunter, 93 % респондентов оценивали профессионализм выпускников как средний и ниже среднего<sup>2</sup>. Как можно видеть, ориентация на краткосрочные выгоды приводит к негативным эффектам в долгосрочной перспективе.

**Болонские соглашения**, к которым Россия присоединилась в 2003 году, дали право российским студентам продолжать учебу в престижных европейских вузах и работать за рубежом, но **фактически стали катализатором утечки талантливых, высококвалифицированных кадров из нашей страны**. Другие следствия вступления России в Болонскую систему:

- уменьшение количества лет обучения в бакалавриате до четырех;
- низкая доля выпускников бакалавриата, продолжающих обучение в магистратуре (на 558,8 тыс. выпускников бакалавриата в 2020 году приходится 165,2 тыс. выпускников магистратуры в 2022 году, что составляет около 30 %)<sup>3</sup>;
- обучение в магистратуре, совмещаемое с работой (по данным опроса, проведенного в 2019/2020 учебном году в рамках проекта «Мониторинг экономики образования», 84 % студентов, обучающихся в магистратуре, совмещают учебу с работой [7]);
- возможность произвольно комбинировать бакалаврский и магистерский образовательные треки.

Все это — факторы, затрудняющие получение качественного системного высшего образования.

**Недостаточное финансирование науки и образовательных учреждений, низкий статус преподавателя и ученого в нашем обществе** (средний уровень заработной платы в сфере образования составляет в 2022 году 75,05 % от среднего по всем отраслям<sup>4</sup>) — факторы, объясняющие низкую мотивацию выпускников заниматься научной деятельностью и, как следствие, снижение темпов воспроизводства научно-педагогических кадров.

Кроме того, как отмечают Г. Е. Зборовский, П. А. Амбарова, В. С. Каташинских и др., проводимая государством и отдельными учебными заведениями **политика реформирования и оптимизации высшего образования вызвала негативную реакцию в академическом сообществе и у населения и породила недоверие к политике управления высшей школой** на всех его уровнях, что тормозит развитие конкретных образовательных организаций и высшей школы в целом [8].

Все вышеперечисленные факторы указывают на сложность системы образования как объекта управления, состоящего из множества взаимосвязанных элементов, влияние которых может быть заметно с задержкой во времени, а поведение — контринтуитивно. Этим обосновывается необходимость создания комплекса компьютерных моделей системы образования, который позволит дать целостное представление о системе образования во взаимосвязи с экономикой страны с учетом влияния социальных и поведенческих факторов, а также технологических трендов. **Комплекс компьютерных моделей системы высшего образования позволит проигрывать различные сценарии ее стратегического развития и оценивать долгосрочные последствия управленческих решений**.

## 2. Обзор имитационных моделей сферы образования

К теме моделирования системы образования исследователи обращались не раз. Подробный обзор литературы по этой тематике до 2011 года представлен в работах М. Kennedy [9, 10]. Он рассматривал системно-динамические модели, разработанные для исследования управленческих и педагогических аспектов образования, среди которых выделил:

- корпоративное управление;
- планирование;
- бюджетирование;
- качество обучения;
- практику обучения;
- микромиры (интерактивные образовательные среды и имитационные модели как тренажеры для менеджеров);

<sup>1</sup> Качество приема в российские вузы: 2022. Национальный исследовательский институт «Высшая школа экономики». <https://www.hse.ru/ege2022/>

<sup>2</sup> Лежнева Л. Тень знаний: работодатели назвали самых востребованных специалистов. *Известия*. 07.09.2021. <https://iz.ru/1217736/liubov-lezhneva/ten-znanii-rabotodateli-nazvali-samykh-nevostrebovannykh-spetcialistov>

<sup>3</sup> Образование в цифрах: 2023: краткий статистический сборник. М.: ИСИЭЗ ВШЭ; 2023. DOI:10.17323/978-5-7598-3004-7

<sup>4</sup> Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций по видам экономической деятельности в Российской Федерации с 2013 года. *Федеральная служба государственной статистики. Рынок труда, занятость и заработная плата*. [https://rosstat.gov.ru/labor\\_market\\_employment\\_salaries](https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries)

- спрос и зачисление;
- внешние силы/законодательство;
- управление человеческими ресурсами.

Модели были классифицированы по уровням образовательной системы:

- национальный;
- региональный;
- университетский;
- факультетский;
- школьный.

Согласно анализу М. Kennedy, наибольшее число работ посвящены корпоративному управлению, планированию и бюджетированию на уровне вуза. Например, К. Saeed в статье «**The dynamics of collegial systems in the developing counties**» [11] исследовал динамику университета как коллегиальной системы (группы профессионалов, создающих нематериальные продукты и услуги) в контексте развивающихся стран. В работе Z. Sinuany-Stern «**Cost simulation models for university budgeting**» [12] описана общая структура имитационной модели затрат для университетского планирования и ее взаимосвязь с процедурой бюджетного планирования. P. L. Galbraith в серии статей [13, 14] исследовал влияние управленческой политики на институциональную эффективность, уделяя особое внимание временным задержкам между изменением политики и получением очевидных результатов.

Работы, посвященные моделированию деятельности вуза, публиковались и российскими исследователями. М. И. Грачев и др. [15] представили разработанную ими имитационную модель, которая описывает основные функциональные элементы системы управления образовательной организацией высшего образования и предлагается в качестве основы построения исследовательских моделей для оценки функционирования такой системы в целом. В монографии И. С. Клименко «**Управление качеством образования: опыт системного анализа и институционализации**» [16] представлена концептуальная модель управления образовательной деятельностью высшей школы, предназначенная для оценивания качества подготовки специалистов, прогнозирования развития системы подготовки кадров и управления рисками. Кроме того, предметом исследований Д. Г. Корнеева, М. С. Гаспариана и А. А. Микрюкова, описанных в статье «**Онтологический подход к моделированию инновационных процессов на примере распределенной образовательной сети вуза**» [17], является проблема моделирования и алгоритмизации формирования образовательных программ с учетом реализации компетентностно-ориентированной модели обучения в распределенной образовательной среде вуза. Для решения этой проблемы авторы предлагают использовать онтологический подход.

В работе Г. А. Угольницкого и В. К. Дьяченко «**Имитационное моделирование социального партнерства в системе высшего образования**» [18] была предложена имитационная модель социального партнерства в системе дополнительного профессио-

нального образования, которая позволяет сравнивать последствия различных способов организации такого партнерства. Сценарные расчеты, проведенные на модели, позволили сделать вывод о необходимости объединения усилий субъектов социальной подготовки и достижения каждым субъектом своих целей.

Ряд исследований посвящен стратегическому планированию деятельности университетов. F. Cosenz в статье «**Designing dynamic performance management systems in higher education institutions**» [19] рассмотрел проблемы управления устойчивым развитием в высших учебных заведениях на основе концепции «академической эффективности» как отправной точки стратегического планирования и оценки достижения конкурентного и социального успеха университета. В работе M. Fooladvand, M. H. Yarmohammadian, S. Shahtalebi «**The application strategic planning and balance scorecard modeling in enhance of higher education**» [20] исследованы вопросы применения моделей стратегического планирования и сбалансированной системы показателей для повышения качества высшего образования. H. Kim, M. T. Rehg в статье «**Using systems mapping to inform the strategic planning process in higher education**» [21] показали пример использования системных потоковых диаграмм для поддержки процесса стратегического планирования в университете, что позволило углубить понимание связей между секторами образовательной системы для принятия управленческих решений. Динамическая имитационная модель была показана в работе L. Trivella, N. K. Dimitrios «**Knowledge management strategy within the higher education. The Case of Greece**» [22]. Она используется для оценки эффектов применения стратегии управления знаниями в университетах Греции для повышения качества предоставляемых ими услуг и обеспечения соответствия требованиям общества знаний, европейским стандартам и глобальному миру рынка.

Примеры моделирования системы образования на национальном или региональном уровне встречаются в литературе реже. А. С. Ваганова в работе «**Моделирование процессов управления системой высшего образования региона**» [23] обосновывает необходимость проведения сценарных расчетов на имитационных моделях для оценки социально-экономической эффективности управленческих решений в региональной образовательной политике. D. Kaynak, R. Shinde в статье «**Analysis of the turkish education system: A system dynamics approach on dropouts and deficiencies in job market**» [24] представили разработанную ими модель системы образования Турции и рынка труда для оценки мер государственной политики, направленной на повышение качества системы образования и удовлетворение ожиданий отрасли. Результаты моделирования позволили сделать выводы в пользу политики инвестирования в улучшение существующих университет-

ских систем, а не в открытие новых университетов, а также указали на необходимость стимулирования промышленной поддержки профессионально-технических училищ. **P. Guevara, R. Zuniga, L. Lopez в работе «Coordination failures in complex environments: A model for primary education systems in developing countries»** [25] подтвердили необходимость исследования положительных обратных связей и нелинейных взаимодействий элементов в системе образования. С помощью экспериментов на имитационной модели начального образования Никарагуа авторам удалось объяснить, почему государственные реформы не достигают желаемых результатов.

Ряд исследований посвящены моделированию отдельных функций в системе образования. Имитационная модель «Уровень ЕГЭ в регионе» **А. В. Высоцкой** [26] позволяет оценивать успешность освоения образовательных программ в зависимости от стимулирующих мер государственной политики. **В работе А. Д. Савиной и Е. А. Пономаревой «Оценка влияния перехода к риск-ориентированному регулированию учреждений высшего образования»** [27] представлены имитационные модели процессов государственного контроля в сфере высшего образования. Для каждого вида контроля (лицензирование, лицензионный контроль, контроль качества и государственный надзор) в моделях рассчитываются ожидаемая продолжительность мероприятий и затраты на их проведение.

Сфера образования может моделироваться не только на национальном, региональном и университетском уровне, но и на уровне поведения индивидов. Например, в статье **М. М. Manesh, F. Khatami «A system dynamics model to design a more effective education system»** [28] можно найти пример моделирования динамики выгорания студентов в процессе выполнения домашних заданий.

Как видно из приведенного обзора литературы, в научном сообществе представлены наработки в области моделирования сферы образования, но проблема инструментария оценки последствий управленческих решений в сфере образования на государственном уровне окончательно не решена. **Целью работы является создание инструмента, позволяющего анализировать и прогнозировать динамику ключевых показателей эффективности системы высшего образования Российской Федерации и оценивать долгосрочные последствия возможных сценариев развития этой системы.**

### 3. Методы моделирования социально-экономических систем

При описании системы высшего образования нам необходимо учесть ее сложность, большое количество взаимосвязей составляющих ее элементов и при этом добиться простоты и наглядности модели. Эта задача решается за счет **декомпозиции системы на взаимосвязанные подсистемы и построения модельного комплекса по иерархическому принципу** [29].

Система высшего образования может рассматриваться с точки зрения различных аспектов (экономического, социального, финансового, поведенческого) и на разных уровнях (национальном, региональном, университетском, на уровне индивида). Для поддержки такого многоаспектного представления сложной системы используется **стратифицированное описание**, в котором выделяются уровни представления, называемые стратами [30]. Применение данного подхода на примере комплекса моделей пенсионной системы было представлено нами в работе «Стратификация и формирование комплекса компьютерных моделей пенсионной системы Российской Федерации в гетерогенной информационно-аналитической среде» [31].

В зависимости от уровня представления и природы рассматриваемых процессов их моделирование может выполняться с помощью различных методов и подходов [32]. Как сложная социально-экономическая система, система высшего образования обладает следующими свойствами:

- целостность;
- большое количество причинно-следственных связей;
- контринтуитивное поведение;
- запаздывание реакций на внешние воздействия;
- эффект памяти;
- динамичность и массовость процессов и явлений;
- случайность и неопределенность в их развитии.

**При моделировании системы на высоком уровне агрегации**, когда отображение дискретности отдельных элементов процессов является избыточным, применяется метод **системной динамики**, с помощью которого система описывается как совокупность взаимосвязанных информационных, материальных, финансовых потоков и их резервуаров — накопителей [33]. **Математической основой системно-динамической модели являются дифференциальные уравнения**, описывающие динамику состояний системы. **Для параметризации причинно-следственных связей в системно-динамической модели могут быть использованы эконометрические (регрессионные) модели. Для описания качественных взаимодействий**, которые не могут быть параметризованы регрессионными методами, **применяются когнитивные модели** [34].

**Поведение сложной социально-экономической системы может также рассматриваться как результат поведения множества индивидуальных агентов**, составляющих систему; для моделирования этих процессов используется агентный подход [35]. Применение агентного моделирования обоснованно, когда в модели необходимо учесть состояния и процессы принятия решений отдельных индивидов. Опыт построения агентных моделей социально-экономических систем отражен в трудах ученых Центрального экономико-математического института РАН **В. Л. Макарова, А. Р. Бахтизина, А. С. Аكوпова и др.** [36–38].

При моделировании системы высшего образования целесообразно строить композитную модель, т. е. модель, которая на каждом уровне представления описывается наиболее подходящим методом. При этом необходимо, чтобы инструментарий моделирования поддерживал взаимодействие моделей разных уровней. *Для реализации этого подхода в нашем исследовании мы используем систему имитационного моделирования Anylogic*, поддерживающую системно-динамическую, агентную и дискретно-событийную парадигмы моделирования, а также позволяющую выстраивать иерархию объектов модели и интегрировать модель с базой данных.

#### 4. Комплекс имитационных моделей системы высшего образования

Предлагаемый комплекс имитационных моделей системы высшего образования описывает процессы и взаимодействие **основных социально-экономических институтов и элементов системы высшего образования Российской Федерации**, таких как:

- образовательные организации;
- студенты;
- научно-педагогические кадры;
- работодатели на рынке труда.

Эти элементы действуют как агенты со своими собственными интересами, целями, стратегиями и поведением. *Образовательные организации* ставят цели достижения эффективности и высоких финансовых результатов своей деятельности. *Научно-педагогические кадры* хотят иметь стабильную и хорошо оплачиваемую работу с возможностью саморазвития и самореализации. *Студенты* различаются в своих финансовых возможностях получения образования и карьерных планах, что отражается на выбираемых ими образовательных траекториях. *Работодатели* на рынке труда стремятся получить высококвалифицированных сотрудников, но образовательные организации не предоставляют им необходимый спектр специалистов. *Метод агентного моделирования*

используется для описания свойств, поведения и взаимодействий указанных агентов системы высшего образования в рамках модели.

В комплексе имитационных моделей учитываются **современные тенденции, влияющие на развитие системы высшего образования Российской Федерации**. *Во-первых*, сокращение бюджетного финансирования образовательных организаций вынуждает их искать альтернативные финансовые ресурсы и сокращать расходы. Это вызывает противоречие между экономической эффективностью и качеством предоставления образовательных услуг. *Во-вторых*, с выходом учреждений высшего образования на мировой рынок образовательных услуг усилилась конкуренция на рынке за ресурсы и студентов. *В-третьих*, быстрое развитие технологий приводит к устареванию имеющихся профессий и появлению новых, что вынуждает образовательные организации оперативно реагировать на изменения рыночного спроса и требований к образовательным программам. *В-четвертых*, развитие и распространение технологий дистанционного образования, а также региональная дифференциация доходов населения влияет на доступность высшего образования и вносит коррективы в образовательные траектории студентов. Эти моменты нашли отражение в имитационных моделях, описывающих динамику соответствующих процессов и развитие системы в целом. *Для моделирования названных процессов используется метод системной динамики*.

**Комплекс моделей системы высшего образования** состоит из подмоделей «Население», «Образовательные учреждения», «Рынок труда», каждая из которых детализируется подмоделями следующего уровня. Иерархия подмоделей комплекса моделей системы высшего образования представлена на рисунке 1.

*Подмодель «Население» описывает процессы воспроизводства, обучения и занятости населения* и реализована в виде агентной модели «Индивиды», которая содержит подмодели «Семья», «Обучение», «Трудовая деятельность». В комплексе



Рис. 1. Иерархия подмоделей комплекса моделей системы высшего образования

Fig. 1. Hierarchy of submodels of the higher education system model complex

моделей системы высшего образования моделируются следующие процессы:

- процесс построения индивидуальных образовательных траекторий, включая выбор уровня образования, который человек намерен получить (бакалавриат, магистратура, аспирантура, докторантура);
- выбор специализации;
- выбор учебных заведений (государственных или частных);
- выбор формы обучения (очная, заочная);
- выбор метода финансирования (бюджетное финансирование, платное обучение).

Поскольку на формирование образовательной стратегии человека существенно влияет уровень образования и доходов его родителей, подмодель учитывает динамику семейных отношений. По окончании обучения (или во время него) человек начинает трудовую деятельность, успех которой зависит от уровня полученного образования, а также его соответствия требованиям рынка труда. Подмодель рассчитывает такие показатели, как общий уровень образования и численность населения по уровню образования.

Подмодель «Семья» реализуется с помощью класса Family, основные характеристики класса представлены в таблице 1.

Диаграмма состояний агента, отражающая изменения семейного статуса индивида, представлена на рисунке 2.

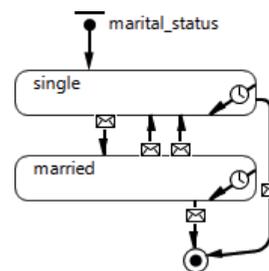


Рис. 2. Диаграмма состояний индивида подмодели «Семья» (класс Family)

Fig. 2. Individual's state chart in the Family submodel

Подмодель «Обучение» реализуется с помощью класса Education, основные характеристики класса представлены в таблице 2.

Диаграмма состояний агента, отражающая изменения уровня образования индивида, представлена на рисунке 3. На диаграмме представлены уровни:

- дошкольное образование;
- начальная школа;
- средняя школа;
- бакалавриат;
- магистратура;
- аспирантура;
- докторантура.

Для бакалавриата, магистратуры и аспирантуры состояния агента детализируются на обучение очное и заочное, бюджетное и платное.

Таблица 1 / Table 1

### Описание класса Family

#### Description of the Family class

№ п/п	Атрибуты класса	Описание
1	father	Ссылка на агента-отца
2	mother	Ссылка на агента-мать
3	spouse	Ссылка на агента-супруга
4	children	Массив ссылок на агентов-детей
5	Family_size	Размер семьи
	Методы класса	Описание
1	marry	Процедура выбора агентом потенциального супруга и заключение брака с параметрически заданной вероятностью
2	divorce	Процедура развода агента с супругом с параметрически заданной вероятностью
3	childbirth	Процедура рождения детей с параметрически заданной вероятностью в зависимости от возраста агента
4	Set_family_size	Процедура пересчета размера семьи при изменении семейного статуса и рождении детей

Таблица 2 / Table 2

### Описание класса Education

#### Description of the Education class

№ п/п	Атрибуты класса	Описание
1	Score	Балл, полученный при выпуске из средней школы
2	E_programme	Образовательная программа, на которой обучался индивид
3	Education_level	Текущий уровень образования индивида
4	Desired_budget_programme	Бюджетная программа, на которую хотел бы поступить индивид (приоритет)
5	Desired_commercial_programme	Коммерческая программа, на которую хотел бы поступить индивид
	Методы класса	Описание
1	Choose_educational_programme	Процедура выбора индивидом образовательной программы на основе балла, полученного в школе, и финансовых возможностей семьи
2	Enroll	Процедура зачисления на образовательную программу

Таблица 3 / Table 3

Описание класса Working\_activity

Description of the Working\_activity class

№ п/п	Атрибуты класса	Описание
1	Experience	Опыт работы индивида (количество лет)
2	Industry	Экономическая сфера (отрасль экономики), в которой работает индивид
3	Salary	Размер заработной платы индивида
4	Family_income_per_capita	Семейный доход на человека
Методы класса		Описание
1	Set_family_income_per_capita	Процедура определения семейного дохода на человека с учетом состава и размера семьи
2	Get_employed	Вероятностная процедура принятия на работу в зависимости от экономической ситуации на рынке труда и наличия рабочих мест
3	Get_unemployed	Вероятностная процедура увольнения с работы в зависимости от экономической ситуации на рынке труда и наличия рабочих мест

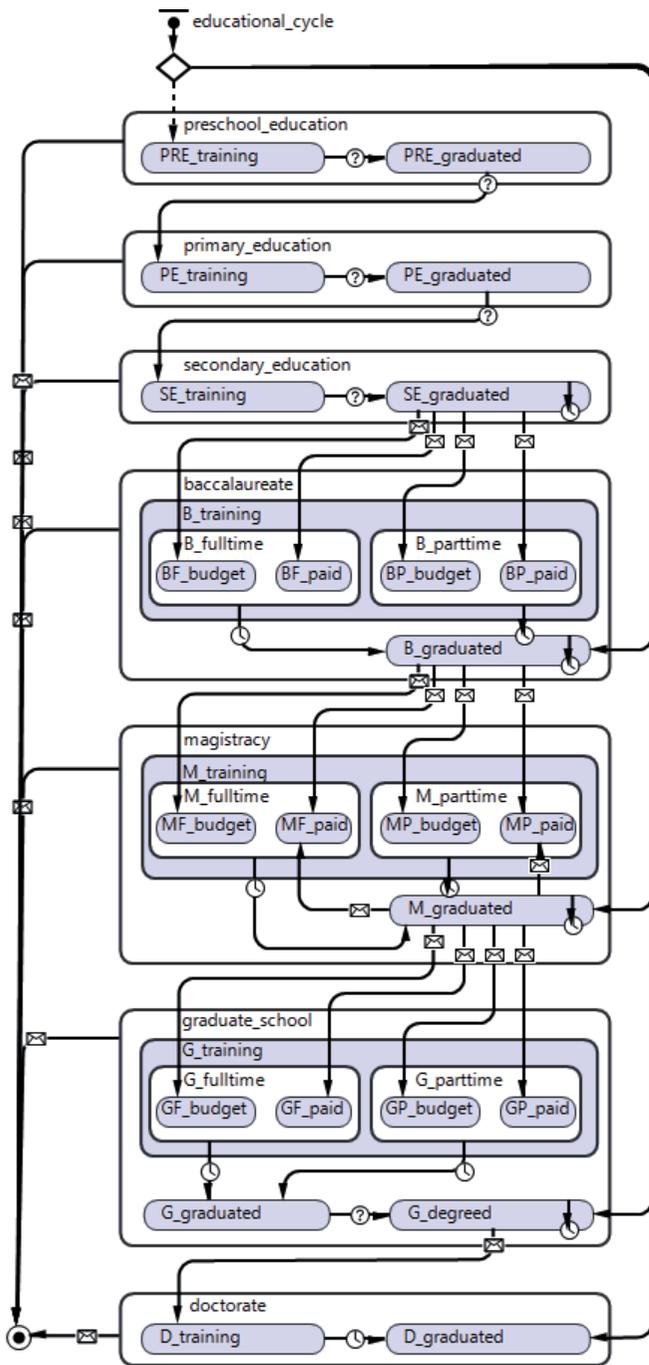


Рис. 3. Диаграмма состояний индивида в подмодели «Обучение» (класс Education)

Fig. 3. Individual's state chart in the Education submodel

Подмодель «Трудовая деятельность» реализуется с помощью класса Working\_activity, основные характеристики класса представлены в таблице 3.

Диаграмма состояний агента, отражающая изменения трудового статуса, представлена на рисунке 4. На диаграмме представлены состояния агента «безработный» и «занятый», последнее детализируется уровнями продвижения по карьерной лестнице:

- начинающий специалист;
- профессионал;
- руководитель.

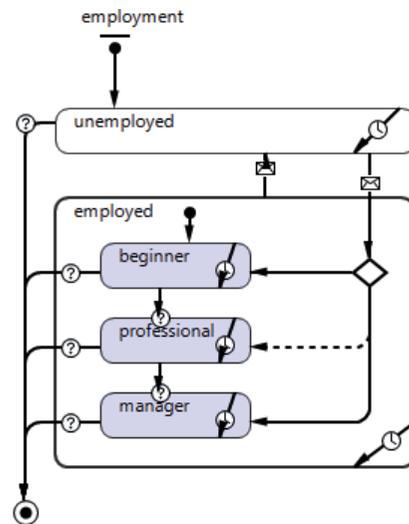


Рис. 4. Диаграмма состояний индивида в подмодели «Трудовая деятельность» (класс Working activity)

Fig. 4. Individual's state chart in the Working activity model

Подмодель «Образовательные учреждения» описывает динамику развития высших учебных заведений, включая процессы зачисления, подготовки и выпуска бакалавров, магистров, аспирантов, докторантов, процессы получения и рас-

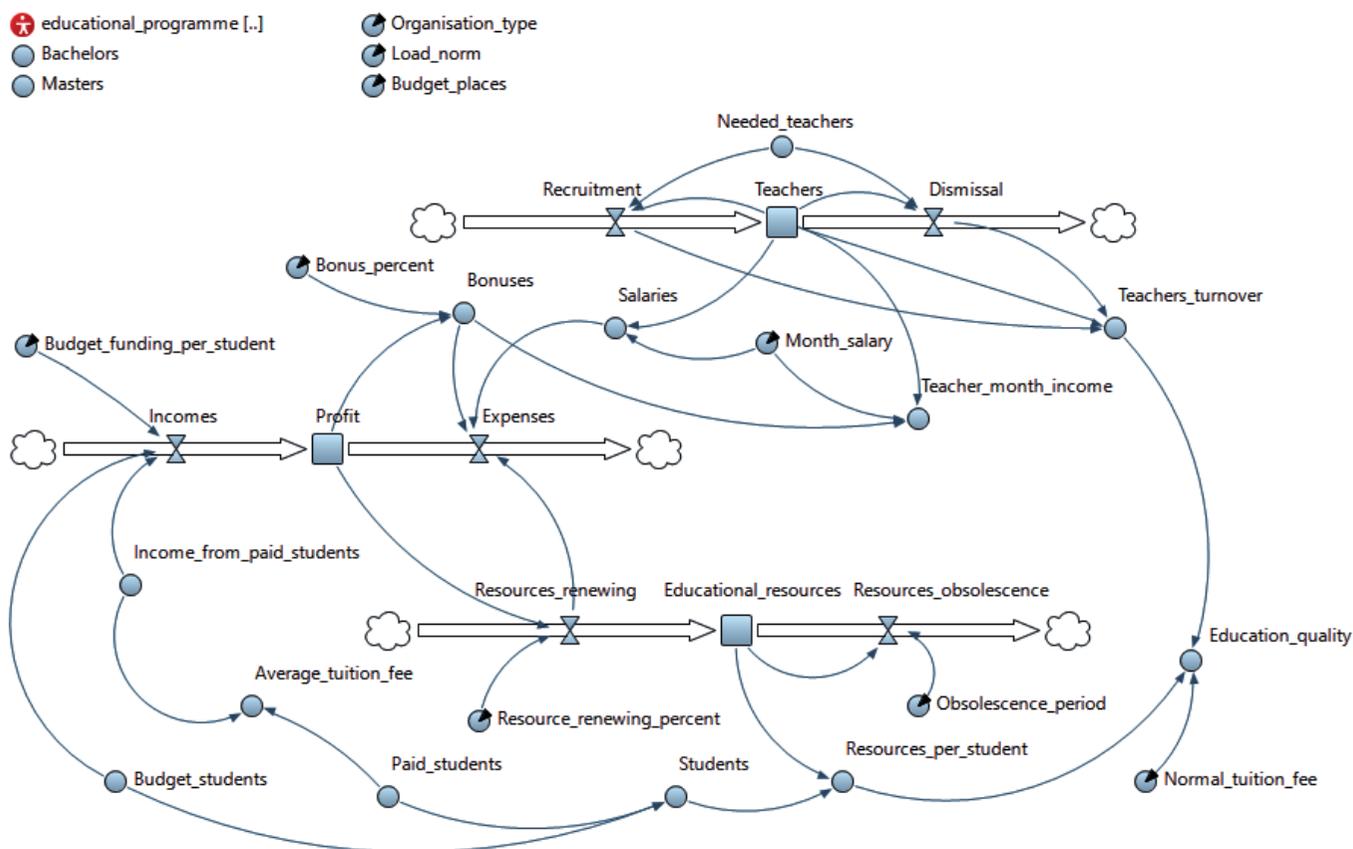


Рис. 5. Системная потоковая диаграмма подмодели «Учреждение высшего образования» (класс Higher education organisation)

Fig. 5. System flow chart of the Higher education organization submodel

ходования ресурсов, процессы найма и увольнения профессорско-преподавательского состава. Подмодель рассчитывает такие показатели деятельности образовательного учреждения, как качество предоставляемого образования и прибыльность организации.

Подмодель «Учреждение высшего образования» моделируется как агент и реализуется классом Higher\_education\_organisation. Состояние агента описывается системной потоковой диаграммой, представленной на рисунке 5.

Основные параметры класса Higher\_education\_organisation представлены в таблице 4.

Таблица 4 / Table 4

**Описание класса Higher\_education\_organisation**

**Description of the Higher\_education\_organisation class**

№ п/п	Атрибуты класса	Описание
1	Educational_programme	Набор (массив) образовательных программ, предлагаемых образовательным учреждением
2	Organisation_type	Тип организации (государственная, частная)
3	Load_norm	Норматив нагрузки преподавателя

Окончание таблицы 4 / End of the table 4

№ п/п	Атрибуты класса	Описание
4	Budget_places	Количество бюджетных мест
5	Normal_tuition_fee	Базовая стоимость обучения (увеличивается, если доходы от образовательной деятельности не покрывают расходы)
6	Budget_funding_per_student	Размер государственного финансирования одного бюджетного места
7	Month_salary	Оклад преподавателя
8	Bonus_percent	Премияльный процент, который может добавляться к окладу преподавателя
9	Resource_renewing_percent	Процент обновления ресурсной базы* в год
10	Obsolescence_period	Период устаревания ресурсной базы

\* В этом контексте ресурсная база — это материальное обеспечение, необходимое для организации и ведения образовательного процесса. Например, компьютеры, программное обеспечение, оборудование, учебная литература и т. п.

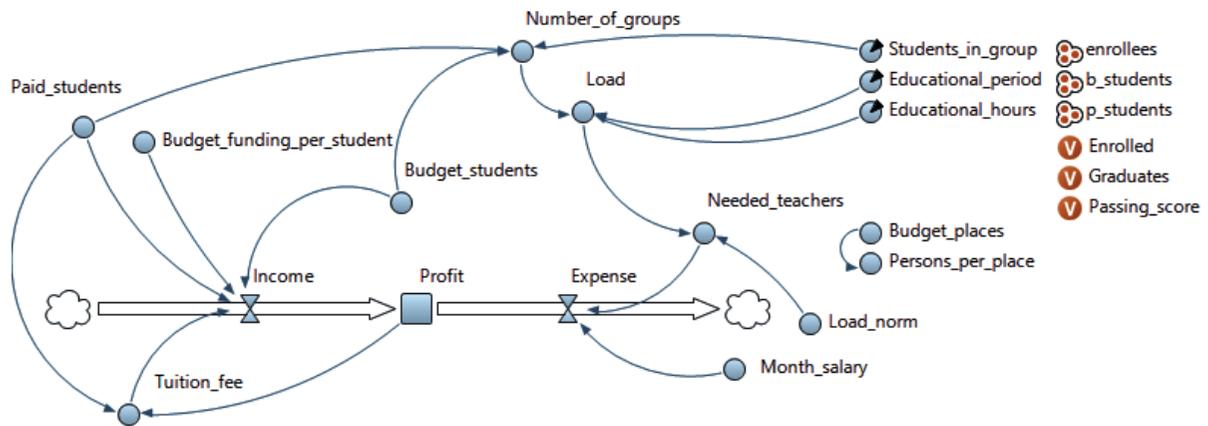


Рис. 6. Системная потоковая диаграмма подмодели «Образовательная программа» (класс Educational programme)  
 Fig. 6. System flow chart of the Educational programme submodel

Класс Higher\_education\_organisation содержит подкласс Educational\_programme, которым реализуется подмодель «Образовательная программа». Состояния каждой образовательной программы конкретного учреждения высшего образования описываются с помощью системной потоковой диаграммы, представленной на рисунке 6.

Основные характеристики класса Educational\_programme представлены в таблице 5.

**Подмодель «Рынок труда» описывает экономическую составляющую модели.** Моделируется спрос на рабочую силу с учетом необходимого уровня образования и направления подготовки.

Удовлетворение потребностей в рабочей силе влияет на общее экономическое развитие и, в частности, на уровень доходов населения.

Подмодель реализуется с помощью класса Labour\_market, каждый экземпляр которого соответствует определенной отрасли экономики: торговля, образование, сельское хозяйство, производство, здравоохранение, транспорт, услуги, строительство. Динамика состояния каждой отрасли описывается с помощью системной потоковой диаграммы, представленной на рисунке 7.

Основные характеристики класса Labour\_market представлены в таблице 6.

Таблица 5 / Table 5

**Описание класса Educational\_programme**  
**Description of the Educational\_programme class**

№ п/п	Атрибуты класса	Описание
1	Specialisation	Направление подготовки
2	Education_level	Уровень образования
3	Teaching_form	Форма обучения (очно, заочно)
4	Students_in_group	Размер учебной группы
5	Educational_period	Длительность обучения, количество лет
6	Educational_hours	Количество учебных часов
7	enrolees	Массив ссылок на агентов-индивидов, поступающих на программу
8	b_students	Массив ссылок на агентов-студентов, обучающихся на бюджетных местах
9	p_students	Массив ссылок на агентов-студентов, обучающихся на коммерческой основе
10	Enrolled	Количество студентов, зачисленных на программу
11	Graduates	Количество выпускников программы
12	Passing_score	Проходной балл
	Методы класса	Описание
1	Enrollment	Процедура отбора абитуриентов и их зачисление на образовательную программу

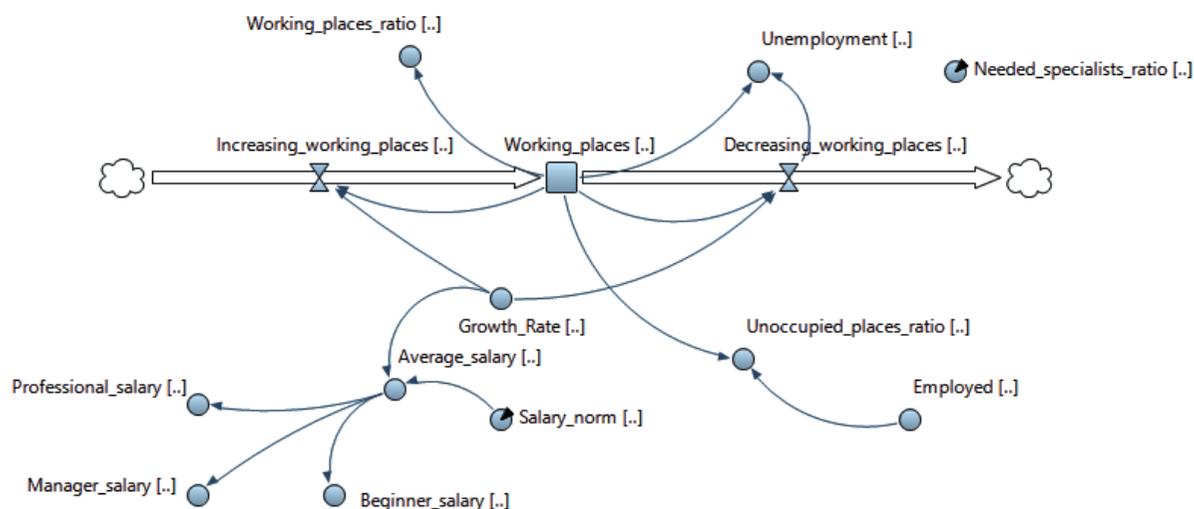


Рис. 7. Системная потоковая диаграмма подмодели «Рынок труда» (класс Labour market)

Fig. 7. System flow chart of the Labour market submodel

Таблица 6 / Table 6

### Описание класса Labour\_market

#### Description of the Labour\_market class

№ п/п	Атрибуты класса	Описание
1	Working_places	Количество рабочих мест
2	Increasing_working_places	Годовое увеличение количества рабочих мест
3	Decreasing_woking_places	Годовое уменьшение количества рабочих мест
4	Working_places_ratio	Отношение доли рабочих мест в отрасли к количеству всех рабочих мест
5	Unemployment	Процент увольняемых из-за сокращения количества рабочих мест
6	Growth_Rate	Темп роста отрасли
7	Unoccupied_places_ratio	Доля незанятых рабочих мест
8	Employed	Количество занятых
9	Average_salary	Средняя заработная плата
10	Salary_norm	Массив начальных размеров заработной платы по отраслям
11	Beginner_salary	Размер заработной платы начинающего специалиста
12	Professional_salary	Размер заработной платы профессионала
13	Manager_salary	Размер заработной платы руководителя

## 5. Заключение

Представленный комплекс имитационных моделей системы высшего образования направлен на анализ, оценку и прогноз следующих процессов и показателей:

- качество и доступность высшего профессионального образования;
- спрос на образовательные услуги со стороны населения и его влияние на функционирование системы высшего образования с учетом демографических тенденций;

- потребности рынка труда по отраслям и уровень их удовлетворения образовательными учреждениями;
- финансовые, кадровые и материальные потребности в системе высшего образования;
- воспроизводство научно-педагогических кадров в системе высшего образования;
- финансовая политика в сфере высшего образования, касающаяся бюджетных и коммерческих форм обучения.

Разработанный комплекс имитационных моделей является базовым, может быть дополнен и па-

раметризован в соответствии со статистическими данными как на уровне региона, так и на уровне страны. Комплекс моделей может быть использован в контуре систем поддержки принятия решений органами федерального управления для анализа функционирования системы высшего образования и разработки долгосрочной стратегии ее развития.

### Список источников / References

1. *Agasisti T., Egorov A., Maximova M.* Do merger policies increase universities' efficiency? Evidence from a fuzzy regression discontinuity design. *Applied Economics*. 2021;53(2):185–204. DOI: 10.1080/00036846.2020.1803488.

2. Тенденции развития высшего образования в мире и в России. Аналитический доклад-дайджест. М.: Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова; 2021. 199 с. Режим доступа: <https://www.rea.ru/ru/org/managements/Nauchno-issledovatelskijj-institut-razvitiya-obrazovaniya/Documents/Доклад-дайджест%20Тенденции%20развития%20высшего%20образования.pdf>

[Trends in the development of higher education in the world and in Russia. Analytical report-digest. Moscow, Plekhanov Russian University of Economics; 2021. 199 p. (In Russian.) Available at: <https://www.rea.ru/ru/org/managements/Nauchno-issledovatelskijj-institut-razvitiya-obrazovaniya/Documents/Доклад-дайджест%20Тенденции%20развития%20высшего%20образования.pdf>]

3. *Froumin I., Kouzminov Y., Semyonov D.* Institutional diversity in Russian higher education: Revolutions and evolution. *European Journal of Higher Education*. 2014;4(3):209–234. EDN: OUMDPV. DOI: 10.1080/21568235.2014.916532.

4. *Ахметшин Э. М.* Цифровая трансформация высшего образования: состояние, проблемы и перспективы. *Инновации*. 2020;(2(256)):83–88. EDN: WUOSMB. DOI: 10.26310/2071-3010.2020.256.2.011.

[*Akhmetshin E. M.* Digital transformation of higher education: State, problems and prospects. *Innovations*. 2020;(2(256)):83–88. (In Russian.) EDN: WUOSMB. DOI: 10.26310/2071-3010.2020.256.2.011.]

5. *Agasisti T., Egorov A., Zinchenko D., Leshukov O.* Efficiency of regional higher education systems and regional economic short-run growth: Empirical evidence from Russia. *Industry and Innovation*. 2021;28(4):507–534. DOI: 10.1080/13662716.2020.1738914.

6. *Мусаелян Л. А., Зырянов С. Г.* Глобальные вызовы России и некоторые проблемы системы отечественного высшего образования. *Социум и власть*. 2022;(2(92)):40–52. EDN: DHSWTY. DOI: 10.22394/1996-0522-2022-2-40-52.

[*Musaelyan L. A., Zyryanov S. G.* Global challenges of Russia and some problems of the domestic higher education system. *Society and Power*. 2022;(2(92)):40–52. (In Russian.) EDN: DHSWTY. DOI: 10.22394/1996-0522-2022-2-40-52.]

7. *Рожкова К. В., Травкин П. В.* Карьерные планы студентов вузов: информационный бюллетень. М.: НИУ ВШЭ; 2022. 40 с. EDN: ЕТКWBG. DOI: 10.17323/978-5-7598-2607-1.

[*Rozhkova K. V., Travkin P. V.* Career plans of university students: Information bulletin. Moscow, ID HSE; 2022. 40 p. (In Russian.) EDN: ЕТКWBG. DOI: 10.17323/978-5-7598-2607-1.]

8. *Зборовский Г. Е., Амбарова П. А., Каташинских В. С., Шаброва Н. В., Шуклина Е. А.* Доверие как фундаментальная проблема российского высшего образования. Екатеринбург: Гуманитарный университет; 2020. 382 с. EDN: QTLWYC.

[*Zborovskiy G. E., Ambarova P. A., Katashinskikh V. S., Shabrova N. V., Shuklina E. A.* Trust as a fundamental problem of Russian higher education. Ekaterinburg, Humanities University; 2020. 382 p. (In Russian.) EDN: QTLWYC.]

9. *Kennedy M.* A review of system dynamics models of educational policy issues. *Proc. of the 29th Int. Conf. of the System Dynamics Society*. System Dynamics Society, Curran Associates, Inc.; 2011;3:1797–1820. Available at: <https://proceedings.systemdynamics.org/2011/proceed/papers/P1117.pdf>

10. *Kennedy M.* A taxonomy of system dynamics models of educational policy issues. *Proc. of the 29th Int. Conf. of the System Dynamics Society*. System Dynamics Society, Curran Associates, Inc.; 2008;2:1418–1439. Available at: <https://proceedings.systemdynamics.org/2008/proceed/papers/KENNE182.pdf>

11. *Saeed K.* The dynamics of collegial systems in the developing counties. *Higher Education Policy*. 1996;9(1):75–86. DOI: 10.1016/S0952-8733(96)90040-9.

12. *Sinuany-Stern Z.* Cost simulation models for university budgeting. *Computers, Environment and Urban Systems*. 1983;8(4):211–216. DOI: 10.1016/0198-9715(83)90010-8.

13. *Galbraith P. L.* System dynamics and university management. *System Dynamics Review*. 1998;14(1):69–84. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1727(199821)14:1<69::AID-SDR139>3.0.CO;2-T.

14. *Galbraith P. L.* When strategic plans are not enough: Challenges in university management. *System Dynamics: An International Journal of Policy Modelling*. 1998;X(1–2):55–84. Available at: [https://www.academia.edu/17379500/When\\_strategic\\_plans\\_are\\_not\\_enough](https://www.academia.edu/17379500/When_strategic_plans_are_not_enough)

15. *Грачев М. И., Бурлов В. Г., Чудаков О. Е., Примакин А. И.* Имитационная модель управления образовательной организацией высшего образования. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2021;10(1(53)):57–62. EDN: BJCEUH. DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0010.

[*Grachev M. I., Burlov V. G., Chudakov O. E., Primakin A. I.* Simulation model of educational management organization of higher education. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus*. 2021;10(1(53)):57–62. (In Russian.) EDN: BJCEUH. DOI: 10.46548/21vek-2021-1053-0010.]

16. *Клименко И. С.* Управление качеством образования: опыт системного анализа и институционализации. М.: «КДУ», «Добросвет»; 2021. 253 с. EDN: SISSMG. DOI: 10.31453/kdu.ru.978-5-7913-1193-1-2021-253.

[*Klimenko I. S.* Quality management of education: Experience of system analysis and institutionalization. Moscow, “KDU”, “Dobrosvet”; 2021. 253 p. (In Russian.) EDN: SISSMG. DOI: 10.31453/kdu.ru.978-5-7913-1193-1-2021-253.]

17. *Корнеев Д. Г., Гаспарян М. С., Микрюков А. А.* Онтологический подход к моделированию инновационных процессов на примере распределенной образовательной сети вуза. *Открытое образование*. 2019;23(5):4–13. EDN: GSUZH. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-5-4-13.

[*Korneev D. G., Gasparian M. S., Mikryukov A. A.* Ontological approach to modeling innovation processes on the example of a distributed educational network of the university. *Open Education*. 2019;23(5):4–13. (In Russian.) EDN: GSUZH. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-5-4-13.]

18. *Угольницкий Г. А., Дьяченко В. К.* Имитационное моделирование социального партнерства в системе высшего образования. *Анализ, моделирование и прогнозирование экономических процессов. Материалы V Международной научно-практической интернет-конференции*. 2013:302–306. EDN: SYITAP.

[*Ogolnitsky G. A., Dyachenko V. K.* Simulation modeling of social partnership in the higher education system. *Analysis, Modeling and Forecasting of Economic Processes. Proc. of the V Int. Scientific and Practical Internet Conf.* 2013:302–306. (In Russian.) EDN: SYITAP.]

19. *Cosenz F.* Designing dynamic performance management systems in higher education institutions. *Managing Sustainable Performance and Governance in Higher Education Institutions. A Dynamic Performance Management*

*Approach*. Springer, Cham; 2022:85–131. DOI: 10.1007/978-3-030-99317-7\_3.

20. Fooladvand M., Yarmohammadian M. H., Shahtalebi S. The application strategic planning and balance scorecard modelling in enhance of higher education. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*. 2015;186:950–954. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.04.115.

21. Kim H., Rehg M. T. Using systems mapping to inform the strategic planning process in higher education. *Proc. of the 33rd Int. Conf. of the System Dynamics Society*. System Dynamics Society, Curran Associates, Inc.; 2015;2:1667–1683. Available at: <https://proceedings.systemdynamics.org/2015/proceed/papers/P1244.pdf>

22. Trivella L., Dimitrios N. K. Knowledge management strategy within the higher education. The Case of Greece. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*. 2015;175:488–495. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.1227.

23. Ваганова А. С. Моделирование процессов управления системой высшего образования региона. *Экономика и современный менеджмент: теория и практика. Сборник статей XXXII Международной научно-практической конференции*. Новосибирск: СибАК; 2013;(32):136–141. EDN: RSSGMD.

[Vaganova A. S. Management modeling system of higher education in the region. *Economics and Modern Management: Theory and Practice. Collection of Articles of XXXII Int. Scientific and Practical Conf.* Novosibirsk, SibAC; 2013;(32):136–141. (In Russian.) EDN: RSSGMD.]

24. Kaynak D., Shinde R. Analysis of the turkish education system: A system dynamics approach on dropouts and deficiencies in job market. *Proc. of the 34th Int. Conf. of the System Dynamics Society*. System Dynamics Society, Curran Associates, Inc.; 2016;3:1349–1366. Available at: <https://proceedings.systemdynamics.org/2016/proceed/papers/P1255.pdf>

25. Guevara P., Zuniga R., Lopez L. Coordination failures in complex environments: A model for primary education systems in developing countries. *Proc. of the 29th Int. Conf. of the System Dynamics Society*. System Dynamics Society, Curran Associates, Inc.; 2011;2:1334–1345. Available at: <https://proceedings.systemdynamics.org/2011/proceed/papers/P1224.pdf>

26. Высоцкая А. В. Система среднего общего образования в российских регионах: построение имитационной модели. *Ойкумена. Регионоведческие исследования*. 2018;(1(44)):30–37. EDN: YUJYTH. DOI: 10.24866/1998-6785/2018-1/30-37.

[Vysotskaya A. V. The system of secondary general education in the Russian regions: The construction of a simulation model. *Ojkumena. Regional Researches*. 2018;(1(44)):30–37. (In Russian.) EDN: YUJYTH. DOI: 10.24866/1998-6785/2018-1/30-37.]

27. Савина А. Д., Пономарева Е. А. Оценка влияния перехода к риск-ориентированному регулированию учреждений высшего образования. *Science for Education Today*. 2021;11(2):123–153. EDN: UYXE0X. DOI: 10.15293/2658-6762.2102.06.

[Savina A. D., Ponomareva E. A. Evaluating the impact of transition to risk-based regulation in higher education institutions. *Science for Education Today*. 2021;11(2):123–153. (In Russian.) EDN: UYXE0X. DOI: 10.15293/2658-6762.2102.06.]

28. Manesh M. M., Khatami F. A system dynamics model to design a more effective education system. *Proc. of the 29th Int. Conf. of the System Dynamics Society*. System Dynamics Society, Curran Associates, Inc.; 2021;1:560–572. Available at: <https://proceedings.systemdynamics.org/2021/papers/P1022.pdf>

29. Klir G. J. Architecture of systems problem solving. Springer, New York, USA; 1985. 540 p. DOI: 10.1007/978-1-4757-1168-4.

30. Mesarovic M. D., Macko D., Takahara Y. Theory of hierarchical, multilevel, systems. University of Wisconsin, Madison, Academic Press; 1970. 294 p.

31. Морозова Ю. А. Стратификация и формирование комплекса компьютерных моделей пенсионной системы Российской Федерации в гетерогенной информационно-аналитической среде: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. М.; 2012. 247 с. EDN: QFTYQT.

[Morozova Yu. A. Stratification and formation of a set of computer models of the pension system of the Russian Federation in a heterogeneous information and analytical environment. Cand. econ. sci. diss.: 08.00.13. Moscow; 2012. 247 p. (In Russian.) EDN: QFTYQT.]

32. Лычкина Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов. М.: Инфра-М; 2012. 254 с. EDN: QUVULB. DOI: 10.12737/724.

[Lychkina N. N. Simulation modeling of economic processes. Moscow, Infra-M; 2012. 254 p. (In Russian.) EDN: QUVULB. DOI: 10.12737/724.]

33. Forrester J. W. Industrial dynamics. Massachusetts, USA, M.I.T. Press; 1961. 464 p. Available at: [http://www.laprospective.fr/dyn/francais/memoire/autres\\_textes\\_de\\_la\\_prospective/autres\\_ouvrages\\_numerises/industrial-dynamics-forrester-1961.pdf](http://www.laprospective.fr/dyn/francais/memoire/autres_textes_de_la_prospective/autres_ouvrages_numerises/industrial-dynamics-forrester-1961.pdf)

34. Axelrod R. Structure of decision: The cognitive maps of political elites. Princeton, New Jersey, USA, Princeton University Press; 1976. 422 p.

35. Schelling T. C. Models of segregation. *The American Economic Review*. 1969;59(2):488–493. Available at: <https://www.jstor.org/stable/1823701>

36. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Социальное моделирование — новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М.: Экономика; 2013. 295 с. EDN: VAFHKV.

[Makarov V. L., Bakhtizin A. R. Social modeling is a new computer breakthrough (agent-oriented models). Moscow, Ekonomika; 2013. 295 p. (In Russian.) EDN: VAFHKV.]

37. Бахтизин А. Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика; 2008. 279 с. EDN: QSPBGD.

[Bakhtizin A. R. Agent-oriented models of the economy. Moscow, Ekonomika; 2008. 279 p. EDN: QSPBGD.]

38. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Бекларян Г. Л., Акопов А. С., Ровенская Е. А., Стрелковский Н. В. Агентное моделирование социально-экономических последствий миграции при государственном регулировании занятости. *Экономика и математические методы*. 2022;58(1):113–130. EDN: JYGIFS. DOI: 10.31857/S042473880018960-5.

[Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Beklaryan G. L., Akopov A. S., Rovenskaya E. A., Strelkovskii N. V. Agent-based modeling of social and economic impacts of migration under the government regulated employment. *Economics and Mathematical Methods*. 2022;58(1):113–130. (In Russian.) EDN: JYGIFS. DOI: 10.31857/S042473880018960-5.]

#### Информация об авторе

Кузнецова Юлия Александровна, канд. экон. наук, доцент департамента бизнес-информатики, Высшая школа бизнеса, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2849-6218>; e-mail: [yualkuznetsova@ya.ru](mailto:yualkuznetsova@ya.ru)

#### Information about the author

Yulia A. Kuznetsova, Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor at the Department of Business Informatics, Graduate School of Business, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2849-6218>; e-mail: [yualkuznetsova@ya.ru](mailto:yualkuznetsova@ya.ru)

Поступила в редакцию / Received: 11.04.23.

Поступила после рецензирования / Revised: 30.06.23.

Принята к печати / Accepted: 04.07.23.