

## DESIGN OF AN INTELLECTUAL SYSTEM FOR MANAGING THE EDUCATIONAL AND INNOVATIVE ACTIVITIES OF THE UNIVERSITY

S. V. Novikov

*Ufa State Aviation Technical University (UGATU)*

*novikov.sv@ugatu.su*

*Submitted 2022, October 19*

**Abstract.** The article proposes a hybrid architecture of the information-analytical system for managing the educational and innovative activities of the university, based on the decomposition of the system into structural elements and the integration of methods and tools for discrete-event, situational, multi-agent, simulation and expert modeling. A model of an intelligent agent in the form of a stable group with basic goal-setting is proposed, which makes it possible to determine an integral feedback from a set of group behaviors. As a control logic (system driver), it is proposed to use a criteria approach for analyzing the integral characteristics of the attributes of all types of agents in the context of the goals and objectives of the study. The system architecture model contains control logic and is adapted to the processing of a discrete-event process flow.

**Keywords:** management of educational and innovative activities of the university; architecture of information-analytical system; model of an intelligent agent in the educational environment; discrete-event model of processes.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УНИВЕРСИТЕТА

С. В. Новиков

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)*

*novikov.sv@ugatu.su*

*Поступила в редакцию 19.10.2022*

**Аннотация.** Описана гибридная архитектура информационно-аналитической системы управления образовательной и инновационной деятельностью университета, основанная на декомпозиции системы на структурные элементы и интеграции методов и инструментальных средств дискретно-событийного, ситуационного, мультиагентного, имитационного и экспертного моделирования. Предложена модель интеллектуального агента в виде устойчивой группы с базовым целеполаганием, позволяющая определить интегральную обратную связь из совокупности групповых поведений. В качестве управляющей логики (драйвер системы) предлагается использовать критериальный подход анализа интегральных характеристик атрибутов всех типов агентов в контексте целей и задач исследования. Модель архитектуры системы содержит управляющую логику и адаптирована к обработке дискретно-событийного потока процессов.

**Ключевые слова:** управление образовательной и инновационной деятельностью университета; архитектура информационно-аналитической системы; модель интеллектуального агента в образовательной среде; дискретно-событийная модель процессов.

### ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ФОКУСЕ ОСНОВНЫХ ДЕТЕРМИНАНТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ УНИВЕРСИТЕТОВ

Эффективность деятельности университетов в условиях ограничений бюджета государства на образование, является одним из ключевых приоритетов государственной политики в сфере высшего образования. В соответствии с экономическим содержанием, классическая эффективность определяется как отношение между затраченными ресурсами и результатами. Оценка эффективности деятельности университетов в первую очередь направлена на реализацию государственных программ дифференцированной поддержки университетов.

Показатели эффективности, применяемые в различных классификациях, систематизированы в следующих категориях:

- обучение и преподавание;
- студенты;
- исследования и разработки (ИиР);
- региональное взаимодействие;
- вовлеченность в обмен знаниями;
- международная деятельность.

Несмотря на различие в показателях эффективности, применяемых в различных классификациях и рейтингах, категория образовательной и инновационной активности являются основными детерминантами эффективности. Это определено как в оценке результативности российских вузов, так и характерно для глобальных рейтингов университетов, таких как ARWU, QS, The Times Higher Education World University Rankings (THE) и др. в виде большего веса индикаторов, отражающих уровень подготовки выпускников и уровень проводимых в вузе научных исследований. Составляющие основных детерминантов эффективности образовательной и инновационной деятельности, показатели также могут быть различными. В зависимости от контекста решаемых задач, показатели могут характеризовать эффективность, общую эффективность, эффективность по издержкам или ресурсам [1–3]. Один из вариантов системы показателей эффективности представлен в табл. 1.

**Таблица 1.** Показатели эффективности образовательной и инновационной деятельности университета

Общая эффективность		Эффективность по издержкам		Эффективность по ресурсам	
Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход
Численность: ППС; административных сотрудников; бакалавров; магистрантов и аспирантов. Оперативные издержки	Количество дипломов: бакалаврских; магистерских; аспирантских. Государственные гранты. Гранты от бизнеса. Число публикаций	Совокупные Издержки. Расходы на научные проекты	Численность выпускников. Численность обладателей ученых степеней, защитившихся в данном университете. Рейтинг научной и публикационной активности	Численность студентов. Численность аспирантов. Численность ППС. Рейтинг качества абитуриентов. Расходы на научные проекты. Расходы на библиотечный фонд и компьютерное оснащение	Численность выпускников. Численность обладателей ученых степеней, защитившихся в данном университете. Рейтинг научной и публикационной активности

Источник [3]

---

Систематическая и обширная деятельность Министерства образования и науки РФ с 2005 года и по настоящее время в оценке потенциала высшей школы РФ и политика трансформационных изменений, направленных на повышение эффективности и инновационного потенциала вузов, увеличивает роль систем управления образовательной и инновационной деятельности университета. Приоритеты в различных программах финансирования со стороны министерства являются стимулирующими факторами создания внутренних систем мониторинга и анализа результативности как учебно-образовательной, так и научно-исследовательской деятельности.

Высокая динамика этих процессов требует усиления и улучшения функциональной эффективности образовательной и инновационной системы университета, разработки и реализации интеллектуальных систем управления образовательной и инновационной деятельности университета на основе информационных технологий.

Систематический мониторинг основных показателей деятельности университетов со стороны Министерства образования и науки РФ, а также требования по оперативному управлению послужили драйвером для разработки и реализации в университетах масштабной базы данных для сбора и последующей обработки данных деятельности всех основных подсистем университета. Эта работа продолжается систематически как результат постоянно меняющихся требований и результат развития и модернизации системы. Логика развития информационных систем с учетом возможностей и требований современного уровня определяет ее последовательную трансформацию в интеллектуальную систему, формирующую более высокий образовательный и инновационный потенциал университета.

Опыт развития информационных систем определяет следующие стадии. Это трансформация базы данных в систему поддержки принятия решений, затем в систему автоматического управления на основе анализа обратных связей и последующую трансформацию в систему, способную генерировать новые знания – интеллектуальную систему. Разбиение на стадии является условным, но переход на следующий уровень требует реализацию предыдущего как составного элемента.

В соответствии с изложенным выше, актуальной задачей развития информационных систем в университетах на современном этапе является ее последовательная трансформация в интеллектуальную систему, формирующую более высокий образовательный и инновационный потенциал университета. Цель моделирования – разработка интеллектуальной системы, способствующей повышению эффективности и устойчивого инновационного развития университетской системы/подсистемы и моделирование ее трансформационной динамики.

На основе существующей информационной базы данных, функционал такой системы должен для определенной части процессов выполнять функции поддержки принятия решений, для других процессов работать как система автоматического управления, для решения задач тактического и стратегического планирования работать как система имитационного моделирования. В перспективе информационная система должна решать задачи поиска оптимальных решений, таких как:

- анализ поведения университетской системы при различном целеполагании (изменении дорожной карты);
- анализ ожидаемых эффектов от планируемой модернизации;
- оценка полезности базовых подразделений университета и их коалиций;
- анализ рефлексии субъектов на эндогенные и экзогенные воздействия;
- анализ коммуникативных особенностей прямых и обратных связей агентной среды (подразделений университета);

– анализ причинно-следственных цепочек взаимодействий подразделений университетской системы;

– анализ факторов внутренней неустойчивости системы и доминанты ее неэффективности.

Информационная система, в соответствии с определением, имеет характер инновации, поскольку направлена на повышение эффективности процессов и всей университетской системы.

Обзор литературы по образовательным и информационным технологиям (ИТ) показывает, что не существует теории или единого подхода для создания модели университета, как объекта анализа, управления и моделирования ее трансформационной динамики. Именно такая модель может являться надежной основой для теоретического обоснования и поиска адекватных способов повышения эффективности и устойчивого инновационного развития университета. Перечень нерешенных проблем, необходимых для построения адекватной модели эффективного университета, отображают следующие позиции:

– слабая оценка состояния входа системы (входной поток и его обучаемость);

– слабая оценка требований выхода системы (какой специалист, и в каком количестве будут востребованы);

– слабая оценка взаимосвязи входа-выхода;

– проблема количественной оценки влияния изменений и (или) модификаций в образовательных технологиях на формирование компетенций (прямое управление);

– проблема количественного описания межфункциональных бизнес-процессов или количественная оценка влияния результатов одного из бизнес-процессов на другие (обратная реакция);

– информационные технологии, как средство изменения способов выполнения работы являются локальными. Отсутствует единая архитектура в рамках общей цели.

Это типичные проблемы сложных систем – большое число компонентов, большое число связей, сложная иерархия, изменчивость и т.д. Небольшой объем актуальных наблюдений (данные 10-летней давности можно считать устаревшими) не позволяет использовать технологии нейросетевого программирования для описания прямых и обратных связей на основе алгоритмов обучения по выборке и алгоритмов настройки параметров процесса.

Опубликованные работы по моделированию и применению информационных технологий в области образования делятся на две категории. Первая и самая большая категория состоит из руководств и методологий по улучшению образования на основе применения информационных технологий, таких как компьютерные конференции, различные образовательные среды для получения информации и контроля знаний и др. [4, 5] Эта работа полезна, однако представляет только средства для достижения тактических задач. В ней также отсутствует интеграция социальных и психологических проблем, характерных образовательному процессу.

Другой тип исследования, который находится в центре внимания данного исследования, направлен на то, чтобы понять и смоделировать фактический процесс преподавания и обучения. Цель такого моделирования состоит в модернизации бизнес-процессов – это «анализ и проектирование рабочих потоков и процессов внутри и между организациями».

Как будет показано ниже, не существует вполне определенных средств динамического моделирования образовательной и инновационной деятельности университетов, поскольку такая сложная система определяется как множественностью связей, так и многообразием процессов. Это определяет, в частности, отсутствие поддержки функции проектирования концептуальной модели предметной области. Решение достигается декомпозицией системы на структурные элементы и интеграцию методов и инструментальных средств дискретно-событийного, ситуационного, мультиагентного, имитационного и экспертного моделирования [6–9].

---

## КОНЦЕПЦИЯ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА» В СТРУКТУРНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УНИВЕРСИТЕТА

Образовательный процесс, как объект моделирования характеризуется четким целеполаганием, циклами обратных связей в сложных взаимных причинных зависимостях их параметров. Изменчивость определена заданным набором требований.

С одной стороны, образовательный процесс является непрерывным процессом познания. Это позволяет моделировать образовательный процесс с позиций методологии *системной динамики*. Математически эти системы описываются системами дифференциальных уравнений. Однако сложность зависимостей параметров системы, присущая социальным системам, является принципиальным ограничением такого подхода.

С другой стороны, разбиение изучаемых дисциплин на блоки, сегменты и отдельные предметы, и структурное разбиение субъектов образовательного процесса на относительно независимые группы и подразделения определяет образовательный процесс, как систему с дискретными событиями. Это позволяет моделировать образовательный процесс как *систему с дискретными событиями* с использованием парадигмы моделирования в виде блоков и транзактов. Транзакты отображают динамические объекты моделирования, а блоки – объекты, обрабатывающие эти транзакты. Однако для социальных систем такой подход не является достаточным. Субъекты моделирования – студенты, преподаватели и научные сотрудники – представляют собой активный объект, обладающий разумным поведением и генерирующий взаимодействия с другими агентами и со средой. Это позволяет моделировать образовательный процесс как *многоагентную систему*. Существенным для агентного моделирования является возможность определения интегральной обратной связи из совокупности локальных поведений и характеристик отдельных активных элементов. Изменения состояния среды, его динамики и изменение состояния агентов производится с помощью методов дискретного событийного моделирования. Совокупность изменений состояний агентов позволяют моделировать возможные изменения параметров этой инфраструктуры.

Таким образом, для моделирования образовательного процесса необходим синтез моделей на основе методологии моделирования динамических систем, дискретно-событийного моделирования и методологии моделирования многоагентных систем.

Дискретно-событийное моделирование и методологии моделирования многоагентных систем успешно развиваются уже более 40 лет и являются основными элементами моделей динамических систем социально-экономических объектов [10, 11]. Несмотря на достаточно простую концепцию, трудности моделирования реальных систем определены формализацией реальных процессов. Для реализации агентного моделирования требуется описать не только фактические показатели, но и целеполагание отдельных агентов и их интегрированный эффект, определяющий взаимодействие со средой и инфраструктурой. Уровень абстрагирования должен соответствовать целям моделирования и должен быть достаточным для адекватного описания изучаемой системы.

Дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование требует построения семантической сети связанных по определенным правилам объектов и понятий [12]. Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила, принятые в моделируемой области. Например, для описания динамической интеллектуальной системы управления процессами в информационно-образовательном пространстве, в качестве основных элементов базы знаний приняты учебные и научные объекты, соответствующие дидактическим единицам образовательного и научного процессов. Структурирование системы на различные иерархии позволяет решать различные задачи на различных уровнях.



Один из механизмов взаимодействия обучаемого и преподавателя возможен на основе сценарного подхода, когда множество сценариев обучения и множество требований к компетенциям является основой адаптивного интерактивного взаимодействия пользователей в образовательной среде.

Выделение большого количества агентов в различных конфигурациях продиктовано целью охватить все необходимые образовательные процессы. Однако, избыточная детализация и приближения описания к реальным процессам не позволяют перейти от уровня концептуального к реализации модели в среде моделирования. Параллельная реальность в виде «искусственного общества» требует серьезных ресурсных затрат в поддержании динамического описания отдельных элементов. Уместна аналогия, когда многочисленная фотофиксация жизни отдельного субъекта в течение всей жизни остается не востребованной, так как для этого понадобится использовать большую часть жизни другого субъекта или субъектов.

Многоагентное представление модели становится эффективным, когда из совокупности локальных поведений и характеристик отдельных активных элементов имеется возможность определения интегральной обратной связи, позволяющей направить вектор развития системы к намеченной цели. Несмотря на простоту формулировки, формализация характеристик отдельных активных элементов и выработка на их основе коллегиального решения представляется очень трудной задачей. Даже в небольших сообществах разумных индивидуумов для этого требуется всестороннее обсуждение и компромиссы. В современных исследованиях и разработках по многоагентному моделированию применяют критериальный подход, когда при условии достижения для большей доли активных агентов одного или нескольких индикаторов заданного уровня (обычно экспертно) возникает обратная связь и необходимость перехода на новый уровень функционирования системы. Такая логика применима и для индикаторов количественного типа, и для индикаторов лингвистического типа (лингвистическая математика). Последнее осложнено отсутствием правил в предметной области.

Переход на следующий уровень возможен по образцу, когда имеются аналоги систем, прошедших данный эволюционный этап развития. Но даже при наличии аналогов развитие системы не может быть дублировано простым копированием, поскольку внешняя среда подвержена непрерывному процессу изменений. Существует также многовариантность в выборе в пути развития при наличии нескольких аналогов. Если для исследуемой системы отсутствуют ориентиры, то переход на новый уровень системы определяется директивным способом или на основе проб и ошибок.

Процесс функционирования университета в образовательной и научной сфере, в силу своей иерархизированной структуры и логистики позволяет использовать для его анализа и моделирования концепцию модернизации бизнес-процессов (Business process redesign (BPR)). Адаптация BPR к образовательному процессу [13] обусловлена возможностью формализации этапов подготовки специалистов и разработки инновационного продукта, как и при производственном процессе выпуска продукции («Manufacturing»). В рамках такого подхода университет (образовательное учреждение) представляет многопрофильное предприятие (manufactory) по «производству» компетенций, которыми преподаватели поэтапно наделяют (передают знания) обучаемых (студентов) в соответствии с программами государственных образовательных стандартов. Целенаправленные действия по обучению, при котором материальные, энергетические, трудовые, информационные и другие виды исходных ресурсов преобразуют студента в дипломированного специалиста высшей квалификации, способного удовлетворить определенные актуальные потребности общества в определенной сфере деятельности.

Модель «технологического» процесса обучения – учебных занятий представлена на схеме на рис. 1.



Рис. 1. Модель процесса обучения

Однако процесс образования, в отличие от производственного, имеет ряд специфических особенностей. Это процесс длительного цикла, для которого характерны:

- 1) перманентные изменения требований к контенту компетенций;
- 2) системное использование различных образовательных технологий;
- 3) нечеткие параметры входов и выходов процесса (с точки зрения моделирования).

Использование динамической модели процесса позволяет применять концепцию BPR с целью повышения эффективности. Концепция предполагает целенаправленную модернизацию бизнес-процессов и успешно реализуется в моделях производственных систем. Согласно Давенпорту и Стоддарду [14] основные концепции BPR включают:

- необходимость и возможность радикального изменения эффективности процесса;
- изменения в организационных и человеческих механизмах, которые сопровождают изменения в технологии;
- информационные технологии, как средство изменения способов выполнения работы.

BPR в сфере образования актуален, поскольку существует необходимость изменений в системе высшего образования, чтобы оно отвечало новым социальным и политическим реалиям. В контуре информационно-аналитической системы BPR представляет интегрированный и структурированный подход к анализу и изменению образовательных процессов.

Специфика процесса обучения, в отличие от производственных процессов осложняется разумным откликом объекта:

1) объект обучения – *студент*, является одновременно и субъектом. Это социально-ориентированный индивидуум с определенными способностями к познанию и способностью к целесообразной деятельности. В результате процесса обучения *студент*, как объект профессиональной деятельности, меняет свой интеллектуальный уровень и выражает определенный разумный отклик на процесс обучения;

2) *преподаватель* выступает и как субъект производства, передающий знания *студенту*, и одновременно как объект, меняющий свой интеллектуальный уровень при самообучении (повышение квалификации, переподготовка, научно-исследовательская работа и др.). Коллективов ППС претерпевают также обновления на основе конкурсного отбора профилей преподавателей.

3) взаимодействие *студента(ов)* и *преподавателя(ей)* происходит в интеллектуальной среде обучения и решения принимаются на основе консенсуса с использованием различных механизмов *управления*. На основе такого взаимодействия вырабатывается стратегия и тактика развития университета.

Учитывая специфику процесса обучения в виде сложной интеллектуальной среды, целесообразно применение концепции «*интеллектуального агента*» для формализации и моделирования процесса подготовки специалистов.

Термин «интеллектуальный агент» (ИА) (далее «агент») является развитием понятия «объект», и отражает способность находиться в некоторой среде, получать информацию через систему сенсоров о состоянии управляемых ими процессов, интерпретировать ее, и осуществлять влияние на них. «Интеллектуальность» понимается, как возможность обратной связи с окружающей средой, адекватно определенной системе требований.

Основными участниками образовательного процесса в многоагентной образовательной системе (МАОС) являются интеллектуальные агенты (ИА) обучаемого и преподавателя. Система обучения высшего образования строится на групповом подходе. Это относится к выработке требований к специалистам и к преподавателям, технологии обучения, системам контроля и управления процессами. Поэтому, управление образовательным процессом и обратная связь происходит на групповом коллегиальном уровне.

Учитывая приоритет инновационной деятельности в современных условиях, в рассмотрении включен интеллектуальный агент научных групп – временные или устойчивые коллективы, участвующие прямо или косвенно и в процессе обучения.

Таким образом, определим в качестве основных активных агентов системы три основных типа:

- 1) ИА «студент-группа» – группа (несколько групп) студентов определенной специальности (как объект профессиональной деятельности, и как конечный ее продукт);
- 2) ИА «ППС-группа» – учебный коллектив преподавателей и сотрудников, образованный на основе отбора профилей преподавателей в соответствии с профилем подготовки ИА «студент-группа»;
- 3) ИА «ЛАБ-группа» – научные подразделения или междисциплинарные проектные команды (МПК).

Схема интеллектуальных агентов, с привязкой к хронологии событий, представлена на рис. 2–4.

### ИА «студент-группа»

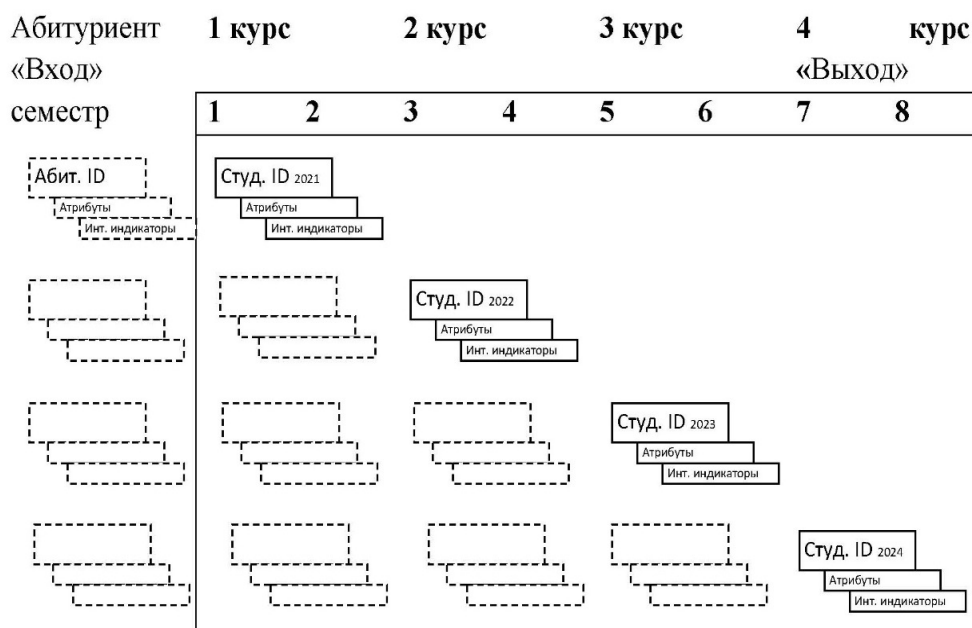


Рис. 2. Множество интеллектуальных агентов «студент-группа». Все специальности и направления подготовки, по годам, с привязкой к хронологии событий (ID-уникальный идентификатор)



## ИА «ППС-группа»



Рис. 3. Множество интеллектуальных агентов «ППС-группа». Все специальности и направления подготовки, по годам, с привязкой к ID «студент-группа» и к хронологии событий

## ИА «ЛАБ-группа»



Рис. 4. Множество интеллектуальных агентов «ЛАБ-группа»- междисциплинарные проектные команды. По годам, с привязкой к ID «студент-группа» и к ID «ППС-группа»

Предлагаемые выше типы интеллектуальных агентов представляют собой групповой тип. Формально группа не является единым организмом, объединение агентов соответствует достижению требуемых целей всей системы. Назначение агента-студента [15] – отражать потребности и возможности каждого конкретного обучаемого в приобретении знаний, информировать о них систему. Назначение агента-преподавателя доставлять подобранный контент и сценарий обучения студенту.

Существенным для агентного моделирования является возможность определения интегральной обратной связи из совокупности локальных поведений и характеристик отдельных активных элементов. Первые два типа ИА находятся в единстве, поскольку один без другого не определен. Поэтому часть откликов каждого агента содержит и отклик другого агента. В силу взаимной зависимости это осложняет достижение консенсуса при формировании обратной связи. Изменения состояния среды, его динамики и изменение состояния агентов производится с помощью методов дискретного событийного моделирования.

Для определения обратной связи предлагается использовать критериальный подход анализа атрибутов всех типов агентов. Набор необходимых атрибутов определяется в контексте

целей и задач моделирования. На основании этих атрибутов (всех или определенной его части) формируются интегральные индексы, которые характеризуют определенный уровень эффективности. Основная идея формирования обратной связи заключается в следующем. Как только определенная доля агентов (критериально заданная величина, например, 75 %) имеют (в контексте динамического процесса – «накопили») индекс определенной группы выше (ниже) уставки (критериально заданная величина), система готова и может перейти на другой уровень функционирования. Для этого необходимо сформировать решение, направленное на модернизацию процессов (BPR). Решение может быть найдено либо автоматически (решение по образцу) с использованием базы знаний о процессах, либо это решение будет сформировано в «режиме ручного управления», т.е. должно быть сформировано коллегиальное административное решение. Описанный механизм представляет собой управляющую логику модели.

Таким образом, для агент-ориентированного моделирования применяются следующие четыре ключевых подхода:

- 1) определение агента, как устойчивой группы с базовым целеполаганием;
- 2) определение агента в хронологической последовательности;
- 3) определение множества атрибутов для агентов всех типов и множества различных интегральных характеристик агентов в контексте целей и задач исследования;
- 4) в качестве управляющей логики (драйвер системы) предлагается использовать критериальный подход анализа интегральных характеристик атрибутов всех типов агентов.

Все позиции являются авторскими и составляют научную новизну работы в части проектирования информационно-аналитической интеллектуальной системы управления образовательной и инновационной деятельностью университета.

#### **АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УНИВЕРСИТЕТА**

Структура модели определяется, составом существенных процессов, подлежащих отображению в модели, зафиксированным уровнем абстракции для каждой подсистемы модели (список допущений) и описанием управляющей логики для подсистем. В этих целях предлагается гибридная архитектура информационной системы, сочетающая базу данных всех объектов и процессов университета, базу знаний для выработки решений, структурированную в разрезе направлений деятельности и в разрезе процессов, многоуровневую структуру событий и откликов процесса для отражения ее динамики, модели взаимосвязи событий процесса.

Построение многоуровневой архитектуры выполняется на основе декомпозиции основных процессов в относительно независимые группы и имеющих один или несколько «входов» и «выходов». Группы объектов и процессов объединены общей целью и решаемыми задачами. Типичная, общепринятая структура образована разбиением на два основных процесса: образовательный блок и блок научных исследований, которые в свою очередь разбиты на устойчивые подразделения: институты, факультеты, кафедры и др. – для образовательного блока и НИИ, научные центры, лаборатории, базовые кафедры и т.п. – для блока научных исследований (рис. 5).

Архитектура выполнена без учета сопровождающей инфраструктуры этих объектов и процессов и выделяет только ключевые элементы объектов и процессов. Интеллектуальные агенты представлены агентами трех типов, описание которых дано выше.

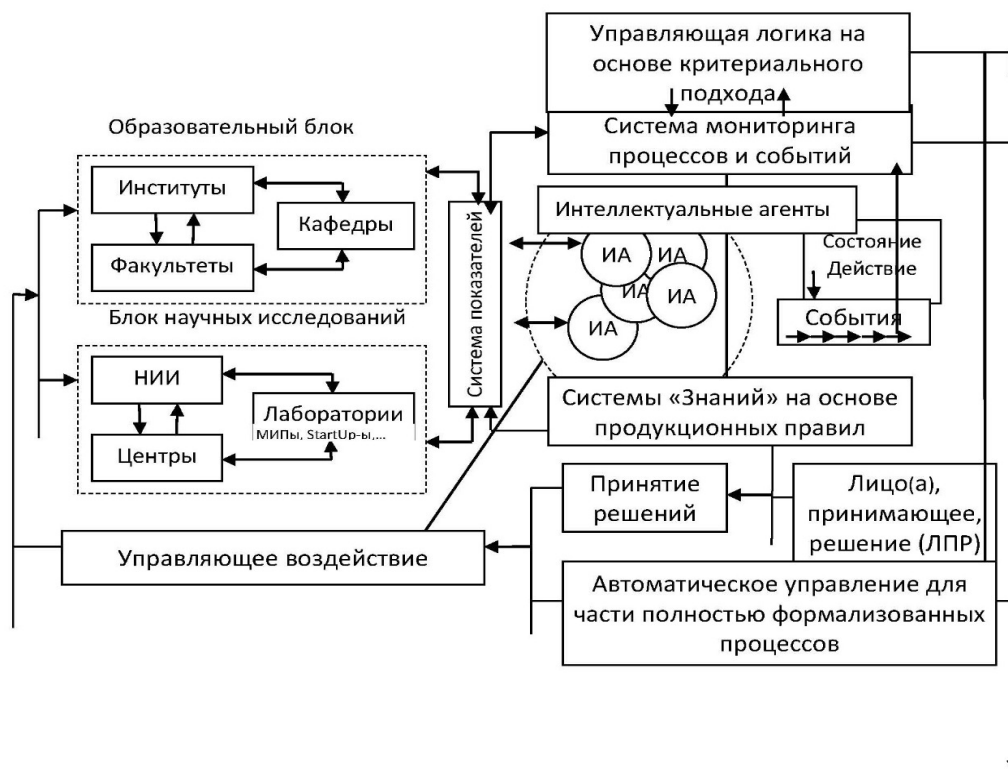


Рис. 5. Архитектура информационно-аналитической системы управления образовательной и инновационной деятельностью университета

Для придания информационно-аналитической системе университета функций управления необходима интеграция всех объектов и процессов с системой мониторинга событий, связанной с анализом системы показателей (объективная и субъективная диагностика) на основе контроля целевых показателей образовательной и инновационной деятельности университета.

Образовательный блок и блок научных исследований в современных университетах транслирован в информационную систему университета на основе разветвленных баз данных и представляет собой структурированную систему с возможностью идентификации состояний исследуемых объектов и субъектов с возможностью модификации и расширения информационной базы при изменении внутренних и внешних условий.

Система показателей объектов и субъектов привязана к той же базе данных образовательного блока и блока научных исследований.

Система состояний и действий интеллектуальных агентов имеет групповую структуру, представляет собой подсистему для выработки коллективных решений, генерируя отклик на различные управляющие воздействия, взаимодействие состояний и действий влечет систему событий. Система событий представлена полностью или частично формализованными регламентными процессами. Для части полностью формализованных процессов и событий функции управления могут быть переданы автоматизированной системе, которая на основе обработки транзактов (последовательных событий) способна осуществлять мониторинг, контроль и выдавать регулирующее воздействие.

Система «знаний» на основе продукционных правил представляет собой знания и опыт, накопленные в процессе функционирования системы, знания и опыт функционирования аналогичных систем, и способна аккумулировать текущие эффективные решения. Назначение этой системы – транслировать передовые эффективные решения (трансфер технологий) в университетскую систему.

Система управления при отклонении от проектных (целевых) показателей и модернизации процесса обучения представлена вариантом коллегиальных решений с использованием системы поддержки принятия решений и системой автоматического управления для регламентных процессов, полностью формализованных и имеющих однозначное решение, в том числе, и вероятностное.

Система поддержки принятия решений обеспечивает оптимальный выбор из множества альтернатив на множестве критериев с использованием многокритериальных методов принятия решений.

Таким образом, комплексная архитектура представляет собой взаимосвязанное описание объектов и процессов, где связь осуществляется с помощью временных параметров и критериальных показателей. Научная новизна состоит в том, что модель архитектуры системы содержит управляющую логику и адаптирована к обработке дискретно-событийного потока процессов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка результативности университетов с помощью оболочечного анализа данных / И. В. Абанкина [и др.] // Вопросы образования. 2013. № 2. С. 15–48. [ I. V. Abankina, et al., "Higher education institutions' efficiency by data envelopment analysis", (in Russian), in *Voprosy obrazovaniya*, no. 2, pp. 15-48, 2013. ]
2. Аксенов К. А., Гончарова Н. В. Гибридное моделирование мультиагентных процессов преобразования ресурсов. М.: Российская академия естествознания, 2019. 222 с. [ K. A. Aksenov, N. V. Goncharova, *Hybrid modeling of multi-agent resource conversion processes*, (in Russian). Moscow: Rossijskaya akademiya estestvoznaniya, 2019. ]
3. Алескеров Ф. Т., Белоусова В. Ю., Петрущенко В. В. Модели оболочечного анализа данных и анализа стохастической границы в задаче оценки эффективности деятельности университетов // Проблемы управления. 2015. № 5. С. 2–19. [ F. T. Aleskerov, V. Yu. Belousova, V. V. Petrushchenko, "Models of shell data analysis and stochastic frontier analysis in the problem of evaluating the effectiveness of universities", (in Russian), in *Problemy upravleniya*, no. 5, pp. 2-19, 2015. ]
4. Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении / под ред. А. А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2003. 368 с. [ V. S. Anfilatov, A. A. Emelyanov, A. A. Kukushkin, *System analysis in management*, (in Russian). A. A. Emelyanov (ed.). Moscow: Finansy i statistika, 2003. ]
5. Бахтизин А. Р. Агент-ориентированные модели экономики. М.: ЗАО «Изд. «Экономика»», 2008. 279 с. [ A. R. Bakhtizin, *Agent-based models of the economy*, (in Russian). Moscow: ZAO "Izd. "Economika"", 2008. ]
6. Безбородова Т. И. Использование функции Харрингтона при рейтинговой оценке деятельности организации в условиях антикризисного управления // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2014. № 1 (187). С. 24–32. [ T. I. Bezborodova, "Using the Harrington function in the rating assessment of the organization's activities in the context of anti-crisis management", (in Russian), in *Finansovaya analitika: problemy i resheniya*, no. 1 (187), pp. 24-32, 2014. ]
7. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – критический обзор / пер. Н. Юлиной // General Systems. 1962. Т. VII. С. 1–20. [ L. von Bertalanffy, "General System Theory – A Critical Review", (in Russian), in *General Systems*, vol. VII, pp. 1-20, 1962. ]
8. Давыдова Е. Н., Сергущичева А. П. Модели обучаемого и преподавателя для мультиагентной обучающей системы // Открытое образование. 2015. № 5 (112). С. 25–31. [ E. N. Davidova, A. P. Sergushicheva, "Models of a student and a teacher for the multi-agent training system", (in Russian), in *Otkrytoe obrazovanie*, no. 5 (112), pp. 25-31, 2015. ]
9. Емельянов А. А., Власова Е. А., Дума Р. В. Имитационное моделирование экономических процессов / под ред. А. А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2002. 352 с. [ A. A. Emelyanov, E. A. Vlasova, R. V. Duma, *Simulation of economic processes*, (in Russian). A. A. Emelyanov (ed.). Moscow: Finansy i statistika, 2002. ]
10. Захаров А. В. Теория игр в общественных науках: учебник для вузов. 2-е изд. исправ. М.: Изд. дом ВШЭ, 2019. 304 с. [ A. V. Zakharov, *Theory of games in the social sciences: a textbook for universities. 2nd ed. corrected*, (in Russian). Moscow: Izd. dom VShE, 2019. ]
11. Зинченко Д. И., Егоров А. А. Моделирование эффективности российских университетов // Экономический журнал ВШЭ. 2019. Т. 23, № 1. С. 143–172. [ D. I. Zinchenko, A. A. Egorov, "Efficiency modeling of russian universities", (in Russian), in *Ekonomicheskij zhurnal VShE*, vol. 23, no. 1, pp. 143-172, 2019. ]
12. Ивашкин Ю. А. Мультиагентное моделирование в имитационной системе Simplex3: учебное пособие. М.: Лаборатория знаний, 2016. 350 с. [ Yu. A. Ivashkin, *Multi-agent modeling in the simulation system Simplex3: a tutorial*, (in Russian). Moscow: Laboratoriya znaniy, 2016. ]
13. Кузнецов Ю. А., Маркова С. Е. Математическое моделирование динамики смены поколений инновационных технологий // Вестник Нижегородского ун-та им. Н. И. Лобачевского. Серия: Соц. Науки. 2017. № 1 (45). С. 37–45. [ Yu. A. Kuznetsov, S. E. Markova, "Mathematical models for the dynamics of innovation technology generation change", (in Russian), in *Vestnik Nizhegorodskogo un-ta im. N. I. Lobachevskogo. Seriya: Socz. Nauki*, no. 1 (45), pp. 37-45, 2017. ]
14. Лисицына Л. С. Основы теории нечетких множеств. СПб.: Университет ИТМО, 2020. 74 с. [ L. S. Lisitsyna, *Fundamentals of the theory of fuzzy sets*, (in Russian). St. Petersburg: Universitet ITMO, 2020. ]
15. Лямин Б. М. Методическое обеспечение процессов управления инновационной деятельностью высшего учебного заведения: дис. ... канд. экон. наук. Санкт-Петербург, 2020. 172 с. [ B. M. Lyamin, *Methodological support of the processes of management of innovative activities of a higher educational institution: Cand. Econ. Sci. Diss.*, (in Russian). St. Petersburg, 2020. ]



16. **Макаров В. Л.** Исчисление институтов // Экономика и математические методы. 2003. Т. 39, № 2. С. 14–32. [ V. L. Makarov, "Calculus of institutions", (in Russian), in *Ekonomika i matematicheskie metody*, vol. 39, no. 2, pp. 14-32, 2003. ]
17. **Малаховская М. В., Павлова И. А., Кобзева Л. В.** Университетская инфраструктура инноваций: в поисках коллаборативных моделей // Университетское управление: практика и анализ. 2018. Т. 22, № 5 (117). С. 32–42. [ M. V. Malakhovskaya, I. A. Pavlova, L. V. Kobzeva, "University infrastructure of innovations: looking for collaborative models", (in Russian), in *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz*, vol. 22, no. 5 (117), pp. 32-42, 2018. ]
18. **Малков С. Ю.** Социальная самоорганизация и социальная динамика в зеркале математического моделирования // Очерки по экономической синергетике / под ред. В. И. Маевского, С. Г. Кирдиной–Чэндлер, М. А. Дерябиной. М.: ИЭ РАН, 2017. С. 17–30. [ S. Yu. Malkov, "Social self-organization and social dynamics in the mirror of mathematical modeling", (in Russian), in *Ocherki po ekonomicheskoy sinergetike*. V. I. Maevsky, S. G. Kirdina-Chandler, M. A. Deryabina (eds.). Moscow: IE RAN, 2017. ]
19. **Малыхин В. И.** Математическое моделирование социально-экономической структуры общества. Изд. 2-е, исп. М.: ЛЕНАНД, 2015. 240 с. [ V. I. Malykhin, *Mathematical modeling of the socio-economic structure of society*. Ed. 2nd, rev., (in Russian). Moscow: LENAND, 2015. ]
20. **Новиков Д. А., Иващенко А. А.** Модели и методы организационного управления инновационным развитием. М.: ЛЕНАНД, 2006. 336 с. [ D. A. Novikov, A. A. Ivashchenko, *Models and methods of organizational management of innovative development*, (in Russian). Moscow: LENAND, 2006. ]
21. **Осипов Г. В., Лисичкин В. А.** Математические методы в современных социальных науках: учебное пособие / под общ. ред. В. А. Садовниченко. М.: Норма: ИНФРА-М, 2014. 384 с. [ G. V. Osipov, V. A. Lisichkin, *Mathematical methods in modern social sciences: textbook*, (in Russian). V. A. Sadovnichy (ed.). Moscow: Norma: INFRA-M, 2014. ]
22. **Прикладные нечеткие системы** / под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно; пер. с япон. Ю. Н. Чернышова. М.: Мир, 1993. 368 с. [ T. Terano, K. Asai, M. Sugeno (eds.); translated from Japanese by Yu. N. Chernyshova, *Applied fuzzy systems*, (in Russian). Moscow: Mir, 1993. ]
23. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с. [ T. Saati, *Decision making. Hierarchy analysis method*, (in Russian). Moscow: Radio i svyaz, 1993. ]
24. **Сергушичева А. П.** Проблемы построения модели ученика для интеллектуального агентно-ориентированного учебного комплекса // Нейроинформатика и общество: труды науч. конф. / под ред. В. Л. Дунина-Борковского, А. Н. Швецова. Вологда: ВоГТУ, 2011. С. 61–70. [ A. P. Sergushicheva, "Problems of building a student model for an intelligent agent-oriented educational complex", (in Russian), in *Neuroinformatics and society: scientific works. Conf.*, Volodga, 2011. Pp. 61-70. ]
25. **Тельнов Ю. Ф., Казаков В. А., Козлова О. А.** Динамическая интеллектуальная система управления процессами в информационно-образовательном пространстве высших учебных заведений // Открытое образование. 2013. № 1 (96). С. 40–49. [ Yu. F. Telnov, V. A. Kazakov, O. A. Kozlova, "Dynamic intellectual system of process management in information and education environment of higher educational institutions", (in Russian), in *Otkrytoe obrazovanie*, no. 1 (96), pp. 40-49, 2013. ]
26. **Тельнов Ю. Ф., Казаков В. А., Трембач В. М.** Создание информационно-образовательного пространства высших учебных заведений на основе сервисно-ориентированной архитектуры и многоагентной технологии // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем. 2013. № 3. С. 533–540. [ Yu. F. Telnov, V. A. Kazakov, V. M. Trembach, "Creating of information-educational space based on service-oriented architecture and multi-agent technology", (in Russian), in *Otkrytye semanticheskie tehnologii proektirovaniya intellektualnyh system*, no. 3, pp. 533-540, 2013. ]
27. **Федотова Е. Л., Федотов А. А.** Информационные технологии в науке и образовании: учебное пособие. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2021. 335 с. [ E. L. Fedotova, A. A. Fedotov, *Information technologies in science and education: textbook*, (in Russian). Moscow: FORUM: INFRA-M, 2021. ]
28. **Archana M., Sujatha V.** Application of Fuzzy MOORA and GRA in Multi-criterion Decision Making Problems // International Journal of Computer Applications. 2012. Vol. 53 (9). Pp. 46-50.
29. **Hwang C. L., Yoon K.** Multiple Attributes Decision Making: Methods and Applications. A State-of-the-Art Survey. Berlin: Springer-Verlag, 1981. XI. 259 p.
30. **Chakraborty S., Zavadskas E. K.** Applications of WASPAS method as a multi-criteria decision-making tool // Informatica. 2014. Vol. 25, Iss. 1. Pp. 1-20. DOI: 10.15388/Informatica.2014.01.
31. **Tzeng G-H., Huang J-J.** Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application. New York: Chapman and Hall/CRC, 2011. 352 p.
32. **Kaya I., Çolak M., Terzi F.** A comprehensive review of fuzzy multi criteria decision making methodologies for energy policy making // Energy Strategy Reviews. 2019. Vol. 24. Pp. 207–228.
33. **Kerr E. B., Hiltz S. R.** Computer-mediated communication systems: Status and evaluation. New York: Academic Press, 2013. 212 p.
34. **Zadeh L. A.** Toward a Theory of Fuzzy Systems. E.R.L. Report 69,2. Berkley: Electr. Research Lab. Univ. of California, 1969.

#### ОБ АВТОРЕ

**НОВИКОВ Сергей Владимирович**, проф., дипл. экономиста (УГАТУ, 1999). Канд. экон. наук (УГАТУ, 2004). Иссл. в обл. управления в технических и социально-экономических системах.

**NOVIKOV, Sergey Vladimirovich**, Prof., Dipl. Economist (USATU, 1999), Cand. of Econ. Sci. (USATU, 2004). Scientific interests in the field of management in technical & socio-economic systems.

**Language:** Russian.

**Source:** Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 26, no. 4 (98), pp. 59-71, 2022. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).