

**DIGITAL INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM
OF DEVELOPMENT MANAGEMENT (DIASDM) OF THE UNIVERSITY.
PART 1. DESIGN OF A DIGITAL MODEL OF UNIVERSITY DEVELOPMENT**

S. V. Novikov

Ufa State Aviation Technical University (UGATU)

novikov.sv@ugatu.su

Submitted 2022, September 3

Abstract. This paper presents the architecture of the digital information-analytical system for managing the development of the university, based on the decomposition of the system into structural elements and of the integration of methods and tools for discrete-event, situational, multi-agent, simulation and expert modeling. To give the information-analytical system of the university management functions, all objects and processes were integrated with the event monitoring system related to the analysis of the system of indicators. One of the main advantages of the proposed digital control system in a highly competitive academic environment is the quick response of the system to emerging challenges and the possibility of transferring effective technologies. The discrete-event model allows you to monitor the effectiveness and efficiency of processes based on the analysis of a system of indicators. An assessment of the efficiency of using a dynamic intelligent control system for the information and educational space of the university is given.

Keywords: digital information-analytical system of university development management; multi-agent technology; discrete-event model; situational analysis; transfer of efficient technologies.

**ЦИФРОВАЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ (ЦИАСУР) УНИВЕРСИТЕТА.
ЧАСТЬ I. АРХИТЕКТУРА МОДЕЛИ ЦИАСУР УНИВЕРСИТЕТА**

С. В. Новиков

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

novikov.sv@ugatu.su

Поступила в редакцию 3.09.2022

Аннотация. Представлена архитектура цифровой информационно-аналитической системы управления развитием (ЦИАСУР) университета, основанная на декомпозиции системы на структурные элементы и интеграции методов и инструментальных средств дискретно-событийного, ситуационного, мультиагентного, имитационного и экспертного моделирования. Для придания информационно-аналитической системе университета функций управления выполнена интеграция всех объектов и процессов с системой мониторинга событий, связанной с анализом

системы показателей на основе контроля целевых показателей образовательной и инновационной деятельности университета. Одним из основных преимуществ предлагаемой цифровой системы управления в условиях высокой конкуренции академической среды является быстрая реакция системы на возникающие вызовы и возможность трансфера эффективных технологий. Дискретно-событийная модель позволяет отслеживать результативность и эффективность процессов на основе анализа системы показателей. Дается оценка эффективности использования динамической интеллектуальной системы управления для информационно-образовательного пространства вуза.

Ключевые слова: цифровая информационно-аналитическая система управления развитием университета; многоагентная технология; дискретно-событийная модель; ситуационный анализ; трансфер эффективных технологий.

АРХИТЕКТУРА КОММУНИКАТИВНОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА

Современный университет, реализующий дуальную функцию: формировать и транслировать новые знания и компетенции и осуществлять научно-исследовательскую работу, способствовать инновационному развитию экономики, представляет собой сложную интегрированную экосистему, являющуюся, в свою очередь, ключевым звеном национальной/региональной инновационной системы (НИС/РИС). Поскольку система высшего образования строится на групповом подходе, управление образовательным процессом и обратные связи агентов в ее контуре реализуются на групповом, коллегиальном уровне. Основными участниками образовательного и научного процесса в многоагентной образовательной системе (МАОС) являются интеллектуальные агенты (ИА) – обучаемые (студенты, аспиранты и др.), преподаватели и научные работники – временные или устойчивые коллективы, участвующие прямо или косвенно в процессе обучения и в научной деятельности.

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

- 1) ИА «СТУДЕНТ.Группа» – группа (несколько групп) студентов определенной специальности;
- 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 «НИС.Группа» – научные подразделения или междисциплинарные проектные команды – МПК.

Схема интеллектуальных агентов, с привязкой к хронологии событий, представлена на рис. 1–3.

Предлагаемые типы интеллектуальных агентов представляют собой групповой тип. Хотя формально, группа – это не единый организм, общая цель объединения соответствует достижению требуемых целей всей системы. Назначение агента ИА «СТУДЕНТ.Группа» – отражать потребности и возможности каждого конкретного обучаемого в приобретении знаний, информировать о них систему. Назначение ИА «ППС.Группа» – доставлять подобранный контент и сценарий обучения студенту. Назначение ИА «НИС.Группа» – генерировать инновационные идеи, выполнять научные проекты, обеспечивать их трансфер в экономику [24].

ИА «СТУДЕНТ.Группа»

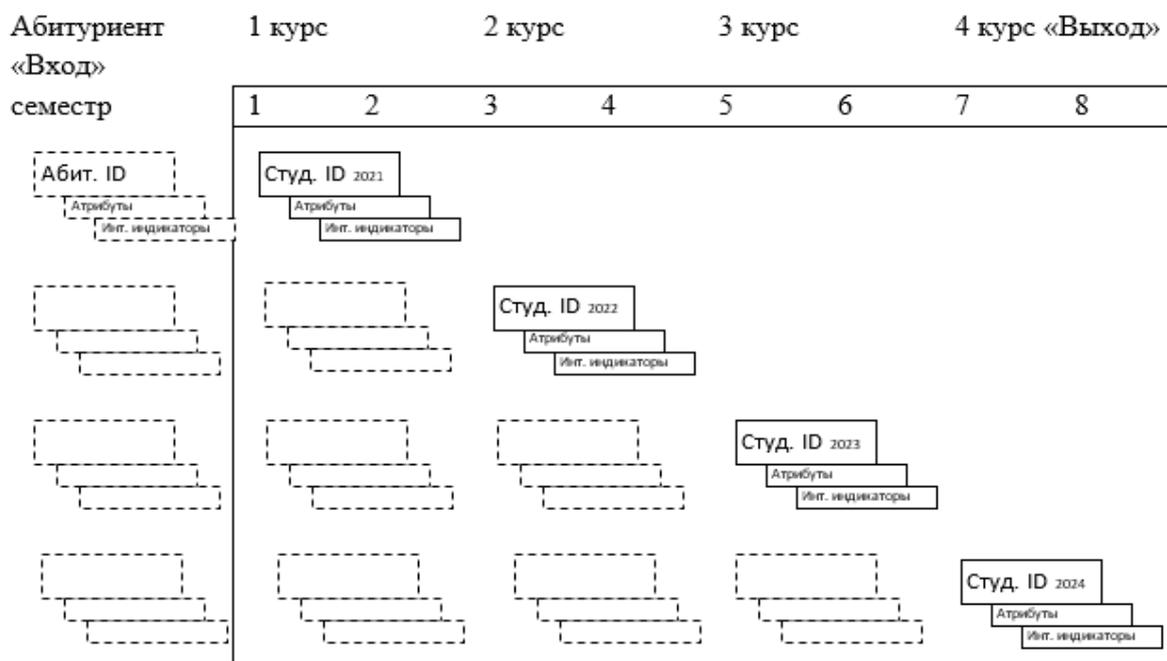


Рис. 1. Множество интеллектуальных агентов «СТУДЕНТ.Группа». Все специальности и направления подготовки по годам с привязкой к хронологии событий (ID-уникальный идентификатор)

ИА «ППС.Группа»



Рис. 2. Множество интеллектуальных агентов «ППС.Группа». Все специальности и направления подготовки по годам с привязкой к ID «СТУДЕНТ.Группа» и к хронологии событий

ИА «НИС.Группа»

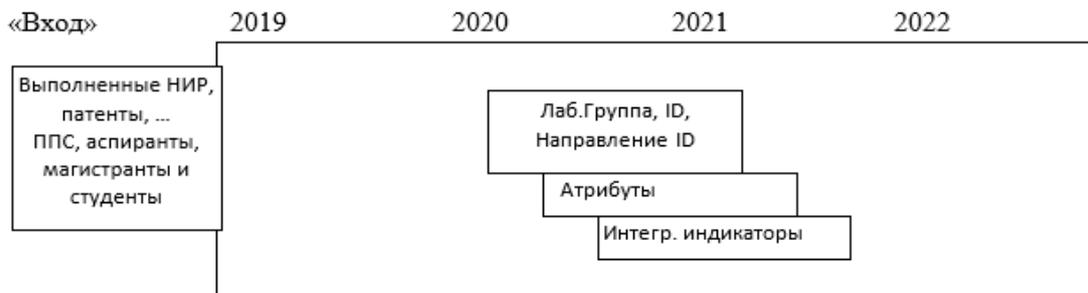


Рис. 3. Множество интеллектуальных агентов «НИС.Группа» – междисциплинарные проектные команды. По годам, с привязкой к ID «СТУДЕНТ.Группа» и к ID «ППС.Группа»

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 их 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) установки (критериально заданная величина), система готова и может перейти на другой уровень функционирования (т.н. «фазовый переход»). Для этого необходимо сформировать решение, направленное на модернизацию процессов. 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, алгоритм которой изложен ниже.

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

- 1) определение агента, как устойчивой группы с базовым целеполаганием;
- 2) определение действий 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 разработки информационно-аналитической системы управления образовательной и инновационной деятельностью университета.

Концептуальная 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.

С целью адекватного отображения этой многофакторной модели 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. 4).

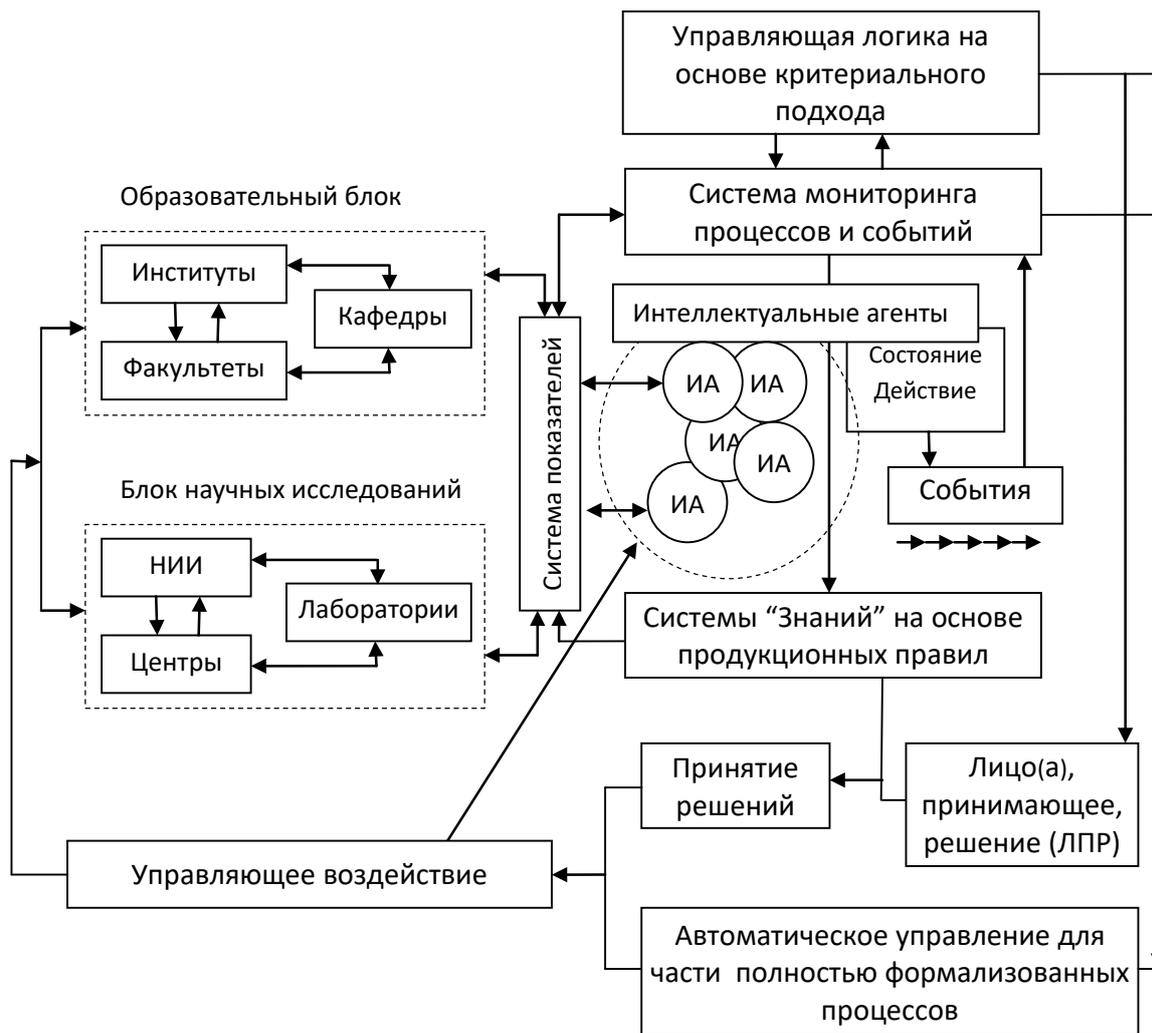


Рис. 4. Архитектура цифровой информационно-аналитической системы управления развитием университета

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.

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 и представляет собой подсистему для выработки коллективных решений и отклик на различ-

ные управляющие воздействия. Модель формирования коллективных решений представлена ниже.

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 (трансфер технологий) передовые эффективные решения 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. Модели принятия решений представлены ниже.

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.

Формализация основных подсистем включает описание основных процессов и подсистем, переменных и параметров модели, функции связи и взаимодействия, реализованную логику, процедуры вычисления переменных и параметров модели во времени.

Пусть S – множество состояний, в которых может находиться ИА в некотором процессе (states); Res – множество используемых ресурсов, обеспечивающих процессы (resource); A – множество атрибутов, соответствующих определенному состоянию (attributes); E – множество возможных событий в процессе (events); PI – множество показателей деятельности университета (performance indicators); G – множество целей (goals).

Необходимо построить модель M , описывающую взаимосвязи между элементами указанных множеств:

$$M = \langle S, Res, A, E, PI, G \rangle. \quad (1)$$

Определим декомпозицию всей системы на N подсистем, включенных в общую архитектуру. Структура модели для различных подсистем, в том числе и для трех типов интеллектуальных агентов, различна. Все подсистемы взаимосвязаны наличием общих элементов, общих целей G и фиксированным множеством результирующих показателей деятельности университета. Поэтому обобщение для (1) имеет вид:

$$M^{(k)} = \langle S^{(k)}, Res^{(k)}, A^{(k)}, E^{(k)}, PI, G \rangle, \quad k = 1, \dots, N. \quad (2)$$

Запись (2) для различных подсистем представляет собой систему N частично зависимых кортежей. Взаимодействие подсистем требует описания в модели дополнительных зависимостей.

Предлагаемый метод построения модели основывается на следующих принципах:

– последовательное изменение состояний и атрибутов системы за счет учета новых событий;

– формирование единой структуры взаимосвязей всех подсистем при изменении состояний и атрибутов.

Модель M имеет проекции в виде графов GS – граф состояний, GE – граф событий, GF – граф логико-временных взаимосвязей между состояниями и событиями. Каждая из проекций может использоваться для решения отдельных задач управления.

Последовательные состояния подсистем университета (в соответствии с определенной декомпозицией) определяются набором (вектор) ресурсов и результирующих показателей:

$$S_i^{(k)} = \langle Res_i^{(k)}, A_i^{(k)} \rangle. \quad (3)$$

Переход из состояния S_i в состояние S_{i+1} для подсистемы с номером k определен затратами ресурсов ΔRes и изменением показателей системы A . Учитывая сложный характер взаимодействия и неопределенности сложной системы, опустим из рассмотрения определение переходной функции в последовательные состояния, а используем подход в оценке результата такого перехода. Пусть переход определен затратами всех видов ресурсов ресурсами $\Delta Res_i^{(k)}$ и приращением интегрального результата $\Delta PI_i^{(k)}$. Определим в качестве переходной функции из одного состояния в следующее функцию эффективности в виде отношения приращения интегрального результата к затратам всех видов ресурсов:

$$\theta_i^{(k)} = \frac{\Delta PI_i^{(k)}}{\Delta Res_i^{(k)}}. \quad (4)$$

Для обеспечения согласованности размерности величин в соотношении (4) приращения на «входе» и «выходе» вычисляются в процентах (долях) к значениям ресурсов и результатов в предыдущем состоянии. Для обеспечения согласования масштабов, приращения ресурсов необходимо привести к общей годовой сумме затрат на одного обучаемого.

Для использования (4) в качестве критериального условия, понадобится преобразовать значения, полученные по (4) в шкалу желательности. Введение шкалы желательности позволяет свести исходную многокритериальную задачу принятия решения с разноразмерными критериями к многокритериальной задаче с критериями, измеряемыми в одной и той же шкале. Используем для построения общей шкалы функцию Харрингтона [6] со шкалой, определенной в табл. 1.

Таблица 1. Числовые интервалы шкалы Харрингтона

Лингвистическая оценка	Интервалы значений функции желательности
Очень хорошо	1,00–0,80
Хорошо	0,80–0,63
Удовлетворительно	0,63–0,37
Плохо	0,37–0,20
Очень плохо	0,20–0,00

Для перевода в шкалу Харрингтона необходимо сопоставить значения на шкале желательности табл. 1 и значения θ_i , полученные по формуле (4). Это процедура выполняется экспертно. Аналитическое представление функции желательности выполним по месту расположения левой и правой границы желательности значений $\theta_{лев}$, $\theta_{прав}$, полученных по формуле (4). Тогда односторонняя функция желательности имеет вид:

$$d = \exp(-\exp(-z)), \quad (5)$$

где $z(\theta) = a \cdot \theta + b$; $a = (z_{прав} - z_{лев}) / (\theta_{прав} - \theta_{лев})$; $b = z_{лев} - a \cdot \theta_{лев}$.

Значения $z_{\text{лев}}$ и $z_{\text{прав}}$ в предположении о нормальном распределении показателя можно принять, соответственно, как -3 и 3 , следуя правилу трех сигм для Z -баллов нормального распределения.

Если на 1 % дополнительных затрат в качестве левостороннего значения (очень плохо) приращения принять $\theta_{\text{лев}} = 0,5$ (прирост в показателях эффективности составит 0,5 %), а в качестве правостороннего значения (очень хорошо) приращения принять $\theta_{\text{прав}} = 5$ (прирост в показателях эффективности составит 5 %), то графическое представление функции желательности имеет вид (рис. 5).

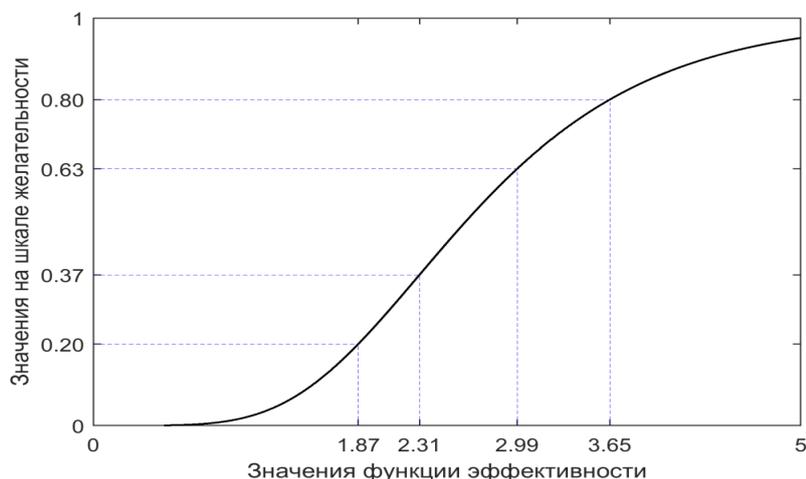


Рис. 5. Преобразование значений эффективности в общую шкалу желательности

Учитывая декомпозицию системы на K подсистем, для каждой из подсистем соотношения (5) определяют K значений функции эффективности d_k переходного события в следующее состояние.

Общая эффективность может быть оценена как свертка частных значений желательности в обобщенный показатель желательности.

$$D = \sqrt[k]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_k}. \quad (6)$$

Система функционирует в соответствии с первоначальным проектом (в плановом режиме), если все события определены и результирующие показатели соответствуют плановым. Иначе требуется выполнить анализ причин отклонения (на основе определенных в модели взаимосвязях) и дополнить процесс новым событием, которое позволит изменить значения показателей.

ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРЫ СОБЫТИЙ И СОСТОЯНИЙ В ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЙ МОДЕЛИ. ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ

Все характеризующие систему показатели и параметры можно связать с некоторым событием Ei , для которого необходимо определить хронологию событий в виде тройки (g, E_i, T_i) , где g – номер события, $g = 1 \dots m$, T_i время наступления события Ei с номером i .

Хотя события имеют многоплановый результат (мультипликативный или сопутствующий эффект), основной результат проявляется в соответствии с главной целью. Поэтому события целесообразно разбить на группы в соответствии с систематизацией показателей эффективности. Это группы событий в следующих категориях:

- обучение и преподавание ($Ei^{\text{он}}$);
- студенты ($Ei^{\text{ст}}$);
- исследования и разработки ($Ei^{\text{ин}}$);

- региональное взаимодействие (Ei^{per});
- вовлеченность в обмен знаниями (Ei^{o3});
- международная деятельность (Ei^{md}).

Такое разбиение позволяет проводить анализ эффективности событий (мероприятий) различной направленности и является основой для планирования и построения тактических и стратегических целей развития.

Каждое событие Ei имеет результат в виде изменения состояний системы Si . Состояния можно описать системой объективных и субъективных показателей A_{i+1} и оценить эффективность событий θ_i . Система объективных и субъективных показателей A_{i+1} транслируется через изменения атрибутов интеллектуальных агентов всех типов. В соответствии с такой схемой система событий и состояний образует граф событий-состояний ($GrES$) (рис. 6). Граф $GrES$ в заданной хронологии описывает динамику процесса информационно-аналитической системы университета.

Введение в рассмотрение графа событий-состояний классифицирует модель как дискретно-событийную, позволяющую отслеживать результативность и эффективность процессов на основе анализа системы показателей.

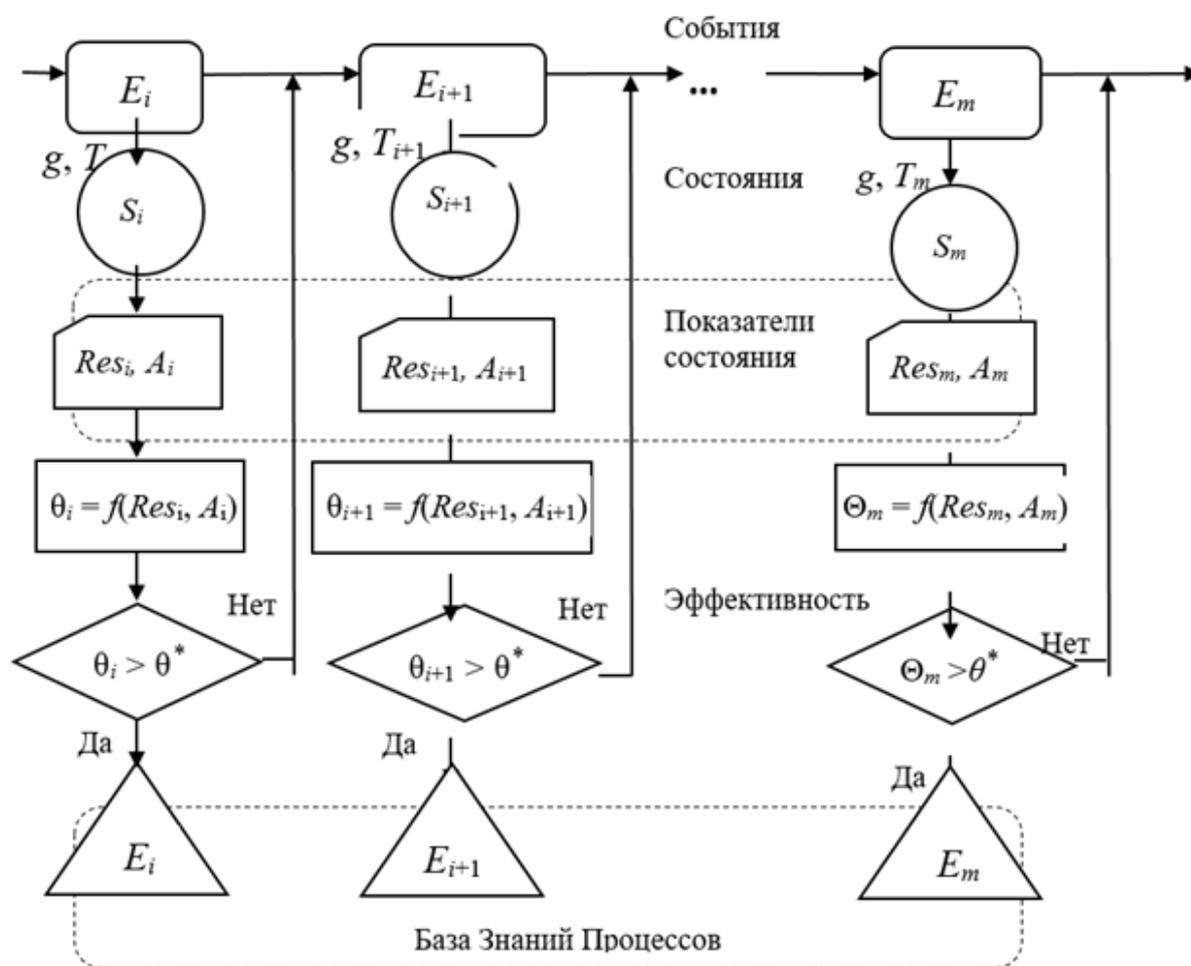


Рис. 6. Совмещенный граф событий-состояний динамической системы ЦИАСУР

Одной из особенностей научно-образовательного процесса, в отличие от производственного, является отсрочка результата. Результат процесса или события наблюдается, как правило, по истечении некоторого времени. Проявление таких эффектов вызывает, в частности,

необходимость использования для описания системы расширенного понятия объекта в виде интеллектуального агента. В экономике такие переменные носят название лаговых переменных. Поэтому одной из задач при детализации дискретно-событийной модели является определение лаговых переменных и оценка величины лага. Инструментом решения этой задачи является корреляционно-регрессионный анализ (КРА), встроенный в систему инструментов ЦИАСУР (KRA.Tool). Проведение анализа сопряжено с исследованием поведения временных рядов ряда лаговых показателей.

По изменению параметров состояния системы трудно понять причинно-следственные влияния и определить основные факторы. Это является как следствием сложности такого описания, так и проявлением мультипликативного эффекта различных процессов (событий). Другой фактор – это проявление отсроченного результата. Ответ на вопрос, какие события нашли отражение в текущем состоянии системы неоднозначен. Даже если удастся определить причинно-следственные связи в последующем анализе результатов (например, с использованием методики факторного анализа), динамика системы в измененных социально-экономических реалиях потребует повторного анализа. Это означает, что перенос процессов прошлого в будущее не обязательно будет адекватен ожиданиям.

Более реально провести анализ сочетания различных процессов и событий в определенный временной промежуток на результат. Сам результат есть проявление синергии процессов и событий. Интеграция анализа синергетического эффекта в дискретно-событийную ЦИАСУР на заданном временном интервале $[p, q]$ представлена на рис. 7.

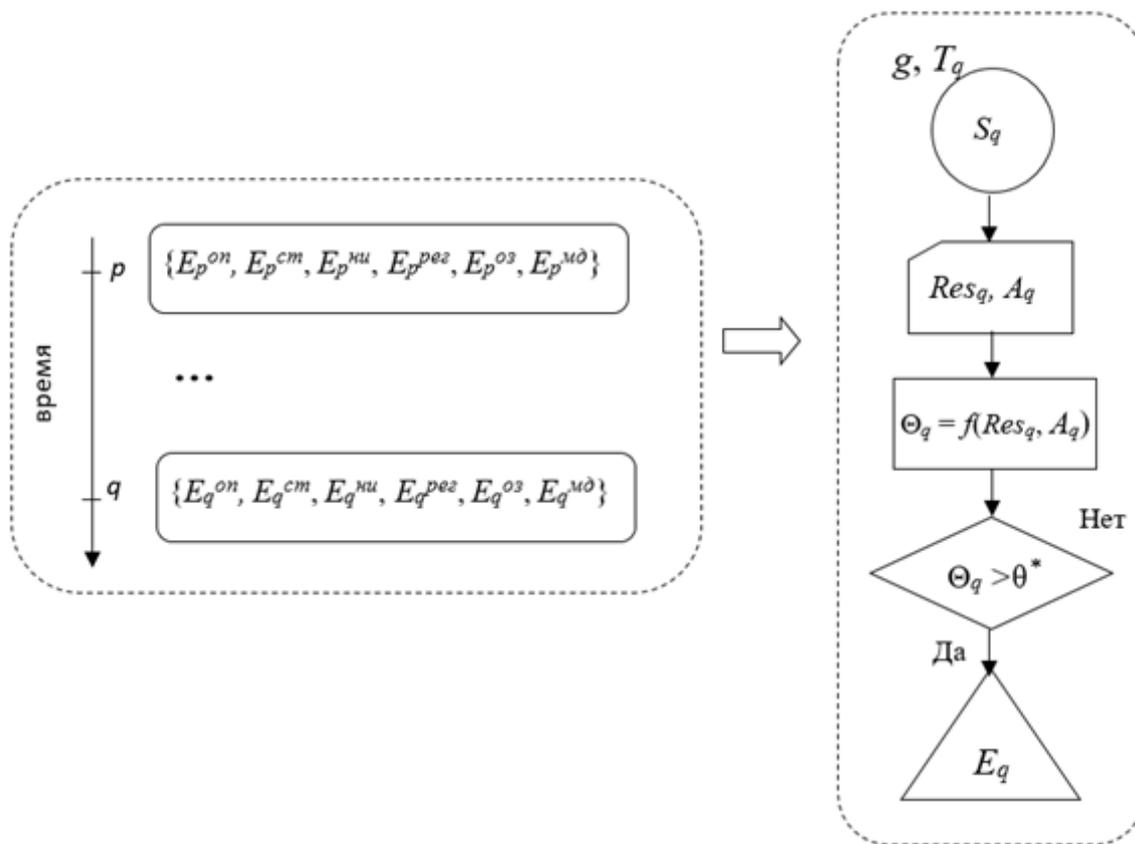


Рис. 7. Интеграция блока анализа синергии событий в граф событий-состояний динамической системы ИАСУ

Представленный вариант позволяет выполнить анализ всего множества событий, отраженных в системе в заданный промежуток времени без селекции событий. Такой анализ важен для

отслеживания брутто результата и брутто эффективности. При этом ряд процессов может быть неэффективным.

Другой вариант селективного анализа событий на таком же заданном временном интервале $[p, q]$ представлен на рис. 8. Селекция осуществляется с использованием схемы б, а так же, дополнительно, может быть использован экспертный подход. Селекция событий позволяет выделить ключевые результативные события с целью последующего трансфера (тиражирования) в процессы в различных структурных подразделениях.

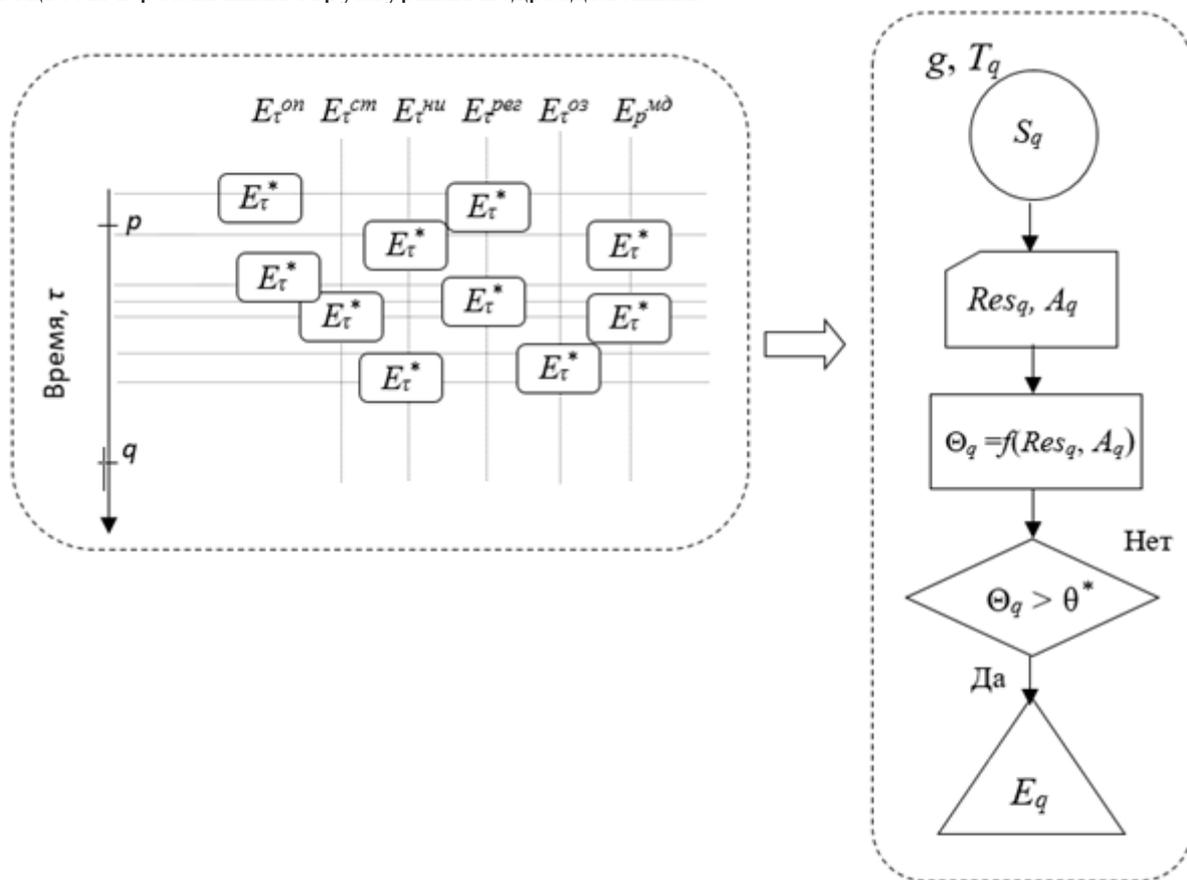


Рис. 8. Интеграция блока селективного анализа синергии событий в граф событий-состояний динамической системы ИАСУ

В каждый момент времени $\tau \in [p, q]$ для каждого типа событий оценивается его показатель эффективности θ_τ с использованием формул (4)–(5). Агрегирование частных показателей достигается применением формулы (6). Такой алгоритм позволяет получить все значения брутто показателя во временном интервале $[p, q]$. Полученная динамика сопоставляется в последующем с динамикой показателя эффективности при селективном отборе событий.

Селекция событий осуществляется в разрезе шести категорий и на временном промежутке $[p, q]$. Для каждого из выбранных событий оценивается его показатель эффективности θ_τ для момента времени $\tau \in [p, q]$. Агрегирование частных показателей достигается с использованием формул (4)–(6). Как и в случае расчета брутто показателя на временном промежутке $[p, q]$ алгоритм позволяет получить все значения показателя во временном интервале $[p, q]$ для селективного анализа.

Полученные значения сравниваются с аналогичными для брутто-схемы, с использованием метода наименьших квадратов (МНК), что позволяет установить ключевые события, определившие результат состояния системы в момент времени $\tau = q$.

МНК допускает произвольный выбор событий для анализа. Возможный вариант достигается простым перебором. Рационально использовать для описания событий структуру данных, включающую рейтинг события, как синтез масштабности события, его значимости, ресурсного обеспечения и с учетом оценки экспертов.

Дискретно-событийная модель архитектуры ИАСУ (рис. 5) содержит блок автоматического управления для процессов, которые являются полностью формализованными. Простая схема управления представляет собой граф процессов и состояний и включает систему мониторинга параметров процесса, критериальные условия и «установки» для параметров процесса, при достижении которых меняются или процессы, или параметры процессов с использованием вполне определенного решения, или управляющего воздействия при отклонении от проектных показателей. На рис. 9 представлена схема автоматического управления образовательным процессом, полностью формализованная пакетом документов: ФГОС – Учебный план – Рабочая программа дисциплин – Календарный план – Учебно-методический комплекс дисциплины – Расписание занятий и др.

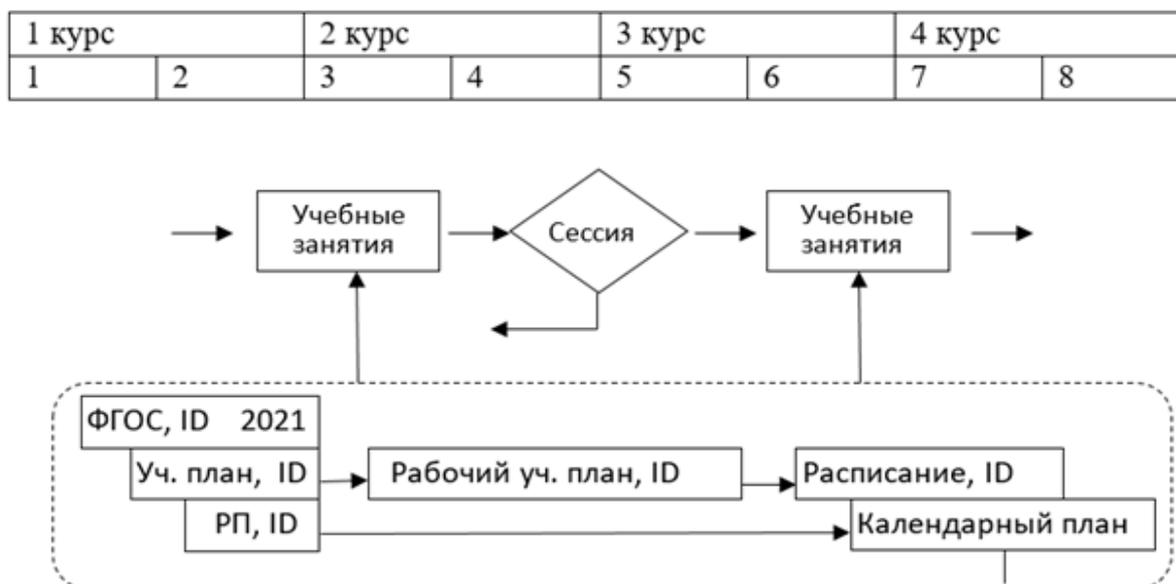


Рис. 9. Интеграция блока автоматического управления учебным процессом в граф событий-состояний динамической системы ЦИАСУР

События на рис. 9 – учебный процесс, заданный ФГОС и учебным планом. В качестве уставок используются контроль освоения дисциплины в период СЕССИИ. При достижении заданного уровня усвоения дисциплины процесс переходит из семестра в семестр. Нетрудно видеть, что такая система автоматического управления естественным образом сочетается с дискретно-событийной моделью ЦИАСУР.

Представим себе, что в нашем распоряжении имеется полностью формализованная ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, обладающая высокой степенью эффективности, также реализованная в формате дискретных событий. Такую технологию легко интегрировать в дискретно-событийную модель, все элементы которой работают в аналогичном режиме. Согласованию подлежит трудоемкость и возможности интеллектуальных агентов. Таким образом, дискретно-событийная модель ориентирована на трансфер (трансляцию, перенос) эффективных технологий обучения.

Схема управления полностью формализованным учебным процессом представлена на рис. 10.

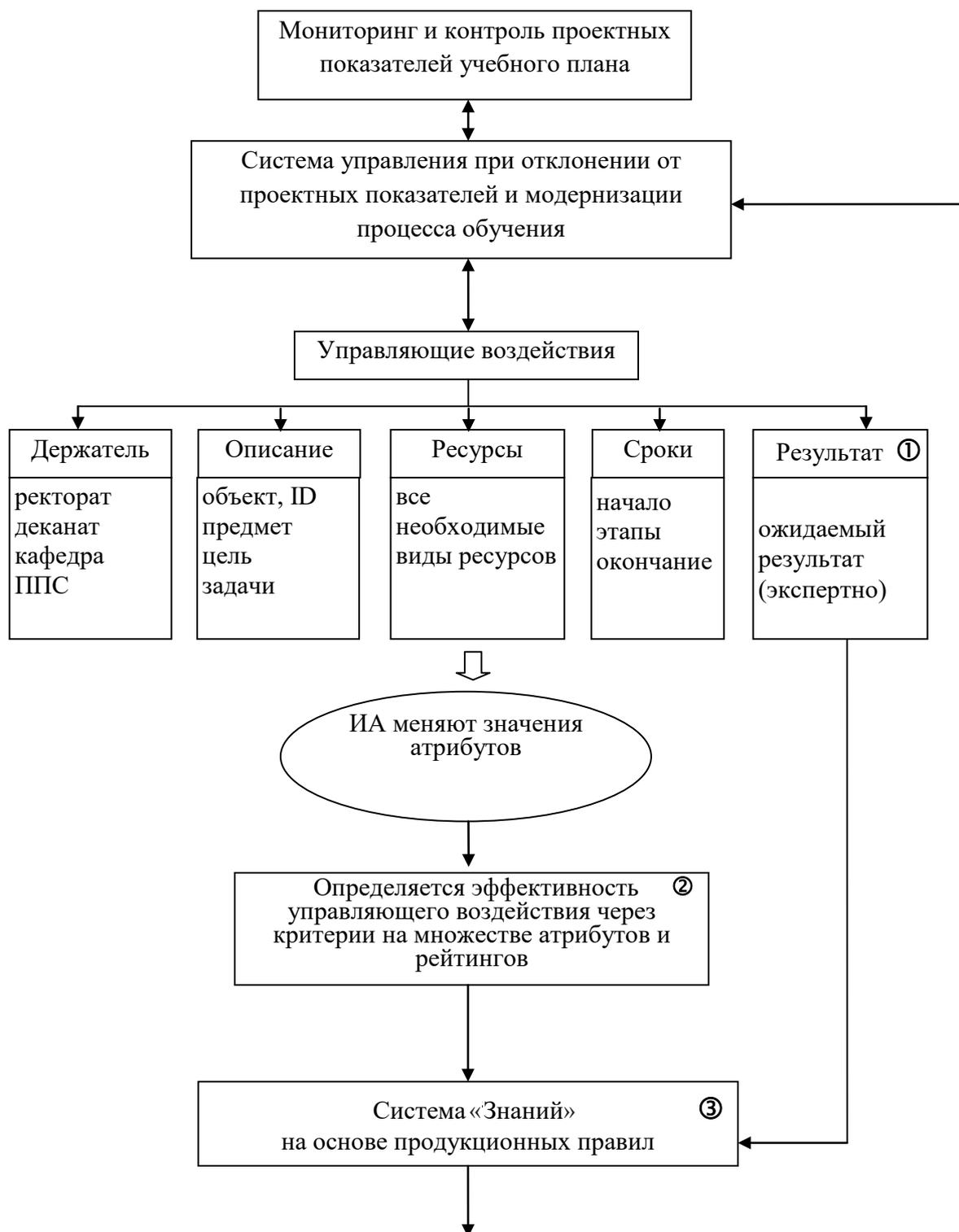


Рис. 10. Интеграция блока автоматического управления учебным процессом в граф событий-состояний динамической системы ЦИАСУР

Схема включает дифференциацию управления различными процессами через дифференциацию ответственности. Точки ответственности соответствуют организационной структуре университета. Общепринятая система включает на верхнем уровне – ректорат, далее деканат, кафедру и преподавателя. Особенностью представленной схемы является система корректировки и пополнения базы знаний (блок ③) о процессе. Такая система основана на сравнении

ожидаемого (проектного) результата (блок ①) и фактического результата (блок ②). При конфликте проектного и фактического результата необходимо определение причин отклонения и принятия решений, включая внесение изменений в первоначальный проект. Также подлежит совершенствованию и развитию система критериальных оценок эффективности процессов, что будет рассмотрено во II части настоящего проекта.

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. **Анфилов 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., Сергушичева 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. **Сергущичева 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.*, Vologda, 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., Трёмбач 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 sistem*, 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. Berkeley: 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), PhD in economics (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. 3 (97), pp. 36-50, 2022. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).