

**DIGITAL INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF DEVELOPMENT
MANAGEMENT (CIASUR) OF THE UNIVERSITY.
PART III. COMPUTATIONAL EXPERIMENT**

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: 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 III. ЦИАСУР. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ**

С. В. Новиков

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

novikov.sv@ugatu.su

Поступила в редакцию 19.10.2022

Аннотация. В данной статье, являющейся третьей и завершающей частью цикла работ, посвященных описанию цифровой информационно-аналитической системы управления развитием, представлены модельные вычислительные эксперименты с вариациями различных показателей. Вычислительные эксперименты демонстрируют функциональность и возможности разработки решений на основе анализа результатов изменения состояния, т.е. отвечают на вопросы «что произойдет, если...». Цифровая модель вырабатывает ряд типовых решений, позволяющих повысить эффективность процессов и улучшить состояние системы. Результатами моделирования являются графики, таблицы и другие виды организации данных, дающие ответы на вопросы, поставленные в процессе формулировки задачи моделирования.

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

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА «СТУДЕНТ.ГРУППА» И ВЫРАБОТКА РЕШЕНИЙ

Непрерывный мониторинг и контроль успеваемости студенческой группы через базу данных деканата и дополненные показатели успешности отдельных студентов в научной, социальной и культурной областях, позволяют сформировать текущий рейтинг интеллектуального агента «СТУДЕНТ.Группа». Нормирование отдельных показателей, включенных в рейтинг, позволяет провести сравнение и динамику рейтинга интеллектуального агента как для различных направлений подготовки студентов, различных специальностей, так и в рамках одной специальности.

Одним из значимых факторов, влияющим на рейтинг, является когнитивный уровень обучающихся. Этот фактор достаточно объективно оценивается средним баллом ЕГЭ [31]. По оценкам ряда исследований, низкое значение когнитивного уровня является серьезным препятствием, не позволяющим повысить уровень компетенций. Учитывая это, решения для повышения эффективности обучения определенного агента «СТУДЕНТ.Группа» должны включать оценку особенностей этой группы на основании экспертных заключений коллектива преподавателей.

На рис. 1–3 представлена семестровая динамика изменения рейтинга агента «СТУДЕНТ.Группа» трех различных специальностей. Каждая специальность представлена отдельным рисунком и имеет ретроспективу в четыре года.

Стабильное повышение рейтинга группы по семестрам объясняется тренингом в образовательном процессе или улучшением восприятия новых знаний на основе постоянных занятий. Более высокие значения среднего рейтинга на рис. 1–3 соответствуют большему значению входного балла ЕГЭ абитуриентов. Отдельные участки понижения рейтинга обусловлены трудностями усвоения отдельных дисциплин, или недостаточной проработкой методики преподавания, или пониженным значением трансляции знаний отдельными преподавателями и др.

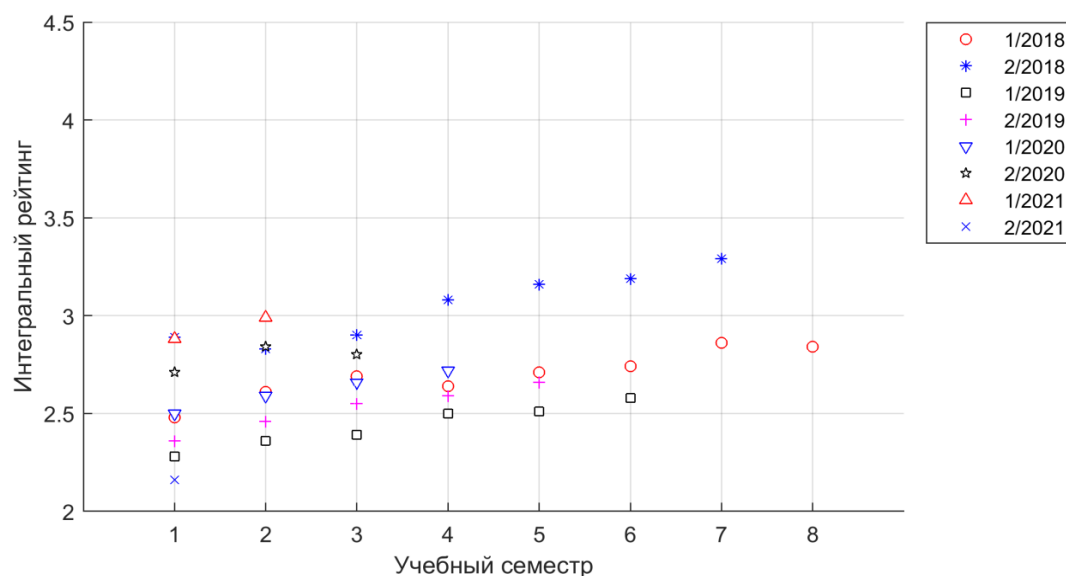


Рис. 1. Динамика изменения рейтинга агента «СТУДЕНТ.Группа» по семестрам для 8 групп. Средний балл ЕГЭ составляет 52, со стандартным отклонением 4,1

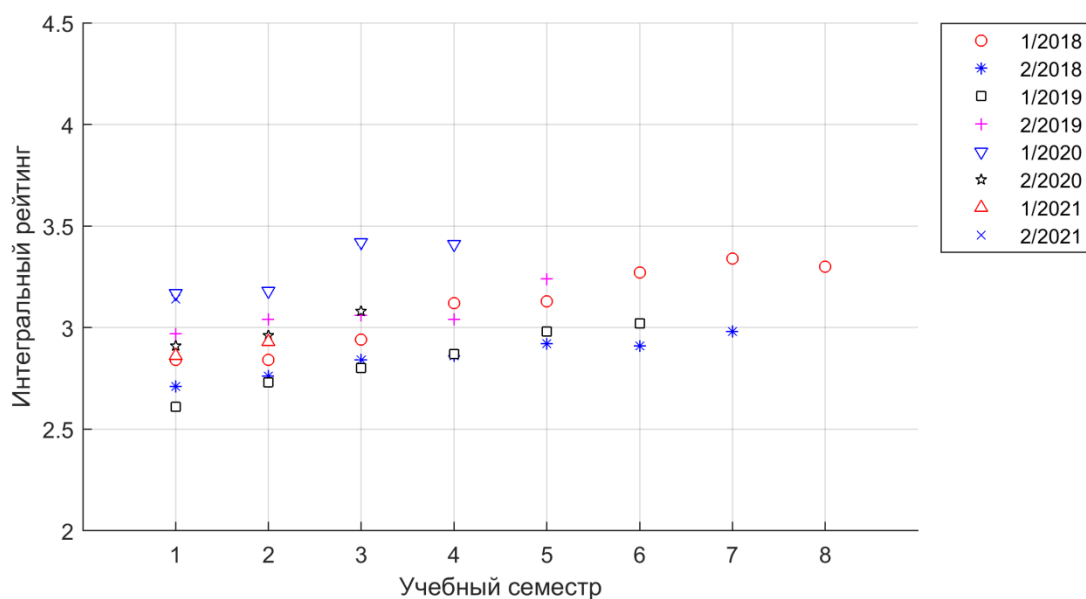


Рис. 2. Динамика изменения рейтинга агента «СТУДЕНТ.Группа» по семестрам для 8 групп. Средний балл ЕГЭ составляет 61, со стандартным отклонением 5,4

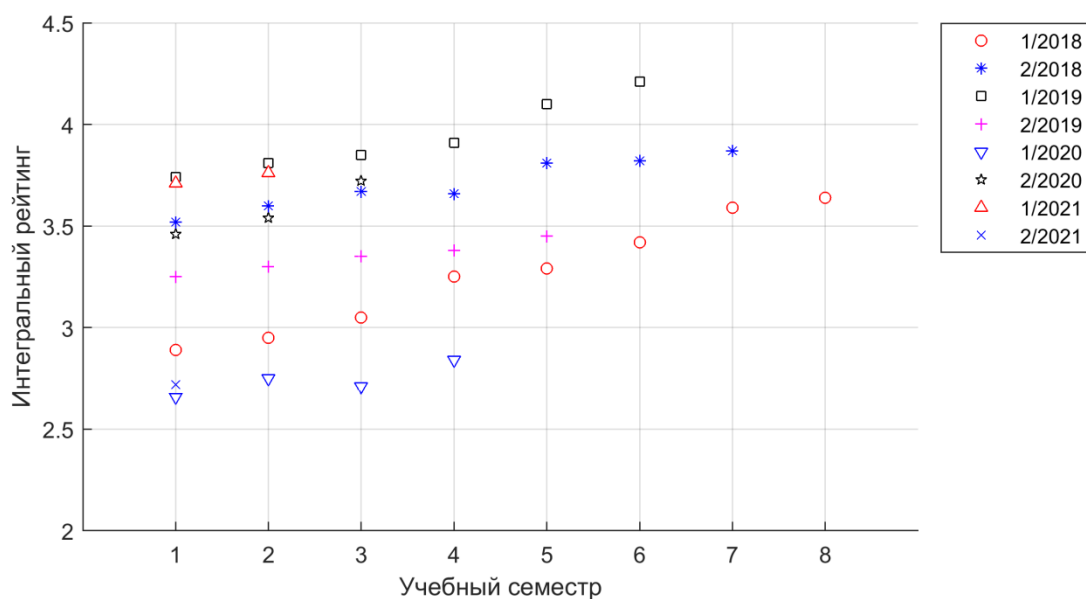


Рис. 3. Динамика изменения рейтинга агента «СТУДЕНТ.Группа» по семестрам для 8 групп. Средний балл ЕГЭ составляет 70, со стандартным отклонением 9,1

Сохранение тенденций изменения рейтинга внутри одной специальности свидетельствует о консервативности процесса обучения и стабильности его результата, а отклонения в рейтингах двух различных групп обусловлено различием индивидуального состава этих групп.

Флюктуации рейтинга для всех групп носят вероятностный характер и указывают на проявление случайности, обусловленной различием характеристик изучаемых объектов и случайным характером событий.

При понижении рейтинга интеллектуального агента «СТУДЕНТ.Группа» ниже заданной уставки необходимо корректирующее действие. Уставка понижения рейтинга представляет

статистический показатель на основе обработки рейтингов большого числа групп. Набор некоторых стандартных решений при понижении рейтинга представлен в табл. 1.

Таблица 1. Некоторые стандартные решения повышения эффективности процесса обучения для интеллектуального агента «СТУДЕНТ.Группа»

Уровень	Решение	Ожидаемый результат	Количественная оценка
Ректорат	выработать план мероприятий, усилить контроль и назначить ответственных	увеличить рейтинг	не менее 10 %
Деканат	определить причины и выработать план мероприятий	–	–
Выпускающая кафедра	внести изменения в учебный план	–	–
Кафедра, ответственная за дисциплину	переоценить трудоемкость дисциплины и системы контроля знаний	–	–
Преподаватель	улучшить методику преподавания	–	–

Интегральная обратная связь интеллектуальных агентов «СТУДЕНТ.Группа» определяется синтезом интегрального рейтинга отдельных составляющих с использованием квантильных характеристик. Например, превышение 25 % квантили от всех рейтингов заданного значения. Интерпретация этого критерия состоит в следующем: уровень сформированных компетенций позволяет осуществить переход на новый уровень образовательного процесса. Здесь можно задействовать активное участие студентов в научно-исследовательской работе, формировании проектов и StartUp-ов.

Формальный механизм определения требуемой квантили (уставки) для формирования обратной связи (выработки решения) в ЦИАСУР основан на поиске «образца» или «лидера». Система определяет лучшие значения рейтинга, анализирует его динамику и фиксирует значение уставки.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА «ППС.ГРУППА» И ВЫРАБОТКА РЕШЕНИЙ

Кадровый потенциал является одним из пяти ключевых групп показателей при оценке деятельности университетов. Хорошо известно влияние хорошего педагога и учителя на формирование цельной личности студента. В свою очередь достижения и реноме выпускников составляют имидж университета и являются его нематериальным активом. Ряд международных рейтингов университетов напрямую учитывает выпускников при формировании рейтинга вузов, например, рейтинг вузов Forbes (раздел «Фактор Forbes»).

Рациональный вопрос при принятии решений в контексте интеллектуального агента «ППС.Группа»: насколько сильно коллектив преподавателей определяет уровень выпускников? Учитывая это, Решения для определения оптимального обеспечения процесса обучения определяется при совместном анализе рейтинга интеллектуального агента «ППС.Группа» и интеллектуального агента «СТУДЕНТ.Группа». ЦИАСУР позволяет оценить оценку кадрового потенциала «не в целом», а соотнести интегральный индикатор кадрового потенциала с результативностью конкретных пар агентов обучаемого и преподавателя. Неформализованная часть анализа включает оценку особенностей этой группы на основании экспертных заключений коллектива преподавателей.

На рис. 4–6 представлена семестровая динамика изменения дифференциальных рейтингов агента «СТУДЕНТ.Группа» различных специальностей и агента «ППС.Группа», задействованных в процессе обучения. По оси абсцисс сделана индикация семестра, для которого определено значение приращения рейтингов по отношению к рейтингу предыдущего семестра.

Высокие значения коэффициентов корреляции приращений рейтингов агентов различных типов (рис. 4) позволяют определить причинно-следственную связь для последующего принятия решений. В частности, анализ динамики приращений рейтингов для исследуемых групп студентов на рис. 4 показывает потенциал улучшения качества преподавания для повышения рейтингов студентов.

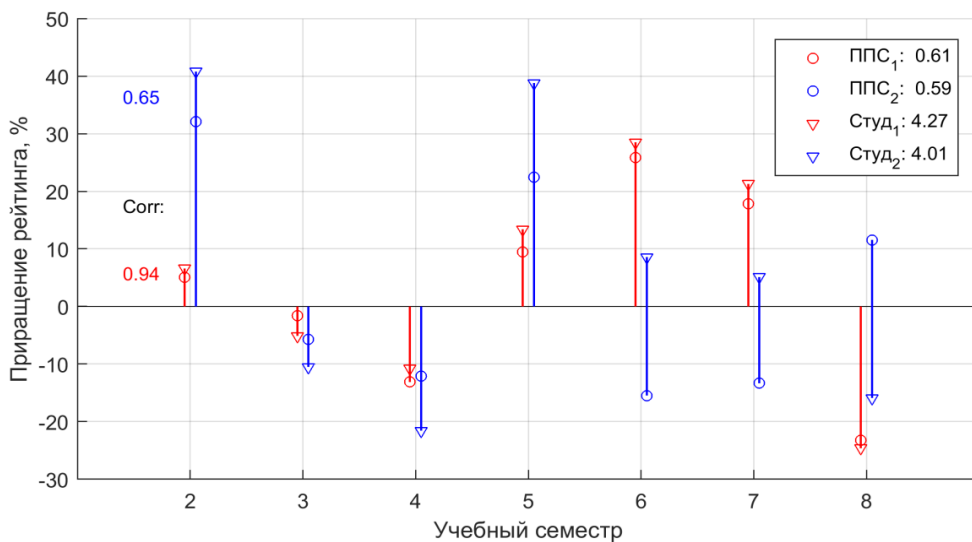


Рис. 4. Динамика изменения дифференциальных рейтингов агента «СТУДЕНТ.Группа» и агента «ППС.Группа» различных специальностей. Согласованность

На рис. 5 представлена ситуация противофазы: слабо мотивированная к обучению группа студентов и сильный состав ППС и наоборот. Высокий рейтинг ППС способствует стабилизации обучения, однако мотивация студенческой группы является более сильным фактором.

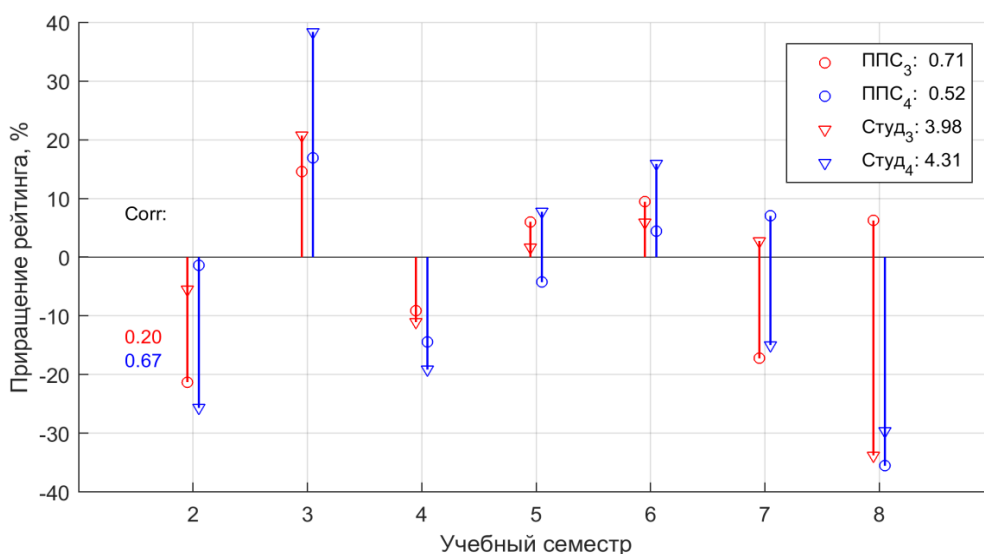


Рис. 5. Динамика изменения дифференциальных рейтингов агента «СТУДЕНТ.Группа» и агента «ППС.Группа» двух различных специальностей. Слабая корреляция

Другая ситуация представлена на рис. 6. Дисбаланс в динамике рейтинга агента «СТУДЕНТ.Группа» и агента «ППС.Группа» и низкие значения корреляций рейтингов указывают на слабую мотивацию обучения или наличие субъективных ограничений повышения результативности обучения.

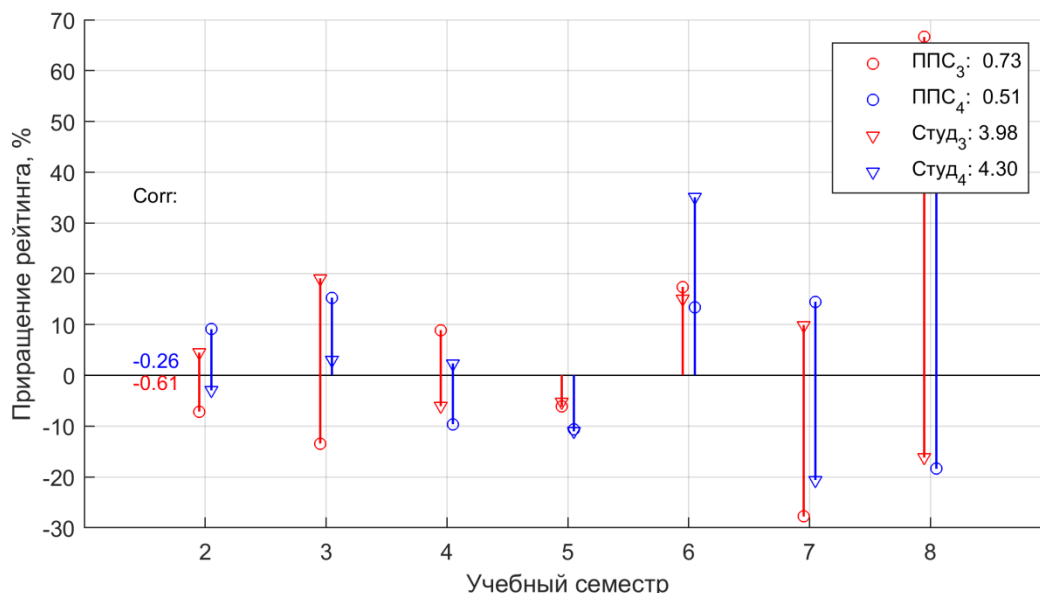


Рис. 6. Динамика изменения дифференциальных рейтингов агента «СТУДЕНТ.Группа» и агента «ППС.Группа» двух различных специальностей. Дисбаланс

Набор некоторых продукционных правил при понижении рейтинга студенческой группы представлен в табл. 2.

Таблица 2. Некоторые стандартные решения повышения эффективности процесса обучения для интеллектуального агента «СТУДЕНТ.Группа»

	Продукционное правило
1	Отбор ППС и привлечение кадров высокой квалификации для обучения
2	Привлечение студентов к исследовательским проектам
3	Мотивация через материальное стимулирование
4	Улучшение методики преподавания
5	...

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА «ЛАБ.ГРУППА» И ВЫРАБОТКА РЕШЕНИЙ

Одна из задач современного университета – способствовать инновационному развитию экономики через разработку и внедрение инновационных технологий. Важной составляющей на этом пути является формирование и трансляция новых знаний и компетенций путем вовлечения студентов в научно-исследовательскую работу.

Следуя этой задаче, необходимо наделить ЦИАСУР функцией выявления лучших образцов и эффективных групп исследователей и транслировать структуру и методическое наполнение исследований в другие единицы НИР. Эффективные проекты составят базу знаний ЦИАСУР о проектах, а система продукционных правил на основе базы знаний позволит поддержать

реализацию потенциально-эффективных заявок через соответствующие механизмы – гранты, стартапы, прямые инвестиции, совместные проекты и др.

Выявление лучших образцов и эффективных групп исследователей ЦИАСУР выполняет на основе системы интегральных индексов интеллектуального агента «ЛАБ.Группа». Разнообразный характер исследований и их масштабность требуют группирования проектов. Учитывая разнообразный характер исследований, целесообразно сделать разбиение проектов на три группы:

- фундаментальные исследования;
- прикладные технические проекты;
- гуманитарные исследования.

Масштабность проекта характеризуется объемом финансирования и сроками выполнения проекта. Условная шкала для группирования представлена в табл. 3.

Таблица 3. Условная шкала для группирования проектов

Тип	Срок	Объем финансирования, млн. руб
А	до 1 года	1–10
В	1–3 года	10–100
С	3–5 лет	>100

Поскольку группирование по критерию масштабности ведется по двум признакам, проекты, принадлежащие по одному из признаков в одну группу, а по другому признаку в другую группу будут включены ЦИАСУР в анализ и тех и других проектов.

Таким образом, в анализе ЦИАСУР участвуют 9 групп проектов: три группы составляют верхний уровень иерархии и учитывают характер исследований и три следующих уровня и учитывают масштаб проекта. Анализ интеллектуальных агентов «ЛАБ.Группа» ЦИАСУР выполняет дифференцированно в соответствии с группированием. Также будет различным и наполнение показателей интеллектуального агента «ЛАБ.Группа» для формирования интегральных индексов.

Рациональный вопрос при принятии решений в контексте интеллектуального агента «ЛАБ.Группа», состоит в выборе и поддержке эффективных проектов в рамках предложенных альтернатив (конкурсный подход). В основе выбора следующие показатели:

- степень актуальности и проработки предлагаемого проекта (экспертное заключение на основании заявки) – x_1 ;
- научно-технический потенциал интеллектуального агента «ЛАБ.Группа» – x_2 .

Составляющими индикаторами научно-технического потенциала являются следующие 6 индикаторов: доля сотрудников, имеющих ученую степень – x_{21} ; объем выполненных работ за последние 5 лет на 1 единицу штата – x_{22} ; наличие лабораторий и стоимость научно-технического оборудования – x_{23} ; число публикаций в рецензируемых изданиях – x_{24} ; наличие патентов и изобретений – x_{25} ; рентабельность НИР – x_{26} .

В соответствии с формулой интегральный индекс определяется с учетом иерархической структуры показателей в виде:

$$\bar{PI} = \lambda \cdot (w_1 x_1 + w_2 x_2) + (1 - \lambda) \cdot x_1^{w_1} \cdot x_2^{w_2}, \quad (1)$$

$$x_2 = \sum_{j=1}^6 w_{2j} \cdot x_{2j}, \quad (2)$$

где w_1, w_2 – весовые коэффициенты заявки и заявителя; w_{2j} – весовые коэффициенты для индикаторов научно-технического потенциала интеллектуального агента «ЛАБ.Группа».

Первое слагаемое в формуле (1) определяет аддитивный эффект индикаторов. Второе слагаемое в формуле (1) определяет дополнительно совокупный вклад (синергию) отдельных индикаторов. Если все индикаторы на высоком уровне, а один индикатор на низком уровне, то этот вклад будет небольшим. Параметр λ в формуле (1) определяет важность аддитивной и мультипликативной составляющей и задается экспертно.

В табл. 4 представлены результаты конкурсного отбора поддержки пяти научно-технических проектов, проведенного ЦИАСУР в рамках описанного выше подхода с использованием метода WAPRAS.

Таблица 4. Оценка рейтингов пяти научно-технических проектов через ЦИАСУР. Метод WAPRAS принятия решений по нескольким альтернативам

ИА	индикаторы x_2							нормировка Max-Min		Аддит. и мульт составляющие			ранг
	x_1 баллы	x_{21} %	x_{22} тыс. Р	x_{23} млн. Р	x_{24} шт	x_{25} шт	x_{26} %	x_1	x_2	Σ	П	PI	
Лаб ₁	8	72	133	548	48	22	110	0,33	0,56	0,282	0,390	0,40	III
Лаб ₂	8	77	155	454	103	11	109	0,33	0,48	0,263	0,371	0,37	IV
Лаб ₃	9	67	88	1	35	6	144	0,67	0,04	0,334	0,278	0,42	II
Лаб ₄	7	77	356	229	78	12	173	0	0,59	0,125	0	0,12	V
Лаб ₅	10	74	271	24	148	7	213	1,00	0,47	0,589	0,798	0,83	I
вес		0,11	0,18	0,18	0,14	0,29	0,11	0,7	0,3	0,7	0,3		

Для увеличения надежности используются методы принятия решений по нескольким альтернативам. Это методы WAPRAS (SAW), TOPSIS и GRA. Метод SAW является частным случаем метода WAPRAS при $\lambda = 1$, и представляет ранжирование только по аддитивной составляющей.

Метод TOPSIS предполагает сравнение показателей альтернатив с некоторым идеальным объектом, имеющим лучшие показатели по всем критериям. В качестве такого объекта можно взять объект с лучшими показателями:

$$a_{pj} = \max_i(a_{ij}), \quad (3)$$

В соответствии с этим, идеальный в контексте задачи объект имеет следующие атрибуты: Лаб_x = [10; (77, 356, 548, 148, 22, 213)].

Интегральный рейтинг и ранжирование альтернатив при тех же значениях отдельных показателей, как в табл. 4 по методикам TOPSIS и GRA представлены в табл. 5.

Таблица 5. Оценка рейтингов пяти научно-технических проектов через ЦИАСУР. Методы TOPSIS и GRA принятия решений по нескольким альтернативам

Индекс, TOPSIS	ранг	Индекс, GRA	Ранг
0,3509	III	0,8518	III
0,3390	IV	0,7854	IV
0,6368	II	0,8910	II
0,0999	V	0,4958	V
0,8784	I	2,0860	I

Полученные ранги совпадают с результатами ранжирования по методу WAPRAS, что повышает надежность принятия решений.

Таким образом, представленный численный пример демонстрирует методику и функциональность ЦИАСУР. Для повышения эффективности научных исследований и продвижения инноваций ЦИАСУР имеет два важных направления:

1) выявление лучших образцов и эффективных групп исследователей на основе критериально-индикативной системы анализа и создание новых продукционных правил принятия решений;

2) ЦИАСУР наделяется функцией поддержки принятия решений для продвижения эффективных проектов.

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. 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.]
7. 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.]
8. 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.]
9. 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.]
10. 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.]
11. 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 znanij, 2016.]
12. 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.]
13. 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.]
14. 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.]
15. 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.]

16. **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.]
17. **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.]
18. **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.]
19. **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.]
20. **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.]
21. **Прикладные нечеткие системы** / под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сүгэно; 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.]
22. **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.]
23. **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.]
24. **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.]
25. **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.]
26. **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.
27. **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.
28. **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.
29. **Tzeng G-H., Huang J-J.** Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application. New York: Chapman and Hall/CRC, 2011. 352 p.
30. **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.
31. **Kerr E. B., Hiltz S. R.** Computer-mediated communication systems: Status and evaluation. New York: Academic Press, 2013. 212 p.
32. **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), 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. 49-58, 2022. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).