

doi 10.17072/1994-9960-2018-4-516-531

УДК 330:519.8

ББК 65.05+22.18

JEL Code R11, C6

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ С УЧЕТОМ ПОТРЕБНОСТЕЙ РЕГИОНА

Елена Львовна Макарова

ORCID ID: 0000-0003-4100-4879, Researcher ID: [C-1971-2017](#)

Электронный адрес: elmakarova@sfedu.ru

Южный федеральный университет

344006, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42

Значимая роль региональной системы высшего образования, влияющей на инновационное развитие региональной социально-экономической системы, обуславливает необходимость диагностики состояния конгруэнтности и взаимосвязи данных систем, поиск наиболее эффективных инструментов управления, моделирование ее сбалансированного развития. Целью статьи является построение когнитивной модели взаимосвязи региональной социально-экономической системы и системы высшего образования и анализ сценариев сбалансированного развития региональной системы высшего образования с учетом потребностей территории. Для решения поставленной задачи использовались методы математического и компьютерного моделирования, включая анализ предметной области, метод экспертных оценок, статистический анализ и другие математические инструменты. Теоретическое обоснование результатов исследования включает характеристику методологии когнитивного моделирования, предназначенного для объяснения и описания структуры и поведения сложных социально-экономических систем, анализа динамики их сбалансированного развития, разработки и обоснования управленческих решений для обеспечения устойчивого социально-экономического развития региона. В частности, обоснована процедура когнитивного моделирования сбалансированного развития региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона. Эта процедура включает в себя четыре этапа: 1) разработка когнитивной модели; 2) исследование свойств сложной системы когнитивной модели; 3) сценарный анализ; 4) корректировка когнитивной модели. На основе предложенного подхода получены результаты диагностики состояния конгруэнтности и взаимосвязи региональной системы высшего образования и социально-экономической системы региона, построена когнитивная модель взаимосвязи региональной социально-экономической системы и региональной системы высшего образования, оценено сбалансированное развитие региональных систем высшего образования с учетом потребностей территории с помощью инструментов импульсного моделирования и сценарного анализа. В перспективе на базе построенной когнитивной карты планируется проведение исследований по построению сценариев развития региональной системы и системы высшего образования с учетом потребностей конкретного региона РФ. Анализ сценариев развития региональной системы высшего образования с учетом потребностей конкретного региона позволит разработать обоснованные управленческие решения для сбалансированного развития выбранной региональной системы.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, когнитивная структуризация, критерий устойчивости, сложная социально-экономическая система, система высшего образования, экономика региона, сбалансированное развитие, сценарный анализ, импульсное моделирование.



COGNITIVE MODELING OF BALANCED DEVELOPMENT OF REGIONAL SYSTEMS OF HIGHER EDUCATION SUBJECT TO THE NEEDS OF A REGION

Elena L'vovna Makarova

ORCID ID: 0000-0003-4100-4879, Researcher ID: [C-1971-2017](#)

E-mail: elmakarova@sfedu.ru

Southern Federal University

105/42, Bol'shaya Sadovaya st., Rostov-on-Don, 344006, Russia

The significant role of the regional system of higher education, which influences the innovative development of the regional socio-economic system, leads to the need to diagnose the state of congruence and interconnection of these systems, to find the most effective management tools and to model its balanced development. In this regard, the aim of the article is to build a cognitive model of the interrelationship between the regional system and the system of higher education and to analyze scenarios for the balanced development of regional higher education system, taking into account the needs of the region. To solve the problem, the methods of mathematical and computer modeling were used, including the analysis of the subject area, the method of expert estimates, statistical analysis and other mathematical tools. Theoretical validation of the research results includes a description of the cognitive modeling methodology designed to explain and describe the structure and behavior of complex socio-economic systems, the analyses of the dynamics of their balanced development, the development and substantiation of management decisions to ensure sustainable socio-economic development of the region. In particular, the procedure of cognitive modeling of the balanced development of regional higher education systems subject to the needs of the region has been justified, which includes four stages: 1) development of a cognitive model; 2) the study of the properties of a complex cognitive model; 3) scenario analysis; 4) adjustment to the cognitive model. Based on the proposed approach the results of diagnostics of the state of congruence and interconnection of the regional higher education system and the socio-economic system of the region have been obtained, a cognitive model of the interconnection of the regional system and the higher education system has been built, the balanced development of regional higher education systems has been assessed subject to the needs of the region using impulse modeling tools scenario analysis. In future we are planning to study the construction of scenarios for the development of a regional system and a higher education system subject to the needs of a particular region and on the constructed cognitive map basis. The analysis of the development scenarios of the regional higher education system subject to the needs of a particular region will allow us to develop the main management decisions for the balanced development of the selected regional system.

Keywords: cognitive modeling, cognitive structurization, sustainability criteria, complex socio-economic system, higher education system, economy of a region, balanced development, scenario analysis, impulse modeling.

Введение

Вовлеченный в стремительный процесс информатизации и глобализации, регион становится элементом конкурентных отношений в стране, оказывая инновационное и экономическое воздействие на формирование национальной экономики Российской Федерации. Уровень и темп развития территорий напрямую зависят от обеспеченности регионов высококвалифицированными кадрами, которые способны создавать инновационные продукты, услуги, технологии в процессе адаптации к требованиям региональной социально-

экономической системы и рынка труда. Решение данной проблемы смещается в сторону поиска наиболее эффективных инструментов для совершенствования управления региональной системой высшего образования, ее сбалансированного развития с учетом потребностей региона.

Согласно Федеральному закону «Об образовании в РФ» от 29 декабря 2002 г. № 273-ФЗ, сбалансированное развитие региональной системы высшего образования должно учитывать кадровое обеспечение научных исследований региона, повышение качества подготовки обучающихся по образовательным программам высшего

образования с учетом специфики региона, привлечение обучающихся к выполнению научных работ и исследований под руководством научно-педагогических кадров, использование новых знаний и инновационных технологий в образовательной, научной и экспериментальной деятельности. Значимая роль региональной системы высшего образования, влияющая на инновационное развитие региональной социально-экономической системы, обуславливает необходимость диагностики состояния конгруэнтности и взаимосвязи данных систем, поиск наиболее эффективных инструментов управления. Моделирование взаимосвязи региональной системы высшего образования и социально-экономической системы региона позволяет достичь оптимального баланса экономических интересов участвующих сторон и обеспечить системность выполняемых ими действий с учетом конкурентных преимуществ региона, а также принимая во внимание предсказуемость и последовательность результатов такого взаимодействия.

Вопросам применения когнитивного моделирования управления сложными социально-экономическими системами посвящено большое количество научных работ¹. Методика когнитивного моделирования сложных социально-экономических систем успешно апробирована при решении разнообразных прикладных задач. В частности, в исследовании Л.А. Гинис [1] разработан инструментарий предупреждения рискованных ситуаций на объектах критических инфраструктур. Труды Г.В. Гореловой [2–7], А.Е. Колоденковой [8] посвящены исследованию слабоструктурированных проблем социально-экономических систем. М.В. Гречко [9] рассматривает вопросы управления качеством образования.

¹ См., например, работы В.Н. Волковой, А.А. Денисова, в которых приводятся теоретические основы моделирования сложных слабоструктурированных систем и процессов (Волкова В.Н., Горелова Г.В., Козлов В.Н. Моделирование систем и процессов: учебник /под ред. В.Н. Волковой и В.Н. Козлова. М.: ЮРАЙТ, 2015. 592 с.; Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа: учебник. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2005. 520 с.).

Работы Д.В. Гринченкова, А.В. Коломицеа [10] посвящены системному анализу международной деятельности вузов. Н.Н. Лябах [11; 12] изучает общие проблемы применения и развития когнитивного подхода. В исследованиях М.Г. Подопригора, А.И. Хлебниковой [13; 14] реализовано моделирование устойчивого развития региона. О.С. Причина [15–17] осуществляет организационную диагностику предприятия, применяя когнитивное моделирование. Большинство упомянутых работ проведены на базе Института управления в экономических, экологических и социальных системах Южного федерального университета (ИУЭС ЮФУ), занимающегося применением представленной методологии с учетом уникальной программы когнитивного анализа и моделирования социально-экономических систем регионального уровня (CMSS).

Методология когнитивного моделирования применяется при решении слабоструктурированных проблем сложных систем и способствует формированию целостной картины исследуемой проблемы. Модель взаимосвязи региональной социально-экономической системы и системы высшего образования и диагностика сценариев сбалансированного развития региональных систем высшего образования будут направлены на подготовку, анализ и обоснование управленческих решений, что повысит эффективность управления регионом в целом.

Алгоритм когнитивного моделирования сбалансированного развития региональных систем высшего образования России

Построение когнитивной модели сбалансированного развития региональных систем высшего образования с учетом потребностей региона предлагается реализовать последовательно в рамках следующих этапов.

Первый этап. Необходимо разработать когнитивную карту системы:

$$G = \langle V, E \rangle, \quad (1)$$

где G – знаковый ориентированный граф (орграф); V представляет собой множество

вершин $V_i \in V$, $i = 1, 2, 3, \dots, k$, которые являются элементами изучаемой системы; E объединяет множество дуг $e_{ij} \in E$, $i, j = 1, 2, 3, \dots, N$, которые отражают отношения между вершинами V_i и V_j (положительные, если увеличение / уменьшение одного фактора приводит к увеличению / уменьшению другого; отрицательные, когда увеличение / уменьшение одного фактора приводит к увеличению / уменьшению другого) [18].

Когнитивная структуризация (*cognitive mapping*) выделенной предметной области выявляет будущие целевые и нежелательные состояния искомого объекта управления, включая наиболее существенные (базисные) факторы управления и экзогенные факторы, стимулирующие переход заданного объекта в выявленные состояния. Также в процессе когнитивной структуризации устанавливаются связи между данными факторами на качественном и количественном уровнях. Построение когнитивных моделей базируется на теории предметной области, экспертных методах, статистическом анализе, текстовом анализе и других математических инструментах.

Второй этап предполагает исследование устойчивости модели развития региональных систем высшего образования к возмущениям; структурную устойчивость модели; пути; циклы; чувствительность; сложность; связность; динамику и др. [19]. На данном этапе можно исследовать связи между вершинами-факторами и накапливать знания о состоянии конгруэнтности и взаимосвязи региональной системы высшего образования и социально-экономической системы региона.

Третий этап. Анализ проводится с помощью импульсного моделирования для генерирования возможных сценариев развития систем высшего образования в регионах России. На этом этапе в вершины когнитивной карты вносятся гипотетические возмущающие/управляющие воздействия [20]. Формула импульсного процесса [21] при переходе к модельному времени в виде тактов моделирования имеет вид

$$x_i(n+1) = x_{v_i}(n) + \sum_{j=1}^{k-1} f_{ij} P_j(n) + Q_i(n), \quad (2)$$

где начальный импульс $x_i(n)$ является величиной импульса в вершине v_i в предыдущий момент времени и отражает такт моделирования (n); $x_i(n+1)$ представляет собой интересующий исследователя момент времени ($n+1$); f_{ij} является коэффициентом преобразования импульса; $P_j(n)$ отражает значение импульса в смежных вершинах модели; $Q_i(n)$ – построение вектора управляющих воздействий и возмущений, которые вносятся в вершину v_i в момент времени n .

Ситуация в импульсном моделировании сбалансированного развития региональной системы высшего образования и региональной социально-экономической системы характеризуется набором всех значений Q и X для каждого такта моделирования. Такой набор сценариев показывает возможные тенденции развития региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона.

Четвертый этап (опционный) представляет собой корректировку когнитивной модели сбалансированного развития региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона. Выполняется в случае несоответствия модели реальному объекту, где может меняться наименование и количество выбранных вершин, отношения между ними, импульсные воздействия и пр. Уточненная модель дополнительно оценивается на этапах 2 и 3.

В завершение когнитивного моделирования выбирается предпочтительный сценарий развития региональной системы высшего образования, разрабатываются управленческие решения, направленные на его реализацию, а также предупреждаются последствия нежелательных сценариев.

Таким образом, для разработки эффективного инструментария по управлению процессами регионального взаимодействия, включая подготовку, анализ и обоснование управленческих решений, необходимо предварительно провести исследование по выявлению индикаторов, влияющих на развитие региональной социально-экономической системы, смоделировать систему регионального взаимодействия и спрогнозировать возможные

сценарии его развития с помощью когнитивного подхода. Сложность и многообразие вычислительных процедур при построении когнитивной модели потребовали разработки специальной программной системы когнитивного моделирования (CMSS) и ее последующей модернизации¹.

Далее представим результаты когнитивного моделирования и анализа сценариев сбалансированного развития региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона.

Построение когнитивной модели конгруэнтности и взаимосвязи региональной системы высшего образования и экономики региона

Основой для начальной когнитивной карты послужила модернизированная автором схема (рис. 1), предложенная в работе

А.Г. Гранберга². Укрупненная схема экономического механизма с акцентом на региональную систему высшего образования и научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) отражает взаимосвязи региональной системы высшего образования и социально-экономической системы региона. Таким образом, дальнейшие формальные исследования будут иллюстрироваться с помощью модификации данной схемы с учетом индикаторов региональной системы высшего образования, влияющих на развитие данной социально-экономической системы.

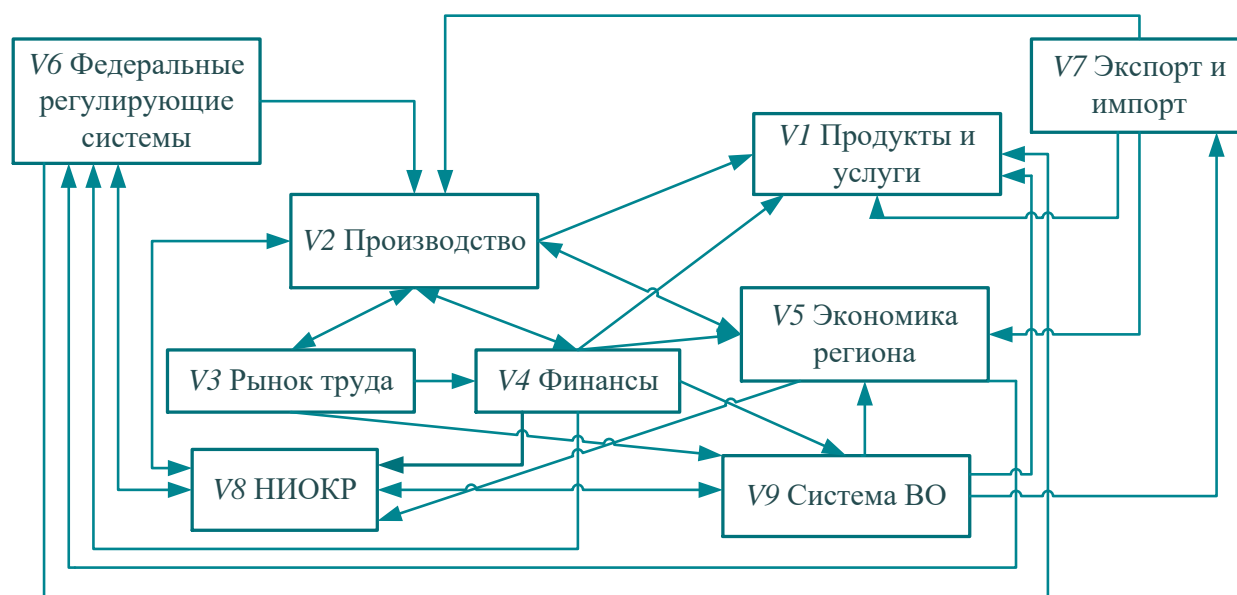


Рис. 1. Модель взаимосвязи социально-экономической системы региона и региональной системы высшего образования

На первом этапе для оценки взаимосвязи российской и региональных систем высшего образования предлагается использовать показатели развития экономики региона, производственной активности региона, научно-инновационной деятельности, регионального рынка труда, выпуска продукции, межрегиональной

(международной) деятельности, системы высшего образования региона, финансовых показателей, федеральных регулирующих систем. Данные показатели были выбраны методом экспертной оценки в рамках проводимого исследования:

1) Инновационные продукты и услуги отдельных предприятий региона.

¹ Исследование выполнено на базе второй версии программной системы CMSS.

² Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. Изд. 4-е, стереотипное. М.: ГУ ВШЭ, 2013. 495 с.

Вершина «Продукты и услуги» V_1 , $v_1^i \in V_1, i = 1, 2, \dots, k_1$ включает следующие показатели:

v_1^1 – объем инновационных товаров, работ, услуг;

v_1^2 – разработка и использование передовых производственных технологий.

2) Производство и предпринимательство региона. Вершина «Производство» V_2 , $v_2^i \in V_2, i = 1, 2, \dots, k_1$ включает следующие показатели инновационной активности организаций:

v_2^1 – объем от инновационных организаций;

v_2^2 – использование специальных программных средств в организациях;

v_2^3 – удельный вес организаций, использовавших информационные и коммуникационные технологии управления;

v_2^4 – удельный вес организаций, которые внедрили инновации, повышающие экологическую безопасность в процессе производства товаров, работ, услуг;

v_2^5 – удельный вес организаций, которые внедрили технологические инновации в отчетном году, в общем числе обследованных организаций.

3) Региональный рынок труда, как пространство для предложения рабочей силы в рамках субъекта Российской Федерации, характеризуется вершиной «Рынок труда» V_3 , $v_3^i \in V_3, i = 1, 2, \dots, k_1$ и включает следующие показатели:

v_3^1 – выпуск обучающихся в государственных и муниципальных общеобразовательных организациях;

v_3^2 – выпуск специалистов среднего звена;

v_3^3 – выпуск бакалавров, специалистов, магистров.

Финансы региона являются составной частью финансовой системы государства и представляют собой денежные потоки, которые обеспечивают достаточный уровень производства, товарообмена и

уровень жизни населения региона; характеризуются вершиной «Финансы» V_4 .

4) Экономика региона определяется микроэкономической производственной функцией; является связующим звеном региональных факторов производства – рабочей силы, предприятий, ресурсов; характеризуется вершиной «Экономика региона» V_5 , $v_5^i \in V_5, i = 1, 2, \dots, k_1$ и включает следующие показатели:

v_5^1 – валовый региональный продукт и внутренние затраты на исследования и разработки;

v_5^2 – доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта РФ;

v_5^3 – доля образования в отраслевой структуре валовой добавленной стоимости.

5) Федеральные регулирующие системы оказывают внешнее воздействие на социально-экономическую систему региона и характеризуются вершиной «Федеральные регулирующие системы» V_6 .

6) Межрегиональная (международная) деятельность региона и внешне-торговая деятельность характеризуются вершиной «Экспорт-импорт» V_7 , в частности объемом экспорта и импорта технологий и услуг технологического характера.

7) Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы региона направлены на приращение знаний и технологий и их практическое применение при разработке и создании инновационных товаров, работ, услуг с учетом потребностей региона. Вершина «НИОКР» V_8 , $v_8^i \in V_8, i = 1, 2, \dots, k_1$ включает следующие показатели – сведения об использовании объектов интеллектуальной собственности:

v_8^1 – количество поданных и выданных патентных заявок;

v_8^2 – число патентных заявок в сфере высоких технологий, поданных российскими заявителями в ЕРО;

v_8^3 – число организаций, выполняющих научные исследования и разработки;
 v_8^4 – численность персонала, занятого научными исследованиями и разработками.

8) Региональная система высшего образования представлена вершиной «Система ВО» $V_9, v_9^i \in V_9, i = 1, 2, \dots, k_1$ и включает следующие показатели:

v_9^1 – число образовательных организаций высшего образования;

v_9^2 – численность исследователей с учеными степенями;

v_9^3 – доходы образовательной организации из всех источников в расчете на одного научно-педагогического работника, тыс. руб.;

v_9^4 – объем НИОКР в расчете на одного научно-педагогического работника, тыс. руб. Объем доходов вуза от научных

исследований и разработок в общих доходах вуза;

v_9^5 – число публикаций, индексируемых в системе научного цитирования РИНЦ;

v_9^6 – количество лицензионных соглашений образовательной организации.

В данной когнитивной модели (рис. 2) необходимо учитывать влияние непрерывного образования, как партнерских связей, установленных в целях реализации образовательной функции; трансфера технологий, как партнерских связей, установленных в целях реализации исследовательской функции и социального участия, как партнерских связей, установленных в целях реализации социальной функции. Данные показатели принимают качественные значения и отражают отношения между вершинами V при установке связей в данной модели.

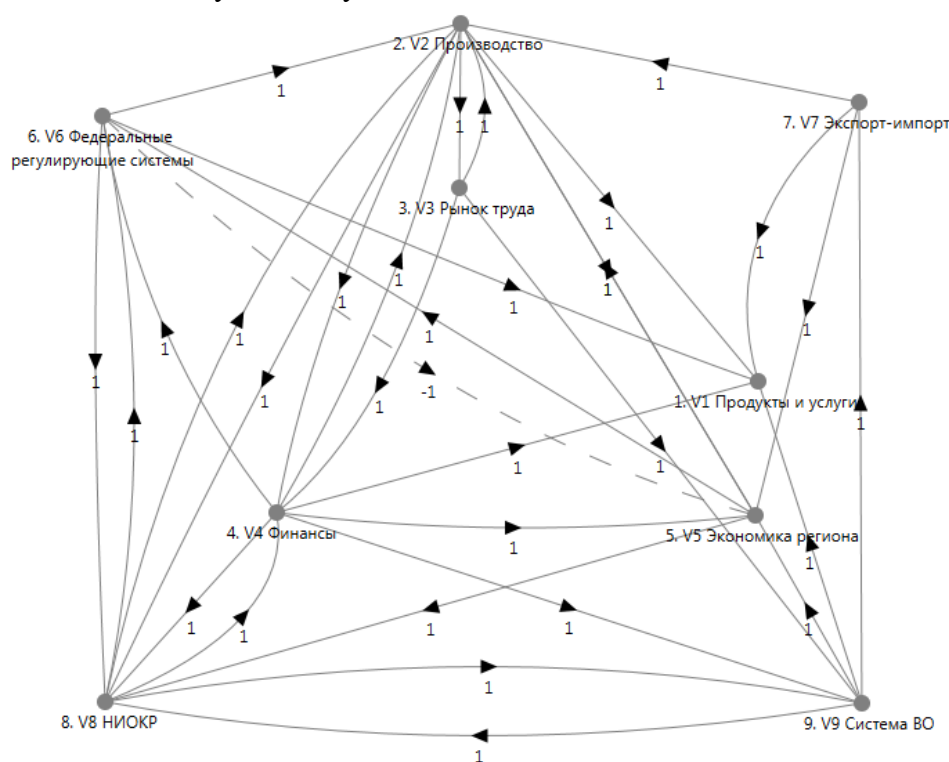


Рис. 2. Когнитивная модель (G) взаимосвязи социально-экономической системы региона и региональной системы высшего образования

Иллюстрация данной взаимосвязи представлена с помощью инструментов когнитивного моделирования, выполненного в компьютерной программе CMSS.

Второй этап посвящен исследованию свойств сложной системы когнитивной модели сбалансированного развития региональной системы высшего образова-

ния с учетом потребностей региона. На рис. 3 и 4 приведены частные случаи вычислительного эксперимента, направленного на исследование путей и циклов графа когнитивной модели (G) взаимосвязи региональной системы высшего образования и экономики региона. В частности, на

рис. 3 выделен «положительный» цикл вершины V_9 , который обозначен зеленым цветом на фоне графа. В свою очередь, на рис. 4 показан пример «отрицательного» цикла, или цикла, в котором присутствуют отрицательные дуги, изображенные фиолетовым цветом.

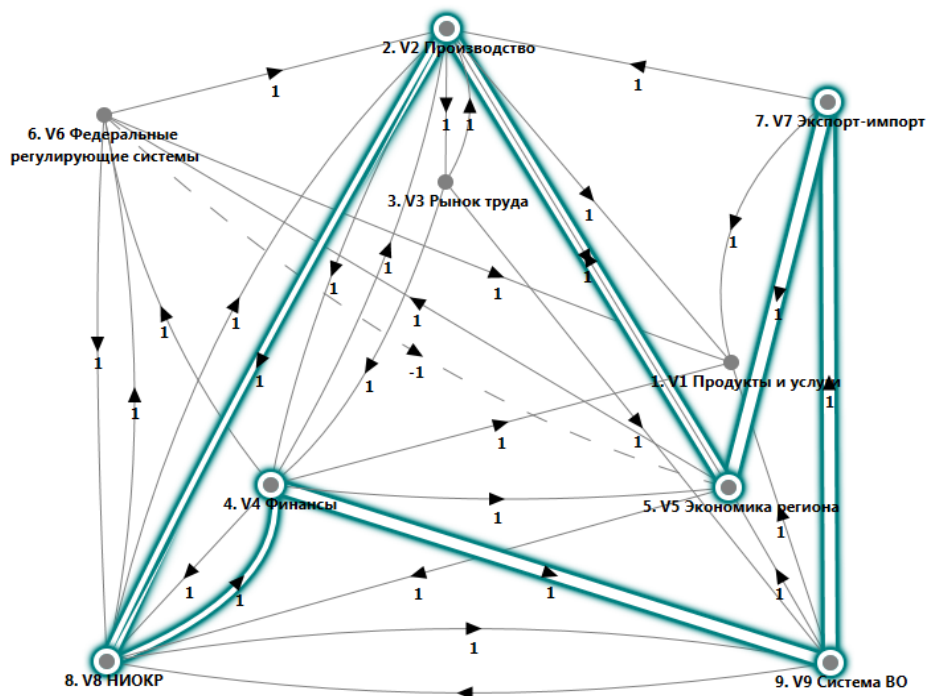


Рис. 3. Выделение «положительного» цикла вершины V_9 «Региональная система высшего образования»

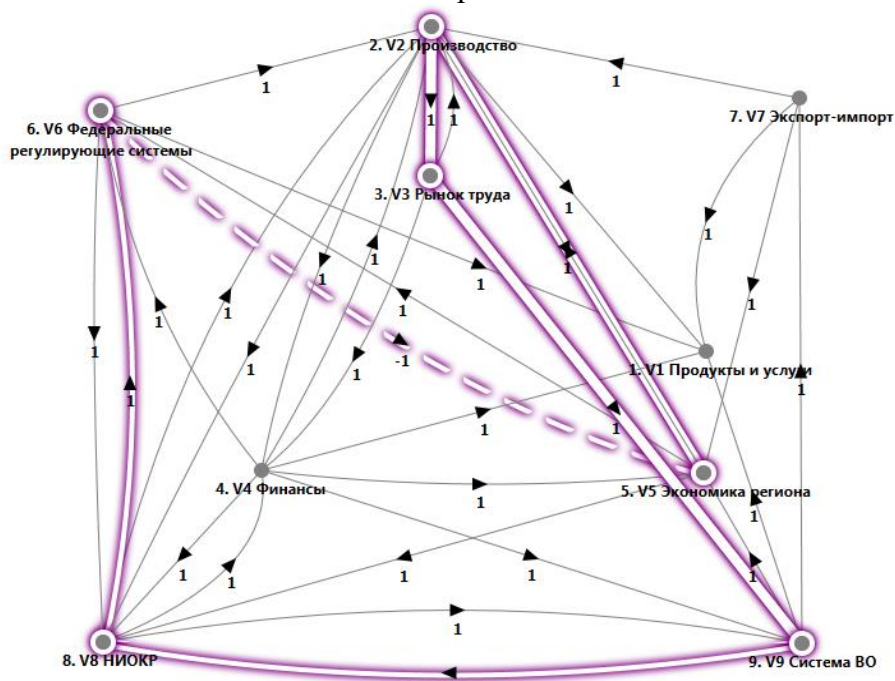


Рис. 4. Выделение «отрицательного» цикла вершины V_9 «Региональная система высшего образования»

Подсчет количества отрицательных циклов необходим для анализа свойств

структурной устойчивости системы (рис. 5).

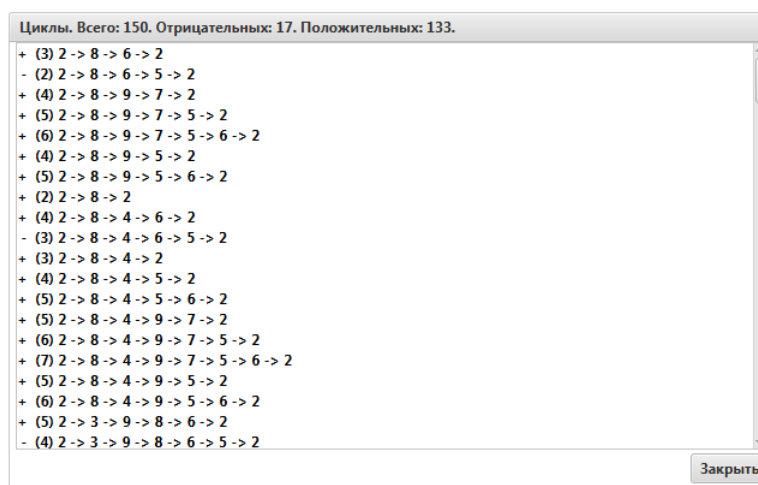


Рис. 5. Выделение цикла отрицательной связи в когнитивной модели (G) региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона

Система является структурно устойчивой, если число ее отрицательных циклов нечетное. Когнитивная модель (G) региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона структурно устойчива, поскольку количество положительных циклов 133, а отрицательных – 17, и

важно, что это число нечетное.

На рис. 6 можно увидеть результаты расчета собственных чисел матрицы смежности когнитивной модели (G) взаимосвязи региональной системы и системы высшего образования с учетом потребностей региона.

Собственные числа			
#	Действительная часть	Комплексная часть	Модуль (3,3815)
0	3,3815	0	3,3815
1	-1,7418	0	1,7418
2	0,0548	1,0917	1,0917
3	0,0548	-1,0917	1,0917
4	-0,2756	0,8006	0,8006
5	-0,2756	-0,8006	0,8006
6	-0,1982	0	0,1982
7	-1	0	1
8	0	0	0

Рис. 6. Собственные числа матрицы смежности когнитивной модели (G) региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона

Определение корней характеристического уравнения когнитивной модели (G) необходимо для анализа устойчивости системы к возмущениям и анализа по начальному значению. В данном случае использован критерий устойчивости $|M| < 1$, где $|M|$ – максимальное по модулю собственное число (корень характери-

стического уравнения матрицы) [22]. Поскольку для нашего случая $|M|=3,3815 > 1$, то модель (G) неустойчива – ни к возмущению, ни по начальному значению.

В рамках третьего этапа проанализируем результаты сценарного моделирования сбалансированного развития региональных систем высшего образования РФ.

Программа CMSS позволяет провести импульсное моделирование путем внесения импульсов, которые интерпретируются в соответствии с поставленной задачей как «возмущающие» или «управляющие» в одной и нескольких вершинах одновременно на любых шагах моделирования.

Для построения выбранного сценария предположим, что в системе происходит улучшение состояния региональной системы высшего образования: возмуща-

ющий импульс $q_9=+1$; вектор воздействий $Q_1=\{q_1=0; 0; q_9=+1; 0; \dots; 0\}$.

На рис. 7 визуализированы результаты импульсного моделирования по сценарию, имитирующему влияние улучшения состояния региональной системы высшего образования на процессы в социально-экономической системе региона; импульс поступает в одну вершину.

Графики импульсных процессов (рис. 8 и 9) могут отображаться как линиями, так и цветными площадями.

Сетка				
Вершины Дуги				
Полное имя	Сокр. имя	Вес	Имп. возд-е	
<input type="checkbox"/> V2 Производство	2	0.0	0.0	
<input type="checkbox"/> V3 Рынок труда	3	0.0	0.0	
<input type="checkbox"/> V1 Продукты и услуги	1	0.0	0.0	
<input type="checkbox"/> V4 Финансы	4	0.0	0.0	
<input type="checkbox"/> V5 Экономика региона	5	0.0	0.0	
<input type="checkbox"/> V6 Федеральные регулирующие системы	6	0.0	0.0	
<input type="checkbox"/> V7 Экспорт-импорт	7	0.0	0.0	
<input type="checkbox"/> V9 Система ВО	9	0.0	1.0	
<input type="checkbox"/> V8 НИОКР	8	0.0	0.0	

Добавить | Удалить | Сохранить | Закрыть

Рис. 7. Сценарий «Улучшение состояния региональной системы высшего образования»; возмущающий импульс $q_9=+1$

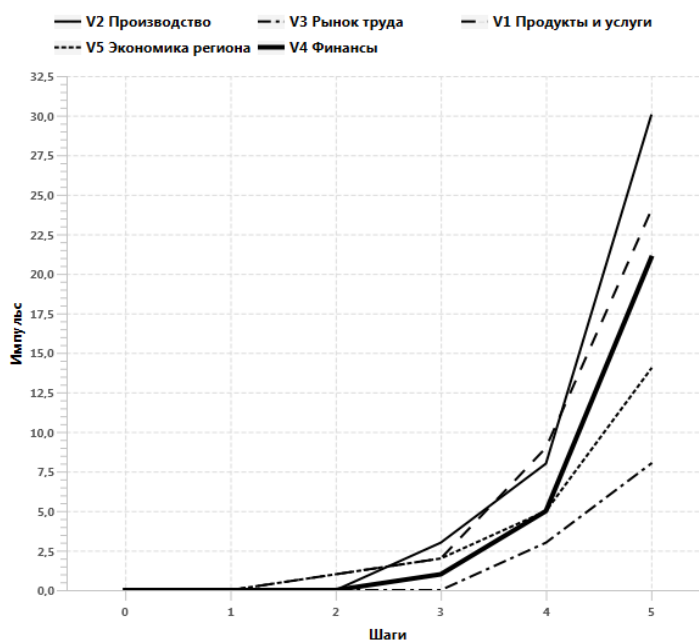


Рис. 8. График импульсных процессов в вершинах V1–V5 сценария «Улучшение состояния региональной системы высшего образования»

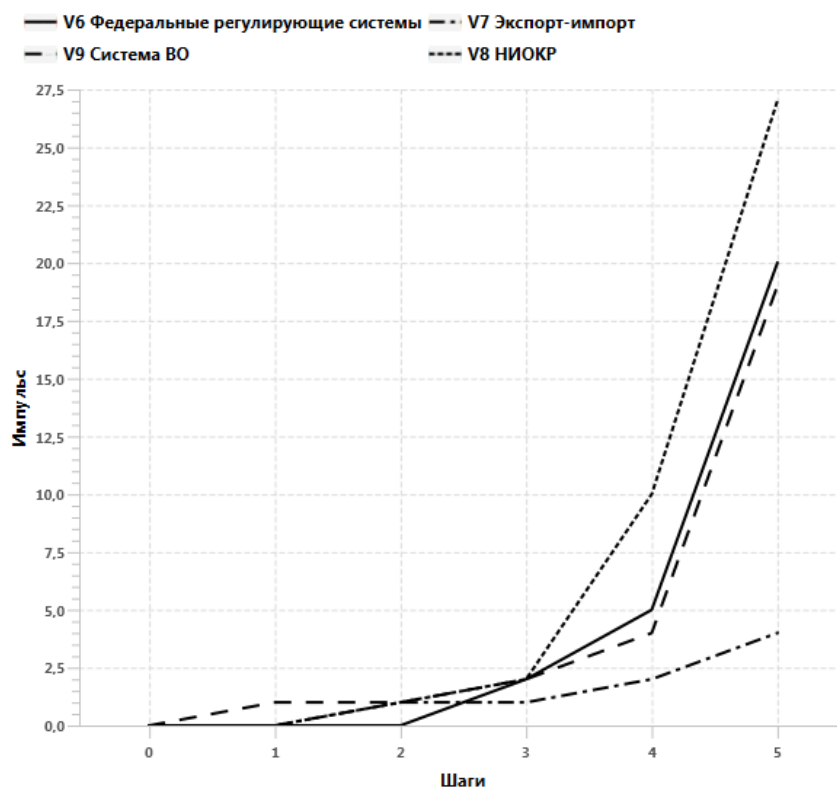


Рис. 9. График импульсных процессов в вершинах V6–V8 сценария «Улучшение состояния региональной системы высшего образования»

Так, согласно рис. 8 улучшение состояния региональной системы высшего образования уже после 3-го такта ведет к росту показателей вершин «Производство», «Продукты и услуги», «Рынок труда», «Финансы» и «Экономика региона» в целом, согласно рис. 9 – показателей вершин «Федеральные регулирующие системы», «Экспорт и импорт» и «НИОКР», причем после $n > 4$ наблюдается особенно быстрый рост всех факторов. Следовательно, улучшение состояния региональной системы высшего образования положительно влияет на показатели развития социально-экономической системы региона.

Четвертый этап является опционным и может выполняться в случае несоответствия модели выбранному региону. Могут меняться наименование и количество выбранных вершин, отношения между ними, импульсные воздействия для обоснования управленческих решений, направленных на сбалансированное развитие региональных систем высшего образования.

Заключение

Таким образом, в исследовании были представлены возможности когнитивного моделирования сложных социально-экономических систем, обеспеченные программным инструментарием, который облегчает описание и понимание особенностей их функционирования и может успешно применяться для прогнозирования сценариев развития и обоснования управленческих решений экспертами регионального уровня.

Были получены результаты диагностики состояния конгруэнтности и взаимосвязи региональной системы высшего образования и социально-экономической системы региона. Доказано, что когнитивное моделирование позволяет анализировать и обосновывать управленческие решения, направленные на сбалансированное развитие региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона.

Полученная когнитивная модель позволяет оценить сбалансированное развитие системы высшего образования с учетом потребностей конкретного региона

РФ с помощью инструментов импульсного моделирования и сценарного анализа. Проведение такого предварительного эксперимента посредством имитационной модели часто является единственным возможным способом спрогнозировать последствия изменений в процессе принятия управленческих решений, что является более выгодным по сравнению с затратами на проведение эксперимента на реальном объекте.

Предложенная когнитивная модель взаимосвязи региональной социально-экономической системы и системы высшего образования может стать основой для разработки методологических подходов реализации региональной политики снижения асимметрии в региональных системах высшего образования РФ и повышения их гибкости на основе учета социально-экономических особенностей развития рассматриваемых регионов, их конкурентных преимуществ и тенденций развития.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Разработка методологии и инструментария оценки эффективности функционирования региональной системы высшего образования и моделирование ее сбалансированного развития», № 18-010-01115.

Список литературы

1. Гинис Л.А., Колоденкова А.Е. Нечеткое когнитивное моделирование для предупреждения рискованных ситуаций на объектах критических инфраструктур // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2017. Т. 21, № 4 (78). С. 113–120.
2. Горелова Г.В., Вишнякова В.А., Каурова О.В., Саак А.А. Когнитивный подход к исследованию проблем занятости молодежи на рынке труда // Социальная политика и социология. 2017. Т. 16, № 1 (120). С. 18–27.
3. Горелова Г.В., Масленникова А.В., Соколова Е.Н. Исследования рынка труда на основе синтеза динамического и когнитивного моделирования // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. 2017. № 1. С. 18–22.
4. Горелова Г.В., Жертвовская Е.В., Тюшняков В.Н., Якименко М.В. Разработка стратегии развития региона на основе синтеза методологий предвидения и когнитивного моделирования // Сетевое партнерство в науке, промышленности и образовании 2016: труды междунар. мультikonференции / ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». СПб., 2016. С. 59–66.
5. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. 332 с.
6. Горелова Г.В., Калиниченко А.И. Инструментарий когнитивного моделирования сложных систем // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. тр. XXII междунар. науч.-практ. конф. Изд-во СПбГПУ, 2018. С. 399–412.
7. Горелова Г.В., Макарова Е.Л. Применение методики когнитивного анализа для определения проблем системы профессионального образования как инвестирования в человеческий капитал // Гуманизация инновационного образования в современных условиях: перспективы и достижения: материалы II междунар. заоч. науч.-практ. конф. Том 3. Махачкала: Издательский центр СМУР «Academa», 2009. С. 307–312.
8. Gorelova G.V., Kolodenkova A.E. Cognitive and simulation modeling of socioeconomic systems // Advances in Computer Science Research (ACSR). Proceedings of IV International Research Conference «Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine». 2017. Vol. 72. P. 50–54.
9. Гречко М.В. Когнитивное моделирование как инструмент адаптивного управления качеством образования // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. Т. 13, №. 4 (349). С. 725–735.

10. Гринченков Д.В., Коломиец А.В. Системный анализ международной деятельности вузов на основе когнитивного моделирования // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2017. № 1 (193). С. 24–31. doi: 10.17213/0321-2653-2017-1-24-31.
11. Горелова Г.В., Лябах Н.Н. Когнитивный анализ: проблемы применения и развития // Новые технологии. 2016. № 4. С. 16–21.
12. Gorelova G.V., Lyabach N.N., Kuizheva S.K. Application of cognitive modeling in the study of the interrelations between the educational system and society espacios // Espacios. 2017. Vol. 38, № 56. 17 p.
13. Макарова Е.Л., Подопригора М.Г., Хлебникова А.И. Моделирование устойчивого развития Южного федерального округа // Известия Саратовского государственного университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2014. № 3. С. 488–495.
14. Подопригора М.Г., Хлебникова А.И. Экономическая эффективность деятельности автономного вуза в условиях взаимодействия с региональными властями // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2012. № 8 (133). С. 126–133.
15. Причина О.С., Гусарева Н.Б., Орехов В.Д. Нечетко-множественное моделирование инновационного потенциала культуры предпринимательства // Проблемы экономики и юридической практики. 2017. № 5. С. 56–59.
16. Причина О.С., Мороз Д.Л., Руиз К. Применение нечетких когнитивных карт для организационной диагностики предприятия и моделирования деятельности // Вестник Таганрогского института имени А.П. Чехова. Гуманитарные науки. Спец. серия. 2014. № 1. С. 35–37.
17. Thibeault I.V., Prichina O.S., Gorelova G.V. Cognitive Russian modeling in the system of corporate governance // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. Vol. 6, № 2. P. 442–453. doi:10.5901/mjss.2015.v6n2p442.
18. Горелова Г.В., Макарова Е.Л. Моделирование взаимосвязи проблем системы высшего образования и социально-экономической системы средствами когнитивного подхода // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». М.: ИПУ РАН, 2010. С. 431–452.
19. Makarova E.L., Firsova A.A. Computer cognitive modeling of the innovative system for the exploration of the regional development strategy // CMDM 2017. Computer Modelling in Decision Making. Proceedings of the Second Workshop on Computer Modelling in Decision Making co-located with the VI International Youth Research and Practice Conference on Mathematical and Computer Modelling in Economics, Insurance and Risk Management (MCMEIRM 2017). Saratov, November 9-10, 2017. P. 113–125.
20. Макарова Е.Л., Фирсова А.А. Когнитивное моделирование влияния региональной системы высшего образования на инновационное развитие региона // Известия Саратовского государственного университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2015. № 15. С. 411–417. doi: 10.18500/1994-2540-2015-15-4-411-417.
21. Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Косяченко С.А., Нижегородцев Р.М., Чернов И.В. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем. М.: ИПУ РАН, 2002. 122 с.
22. Горелова Г.В., Панкратова Н.Д. и др. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования: коллективная монография / под ред. Г.В. Гореловой, Н.Д. Панкратовой. Киев: Наукова Думка, 2015. 464 с.

Статья поступила в редакцию 26.06.2018, принята к печати 07.11.2018

Сведения об авторе

Макарова Елена Львовна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры менеджмента и инновационных технологий, Институт управления в экономических, экологических и социальных системах, Южный федеральный университет (Россия, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42; e-mail: elmakarova@sfedu.ru).

Acknowledgements

The research was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research, the project is called "Development of methodology and tools for assessing the efficiency of the functioning of the regional higher education system and modeling its balanced development", No. 18-010-01115.

References

1. Ginis L.A., Kolodenkova A.E. Nechetkoe kognitivnoe modelirovanie dlya preduprezhdeniya riskovykh situatsii na ob"ektakh kriticheskikh infrastruktur [Fuzzy cognitive modelling for prevention risk situations on objects of critical infrastructures]. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta* [Scientific Journal of Ufa State Aviation Technical University], 2017, vol. 21, no. 4 (78), pp. 113–120. (In Russian).
2. Gorelova G.V., Vishnyakova V.A., Kaurova O.V., Saak A.A. Kognitivnyi podkhod k issledovaniyu problem zanyatosti molodezhi na rynke truda [Cognitive approach to the study of youth employment problems in the labour market]. *Sotsial'naya politika i sotsiologiya* [Social Policy and Sociology], 2017, vol. 16, no. 1 (120), pp. 18–27. (In Russian).
3. Gorelova G.V., Maslennikova A.V., Sokolova E.N. Issledovaniya rynka truda na osnove sinteza dinamicheskogo i kognitivnogo modelirovaniya [Research of labour market on dynamic and cognitive modelling synthesis basis]. *Vestnik Rossiiskogo novogo universiteta. Seriya: Chelovek i obshchestvo* [Bulletin of Russian New University. Series: Human and Society], 2017, no. 1, pp. 18–22. (In Russian).
4. Gorelova G.V., Zhertovskaya E.V., Tyushnyakov V.N., Yakimenko M.V. Razrabotka strategii razvitiya regiona na osnove sinteza metodologii predvideniya i kognitivnogo modelirovaniya [Development of a region development strategy on the synthesis of an enterprise methodology and cognitive modelling]. *Trudy Mezhdunarodnoi mul'tikonferentsii "Setevoe partnerstvo v nauke, promyshlennosti i obrazovanii 2016"* [Proceedings of the International Multiconference "Network Partnership in Science, Industry and Education"]. St. Petersburg, FGAOU VO Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo Publ., 2016, pp. 59–66. (In Russian).
5. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Radchenko S.A. *Issledovanie slabostrukturirovannykh problem sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: kognitivnyi podkhod* [Study of poorly structured problems of socio-economic systems: Cognitive approach]. Rostov-on-Don, RGU Publ., 2006. 332 p. (In Russian).
6. Gorelova G.V., Kalinichenko A.I. Instrumentarii kognitivnogo modelirovaniya slozhnykh sistem [Tools of cognitive modelling of complex systems]. *Sistemnyi analiz v proektirovanii i upravlenii. Sbornik nauchnykh trudov XXII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [System analysis in design and management. Collection of scientific works of the 22nd international scientific and practical conference]. St. Petersburg, SPbGPU Publ., 2018, pp. 399–412. (In Russian).
7. Gorelova G.V., Makarova E.L. Primenenie metodiki kognitivnogo analiza dlya opredeleniya problem sistemy professional'nogo obrazovaniya kak investirovaniya v chelovecheskii kapital [Application of a cognitive analysis method to determine the challenges of a higher education system as investment to human capital]. *Gumanizatsiya innovatsionnogo obrazovaniya v sovremennykh usloviyakh: perspektivy i dostizheniya. Materialy II Mezhdunarodnoi zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Tom 3* [Humanization of innovative education in modern conditions: Future and achievements. Proceedings of the 2nd correspondence scientific and practical conference devoted to the 30th anniversary of the faculty of pedagogy and psychology and to the 20th anniversary of the department of corrective pedagogy and special psychology of DSPU. Vol. 3]. Makhachkala, Academia Publ., 2009, pp. 307–312. (In Russian).
8. Gorelova G.V., Kolodenkova A.E. Cognitive and simulation modeling of socioeconomic systems. *Advances in Computer Science Research (ACSR). Proceedings of IV International Research Conference "Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine"*, 2017, vol. 72, pp. 50–54.
9. Grechko M.V. Kognitivnoe modelirovanie kak instrument adaptivnogo upravleniya kachestvom obrazovaniya [Cognitive modeling as a tool for adaptive management of education quality]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National Interests: Priorities and Security], 2017, vol. 13, iss. 4 (349), pp. 725–735. (In Russian).
10. Grinchenkov D.V., Kolomiets A.V. Sistemnyi analiz mezhdunarodnoi deyatel'nosti vuzov na osnove kognitivnogo modelirovaniya [System analysis of the international activity of higher education institutions on the basis of cognitive modelling]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii*

region. Tekhnicheskie nauki [University News. North-Caucasian Region. Technical Sciences Series], 2017, no. 1 (193), pp. 24–31. (In Russian). doi: 10.17213/0321-2653-2017-1-24-31.

11. Gorelova G.V., Lyabakh N.N. Kognitivnyi analiz: problemy primeneniya i razvitiya [Cognitive analysis: Problems of application and development]. *Novye tekhnologii* [New Technologies], 2016, no. 4, pp. 16–21. (In Russian).

12. Gorelova G.V. Lyabach N.N., Kuizheva S.K. Application of cognitive modeling in the study of the interrelations between the educational system and society. *Espacios*, 2017, vol. 38, no. 56, 17 p.

13. Makarova E.L. Podoprighora M.G., Khlebnikova A.I. Modelirovanie ustoichivogo razvitiya Yuzhnogo federal'nogo okruga [Modeling of sustainable development of the Southern Federal District]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya Seriya. Seriya Ekonomika. Upravlenie. Pravo* [Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Economics. Management. Law], 2014, no. 3, pp. 488–495. (In Russian).

14. Podoprighora M.G., Khlebnikova A.I. Ekonomicheskaya effektivnost' deyatelnosti avtonomnogo vuza v usloviyakh vzaimodeistviya s regional'nymi vlastyami [Economic efficiency of activity of independent higher institutions in the conditions of interaction with the regional authorities]. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya of Southern Federal University. Engineering Sciences], 2012, no. 8 (133), pp. 126–133. (In Russian).

15. Prichina O.S., Gusareva N.B., Orekhov V.D. Nechetko-mnozhestvennoe modelirovanie innovatsionnogo potentsiala kul'tury predprinimatel'stva [Fuzzy modelling of innovative potential of entrepreneurship culture]. *Problemy ekonomiki i yuridicheskoi praktiki* [Economic Problems and Legal Practice], 2017, no. 5, pp. 56–59. (In Russian).

16. Prichina O.S., Moroz D.L., Ruiz K. Primenenie nechetkikh kognitivnykh kart dlya organizatsionnoi diagnostiki predpriyatiya i modelirovaniya deyatelnosti [Application of fuzzy cognitive maps on organizational diagnostics and enterprise activity modelling]. *Vestnik Taganrogskego instituta imeni A.P. Chekhova. Gumanitarnye nauki. Spetsial'nyi vypusk* [Bulletin of Taganrog Institute named after Chekhov A.P. Humanities, Special Issue], 2014, no. 1, pp. 35–37. (In Russian).

17. Thibeault I.V., Prichina O.S., Gorelova G.V. Cognitive Russian modeling in the system of corporate governance. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. MCSER Publishing, Rome–Italy, 2015, vol. 6, no. 2. March 2015. pp. 442–453. doi:10.5901/mjss.2015.v6n2p442.

18. Gorelova G.V., Makarova E.L. Modelirovanie vzaimosvyazi problem sistemy vysshego obrazovaniya i sotsial'no-ekonomicheskoi sistemy sredstvami kognitivnogo podkhoda [Modeling correlation between socio-economical system and higher education system problems with cognitive approach]. *Upravlenie bol'shimi sistemami. Spetsial'nyi vypusk 30.1. Setevye modeli v upravlenii* [Large-Scale Systems Control. Special Issue 30.1. Network Models in Management]. Moscow, IPU RAN Publ., 2010, pp. 431–452. (In Russian).

19. Makarova E.L., Firsova A.A. Computer cognitive modeling of the innovative system for the exploration of the regional development strategy // *CMDM 2017. Computer Modelling in Decision Making*. Proceedings of the Second Workshop on Computer Modelling in Decision Making co-located with the VI International Youth Research and Practice Conference on Mathematical and Computer Modelling in Economics, Insurance and Risk Management (MCMEIRM 2017). Saratov, November 9-10, 2017 pp. 113–125.

20. Makarova E.L., Firsova A.A. Kognitivnoe modelirovanie vliyaniya regional'noi sistemy vysshego obrazovaniya na innovatsionnoe razvitiye regiona [Cognitive modeling the impact of a regional system of higher education in the innovative development of the region]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya Seriya. Seriya Ekonomika. Upravlenie. Pravo* [Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Economics. Management. Law], 2015, vol. 15, no. 4, pp. 411–417. (In Russian). doi: 10.18500/1994-2540-2015-15-4-411-417.

21. Kul'ba V.V., Kononov D.A., Kovalevskii S.S., Kosyachenko S.A., Nizhegorodtsev R.M., Chernov I.V. *Stsenarnyi analiz dinamiki povedeniya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem* [Scenario analysis of implementation of socio-economic systems]. Moscow, IPU RAN Publ., 2002. 122 p. (In Russian).

22. Gorelova G.V., Pankratova N.D., et al. *Innovatsionnoe razvitiye sotsio-ekonomicheskikh sistem na osnove metodologii predvideniya i kognitivnogo modelirovaniya*. Pod red. G.V. Gorelovoi, N.D. Pankratovoi [Innovative development of social and economic systems on the basis of forecasting methodology and cognitive modelling]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 2015. 464 p. (In Russian).

Received June 26, 2018; accepted November 07, 2018

Information about the Author

Makarova Elena L'vovna – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of Management and Innovative Technologies, Institute of Management in Economic, Ecological and Social Systems, Southern Federal University (105/42, Bol'shaya Sadovaya st., Rostov-on-Don, 344006, Russia; e-mail: elmakarova@sfedu.ru).

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Макарова Е.Л. Когнитивное моделирование сбалансированного развития региональной системы высшего образования с учетом потребностей региона // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm University Herald. Economy. 2018. Том 13. № 4. С. 516–531. doi: 10.17072/1994-9960-2018-4-516-531

Please cite this article in English as:

Makarova E.L. Cognitive modeling of balanced development of regional system of higher education subject to the needs of a region. *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy*, 2018, vol. 13, no. 4, pp. 516–531. doi: 10.17072/1994-9960-2018-4-516-531
