

---

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

## MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMY

УДК 331.5  
ББК 65.240.5  
Г 68

**Г.В.Горелова**

*Доктор технических наук, профессор кафедры государственного и муниципального права и управления Технологического института Южного Федерального университета в г. Таганроге. Тел.: (863) 31 14 26, e-mail: g.v.gorelova@gmail.com*

**А.Е. Жминько**

*Старший преподаватель кафедры статистики и прикладной математики Кубанского государственного аграрного университета, г. Краснодар. Тел.: (861) 22 15 789, e-mail: alina-senn@mail.ru*

**А.М. Ляховецкий**

*Кандидат экономических наук, доцент кафедры статистики и прикладной математики Кубанского государственного аграрного университета, г. Краснодар. Тел.: (861) 22 15 789, e-mail: alina-senn@mail.ru*

### **Моделирование рынка труда: комплексный подход (Рецензирована)**

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме исследования и моделирования ситуаций на российском рынке труда. Предложен комплексный подход к исследованию, базирующийся на сочетании методов статистического, экспертного, причинного и когнитивного анализа; приведен пример моделирования рынка труда.

**Ключевые слова:** рынок труда, регион, причинный анализ, когнитивный анализ, ситуация, сценарий.

**G.V. Gorelova**

*Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of State and Municipal Law and Administration, Institute of Technology, Southern Federal University, Taganrog. Ph.: (863) 31 14 26, e-mail: g.v.gorelova@gmail.com*

**A.E. Zhminko**

*Senior Lecturer of Statistics and Applied Mathematics Department, Kuban State Agrarian University, Krasnodar. Ph.: (861) 22 15 789, e-mail: alina-senn@mail.ru*

**A.M. Lyakhovetsky**

*Candidate of Economics, Associate Professor of Statistics and Applied Mathematics Department, Kuban State Agrarian University, Krasnodar. Ph.: (861) 22 15 789, e-mail: alina-senn@mail.ru*

### **Modeling the labor market: an integrated approach**

**Abstract.** This paper is devoted to research and simulations of situations in the Russian labor market. The work suggests a system approach to the study, which is based

---

on a combination of the methods of statistical, expert, causal and cognitive analysis. An example of modeling the labor market subsidy in the region is given.

**Keywords:** labor market, region, causal analysis, cognitive analysis, the situation, the scenario.

**Введение.** В настоящее время российский рынок труда находится в стадии развития и многочисленные его проблемы вызваны не только недостаточным количеством квалифицированной рабочей силы, но и ее состоянием (качеством человеческого капитала, зависящего от здоровья населения, от уровня образования и др.), а также безработицей, в том числе — структурной [1], неопределенностью государственного регулирования воспроизводства рабочей силы и др.

Для того чтобы принимать обоснованные управленческие решения по вопросам регулирования рынка труда, необходимо проводить всесторонний анализ количественных и качественных факторов, влияющих на процессы на рынке труда и научно обосновывать предлагаемые меры решения проблем этого рынка. Необходимо применять адекватные методы исследования и принятия решений. В этих целях в работе использовано сочетание методов статистического, экспертного, причинного анализа, когнитивного анализа [2—5, 12], объединенных в методологии когнитивного моделирования. Когнитивное моделирование [7—11] — это современная методология исследования сложных систем, к которым по праву относится и рынок труда. Результаты когнитивного моделирования предназначены для разработки и обоснования выбора наилучших управленческих решений в сфере регулирования рынка труда.

**Комплекс подход к исследованию рынка труда на основе когнитивного моделирования.** Исследование современного состояния российского рынка требует привлечения разнообразной и разносторонней информации из различных источников, требует использования теоретических, статистических и экспертных данных. Объединение разнообразной информации в единую систему возможно в схеме когнитивной методологии, которая допускает ком-

бинации различных методов, приемов, способов, выбор и последовательность которых обусловлены целями исследования конкретных сложных систем. Разработанная когнитивная методология [5—8] является логическим объединением формальных методов, предназначенных для решения системных задач:

- идентификации объекта;
- анализа структурных свойств объекта;
- анализа устойчивости (к возмущениям, структурной устойчивости);
- анализа чувствительности;
- научного предвидения возможного развития ситуаций в системе (сценарное моделирование);
- постановки и решения задач принятия решений в условиях неопределенности и ряда других.

*Когнитивная методология* — это логическая организация деятельности исследователя, состоящая в определении цели, объекта и предмета исследования, методов и информационных технологий когнитивного моделирования, позволяющих понимать механизм явлений и процессов в объекте, разрабатывать возможные сценарии его развития, выбирать эффективные решения по управлению объектом и/или адаптации его к окружающей среде [6, 7]. Схема когнитивного моделирования представлена на рисунке 1.

Первый этап когнитивного моделирования — это разработка когнитивной модели, схемы причинно-следственных отношений между элементами («объектами», «сущностями», «концептами») системы. В данном случае разработка когнитивной модели рынка труда необходима для обозначения причин и следствий безработицы, состояния трудовых ресурсов, учета взаимодействия этой системы с внешней социально-экономической средой.

В настоящее время существует несколько подходов к разработке когнитивных моделей, в том числе по-

лучаемых с помощью структуризации знаний экспертов в предметной области [2, 3, 4]. Для этих целей могут

быть использованы также технологии, применяемые в причинном анализе [12].

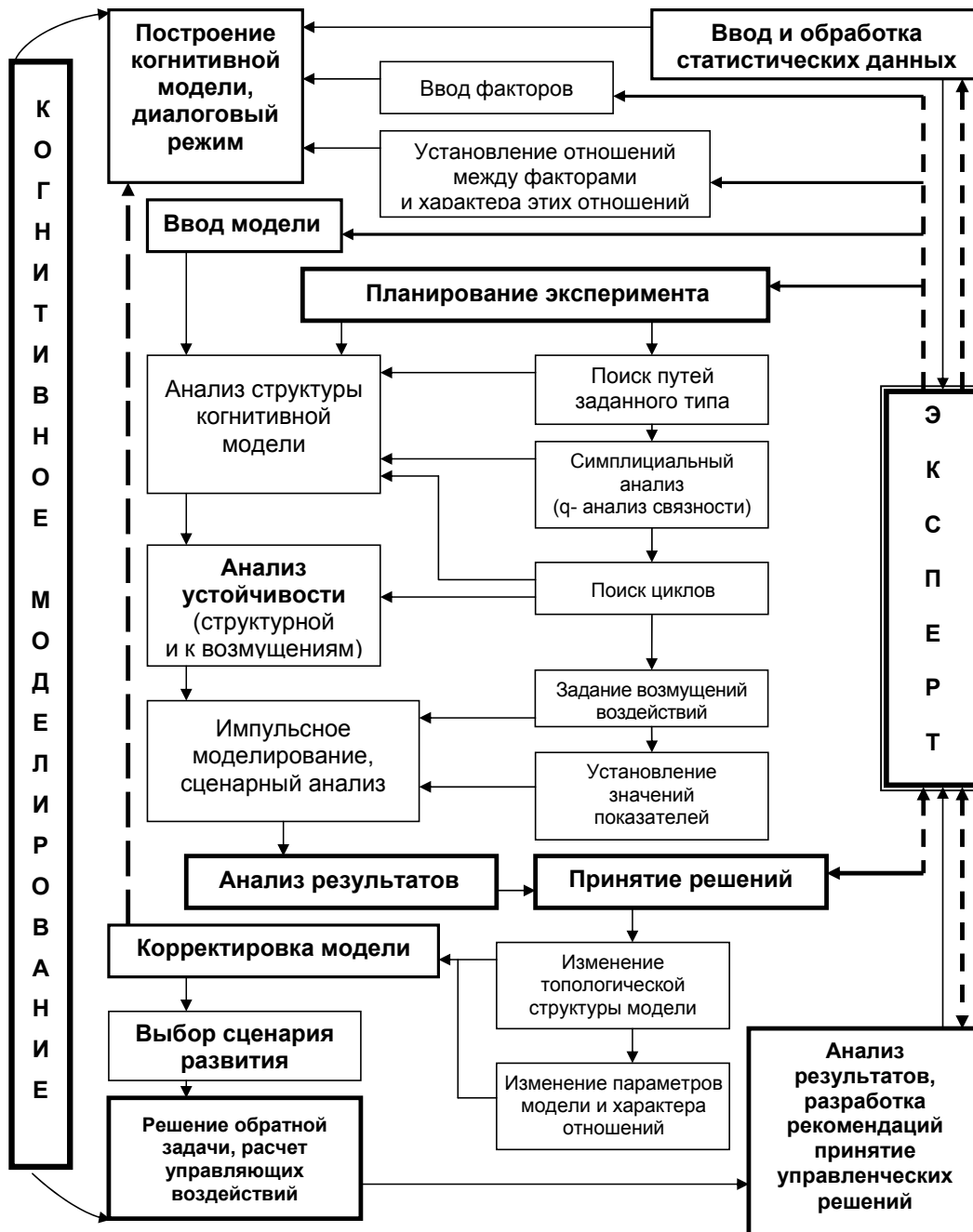


Рисунок 1. Схема методологии когнитивного моделирования

Как известно, главной целью причинного анализа является выявление цепочки причинно-следственных зависимостей между переменными изучаемого процесса. Отличительной чертой причинной связи является ее длительность во времени, устанавливающая определенный период времени между

произведенным действием и ее результатом. Именно эта особенность позволяла выявить устойчивую зависимость между факторами, в которой один из факторов выступает способом изменения другого фактора. Степень причинного воздействия определялась экспертно, а при наличии статистических

данных характеризуется коэффициентом корреляции между причинным и следственным динамическими рядами или с помощью систем регрессионных уравнений. Для определения причинных зависимостей между выявленными проблемами в практике исследования применяются матричные схемы (табл. 1). Смысл этих схем заключается в коллективной экспертной оценке  $b_{ij}$  влияния одних проблем на другие, что дает возможность строить предположения об естественных тенденциях развития проблемных ситуаций и о порядке их последовательной нейтрализации. Оцененная по пятибалльной системе  $1 \leq b_{ij} \leq 5$  причинно-следственная связь между актуальными проблемами организации позволяет при обсуждении составить достаточно исчерпыва-

ющее представление о существующих проблемах и их основных источниках. По горизонтали откладываются количественные оценки степени зависимости между причинами и следствиями, оцененные с точки зрения степени прямого влияния. Присвоение той или иной проблеме определенного количества баллов означает способность этой проблемы оказывать влияние на актуализацию других проблем, что требует изначального сосредоточения внимания исследователей на поиске путей скорейшего решения. По сумме следствий определяют наиболее восприимчивую к действиям других проблем проблему, решение которой, как правило, можно перенести на заключительные этапы решения всего комплекса задач.

Таблица 1

Матрица причин

Название проблемы	...	Проблема j	...	Сумма причин
...	...	...	...	...
Проблема i	...	$b_{ij}$	...	$A_i$
...	...	...	...	...
Сумма следствий	...	$B_j$	...	$\sum_{i=1}^n A_i = \sum_{j=1}^n B_j = C$

Хотя матрица причин имеет ряд недостатков, ее удобно использовать при разработке когнитивных карт сложных систем. Основным недостатком является то, что при принятии окончательного решения о взаимосвязи проблем необходимо учитывать массу других факторов, преимущественно внешнего плана, влияние которых вряд ли можно или достаточно сложно формализовать. Кроме того, экспертное определение коэффициентов  $a_{ij}$  может привести к ошибочным выводам и неверным управленческим решениям. В определенной мере недостаток экспертного определения коэффициентов может быть преодолен с помощью методов многомерного статистического анализа. Опыт анализа закономерностей, присущих социальным и экономическим объектам, показал, что единство и целостность объектов обеспечиваются не только

прямым влиянием одного признака, явления на другой (по типу причинно-следственной связи), но и косвенно: через сопряженное соотношение между качественно различными признаками. Корреляционный анализ позволяет определить степень зависимости или сопряженности между двумя и более признаками. В основе корреляционной связи лежит соотношение между динамическими рядами варьируемых признаков, взаимодействие которых обуславливает устойчивый режим функционирования системы. Как известно, методы корреляционного и регрессионного анализа широко используются для определения тесноты связи между показателями, не находящимися в функциональной (причинной) зависимости. Теснота связи между изучаемыми показателями для прямолинейной зависимости определяется коэффициентом корреляции  $r_{ij}$ .

Как было сказано, методика разработки матрицы причин на первом этапе исследования (разработка когнитивной модели) может частично послужить и для построения когнитивной карты — знакового ориентированного графа  $G$

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

где  $V = \{v_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$  — множество вершин (концептов) когнитивной карты,  $E = \{e_{ij}\}$  — множество дуг, соединяющих вершины  $v_i$  и  $v_j$ . Матрица (таблица) отношений  $A_G$  когнитивной карты — это квадратная матрица, строки и столбцы которой помечены вершинами графа, а на пересечении  $i$ -строки,  $j$ -столбца стоят (или нет) единицы, если существует (не существует) отношение между элементами  $V_i$  и  $V_j$ , т.е.

$A_G = [a_{ij}]_{k \times k}$ , где отношение

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } V_i \text{ связано с } V_j \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Отношение  $a_{ij}$  может принимать значение «+1» или «-1». Отношение между переменными (взаимодействие факторов) — это количественное или качественное описание факта влияния изменения одной переменной на другие. Но  $b_{ij} \neq a_{ij}$ , ибо  $a_{ij}$  характеризует в когнитивной карте только факт наличия причинной связи между  $V_i$  и  $V_j$ . Существуют более сложные когнитивные модели [2, 4], в которых отношения между вершинами задаются функционально, например, векторный параметрический граф, параметрический векторный функциональный граф  $\Phi_n$  (2),

модифицированный функциональный граф и др.

$$\Phi_n = \langle G, X, F, \theta \rangle, \quad (2)$$

где  $X = \{x_i\}$  — множество параметров вершин,  $F = f\{v_i, v_j, e_{ij}\}$  — функция (или функционал  $f\{v_i, v_j, e_{ij}\}$ , или коэффициент  $f_{ij} = w_{ij}$ ) связи между вершинами, определяющие закон преобразования сигнала из  $V_i$  в  $V_j$ ,  $w_{ij} \neq b_{ij}$ ,  $\theta$  — пространство параметров вершин.

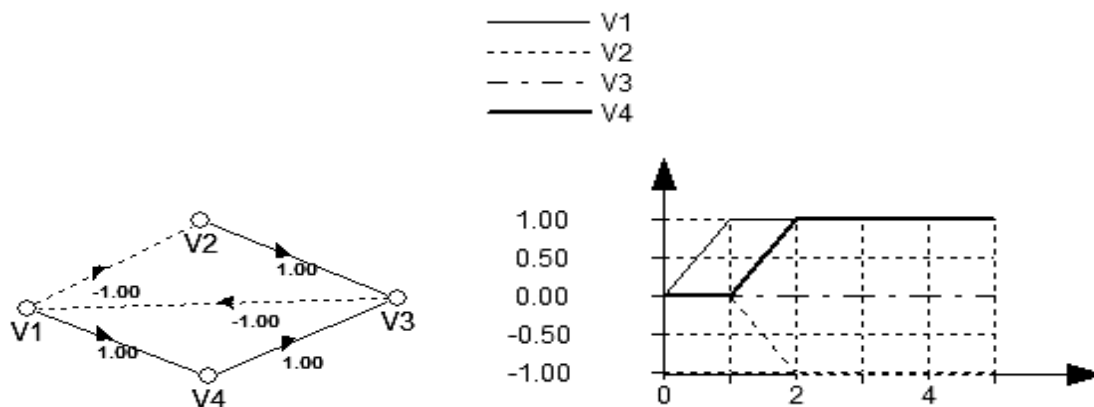
При разработке когнитивной модели в виде (2) часть ее (подграф) может быть построена по статистическим данным об объекте, часть — на основании обработки экспертных и теоретических данных.

После построения когнитивной модели необходимо провести с ее помощью анализ изучаемой системы согласно схеме когнитивной методологии (рис. 1).

Итак, для анализа состояния рынка труда был использован комплекс методов исследования и принятия решений, объединенных в методологию когнитивного моделирования, которая поддерживается разработанной системой когнитивного моделирования ПС КМ [7].

#### Моделирование рынка труда.

Анализ существующих концепций занятости, рынка труда (классической, кейнсианской, монетристской, институционально-социологической и др.) позволил выделить простейшую когнитивную карту, являющуюся составной частью, общую для всех концепций (рис. 2).



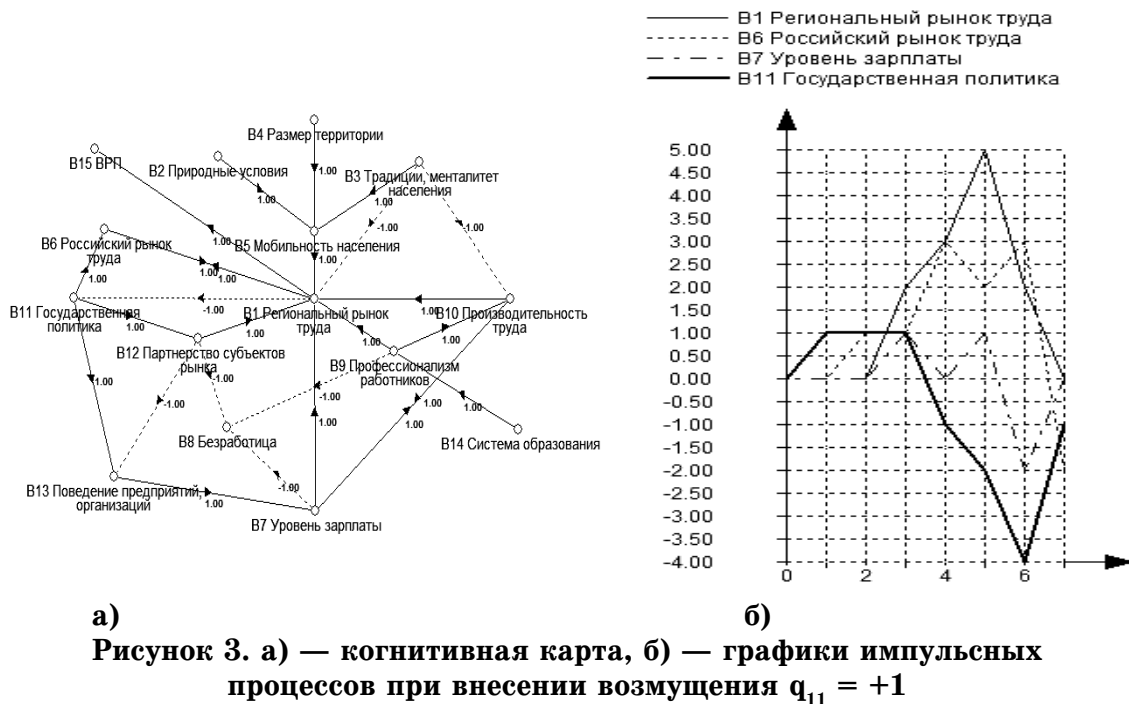
**Рисунок 2. Простейшая когнитивная карта «Спрос-предложение рабочей силы» и график импульсного процесса ( $q_1 = +1$ ), иллюстрирующий возможность равновесного состояния в системе**

На рисунке 2 вершины  $V$  имеют следующий смысл:  $V1$  – зарплата,  $V2$  – спрос на рабочую силу,  $V4$  – предложение рабочей силы,  $V3$  – количество рабочей силы на рынке труда. Смысл дуг:  $e_{12}$  – повышение (понижение) зарплаты приводит к снижению (повышению) спроса, т.е.  $a_{12} = -1$ , изображается штрих-пунктирной линией;  $e_{23}$  – понижение (повышение) спроса приводит к уменьшению (увеличению) количества рабочей силы на рынке труда;  $e_{14}$  – повышение (понижение) зарплаты приводит к повышению (снижению) предложения рабочей силы;  $e_{43}$  – повышение (понижение) предложения приводит к увеличению (уменьшению) безработицы (количества рабочей силы на рынке труда);  $e_{31}$  – увеличение (уменьшение) безработицы приводит к снижению (повышению) уровня зарплаты.

Исследование возможных тенденций развития ситуаций на рынке труда проводится путем внесения гипотетических возмущающих воздействий  $q_i$  в соответствующие вершины когнитивной карты [2, 3, 7, 8]. Получаемый набор графиков изменений сигналов в каждой вершине на различных тактах моделирования представляет собой «сценарий». Далее стоит задача выбора

из сценариев наилучшего по заданным критериям.

Подобным образом был проведен когнитивный анализ состояния рынка труда Северокавказского федерального округа (СКФО). Были разработаны схемы причинно-следственных связей в виде графа – когнитивных карт, призванных обозначить характер и структуру проблемной ситуации. Фрагмент одной из когнитивных карт, отражающий внутреннюю структуру взаимосвязи основных причин и следствий на региональном рынке труда, представлен на рисунке 3а. На рисунке 3б изображены графики импульсных процессов в 4-х вершинах, являющиеся иллюстрацией части сценария развития ситуаций при внесении положительного возмущения в вершину  $V_{11}$  «Государственная политика» по регулированию рынка труда, т.е. в предположении, что усилия государства будут направлены на улучшение положения на региональном рынке труда. Эти результаты моделирования получены с помощью программной системы когнитивного моделирования ПСКМ [6]. На графике рисунка 3б по оси ординат отмечены такты моделирования, по оси абсцисс – величины импульсов



**а) Рисунок 3. а) — когнитивная карта, б) — графики импульсных процессов при внесении возмущения  $q_{11} = +1$**

в вершинах когнитивной карты, которые порождаются начальным импульсом-возмущением в какую-либо вершину (или совокупностью возмущений).

Рисунок 3 представляет лишь незначительную часть результатов исследования регионального рынка труда депрессивной территории СКФО и иллюстрирует часть возможностей методологии когнитивного моделирования и поддерживающего ее инструментария — программной системы когнитивного моделирования. В итоге исследований было показано, что существенным фактором для обеспечения стабильного и безопасного развития социально-экономической системы юга России могут быть трудовые ресурсы, но для этого требуется повышение уровня человеческого потенциала окру-

га. Сейчас, когда для сферы российского рынка труда характерен переход от монополии государства в административном определении правил регулирования социально-трудовых отношений к развитию социального партнерства основных субъектов рынка труда (государство, наемный работник, работодатель, союз работодателей, профсоюзы), необходима программно-нормативная регламентация социально-трудовых отношений на принципах демократизации и регионализации.

По итогам проведенного исследования были разработаны предложения к стратегии развития рынка труда на территориях юга России, согласующиеся со Стратегией социально-экономического развития Северо-Кавказского федерального округа до 2025 года от 6 сентября 2010 г. №1485-рІ.

#### Примечания:

1. Макроэкономическая оценка состояния сферы занятости и рынка труда в России 2010-2025 годов: препринт / А.Г. Коровкин, И.Н. Долгова, И.Б. Королев [и др.]. М.: МАКС Пресс, 2011. 81 с.

2. Максимов В.И. Когнитивные технологии — от незнания к пониманию // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: сб. тр. 1-й Междунар. конф. (CASC'2001). М.: ИПУ РАН, 2001. Т. 1. С. 4-18.

3. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем / В.В. Кульба, Д.А. Кононов, С.С. Ковалевский [и др.]. М.: Изд-во ИПУ РАН, 2002. 122 с.

4. Абрамова Н.А., Авдеева З.К. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: проблемы методологии, теории и практики // Проблемы управления. 2008. №3. С. 85-87.

5. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. Ростов н/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 2005. 288 с.

6. 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.

7. Горелова Г.В. Информационные когнитивные технологии — методологическая основа исследования социально-экономических систем // Научная мысль Кавказа. Междисциплинарные и специальные исследования. 2008. С. 179-186.

8. Горелова Г.В. Когнитивное моделирование как инструмент в процессе познания большой системы // Когнитивное моделирование в лингвистике: труды XII-й Международ. конф. CML-2010. Дубровник, 2010. 11 с.

9. Когнитивные исследования проблем Юга России / Г.В. Горелова, М.Д. Розин, В.Н.Рябцев [и др.] // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Перспективные системы и задачи управления». Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. №3. С. 78-93.

10. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Gorelova I.S. Cognitive analysis of the structure and scenario development of socio-economic system // Cognitive Modeling in Linguistics: Proceedings of the XII-th International Conference CML-2010. September, 7-14. 2010. Dubrovnik, Croatia, 2010. P. 222-226.

11. Горелова Г.В. Моделирование сценариев развития социально-экономических систем на когнитивных картах юга России // Научно-правовое обеспечение развития инновационной экономики и модернизации промышленной политики России: сб. науч. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф., Израиль, 2012. Краснодар: Изд-во ЮиМ, 2012. С. 76-86.

---

12. Городецкий В.И., Самойлов В.В. Ассоциативный и причинный анализ и ассоциативные байесовские сети // Труды СПИИРАН. 2009. Вып. 9. С. 13-65.

**References:**

1. A macroeconomic assessment of a condition of the sphere of employment and a labor market in Russia of 2010-2025: preprint / A.G. Korovkin, I.N. Dolgova, I.B. Korolev [etc.]. M.: MAX Press, 2011. 81 p.

2. Maksimov V.I. Cognitive technologies: from ignorance to understanding // The cognitive analysis and control of situation development: Proc. 1st Intern. Conf. (CASC' 2001). M.: IPU Russian Academy of Sciences, 2001. V. 1. P. 4-18.

3. Scenario analysis of the dynamics of social and economic system behavior / V.V. Kulba, D.A. Kononov, S.S. Kovalevsky [etc.]. M.: Publishing House of IPU Russian Academy of Sciences, 2002. 122 p.

4. Abramova N.A., Avdeeva Z.K. Cognitive analysis and control of situation development: problems of methodology, theory and practice // Problematic Aspects of Management. 2008. No. 3. P. 85-87.

5. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Ginis L.A. Cognitive analysis and modeling of a sustainable development of social and economic systems. Rostov-on-Don: Rostov University Publishing House, 2005. 288 p.

6. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Radchenko S.A. Research of weakly structured problems of social and economic systems: cognitive approach. Rostov-on-Don: RGU Publishing House, 2006. 332 p.

7. Gorelova G.V. Information cognitive technologies as a methodological basis of research of social and economic systems // Scientific Thought of the Caucasus. Interdisciplinary and Special Researches. 2008. P. 179-186.

8. Gorelova G.V. Cognitive modeling as the tool in the course of knowledge of big system // Cognitive Modeling in Linguistics: Proc. 12-th Intern. Conf. CML-2010. Dubrovnik, 2010. 11 p.

9. Cognitive researches of problems of the South of Russia / G V. Gorelova, M.D. Rozin, V.N. Ryabtsev [etc.] // YuFU News. Technical Science. Thematic issue "Promising Systems and Problems of Management". Taganrog: TTI YuFU Publishing House, 2011. No. 3. P. 78-93.

10. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Gorelova I.S. Cognitive analysis of the structure and scenario development of socio-economic system // Cognitive Modeling in Linguistics: Proc. 12-th Intern. Conf. CML-2010. September, 7-14. 2010. Dubrovnik, Croatia, 2010. P. 222-226.

11. Gorelova G.V. Modeling of scenarios of development of social and economic systems on cognitive maps of the South of Russia // Scientific legal support of development of innovative economy and modernization of industrial policy of Russia: Proc. Intern. Sci. Conf., Israel, 2012. Krasnodar: YuIM Publishing House, 2012. P. 76-86.

12. Gorodetsky V.I., Samoilo V.V. The associative and causal analysis and Bayesov's associative networks // Proc. SPIIRAN. 2009. Iss. 9. P. 13-65.