

---

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

## MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMY

УДК 330.46

ББК 65с51

Г 68

**Г.В.Горелова**

*Доктор технических наук, профессор кафедры государственного и муниципального управления Технологического института Южного федерального университета в г. Таганроге. Тел.: (8634) 39 42 64.*

**И.С. Горелова**

*Кандидат экономических наук, ассистент кафедры информационно-аналитических систем безопасности Технологического института Южного федерального университета в г. Таганроге. Тел.: (928) 113 08 49, e-mail: kundicheva@mail.ru*

**Е.Н. Захарова**

*Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и управления Адыгейского государственного университета, г. Майкоп. E-mail: zahar-e@yandex.ru*

### **Теоретико-игровое моделирование взаимодействия сложных систем, представляемых иерархическими когнитивными картами**

*(Рецензирована)*

Проект по гранту ФЦП 2009-2011 «Научные и научно-педагогические кадры»,  
08-07-00319-а (GRID) и 08-08-009-а, грант №2009-1.1-306-077-004  
«Моделирование процессов социального взаимодействия  
и проблем национальной безопасности Юга России»

**Аннотация.** В статье представлены модели иерархических когнитивных карт, описывающих сложные системы, взаимодействие которых моделируется многошаговыми играми. Предложенное сочетание теоретико-игрового и когнитивного моделирования для исследования и обоснования принятия управленческих решений в сложных системах проиллюстрировано примером моделирования систем малого и среднего бизнеса.

**Ключевые слова:** социально-экономическая система; когнитивная карта; иерархия; импульсное моделирование; управление ситуациями; многошаговые игры.

**G.V. Gorelova**

*Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of State and Municipal Management, Institute of Technology, Southern Federal University, Taganrog. Ph.: (88634) 39 42 64.*

**I.S. Gorelova**

*Candidate of Economics, Lecturer Assistant of Department of Information-Analytical Systems of Security, Institute of Technology, Southern Federal University, Taganrog. Ph.: (928) 113 08 49, e-mail: kundicheva@mail.ru*

---

**E.N. Zakharova**

*Doctor of Economics, Professor, Head of Economy and Management Department,  
Adyge State University, Maikop. E-mail: zahar-e@yandex.ru*

## **Game-theoretical modeling of interaction of the composite systems represented by hierarchical cognitive maps**

The project within the Federal Target Program 2009-2011 grant  
“Scientific and Scientific — Pedagogical Staff”, 08-07-00319-a (GRID)  
and 08-08-009-a, grant No. 2009-1.1-306-077-004 “Modeling of processes  
of social interaction and problems of national security of the South of Russia”

**Abstract.** The paper presents the models of the hierarchical cognitive maps describing composite systems the interaction of which is modeled by multi-step games. The proposed combination of game-theoretic and cognitive modeling to study and prove the adoption of administrative decisions in composite systems is illustrated with an example of modeling of systems of small and medium business.

**Keywords:** social and economic system; cognitive map; hierarchy; impulse modeling; management of situations; multi-step games.

**Введение.** В последние годы для исследования слабоструктурированных проблем социально-экономических, экологических, политических систем, которые принято называть «сложными» или «большими» системами, начинают активно применяться когнитивные технологии [1]. С помощью когнитивных технологий исследуемый объект описывается моделями в виде когнитивных карт различной сложности. Это позволяет проводить исследование различных свойств системы на ее когнитивных моделях [1-3], поскольку натурный эксперимент над сложными системами дорог или принципиально невозможен. В данной статье представлено развитие когнитивной методологии в направлении моделирования сложных систем иерархическими когнитивными моделями [4] и моделирования взаимодействия сложных систем в виде позиционных (многоступенчатых) игр, которые разыгрываются в вершинах иерархических когнитивных карт двух (нескольких) систем [5-8]. Методология когнитивного теоретико-игрового моделирования может быть предназначена для интеллектуальных систем поддержки принятия решений. В качестве иллюстрации практического применения разрабатываемой методологии приведен пример моделирования системы малого и среднего предпринимательства (МСП) [9]. Исследования состояния МСП России показывают, что динамика основных показателей его

развития неудовлетворительна, поэтому органы власти всех уровней продолжают разрабатывать и реализовывать меры по поддержке субъектов МСП с учетом территориальных и региональных социально-экономических особенностей.

**Моделирование системы МСП.** Теоретический обзор методов исследования и принятия управленческих решений в сфере МСП позволил выявить их узконаправленный характер, что в значительной степени ограничивает эффективность их использования при комплексном анализе системы предпринимательства, выявлении проблем ее взаимодействия с внешней средой, разработке и реализации системно взаимосвязанных федеральных, региональных и муниципальных программ развития субъектов бизнеса. Поэтому для анализа состояния МСП, его взаимодействия с органами власти, крупными предприятиями, инфраструктурными и институциональными организациями и обоснования решений по управлению предпринимательством была разработана методология в виде системы методов, отображающая содержание и последовательность процессов исследования и обоснования решений. Она включает в себя следующие этапы:

**1 этап** — Систематизированное описание МСП.

1.1. *Анализ МСП. Анализ проблем, сбор и первичная обработка фактологического материала, диагноз со-*

стояния сектора МСП, исследование динамики его развития — изменения социально-экономических состояний.

В процессе систематизации и анализа существующих количественных и качественных данных о состоянии МСП, о взаимодействии его с внешней средой, выявления его проблем могут быть использованы базисные теоретические данные о социально-экономических системах, теоретический материал по малому предпринимательству, законы и программы развития, статистический материал, собираемый комитетом государственной статистики РФ, а также результаты социологических опросов руководителей малых предприятий, индивидуальных предпринимателей, руководителей инфраструктурных организаций и представителей региональных органов власти, курирующих МСП.

**1.2. Анализ МСП. Определение структуры системы МСП.** Построение иерархической системы МСП: представление структуры в виде соподчиненных подсистем, образующих иерархию, на основе вертикальной декомпозиции; выявление между подсистемами каждого уровня связей, вида вмешательства и взаимодействия.

**2 этап** — Построение когнитивной иерархической модели системы МСП.

**2.1.** Определение для каждого уровня иерархической системы МСП списка базисных факторов, которые необходимо учитывать при анализе состояния МСП и его взаимодействия с внешней средой.

**2.2.** Выделение среди базисных факторов целевых факторов, управляющих факторов, которые будут являться возможными рычагами воздействия на ситуацию, и факторов-индикаторов, отражающих и объясняющих развитие процессов в ситуации и их влияние на различные объекты МСП.

**2.3.** Установление причинно-следственных связей между факторами внутри подсистем, выявление всех взаимосвязей между факторами, находящимися на разных уровнях иерархии.

**2.4.** Построение когнитивных карт подсистем малого и среднего предпри-

нимательства для каждой страты иерархии.

**2.5.** Структурное объединение модели МСП в виде иерархической когнитивной карты.

**3 этап** — Разработка когнитивных моделей взаимодействия объектов малого и среднего предпринимательства с внешней средой в виде функционального графа.

**3.1.** Определение степени взаимосвязей между факторами; установление функциональных зависимостей между вершинами.

**3.2.** Построение когнитивной модели для каждой страты иерархии в виде функционального графа.

**3.3.** Структурное объединение иерархической когнитивной модели в виде функционального графа.

**4 этап** — Анализ структуры когнитивных моделей МСП.

**4.1.** Анализ путей и причинно-следственных связей; выявление изменений процессов, вызванных возмущениями.

**4.2.** Анализ q-связности: определение структуры (симплексов), более всего влияющих на процессы в системе и образующих группы вершин, которые рациональнее выбирать в качестве управляющих.

**5 этап** — Исследование устойчивости МСП на когнитивных моделях.

**5.1.** Исследование структурной устойчивости.

**5.2.** Исследование устойчивости по значению и по возмущению.

**6 этап** — Сценарное (импульсное) моделирование саморазвития системы МСП и ее подсистем под воздействием неуправляемых возмущений.

**6.1.** Моделирование эволюционного развития (при сохранении тенденций) подсистем и иерархической системы малого и среднего бизнеса.

**6.2.** Определение возможных сценариев саморазвития.

**7 этап** — Сценарное (импульсное) моделирование процессов под воздействием возмущающих и управляющих факторов.

**7.1.** Анализ сценариев саморазвития системы МСП: определение тенден-









