

Кульба Владимир Васильевич

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.

E-mail: kulba@ipu.ru.

117997, г. Москва, Профсоюзная, 65.

Тел.: 84953349009.

Лаборатория модульных информационно-управляющих систем; заведующий лабораторией; д.т.н.; профессор.

Сомов Дмитрий Сергеевич

E-mail: somov.dmitry@gmail.com.

Тел.: +79265323158.

Лаборатория модульных информационно-управляющих систем; аспирант.

Кочкар Азрет Ахматович

Концерн «РТИ Системы».

E-mail: akochkar@gmail.com.

127083, г. Москва, ул. 8 Марта, 10, стр. 1.

Тел.: 84956141751.

Руководитель управления инновационного развития; к.ф.-м.н.

Kulba Vladimir Vasil'evich

Trapeznikov Institute of Control Sciences of RAS.

E-mail: kulba@ipu.ru.

65, Profsovnaya Street, Moscow, 117997, Russia.

Phone: +74953349009.

The Laboratory of Modular Information-Operating Systems; Head the Labjratory; Dr. of Eng. Sc., Professor.

Somov Dmitry Sergeevich

E-mail: somov.dmitry@gmail.com.

Phone: +79265323158.

The Laboratory of Modular Information-Operating Systems; Postgraduate Student.

Kochkarov Azret Aхmatovich

Concern "RTI Systems".

E-mail: akochkar@gmail.com.

10, 8 Marta Street, bild 1, Moscow, 127083, Russia.

Phone: +74956141751.

The Head of Management of Innovative Development; Cand. of Phis.-Math. Sc.

УДК 15: 519.876

Г.В. Горелова, Э.В. Мельник

**О КОГНИТИВНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ СИТУАЦИЙ
В РЕГИОНЕ В УСЛОВИЯХ БЫСТРЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДЫ
И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ***

Представлены основы когнитивного моделирования процессов взаимодействия разных субъектов и принятия решений по обеспечению устойчивого и безопасного развития региональных систем динамичными иерархичными когнитивными моделями. Модели адаптируются к быстрым изменениям внешней среды и позволяют анализировать возможности взаимодействия (противоборства или/и коалиции) нескольких участников. Работа

* Исследование выполнено в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры», грант № 2009-1.1-306-077-004 «Моделирование процессов социального взаимодействия и проблем национальной безопасности Юга России».

организована на базе децентрализованных принципов коллективного принятия решений, что обеспечивает оперативный доступ к необходимой информации и ее обработку. Модели и методы предназначены для интеллектуальных систем поддержки управленческих решений на основе многопроцессорных вычислительных систем.

Когнитивная карта; иерархия; динамика; взаимодействие; многопроцессорные вычислительные системы; принятие решений.

G.V. Gorelova, E.V. Melnik

ABOUT COGNITIVE SIMULATION OF SITUATIONS IN THE REGION IN A RAPIDLY CHANGING ENVIRONMENT AND OPPOSITION

The paper presents the basics of cognitive modeling the interaction of different actors and decision-making for sustainable and safe development of regional systems of dynamic hierarchical cognitive model. Model adaptable to rapid environmental changes and allow you to analyze the possibility of interaction (antagonism and / or coalition) of several participants. The work is organized on the basis of the principles of decentralized collective decision making that provides quick access to relevant information and process it. Models and methods designed for intelligent support systems for management decisions based on multiprocessor systems.

Cognitive map; hierarchy; dynamics; interaction; multiprocessor systems; decision making.

Введение. Управление сложными системами в социально-экономической, политической, военной и др. сферах требует предварительно моделирования и оценки результатов принятия управленческих решений для исключения возможных катастрофических последствий этих решений. Целью исследования является разработка моделей и методов, позволяющих имитировать объекты и их взаимодействие, генерировать возможные решения, оценивать их последствия и выбирать наилучшие в рассматриваемой ситуации. В данной статье основное внимание уделено когнитивному подходу [1–5] и развиваемому на его основе когнитивному моделированию [6–9]. Представлен в общем виде комплекс моделей, включающий динамические иерархические когнитивные модели [10–12], отражающие структуру исследуемых систем, позволяющие анализировать возможные тенденции их развития и оценивать их согласно принятым критериям устойчивого и безопасного развития [13]. Выбор решений определяется правилами принятия решений в условиях вероятностной неопределенности [14, 15] или в условиях конфликта [16–18]. Назначением моделей и методов является использование их в интеллектуальных системах поддержки принятия решений (ИСППР) [19–22], вычислительные процессы организуются на базе децентрализованных принципов коллективного принятия решений [23].

1. Когнитивные модели. Для решения задач прогнозирования, упреждающего определения и предотвращения угроз региону в условиях быстрых изменений внутренней и внешней среды, для разработки эффективных управленческих решений предлагается использовать иерархию динамических когнитивных моделей, адаптирующуюся к контролируемым изменениям обстановки в регионе и к результатам прогнозирования по результатам вычислительного эксперимента на когнитивных моделях. Основой для разработки и применения комплекса моделей конкретных взаимодействующих сложных систем служат данные наблюдений, а также экспертные, статистические и теоретические данные в соответствующей предметной области. В процессе имитации принимаемых решений в ИСППР используются топографическая и логическая карты и соответствующие вычислительные информационные ресурсы. *Топографическая карта* – информационная структура, предназначенная для визуализации текущей обстановки, предполагает наличие таких объектов, как элементы местности, расположение предприятий, зданий и т.п., а также местонахождение объектов, представляющих угрозы при-

родного, техногенного характера и человеческого фактора. Используется также в процессе принятия решений как источник данных о перечисленных объектах. Предусматриваются различные уровни детализации информации и обновление данных в реальном масштабе времени. *Логическая карта* – информационная структура, предназначенная для организации процесса принятия решений на основе качественных методов анализа развития ситуации. Строится на базе разработанных когнитивных карт различной степени детализации и методов когнитивного моделирования, позволяющих решать последовательность взаимосвязанных системных задач. Позволяет на основе имеющейся информации составлять прогноз развития ситуации и рекомендовать те или иные действия. *Вычислительные информационные ресурсы* – расширенный комплекс программно-технических средств и данных, предназначенных для организации вычислительных ресурсов.

Базовой основой когнитивного моделирования является *когнитивная карта* [1–5]. Это представление объектов (вершины когнитивной карты) и их характеристик во взаимодействии друг с другом и с объектами внешней среды (дуги когнитивной карты). Математически когнитивная модель – это знаковый ориентированный граф

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

где $V = \{v_i | v_i \in V, i=1, 2, \dots, k\}$ – множество вершин, являющихся элементами изучаемой системы, которые могут иметь смысл блоков системы, отдельных показателей и факторов или их групп в блоках, $E = \{e_i | e_i \in E, i=1, 2, \dots, k\}$ – множество дуг, отражающих взаимосвязь между вершинами V_i и V_j ; влияние V_i на V_j в изучаемой ситуации может быть положительным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к увеличению (уменьшению) другого, отрицательным, когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к уменьшению (увеличению) другого, или отсутствовать в рассматриваемой ситуации.

Возможность графического изображения когнитивной карты является одним из ее существенных преимуществ перед другими моделями, ибо визуализация существенно помогает лицу, принимающему решение, осознать задачу, выработать и наглядно оценить возможные решения.

В зависимости от цели составления когнитивной модели и степени информированности пользователей на определенном этапе принятия решений, когнитивная модель может быть в различной степени детализирована и иметь не только качественные, но и количественные элементы. Так, одной из более общих форм когнитивной модели является параметрический векторный функциональный граф:

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

где $X: V \rightarrow \theta$, X – множество параметров вершин, θ – пространство параметров вершин; $F = F(X, E)$ – функционал преобразования дуг, $F: E \times X \times \theta \rightarrow R$. В частном случае $F = f(x_i, x_j, e_{ij}) = w_{ij}$ – весовые коэффициенты (могут быть определены экспертно, по результатам обработки статистической или иной информации).

Дальнейшим усложнением модели является модифицированный МФ – граф, в котором для отражения происходящих в системе изменений под воздействием всевозможных возмущений, в модель вводится время [24]. Также в зависимости от степени информированности и ситуационных условий когнитивная карта может быть представлена в виде нечеткого (расплывчатого) графа.

Динамичная когнитивная модель, или *когнитивная модель с перестраиваемой структурой* – это модель, в которой по определенным правилам, в соответствии с внутренними и внешними условиями S изменяются структура, направление и характер функциональных связей между вершинами, а также скорость реакции на возмущения. Динамичная когнитивная модель имеет вид

$$M\Phi D = \langle G(C), X(C), F(C), \theta, t, R \rangle, \quad (3)$$

где $G(C)$ – когнитивная карта с перестраиваемой структурой, $X(C)$ – изменяющиеся параметры вершин когнитивной карты, $F(C)$ – изменяющиеся функциональные связи между вершинами, θ – пространство параметров вершин, t – время, R – правила изменения структуры.

Задачи принятия управленческих решений и управления ситуациями в регионе в изменяющейся внешней среде иерархичны по своей природе, поэтому необходимо разрабатывать систему когнитивных карт, выстроенных в иерархию уровней управления. В динамично изменяющихся условиях внешней среды для быстрого и четкого реагирования на изменения необходимо разрабатывать и использовать иерархическую систему динамических когнитивных карт.

На высшем уровне иерархии должна быть обобщающая когнитивная модель, имеющая в своей основе базовую когнитивную карту с жестко заданной структурой и набор когнитивных моделей с правилами перестройки структуры, которые могут быть включены в работу в зависимости от изменения внешних и внутренних условий.

Предлагаются иерархические модели, в общем случае имеющие вид

$$IG = \langle G_k, G_{k+1}, E_k \rangle, \quad G_k = \langle \{v_i^{(k)}\}, \{e_{ij}^{(k)}\} \rangle, \quad (4)$$

где G_k, G_{k+1} – когнитивные карты (знаковые ориентированные графы) на уровнях $k, k \geq 2, E_k = \{e_{k,k+1}\}$ – множество дуг между уровнями $k, e_{k,k+1}$ – отношения между вершинами разных уровней; $\{v_i^{(k)}\}$ – множество вершин k -го уровня, $e_{ij}^{(k)}$ – дуги, отражающие отношения между вершинами одного уровня.

Количество иерархических уровней может определяться существующей системой управления объектом.

Можно представить несколько взаимодействующих объектов, функционирующих в определенной окружающей среде. Следует рассмотреть возможные формы их взаимодействия. Стороны могут находиться в отношениях сотрудничества (кооперации, коалиции) или противоборства (конкуренции). В случае взаимодействия N сторон общая модель представляет собою систему иерархических когнитивных моделей

$$IGG_N = \{IG_{jk}, R, A\}, \quad (5)$$

где $IG_k = \langle G_{jk}, G_{j(k+1)}, E_{jk} \rangle, R$ – правила изменения структуры когнитивных моделей, A – правила взаимодействия.

Сложная система в виде модели (5) проиллюстрирована рис. 1.

При задании иерархической когнитивной модели стороны j в виде параметрических векторных графов Φ_{knj} система моделей будет следующей:

$$I\Phi_N = \{I\Phi_{njk}, R, A\}, \quad I\Phi_{njk} = \langle \langle G_{jk}, G_{i(k+1)}, E_{jk}, F_j^{(k)}, X_j^{(k)}, \theta_j^{(k)} \rangle \rangle, \quad (6)$$

где $I\Phi_{njk}$ – иерархическая параметрическая когнитивная модель стороны j на уровне $k, X_j^{(k)}$ – параметры вершин стороны j на k иерархическом уровне, $F_j^{(k)}$ – функционал преобразования дуг и $\theta_j^{(k)}$ – пространство параметров вершин на иерархическом уровне k .

В зависимости от информации об изменениях состояний j сторон и состояния окружающей среды Ω , а также результатов предварительных исследований, на моделях могут применяться когнитивные карты с перестраиваемой структурой, которые назовем *динамичными иерархическими когнитивными моделями*. При этом предусматривается возможность изменения всех составляющих модели: чис-

ло, характер, параметры вершин и дуг, функционалы преобразования дуг, весовые коэффициенты и др. с учетом времени.

Модель динамической иерархической когнитивной модели имеет общий вид

$$ИМФД_{nj} = \left\langle \left\langle G_{jk}(St), G_{j(k+1)}(St), E_{jk}(St), X_j^{(k)}(St), \theta_j^{(k)}, t, R_{St} \right\rangle \right\rangle, \quad (7)$$

где $G(St)$ – когнитивные карты с перестраиваемой структурой St в зависимости от влияния среды Ω , $X(St)$ – изменяющиеся параметры вершин когнитивной карты, $F(St)$ – изменяющиеся функциональные связи между вершинами, θ – пространство параметров вершин, t – время, R_{St} – правила изменения структур.

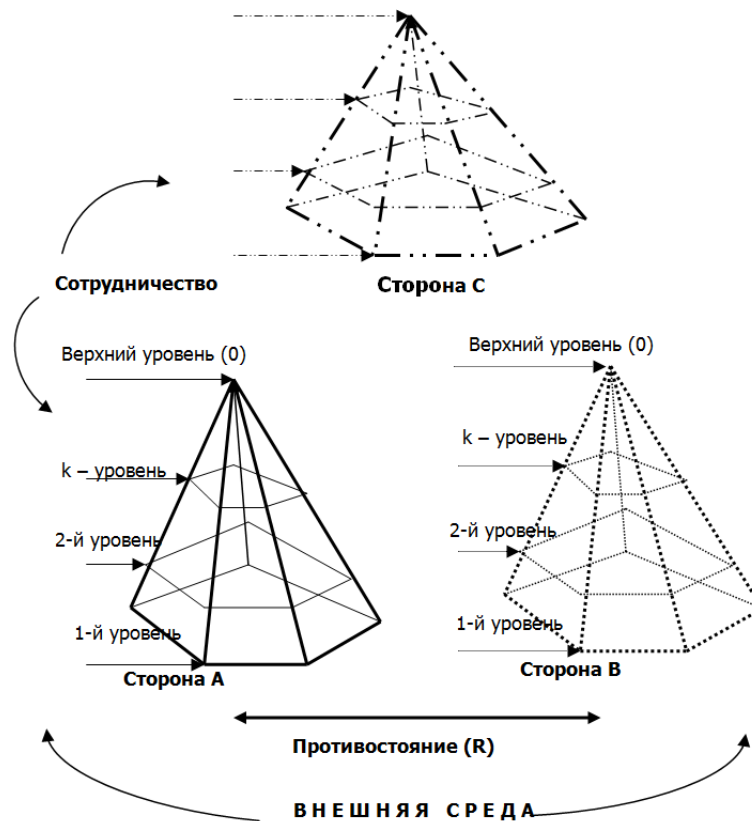


Рис. 1. Сложная система в виде модели системы иерархических когнитивных моделей

Наиболее распространенными задачами когнитивного моделирования, помимо разработки когнитивной модели, являются задачи структурного анализа и анализа импульсных процессов, который позволяет научно предвидеть возможное развитие ситуаций под воздействием различных возмущений. Структурный анализ сложности, связности, структурной устойчивости сложной системы, которая идентифицирована когнитивными моделями [6–9], дает возможность оценивать ее качество в целом, определять предельные возможности структуры в изменяющихся условиях среды, при которых она не в состоянии будет устойчиво выполнять свое назначение, а также по необходимости целенаправленно перестраивать структуру [10–12].

Под влиянием различных возмущений значения переменных в вершинах графа могут изменяться; сигнал, поступивший в одну (или несколько) из вершин, распространяется по цепочке на остальные, усиливаясь или затухая, порождая импульсный процесс.

Модель импульсного процесса [4, 24] – это кортеж

$$IP = \langle M\Phi Д, Q, PR \rangle, \quad (8)$$

где *MΦД* – динамичная когнитивная модель, $Q = \{Q_i(T_n)\}$ – последовательность возмущающих воздействий, направленных в вершины V_i , где i – номер вершины, в которую вводится возмущение, $T_n = \{t_1, \dots, t_n\}$ – интервал воздействия на вершину; *PR* – правило изменения параметров.

При зависимости параметра x_i от времени, т.е. $x_i(t)$, $t=1,2,3,\dots$, можно определить процесс распространения возмущения по графу, т.е. переход системы из состояния t_{n-1} в t_n, t_{n+1}, \dots . Пусть значение $x_i(t_{n+1})$ в вершине V_i зависит от $x_i(t_n)$ и от вершин, смежных с V_i . Пусть V_i смежна с V_j , пусть тогда влияние этого изменения на параметр x_i в момент t будет описываться функцией $\pm P_j(t_n)$ в зависимости от знака дуги, соединяющего V_i и V_j . Тогда правило (*PR*) изменения параметров в вершинах в момент t_{n+1} будет следующим:

$$x_{v_i}(n+1) = x_{v_i}(n) + \sum_{v_j: e_{ij} \in E}^{k-1} f(x_i, x_j, e_{ij}) P_j(n) + Q_i(n), \quad (9)$$

где $x(n)$, $x(n+1)$ – величины показателя в вершине V при шагах имитации в момент $t = n$ и следующим за ним $t = n+1$, n – такты моделирования; $P_j(n)$ – изменение в вершине V_j в момент времени t_n ; $Q_i(n+1) = \{q_{it}\}_{i=1}^k$, $n=0,1, 2, \dots$, – вектор внешних импульсов q_{it} , вносимых в вершины V_i в момент времени t_n .

Импульсное моделирование развития ситуаций позволяет выявить возможные сценарии развития системы – от пессимистичных до оптимистичных. На основании сценариев проектируется стратегия управления системой, которая далее реализуется лицом, принимающим решение, в соответствии с диктующими условиями внешней среды.

В состояниях внешней среды можно выделить два типа: пассивное и активное. В зависимости от этого необходимо использование двух вариантов когнитивных моделей – базовых, со стандартной в данных условиях структурой, и динамичных, которые дополняют или заменяют стандартные и могут перестраиваться в режиме реального времени.

Если среда «пассивна» (природа), то противодействие среды реализуемым решениям стихийно. Возможный диапазон «противодействия»: от полной «поддержки» до препятствования по всем направлениям. Если среда «активна» (конкуренция, противник), то может быть осознанное противодействие (диапазон: от полного антагонизма до частичной кооперации).

Для формализации задач принятия решений и выбора лучших решений: в первом случае – теория «игр с природой» (вероятностные задачи принятия решений [14, 15]), во втором – теория игр [16–18].

В случае пассивной среды рассматриваются состояния природы:

- ◆ в соответствии с привязкой к географической местности региона, карта со всеми необходимыми данными о расположении городов, поселков, административными и культурными центрами и т.п.;
- ◆ в соответствии с экологической обстановкой, карта с климатическими зонами и другими характеристиками природных условий;
- ◆ в соответствии с ресурсным состоянием региона, природными и производимыми возобновимыми, невозобновимыми ресурсами;

- ◆ в соответствии с социально-экономической обстановкой региона;
- ◆ в соответствии с военно-политической обстановкой в регионе;
- ◆ в соответствии с расположением объектов реализации управленческих решений (пункты управления): а) только реализующих вышеразработанные управленческие решения, б) частично разрабатывающих управленческие решения – в соответствии со своим уровнем.

Рассматриваемые состояния активной среды:

- ◆ в соответствии с ресурсным потенциалом другой стороны;
- ◆ в соответствии со стратегиями поведения другой стороны;
- ◆ в соответствии с информационными условиями, прогнозом развития ситуаций;
- ◆ в соответствии с возможностью кооперирования против третьей стороны;
- ◆ в соответствии с собственными стратегиями поведения;
- ◆ в соответствии с собственным ресурсным потенциалом.

Вершины когнитивных моделей могут разворачиваться в самостоятельные когнитивные карты, которые представляют более подробную характеристику обстановки (среды).

Возможны различные постановки задач принятия решений в зависимости от того, какой случай рассматривается (один объект или несколько, учитываются или нет изменения когнитивной модели по ходу исследований и каков характер взаимодействия). При формализации процесса принятия решения необходимо получить выражение для критерия (целевой функции) эффективности функционирования K . Построение целевой функции зависит от типа задачи принятия решений, который определяется информационной ситуацией.

Выбор лучшей стратегии осуществляется согласно «принципу рациональности» – определению $\max K$ или $\min K$, или $\max \min K$.

В задачах принятия решений на динамичных иерархических когнитивных картах предлагается чаще всего использовать «принцип рациональности» в форме критерия для вероятностных задач принятия решений (в форме, предложенной Д.В. Свечарником – задача об оптимальности номинала [14, 15]) или задач в условиях неопределенности второго рода (теория игр) – в форме критерия максимизации математического ожидания полезности (Бернулли, Сэвидж, Дж. фон Нейман и О. Моргенштерн).

При проектировании системы поддержки управленческих решений на основе когнитивного моделирования в основу могут быть положены: программная система когнитивного моделирования (ПС КМ) [7] и программная реализация взаимодействия сторон, базирующаяся на моделях (1)–(7).

2. Пример моделирования. На рис. 2 и 3 представлен один из возможных вариантов взаимодействия пяти участников, имитируемых пятью вычислительными устройствами. Взаимодействие между ними может происходить по схеме № 1 (пассивная среда) и/или № 2 (активная среда) – рис. 2.

Система принятия решений – двухуровневая. Лица, принимающие решение (ЛПР), могут быть нижнего (не выделены на рис. 2) и верхнего уровней (на рис. 2 обозначен 2-й уровень). Стороны А и В противодействуют (конкурируют), сторона А может сотрудничать со стороной С. В случае схемы № 2 сторона В в эксперименте представлена тремя участниками В1, В2, В3, взаимодействие между которыми может быть отображено полным графом (все взаимодействуют со всеми – коалиция) или его подграфом (тот или иной вид кооперации).

Взаимодействие сторон на первых стадиях эксперимента в целях выявления основных возможных тенденций моделируется в виде взаимодействия простых когнитивных карт типа (1), каждая из которых инициирует соответствующий импульсный процесс на соседних моделях взаимодействующих сторон. В качестве

базовой когнитивной карты в данном случае положена структура, изображенная на рис. 3. Количество и название вершин отражают условия принятия решений. Возникшая опасность (вершина V1) со стороны среды инициирует ответные действия (концепт – вершина V2) ЛПП (концепт – вершина V0), результативность которых (концепт – вершина V4) – ущерб (или экономическая эффективность в другой постановке задачи) зависит от готовности (имеющихся средств) – вершина (концепт) V3. Эта когнитивная карта отражает основные отличительные черты представления любой проблемной ситуации: наличие ЛПП, имеющего цель (предотвратить опасность) и разные возможности ее достижения (степень готовности, средства, альтернативы, стратегии...), различные результаты (ущерб, эффективность...) и правила принятия решений (ответные действия). Отношения между этими концептами могут быть достаточно разнообразными. На рис. 3 представлен один из анализируемых вариантов для сторон А и В. Сплошные линии соответствуют отношению «увеличение» (уменьшение) сигнала в вершине v_i ведет к «увеличению» (уменьшению) сигнала в вершине v_j , пунктирные линии соответствуют отношению «увеличение» (уменьшение) сигнала в вершине v_i ведет к «уменьшению» (увеличению) сигнала в вершине v_j .

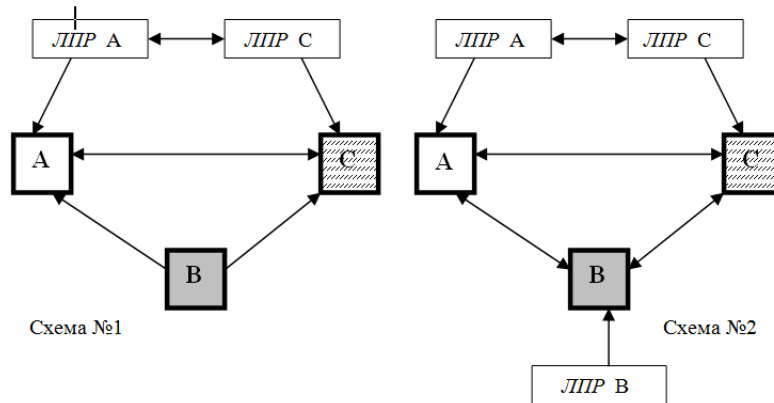


Рис. 2. Схемы взаимодействия сторон А, В, С

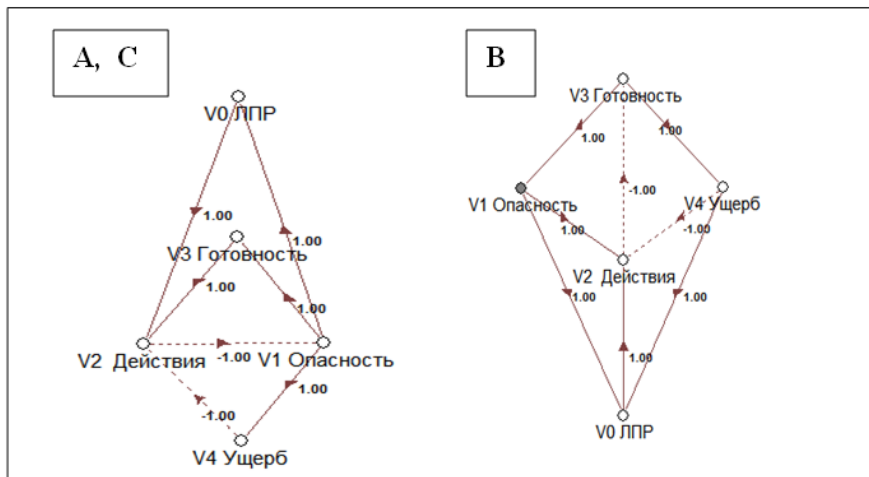


Рис. 3. Базовые когнитивные карты для сторон А, С и В

Анализ когнитивных карт по отдельности дал следующие результаты.

Для сторон А и С решение характеристического уравнения матрицы отношений графа имеет 5 корней, максимальное по модулю число равно 1, для системы характерны устойчивые колебания. Это иллюстрируется также графиками импульсных процессов – сценарии на рис. 4–7.

Сценарий № 1. Пусть появляется опасность. Это первоначально моделируется по формуле (9) односторонним единичным импульсом $q_1 = +1$, в остальные вершины возмущения не вносятся, т.е. вектор возмущений $Q = \{+1, 0, 0, 0\}$. Начальные значения во всех вершинах полагаются нулевыми. Тенденции изменения сигналов в вершинах представлены на рис. 4, где по оси абсцисс отмечены такты моделирования, по оси ординат – величины импульсов, генерируемых в вершинах под влиянием анализируемых возмущающих воздействий.

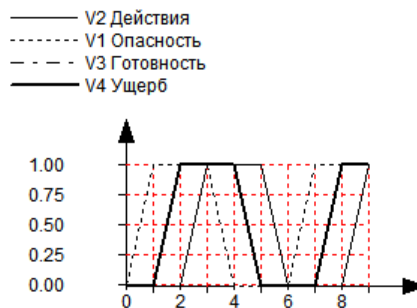


Рис. 4. Сценарий № 1: вектор возмущений $Q = \{+1, 0, 0, 0\}$, появляется опасность – внесение возмущающего воздействия $q_1 = +1$ в вершину V1

Совокупность импульсных процессов во всех вершинах образуют соответствующий сценарий развития системы. Из рис. 4 видно, что возникновение опасности (штрих-линия V1 из начала координат) на такте моделирования $n=1$ инициирует вершины V3 и V4 (на рис. 4 эти линии совпадают, так как импульс одновременно приходит в обе вершины), а на такте $n=2$ начинаются действия – сплошная линия V2. Это приводит к снижению опасности и ущерба на следующих тактах моделирования.

Приведем еще несколько сценариев.

Сценарий № 2. Появляется опасность ($q_1 = +1$), но готовность системы низкая $q_3 = -1$ и очень низкая $q_3 = -2$ (рис. 5).

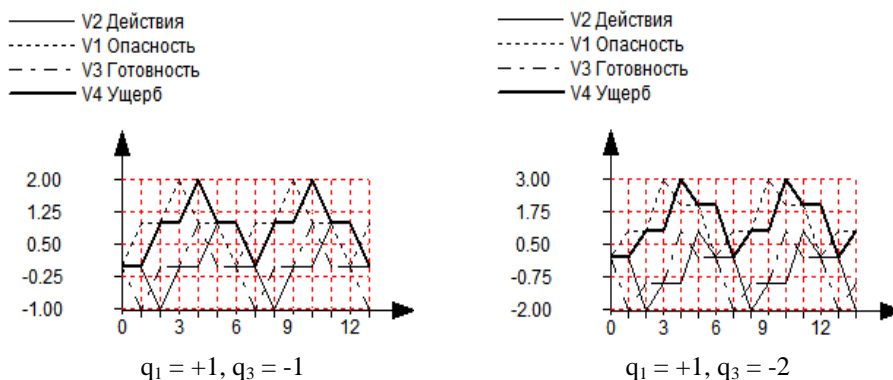


Рис. 5. Сценарий №2: вектор возмущений $Q = \{+1, 0, -1, 0\}$ и $Q = \{+1, 0, -2, 0\}$

Как видно из рис. 5, вновь наблюдается колебательный процесс, но отрицательные последствия проявляются сильнее в случае $Q = \{+1, 0, -2, 0\}$, амплитуда колебаний больше и наблюдается асимметрия внутри каждого цикла.

Сценарий № 3. Появляется опасность ($q_1 = +1$), но система начинает действовать $q_2 = +1$ (рис. 6).

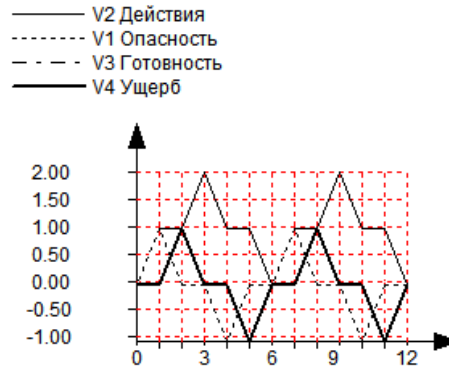


Рис. 6. Сценарий № 3: вектор возмущений $Q = \{+1, +1, 0, 0\}$

Как видно из рис. 6, активизация действий приводит к возможности сдерживать опасность и ущерб на уровне, более низком, нежели в предыдущих случаях.

Рассмотрим возможность более энергичного противодействия негативным воздействиям среды.

Сценарий № 4. Пусть опасность появляется ($q_1 = +1$), но система начинает активно действовать ($q_2 = +2$), при этом высока и степень готовности ($q_3 = +1$) (рис. 7).

Тенденции на рис. 7 кажутся более благоприятными, нежели в рассмотренных выше случаях.

Поскольку в данном примере (на первых этапах исследования) моделируется простейший вариант процесса без затуханий, задержек, количественного изменения параметров в вершинах и др., то на последующих тактах моделирования характер процессов в точности повторяется, наблюдаем колебательный процесс с постоянной амплитудой во всех сценариях. Этот идеализированный вариант, тем не менее, позволяет представить и понять основные тенденции развития возможных процессов в системе.

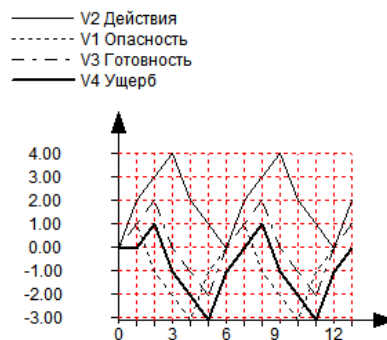


Рис. 7. Сценарий № 4: вектор возмущений $Q = \{+1, +2, +1, 0\}$

На рис. 4–7 проиллюстрирован еще один факт – многообразие процессов на одной и той же структуре, даже на относительно простой когнитивной карте. Едва ли без вычислительного эксперимента ЛПП сможет предусмотреть все варианты и

выбрать лучший из них. Это может служить еще одним подтверждением необходимости организации человеко-машинных процедур и разработки систем поддержки принятия решений.

На рис. 8 приведены примеры импульсных процессов на когнитивной карте стороны В.

Когнитивная карта стороны В отображает структурно неустойчивую систему, которая также не устойчива и к возмущениям, что иллюстрируется рис. 8 – амплитуды импульсных процессов нарастают. Свойство неустойчивости, определяемое заданными отношениями такой когнитивной карты, удобно для моделирования различных вариантов коалиции и кооперации между сторонами В1, В2, В3, составляющими структуру активной среды – стороны В.

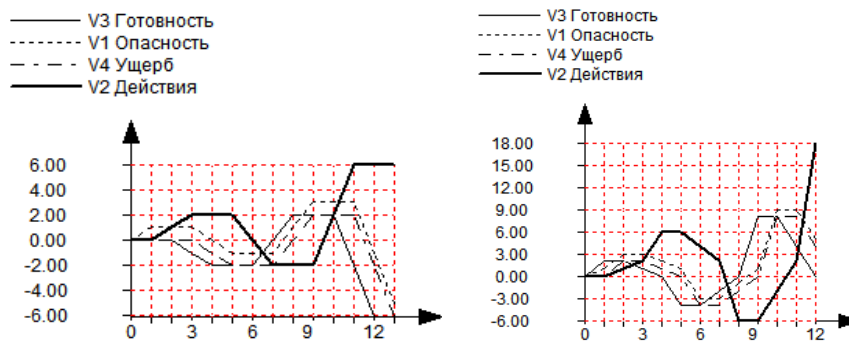


Рис. 8. Сценарий № 1: вектор возмущений $Q = \{+1, 0, 0, 0\}$ и Сценарий № 2: вектор возмущений $Q = \{+1, 0, +2, 0\}$

На рис. 9 представлены возможности взаимодействий всех сторон в общем, в виде полного графа. Конкретные варианты отношений (различные варианты структур) моделируются путем исключения дуг.

Каждая из вершин когнитивной карты рис. 9 является одной из когнитивных карт рис. 3. Взаимодействие между этими моделями осуществляется на нижнем уровне через вершины «Опасность» и/или «Действия», на верхнем – через вершину «ЛПР». При этом, как отмечалось выше, все эти вершины также могут разворачиваться в когнитивные карты, которые отражают состояния среды, количественно характеризуют параметры вершин (например, вершины «Средства»), силу взаимосвязи между ними – параметрический векторный граф (2).

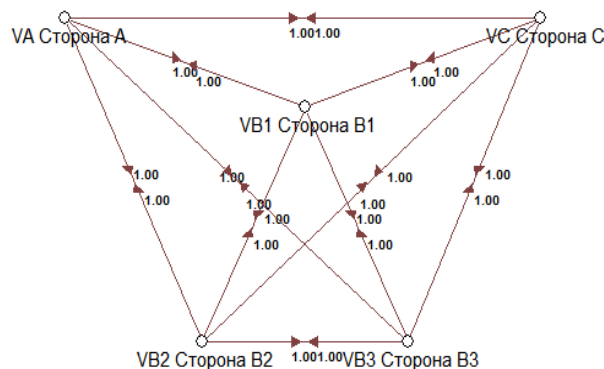


Рис. 9. Когнитивная карта взаимодействия всех участников операции

Заключение. Когнитивное моделирование взаимодействия сложных систем дает возможность выявлять и анализировать механизмы их взаимодействия, предвидеть различные возможности развития сложных систем под влиянием изменений как внутри них, так и в окружающей среде. Подобная информация служит основой для разработки и оценки различного рода управленческих действий, направленных на совершенствование системы, предотвращение возможных угроз, снижение опасности. Ввиду существенной сложности анализируемых систем необходима разработка интеллектуальных систем поддержки принятия решений. В основу их разработки могут быть положены когнитивные информационные технологии, теоретическая основа которых и ряд примеров кратко представлены в данной статье. Приведенные результаты являются частью исследовательской работы, которая продолжается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Максимов В.И.* Когнитивные технологии – от незнания к пониманию // Сб. трудов Междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2001). – 2001. – Т. 1. – С. 4-18.
2. *Коврига С.В., Максимов В.И.* Когнитивная технология стратегического управления развитием сложных социально-экономических объектов в нестабильной внешней среде // Сб. трудов Междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление ситуациями» (CASC'2001). – 2001. – Т. 1
3. *Кононов Д.А., Кульба В.В., Шубин Н.* Базисные понятия моделирования информационного управления в социальных системах / Теория активных систем. Труды междунар. научно-практ. конф. – М.: СИНТЕГ, 2003. – Т. 2. – С. 125-129.
4. *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.
5. *Трахтенгерц Э.А.* Компьютерная поддержка принятия решений: Научно-практическое издание. Сер. “Информатизация России на пороге XXI века”. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
6. *Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А.* Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2005. – 288 с.
7. *Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А.* Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2006. – 332 с.
8. *Gorelova G.V., et al.* Experience in cognitive modeling of complex systems / Cybernetics and systems 2010, Proceedings of the 20-th European Meeting on Cybernetics and Systems Research. – Pr. In Austria, Vienna, 2010. – P. 220-223.
9. *Горелова Г.В.* Информационные когнитивные технологии – методологическая основа исследования социально-экономических систем «Научная мысль Кавказа». Междисциплинарные и специальные исследования. – 2008. – С. 179-186
10. *Горелова Г.В., Мельник Э.В., Радченко С.А.* Моделирование процессов взаимодействия и принятия решений по обеспечению устойчивого и безопасного развития социально-экономических систем динамичными иерархичными когнитивными моделями // Тр. 15-й Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: Изд-во ИПУ РАН, 2006.
11. *Горелова Г.В., Мельник Э.В.* Моделирование сложных систем динамичными когнитивными картами, адаптируемыми к быстрым изменениям внешней среды // Тр. Межд. научно-техн. конф. «International Conference on Artificial Intelligent Systems («Интеллектуальные системы»)). 2007.
12. *Горелова Г.В., Мельник Э.В., Радченко С.А.* Анализ взаимодействия сложных систем на имитационных динамичных когнитивных моделях // Тр. Межд. научно-практ. мультитематической конф. (ИКТМ-2007). – С. 17-22.

13. Новая парадигма развития России (комплексные проблемы устойчивого развития) / Под ред. В. А. Коптюга, В. М. Матросова, В. К. Левашова. – М.: Академия: МГУК, 2000. – 460 с.
14. Горелова Г.В., Свечарник Д.В., Здор В.В. Метод оптимума номинала и его применения. – М.: Энергия, 1970. – 200 с.
15. Горелова, Г.В., Буянов, Б.С, Верба, В.А. Формализация вероятностных задач принятия решений в интеллектуальных системах на основе когнитивного подхода // Искусственный интеллект. – Донецк, 2007. – С. 147-158.
16. Нейман Дж., Morgenstern О. Теория игр и экономическое поведение / Пер. с англ.; Под ред. Н.Н. Воробьева. – М.: Наука, 1970. – 708 с.
17. Горелова Г.В., Горелова И.С. Методология когнитивного теоретико-игрового моделирования для интеллектуального модуля интеллектуальных распределенных информационно-управляющих систем // Тр. Междун. научно-техн. мультikonф. «Актуальные проблемы информационно-компьютерных технологий, мехатроники и робототехники; Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы». – Таганрог: Изд-во ГТИ ЮФУ. – Т.2. – С. 25-28.
18. Горелова И.С. Теоретико-игровые задачи на графовых моделях сложных систем // Тр. X Межд. научно-практ. конф. «Системный анализ в проектировании и управлении». – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2006. – Ч. I. – С. 229-232.
19. Горелова, Г.В. Мельник Э.В. Когнитивные информационные технологии в разработке и реализации проектов социально-экономического развития России: интеллектуальные системы поддержки управленческих решений на основе многопроцессорных вычислительных систем // Тр. IX Международной научной конференции “Россия: ключевые проблемы и решения”. – М.: Центр РГГУ, 2008.
20. Горелова Г.В., Мельник Э.В. Планирование эксперимента при исследовании новых методов и алгоритмов организации распределенных вычислений // Вестник компьютерных и информационных технологий. – М.: Машиностроение, 2007. – № 10. – С. 49-56.
21. Горелова Г.В., Мельник Э.В. О возможности анализа и синтеза структур отказоустойчивых распределенных информационно-управляющих систем, основанной на когнитивном подходе // Искусственный интеллект. – 2008. – С. 638-648.
22. Горелова Г.В., Мельник Э.В., Коровин Я.С. Когнитивный анализ, синтез, прогнозирование развития больших систем в интеллектуальных РИУС // Искусственный интеллект. – 2010. – С. 61-72.
23. Каляев И.А. Распределенные системы планирования действий коллективов роботов / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. – М.: Янус-К, 2002. – 292 с.
24. Roberts F. Graph Theory and its Applications to Problems of Society, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 1978.

Статью рекомендовал к опубликованию д.э.н., проф. Е.Н. Захарова.

Горелова Галина Викторовна

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: g.v.gorelova@gmail.com.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634394264.

Кафедра государственного и муниципального права и управления; д.т.н.; профессор.

Мельник Эдуард Владиславович

НИИ многопроцессорных вычислительных систем им. акад. А.В. Каляева, ЮФУ (НИИ МВС).

E-mail: evm@mvs.tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634 311865; 88634622088.

Лаборатория НИИ МВС; заведующий лабораторией; к.т.н.

Gorelova Galina Victorovna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: g.v.gorelova@gmail.com.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634394264.

The Department of State and Municipal Legislation and Administration; Dr. of Eng. Sc., Professor.

Melnik Eduard Vladislavovich

Institute of Multiprocessor Systems to Them. Acad. Kalyaev, SFU.

E-mail: evm@mvs.tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634311865.

Laboratory Institute of Multiprocessor Systems; Head of Laboratory.

УДК 15:519.876

Г.В. Горелова, М.Д. Розин, В.Н. Рябцев, С.Я. Суций

КОГНИТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ЮГА РОССИИ*

Представлены некоторые результаты исследования основных социально-экономических и политических проблем Юга России в текущем периоде, проведенные с помощью разработанной когнитивной методологии. Составлены и проанализированы когнитивные карты всего региона и некоторых областей и республик Юга России в отдельности, а также когнитивные карты возможных геополитических ситуаций региона в ближайшем окружении. Изучены задачи устойчивости развития региона, сложности и связности региональной системы, а также проанализированы возможные сценарии ее развития при изменениях ряда внутренних и внешних факторов.

Сложные системы; исследование; социально-экономические и политические проблемы; когнитивное моделирование.

G.V. Gorelova, M.D. Rozin, V.N. Ryabszev, C.Yu. Cushii

COGNITIVE STUDIES OF PROBLEMS IN SOUTHERN RUSSIA

The article presents the results of basic socio-economic and political problems of the South of Russia in the current period, conducted with the help of cognitive methodologies developed. Compiled and analyzed the cognitive maps of the region and some regions and republics of southern Russia in isolation, as well as cognitive maps of possible geopolitical situation in the region in the immediate vicinity. Studied the problem of stability of the region, the complexity and connectedness of the regional system, as well as analysis of possible scenarios of the region, if the change some internal and external factors.

Complex systems; study; socio-economic and political problems; cognitive modeling.

Введение. Проблемы безопасного, сбалансированного и устойчивого развития регионов России являются чрезвычайно актуальными в условиях современного мира, обращают на себя пристальное внимание как со стороны различных политических сил, так и со стороны широкой общественности, в том числе научного

* Исследование выполнено в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры», грант № 2009-1.1-306-077-004 «Моделирование процессов социального взаимодействия и проблем национальной безопасности Юга России».