

В задаче параметрической идентификации (более известной и обычно называемой просто задачей идентификации) определяются числовые значения параметров выбранных на первом этапе идентификации функций. Для этого существует ряд формальных методов (наиболее известным из которых является метод наименьших квадратов), однако в настоящей работе в силу понятной ограниченности статистических данных (так, для применения метода наименьших квадратов понадобились бы ряды наблюдений зависимости снижения законодательно установленных требований от величины взятки) для идентификации моделей использовались экспертные оценки.

Численно исследование проведено в программном комплексе, построенном автором статьи. Комплекс позволяет получать решения оптимизационных задач в общем виде и применительно к ИСП. Кроме того, можно получать численные решения двух и трех уровневых теоретико-игровых моделей управления ИСП. Результаты работы программного комплекса аккумулируются в разработанной базе данных для дальнейших исследований, в частности, для статистики и рекомендаций по борьбе с коррупцией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Угольницкий Г.А. Теоретико-игровое моделирование методов иерархического управления устойчивым развитием // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2002. – № 1. – С. 92-97.
2. Угольницкий Г.А. Иерархическое управление устойчивым развитием социальных организаций // Общественные науки и современность. – 2002. – № 3. – С. 133-140.
3. Угольницкий Г.А. Теоретико-игровые принципы оптимальности иерархического управления устойчивым развитием // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2005. – № 4. – С. 72-78.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н. Г.А. Угольницкий.

Антоненко Андрей Валерьевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: andrei80586@yandex.ru; 346871, Ростовская область, Неклиновский район, село Вареновка, ул. Советская, 149; тел.: +79185645438; факультет математики, механики и компьютерных наук; кафедра прикладной математики и программирования; ассистент.

Antonenko Andrej Valerievich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: andrei80586@yandex.ru; 149, Sovetskaya street, Rostov Region, Neklinovskiy district, village Varenovka, 346871, Russia; phone: +79185645438; faculty of mathematics and computer science; the department of applied mathematics and programming; assistant.

УДК 15:519.876, УДК 681.3.658.52.011.56

Г.В. Горелова

О КОГНИТИВНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ, ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ

Представлены кратко основные положения методологии когнитивного моделирования и ряд результатов исследований социально-экономических систем, проведенных в ТТИ ЮФУ.

Выделены особенности когнитивной методологии, информационных технологий, программной системы когнитивного моделирования. Когнитивная методология базируется на междисциплинарности, состоит из моделей и методов идентификации сложного

объекта в виде когнитивных моделей и методов исследования свойств сложной системы на этих моделях. Свойства выявляются путем решения комплекса системных задач: сценарного анализа (импульсное моделирование), анализа устойчивости, чувствительности, связности и др., что необходимо для прогнозирования возможного развития ситуаций в системе и научного обоснования принимаемых управленческих решений. Когнитивная методология предназначается для интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

Социально-экономическая система; когнитивная карта; когнитивное моделирование; сценарный анализ; топологический анализ; устойчивость; управление ситуациями; риск; человеческий фактор.

G.V. Gorelova

ABOUT COGNITIVE MODELLING OF LARGE SYSTEMS, TOOLS OF RESEARCHES

Basic provisions of methodology of cognitive modeling and a number of researches of the social and economic systems which have been carried out to TTI YuFU are presented briefly

Features are allocated cognitive methodology, information technologies, program system of cognitive modeling which are developed. The cognitive methodology is based on an interdisciplinary approach, consists of models and methods of identification of large systems in the form of cognitive models and methods of research of properties of large systems on these models. Properties come to light a solution of a complex of system tasks: the scenario analysis (impulse modeling), the analysis of stability, sensitivity, connectivity, etc. that is necessary for forecasting of possible development of situations in system and scientific justification of accepted administrative decisions. The cognitive methodology intends for intellectual systems of support of decision-making.

Social and economic system; cognitive map; cognitive modeling; scenario analysis; topological analysis; stability; management of situations; risk; human factor.

В последние годы в мире активно развивается когнитивный подход к исследованию, принятию решений и управлению ситуациями в сложных системах, который основывается на использовании возможностей и особенностей человеческого процесса познания. Под когнитивным подходом понимается решение задач, традиционных для каждой науки, но методами, учитывающими когнитивные аспекты – процессы восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания. Внутренняя логика когнитивного подхода требует объединения точного, естественного и гуманитарного знания и такое объединение является принципиальной его ценностью.

Развитие когнитивного подхода идет по нескольким направлениям, объединяемым понятием «Когнитивные науки». Отличие между направлениями когнитивной науки – в объекте исследования. В когнитивной психологии, нейрофизиологии, лингвистике, искусственном интеллекте – это человек и поиск ответа на вопрос, как происходят процессы познания. Искусственный интеллект, интеллектуальные системы – это человек и окружающий его мир, естественный и искусственный, и поиск ответов на вопросы, как «этот мир обустроить, чтобы он устойчиво и безопасно развивался». В соответствии с этим можно выделить следующие основные практические приложения результатов теоретических поисков в когнитивных науках: развитие творческих возможностей индивидуума, создание систем «гибридов» (человек, соединенный с «интеллектуальными» техническими устройствами, например, для управление движением автомобиля, самолета, инвалидной коляски и т.п.), создание интеллектуальных систем поддержки принятия решений при управлении сложными (большими) системами. Под последними чаще всего понимаются социально-экономические, политические, экологические и т.п. системы. Ставится проблема – какова должна быть наша когнитивная модель – модель взаимодействия с окружающим миром, чтобы достижение цели безопасного и ус-

тойчивого развития сложной системы становилось реальностью? Когнитивная модель – это и целевая модель, и модель, подсказывающая возможные пути развития системы, предупреждающая о препятствиях, благоприятных и противоборствующих обстоятельствах. В нашей стране, параллельно со всеми другими направлениями когнитивной науки, активно развивается ее приложение к решению проблем управления большими (сложными) системами. Известным центром исследований в этом направлении является Институт проблем управления Российской академии наук (ИПУ РАН) [1–3]. Самостоятельное развитие методологии когнитивного моделирования и когнитивных информационных технологий ведется в ТТИ ЮФУ [4–8].

В настоящее время, в силу продолжения процесса развития когнитивных наук и их взаимодействия, существуют различающиеся трактовки таких базовых понятий, как «когнитивная модель», «когнитивная методология», «когнитивное моделирование», «когнитивный анализ», «когнитивная информационная технология» и др., а также различное понимание методов когнитивных исследований, их предназначения и использования. Сопоставительный анализ смыслов этих понятий выходит за рамки данной статьи. Представим кратко лишь когнитивную методологию, развиваемую в работах [4–8], ее общие черты и отличия. Общим является учет когнитивных аспектов и использование принципа междисциплинарности. Отличия начинают проявляться в процессе объединения в единую систему моделей, методов, информационных технологий из разных отраслей знаний. Отправным моментом в развитии такой когнитивной методологии послужили главным образом работы Дж. Касти, Р.Аткина, Ф.Робертса.

В основу моделирования исследуемой сложной системы положена идея стратифицированного описания системы (Месарович М., Мако Д., Такахара И.), когнитивная методология строится на системообразующем метанаборе каждой страты, предложенном в [3], в который вводим «модель наблюдателя» M_n :

$$M = \{M_O(Y, U, P), M_E(X), M_{OE}, M_D(Q), M_{MO}, M_{ME}, M_U, A, M_n\}, \quad (1)$$

где $M_O(Y, U, P)$ – идентифицирующая модель системы (модель объекта), вектор Y – эндогенные переменные, характеризующие фазовое состояние объекта, U – вектор управляемых переменных, P – вектор выделенных ресурсов; $M_O(Y, U, P) = \{M\Phi, Stat\}$, $Stat$ – статистические модели, $M\Phi$ – модифицированный параметрический векторный граф; M_E – модель окружающей среды, X – экзогенные величины; $M_{OE} = \{M_{YSX}, M_{YS}\}$ – модель взаимодействия объекта и среды (M_{SX}, M_{YS} – модели связи системы со средой на входе и выходе); $M_D(Q)$ – модель поведения системы, Q – возмущающие воздействия, M_{MO} и M_{ME} – модели измерения состояния системы и окружающей среды; M_U – модель управляющей системы; A – правило выбора процессов изменения объекта. Существенным в этой метамодели является учет не только самой системы, но и ее среды. Важным является также то, что введение «наблюдателя» M_n в метамодель позволяет строить методологию исследования и принятия решений с учетом развития процесса познания объекта в сознании исследователя.

Процесс познания сложной системы развивается путем взаимосвязанного решения следующих основных задач (последовательного и с возвращениями к предыдущим этапам): построения когнитивных моделей; анализа путей и циклов модели; анализа структуры (анализа связности графа и топологического анализа q -связности); анализа устойчивости (структурной и к возмущениям); чувствительности; сценарного анализа (импульсное моделирование), позволяющего научно предвидеть возможные тенденции развития системы; принятия решений по выбору лучшего сценария развития; решения обратной задачи (расчет оптимальных управляющих воздействий). Разработанная на этой основе программная система

когнитивного моделирования (ПС КМ) позволяет и дальше наращивать число решаемых системных задач. Следует добавить, что при разработке ПС КМ были учтены программные системы когнитивного моделирования, созданные в ИПУ РАН («Ситуация», «Канва»), но функциональные возможности ПС КМ расширены и не ограничиваются только решением задач построения когнитивных моделей и сценарного анализа.

В разрабатываемой когнитивной методологии находят применение когнитивные модели в различных формах, например (2), в зависимости от их предназначения, предметной области, информационной базы. Модели разрабатываются на основе структуризации знаний экспертов, использования теоретических знаний, использования статистических данных, анализа текстов.

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

где Φ_n – параметрический векторный функциональный граф, $G = \langle V, E \rangle$ – когнитивная карта – знаковый ориентированный граф, в котором $V = \{v_i\}$, $i = 1, 2, \dots, k$ – множество вершин («концепты», «объекты», «сущности» предметной области), $E = \{e_{ij}\}$ – множество дуг, соединяющих вершины v_i и v_j ; $X = \{x_i\}$ – 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}) связи между вершинами, θ – пространство параметров вершин.

Нами разрабатываются также нетрадиционные модели в виде иерархических когнитивных карт, которые представляют собою раскрытие обобщенных объектов (вершин) верхнего уровня когнитивной карты в составляющие их объекты, в том числе, объекты нижнего уровня. Количество иерархических уровней может определяться существующей системой управления объектом. Можно представить несколько взаимодействующих объектов, функционирующих в определенной окружающей среде. Следует рассматривать возможные формы их взаимодействия. Так, стороны могут находиться в отношениях сотрудничества (кооперации, коалиции) или противоборства (конкуренции). В случае взаимодействия N сторон общая модель представляет собою систему иерархических когнитивных моделей, в которой R – правила изменения структуры когнитивных моделей, A – правила взаимодействия:

$$IGG_N = \{IG_{jk}, R, A\}, \quad IG_k = \langle G_{jk}, G_{j(k+1)}, E_{jk} \rangle,$$

где G_k, G_{k+1} – когнитивные карты 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.

Когнитивная методология и поддерживающая ее программная система когнитивного моделирования ПС КМ [5] являются инструментом, помогающим эксперту (экспертам) структурировать знания и, главное, системно и всесторонне проводить исследования различных взаимосвязанных задач функционирования сложной системы, которые чаще всего, остаются вне поля зрения. Последнее может привести к опасным решениям, с какой бы целью ни проводились исследования сложной системы – с целью понять и объяснить механизм явлений и процессов в системе, с целью предвидения возможных путей ее развития, с целью управлять или адаптироваться к ситуациям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию // Сб. трудов 1-й Междун. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций», (CASC'2001). – М.: ИПУ РАН, 2001. – Т. 1. – С. 4-18.

2. *Абрамова Н.А., Авдеева З.К.* Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: проблемы методологии, теории и практики // Проблемы управления. – 2008. – № 3. – С. 85-87.
3. *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 (Научное издание). – М.: ИПУ РАН, 2002. – 122 с.
4. *Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А.* Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. – Ростов-на-Дону: РГУ, 2005. – 288 с.
5. *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.
6. *Gorelova G.V., Verba V.A., Buyanov B.Y.* 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. – P. 220-223.
7. *Горелова Г.В.* Сложные системы: Когнитивное моделирование // В трудах конф. «Когнитивная наука в Москве: новые исследования». – М.: Изд-во БукиВеди, 2011. – С. 80-85.
8. *Горелова Г.В.* Моделирование сценариев развития социально-экономических систем на когнитивных картах регионов Юга России // Материалы Международной научно-практической конференции, Израиль-2012. Сб. научных статей. Ч. 1.- Краснодар: ЮИМ, 2012. – С. 76-86.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.П. Карелин.

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; 347922, г. Таганрог, ул. Чехова, 49, кв. 38; тел.: 88634394264, 89281684458; кафедра государственного и муниципального управления; д.т.н.; профессор.

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; 49/38, Chekhov street, Taganrog, 347922, Russia; phones: +7634394264, +79281684458; the department of state and municipal legislation and administration; dr. of eng. sc.; professor.