

УДК 004.896

ББК 32.965

Г-68

Горелова Галина Викторовна, доктор технических наук, профессор кафедры государственного и муниципального управления Технологического института Южного федерального университета в г. Таганроге; тел.: 8(8634)394264;

Лябах Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Центра научных исследований «Инструментальные, математические и интеллектуальные средства в экономике» Южного федерального университета; тел.: 8(918)5334704.

КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ: ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

(рецензирована)

Когнитивная методология исследования рассматривается как постоянно осуществляемая итерационная процедура когнитивного анализа и когнитивного синтеза. Поставлены вопросы реализации интеллектуального функционирования в когнитивном анализе. Проанализированы вычислительные проблемы когнитивных технологий. В частности, предложено кусочно-линейной аппроксимацией учесть нелинейность и неопределенность исследуемых ситуаций.

Ключевые слова: *когнитивная методология исследования, когнитивный анализ, когнитивный синтез, искусственный интеллект, устойчивость модели, вычислительные проблемы когнитивного анализа.*

Gorelova Galina Victorovna, Doctor of Technical sciences, professor of the Department of State and Municipal Management of the Technological Institute of the Southern Federal University in Taganrog; tel.: (8634) 394264;

Lyabakh Nikolai Nikolaevich, Doctor of Technical sciences, professor, a chief researcher of the Center of Scientific Research "Instrumental, mathematical and intellectual resources in economics", Southern Federal University; tel.: 8 (918) 5334704.

COGNITIVE ANALYSIS OF PROBLEMS OF APPLICATION AND DEVELOPMENT

(Reviewed)

Cognitive research methodology is regarded as a continuously going on iterative procedure of cognitive analysis and cognitive synthesis.

Questions of realization of intellectual functioning in a cognitive analysis are set.

Calculation problems of cognitive technologies are analyzed. In particular, it is proposed to take into account a non-linearity and uncertainty of the tested situations by a piecewise linear approximation.

Keywords: *cognitive research methodology, cognitive analysis, cognitive synthesis, artificial intelligence, model sustainability, computational analysis of cognitive problems.*

Когнитивная методология исследования (КМИ) объединяет в себе когнитивный анализ (КА) и когнитивный синтез (КС) [1, 2]. Разделить эти процессы в реальных исследованиях удается достаточно условно. Действительно, в процессе анализа исследуемой ситуации выявляются дополнительные нюансы о работе системы, и мы совершенствуем когнитивную карту (осуществляем локальный синтез), и, наоборот, синтезируя систему, мы анализируем ее реакцию на те или иные изменения системы (проводим анализ). То есть, когнитивная методология исследования это итерационная

процедура согласованного проведения КА и КС. В результате этой процедуры возникает многоуровневая модель анализа и синтеза сложной системы. Каждый уровень отличается степенью детализации исследуемой когнитивной карты. Для задач прогнозирования, планирования, управления удобно рассматривать три уровня когнитивных моделей: стратегический, тактический и оперативный.

К сожалению, КМИ еще является экзотическим явлением для руководителей производства и, как правило, редко выходит из лабораторных условий в реальную практику. Тому есть и объективные, и субъективные причины:

- при огромном количестве исследований на эту тему, существуют проблемы в развитии собственно технологий КМИ (некоторые из них рассмотрены ниже);
- слабое знакомство руководителей и узких специалистов с КТИ;
- отсутствие специалистов-когнитологов.

То есть множества специалистов производства и когнитологов не пересекаются между собой, а они нужны для производства и экономики в одном лице.

В данном исследовании когнитивная методология исследования сложных систем рассматривается с двух точек зрения, как метод математического моделирования, а именно, имитационное моделирование, и как технология интеллектуального анализа данных.

Традиционно к математическим моделям предъявляются требования: адекватности, точности, устойчивости. КМИ не исключение в этом ряду. Однако, в настоящее время отсутствуют значимые результаты, свидетельствующие о сходимости собственно процедуры КМИ. Этот факт не следует путать с анализом устойчивости исследуемой системы средствами КМИ – в этом вопросе уже достигнуты значимые результаты.

К КМИ, как к технологии интеллектуального анализа данных, следует поставить следующие вопросы: роль и место искусственного интеллекта (ИИ) в технологиях КМИ, каково взаимоотношение в процедурах КМИ элементов естественного и искусственного интеллекта, при каких условиях машинной программой, обеспечивающей работу КМИ, генерируется ИИ?

В настоящее время основой КМИ является естественный интеллект субъекта: именно он закладывает в когнитивную карту логику своего понимания исследуемого процесса. Другой исследователь задаст другие акценты и по своему учету связи между ними, и технология КА выдаст иной результат. То есть, в современном КМИ отсутствуют процедуры формирования инсайта, оперирования аналогиями, получения нового уровня качества знаний, свойственные интеллектуальной деятельности. При КМИ знания добываются, но этот процесс сравним с первыми вариантами игры машины в шахматы. Ее (машины, программы) преимущество перед человеком в быстродействии счета и размерах памяти, но не в способности к рефлексии, блефу, аналогиям и прочим атрибутам естественного интеллекта.

Вместе с тем, математика уже знает аналогичные эффекты, получаемые в процедурах метода группового учета аргументов (МГУА) [3], теории активных систем (ТАС) [4], теории игр (ТИ), теории распознавания образов (ТРО) [5] и др., относящихся к инструментарию ИИ. Необходимо критически проанализировать инструментарий КМИ и усовершенствовать его в этом направлении.

Сценарный анализ системы средствами КА проводится на модели ее поведения путем импульсного моделирования. Традиционно формула импульсного процесса имеет вид [2]:

$$x_i(n+1) = x_i(n) + \sum_1^k f_{ij} P_j(n) + Q_i(n), \quad (1)$$

где $x_i(n)$ – величина импульса в вершине i в предыдущий момент времени n ; $x_i(n+1)$ – в интересующее время исследователя ($n+1$); f_{ij} – коэффициент преобразования импульса; $P_j(n)$ – значение импульса в вершинах, смежных с вершиной i ; $Q_i(n)$ – вектор возмущений и управляющих воздействий, вносимых в вершину i в момент n . Набор реализаций импульсных процессов (сценарии), указывает на возможные тенденции развития ситуаций. Ситуация в импульсном моделировании характеризуется набором всех Q и значений x в каждом такте моделирования.

Важными параметрами этого процесса являются:

1. Величина единичного промежутка времени между тактами анализа. Она должна быть согласована с одной стороны с нестационарностью процесса: чем выше нестационарность (динамичность процесса) – тем меньше шаг между тактами анализа. С другой стороны эта величина согласовывается с существующим регламентом работы системы. Например, рынок труда исследуется в полном объеме раз в два года, а отчетность предприятия, как правило, имеет годовой период. Очевидно, что если высокая нестационарность развития организации потребует проводить КА один раз в квартал, то мы не будем иметь для этого актуальной информации. В (1) интервал между тактами КА принимается известным априори и не учитывает выше указанные аспекты.

2. Вид аналитической зависимости (1).

А) В данном случае она линейная и если перенести первый слагаемый правой части в левую часть, то получим дискретный аналог производной, которая линейно зависит от факторов-аргументов – значений переменных в связанных точках когнитивного графа. То есть, по сути осуществляется покоординатный спуск (движение по градиенту). И если рассматривать КА как однократный процесс, то тенденция развития определяется верно. Но если далее осуществлять прогноз от прогноза (то есть увеличить глубину прогнозирования развития ситуации до заданного горизонта), то, следуя линейному тренду, мы ошибку на каждом шаге итерации наращиваем. Следовательно, каждый новый шаг КА должен сопровождаться обновлением информации, используемой в (1).

Б) Известно также, что линейные модели не могут обнаружить многозначности развития исследуемой ситуации (точек бифуркации и аттракторов). Этот аспект требует в ряде случаев вместо (1) использовать нелинейные соотношения и в математический инструментарий КМИ включить модели описывающие катастрофы (скачкообразные качественные изменения состояния системы) [6].

3. Устойчивость. Соотношение (1) следует рассматривать также как временной ряд. Для устойчивости описания временного ряда требуется наложить определенные ограничения на значения коэффициентов ряда [7]. Эта позиция в современном КА не исследуется. Параметры (1) отражают, как правило, только предметную специфику исследуемого процесса.

Рассмотрим подробнее вычислительные проблемы КА, связанные с адекватностью используемых моделей. Если рассматривать в качестве примера производственное предприятие, то акцептами соответствующей когнитивной карты, кроме прочих факторов, будут являться «капитал» K , «труд» T и объем производимой продукции J , связь между которыми задается функцией Кобба-Дугласа:

$$J = AT^\alpha K^\beta, \quad (2)$$

где A , α и β – положительные константы.

Это нелинейная зависимость. С помощью этой формулы выбирается технологический процесс производства с наименьшими издержками, т.е. наиболее экономически эффективный, позволяющий максимизировать прибыль.

Так как экономические системы относятся к открытым системам. Фирмы функционируют в зашумленных условиях. Одним из способов компенсации ошибок наблюдений является усреднение исследуемых параметров [7].

Известно, что если случайная величина X (в нашем случае это может быть и T , и K , другие факторы производства, и J) наблюдается со среднеквадратичной ошибкой \mathcal{E} , то при усреднении n наблюдений за исследуемой переменной среднеквадратическая ошибка уменьшается в $(n)^{0.5}$ раза, то есть будет равна $\mathcal{E}/(n)^{0.5}$. Четыре усредненных наблюдения уменьшают ошибку в два раза, девять – в три.

Относительно соотношения (2) и с его использованием можно сформулировать несколько практически важных задач [8]:

- прогноза выпуска J по затратам T и K (при известных A, α, β);
- управления деятельностью фирмы (по известным параметрам J и T найти K , или по J и K определить T);
- оптимизации функционирования фирмы (нахождение затрат T и K , обеспечивающих $\max J$);
- идентификации свойств фирмы (по известным T, K и J найти параметры A, α, β).

Однако, как показано в [8], необоснованное применение даже хорошо известных математических процедур может привести к ошибкам в расчетах и нарушению адекватности используемой математической модели. Повторим эти рассуждения.

Итак, производственная деятельность фирмы на стационарном участке развития характеризуется вектором:

$$(T, K, J). \quad (3)$$

Осуществим наблюдение за производственным процессом n раз. Получим n наборов вида (3).

Найдем:

$$T_c = (\sum_1^n T_i)/n, \quad K_c = (\sum_1^n K_i)/n, \quad J_c = (\sum_1^n J_i)/n.$$

Составим вектор:

$$(T_c, K_c, J_c). \quad (4)$$

Однако легко убедиться, что соотношение (4) фирмой не является, так как для параметров вектора (4) не выполняется необходимое условие (2). То есть вследствие обычного суммирования, в результате которого должна была повыситься точность модели, адекватность этой модели нарушена.

Для доказательства этого утверждения достаточно показать хотя бы один характерный пример [8].

Рассмотрим частный пример при $A = 3, \alpha = \beta = 0,5$. При различных значениях T и K в таблице 1 указаны соответствующие значения J (столбцы 2-4, строка 4). В предпоследнем столбце таблицы приведены средние арифметические значения переменных J, T, K . Как легко заметить, они не удовлетворяют исходной зависимости (2).

Таблица 1 - Иллюстративный пример данных имитационной модели

<i>i</i>	1	2	3	4	C_a	C_z
<i>T</i>	2	1	2	1	1,5	$2^{0,5}$
<i>K</i>	1	2	2	1	1,5	$2^{0,5}$
<i>J</i>	$(18)^{0,5}$	$(18)^{0,5}$	6	3	$2,25+3(0,5)^{0,5}$	$(18)^{0,5}$

В [8] показано, что такого нарушения не произойдет, если в качестве среднего брать не среднее арифметическое, а среднее геометрическое (см. последний столбец таблицы 1).

В настоящее время КА, проводится, как правило, разово для выявления текущего состояния объекта исследования и направлений его перспективного развития. Эффективность этой процедуры низка в силу следующих причин:

- выдать необходимую для объективного анализа, и применить его результаты в своей практической деятельности прямые специалисты организации, без дополнительного обучения не в состоянии;

- требуется привлечение специалистов-когнитологов, которые, как правило, не знакомы с исследуемой сферой;

- не отработанная технология анализа на исследуемом предприятии организационно не вписывается в производственный процесс.

Предлагается сделать КА частью СППР организации, работающей на постоянной основе. Это должно стать элементом корпоративной культуры управленцев – сверять принимаемые решения с результатами КА.

В этом случае следует решить вопрос о частоте и моментах реализации процедуры. Так как КА служит для объективного отражения изменения ситуации, его частота должна определяться интенсивностью исследуемых социально-экономических процессов. Обычно производственная деятельность к этому не приспособлена. В вузах данные обновляются два раза в год, на предприятиях финансовые и производственные показатели «подбиваются» один раз в год. Более того, представляемые для КА данные должны быть объективными, достаточно полными и точными. Эти категории говорят о необходимости репрезентативного мониторинга. Он дорог, организационно сложен.

Предлагается процедура, описанная в работе Куижевой С.К. [9]. Смысл ее состоит в следующем.

В сочетании используются индикативный и репрезентативный мониторинг. Индикативный мониторинг проводится постоянно (без больших затрат и своевременно выдавая информацию). Он использует некоторые индикаторы, легко и быстро измеряемые и коррелированные с ключевыми показателями работы системы. Если система работает стабильно, этот режим сохраняется. Если он показывает нестабильность (значимые изменения в системе), то включается режим репрезентативного мониторинга. К репрезентативному мониторингу предъявляются требования полноты обследования. На его реализацию потребуется много времени и средств.

Литература:

1. Горелова, Г.В. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, Л.А. Гинис. – Ростов на Дону: Изд-во РГУ, 2005. – 288 с.

2. Горелова Г.В., Мельник Э.В., Коровин Я.С. Когнитивный анализ, синтез, прогнозирование развития больших систем в интеллектуальных РИУС // «Штучный интеллект». №3. 2010. – С. 61-72.

3. Ивахненко, А.Г. Моделирование сложных систем / А.Г. Ивахненко. – Киев: Вища школа, 1987.
4. Новиков, Д.А. Теория управления образовательными системами / Д.А. Новиков. – Москва: Народное образование, 2009.
5. Лябах, Н.Н. Техническая кибернетика на железнодорожном транспорте: учебник / Н.Н. Лябах, А.Н. Шабельников. – Ростов-на-Дону: РГУПС: СКНЦ ВШ, 2002. – 283 с.
6. Куижева, С.К. О математическом инструментарии исследования социально-экономических систем / С.К. Куижева // Terra Economicus. – 2014. – Т. 12, №2-3. – С. 46-51.
7. Орлов, А.И. Эконометрика: учебник для вузов / А.И. Орлов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва: Экзамен, 2004.– 576 с.
8. Лябах, Н.Н., Булгакова А.В. Проблемы построения и использования производственных функций // Вестник университета (Государственный университет управления). – Москва – 2013, №3. – С. 140-144.
9. Куижева, С.К. Развитие механизма мониторинга социально-экономических систем (на примере системы высшего образования России) / С.К. Куижева // Вестник университета (Государственный университет управления) – 2016, №1. – С. 286-290.

References:

1. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Ginis L.A. *Cognitive analysis and modeling of sustainable socio-economic systems. Rostov on / D: RSU, 2005. 288 p.*
2. Gorelova G.V., Melnik E.V., Korovin Y.S. *Cognitive analysis, synthesis, forecasting the development of large systems in intelligent RIUS // Selected iintellect. 2010. №3. P. 61-72.*
3. Ivakhnenko A.G. *Simulation of complex systems. Kiev: Higher School, 1987. 63 p.*
4. Novikov D.A. *Theory of educational systems management. M.: Popular education, 2009. 416 p.*
5. Lyabakh N.N., Shabelnikov A.N. *Technical cybernetics in railway transport: a textbook. Rostov on / D: RSTU, 2002. 283 p.*
6. Kuizheva S.K. *On the mathematical research tools for social and economic systems // Terra Economicus. 2014. V. 12, №2/3. P. 46-51.*
7. Orlov A.I. *Econometrics: a textbook for high schools. 3d ed., rev. and ext. M.: Examination, 2004. 576 p.*
8. Lyabakh N.N., Bulgakova A.V. *Problems of construction and use of production functions // Bulletin of the University (State University of Management). 2013. №3. P. 140-144.*
9. Kuizheva S.K. *Development of a monitoring mechanism for socio-economic systems (on the example of the higher education system of Russia) // Bulletin of the University (State University of Management). 2016. №1. P. 286-290.*