

Методы принятия решений

Технологии решения задач системного анализа с применением когнитивного подхода*

В.А. МАРЕНКО

Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия

Аннотация. Цель написания статьи состоит в описании апробации технологии на примере функционирования экономической системы с подсистемами «конкурентоспособность», «прибыль», «лояльность клиентов» и «состояние» экономики. Технология реализуется в три этапа, на каждом из которых формируются когнитивные модели социально-экономической системы с разной степенью детализации. На первом этапе строится 1-ая когнитивная модель в виде орграфа, в вершинах которого располагаются влияющие факторы и учитываются взаимосвязи между ними, а также выявляются ее подсистемы. На втором этапе формируется 2-ая когнитивная модель в виде обобщенного орграфа, в вершинах которого располагаются подсистемы 1-ой когнитивной модели и связи между ними. С 2-ой когнитивной моделью проводится имитационный эксперимент для выявления подсистемы, наиболее чувствительной к импульсному воздействию. На третьем этапе строится 3-ая когнитивная модель в виде детализированного орграфа, вершины которого формируются из детализированных подсистем 1-ой когнитивной модели, а причинно-следственные отношения представляются весами дуг орграфа. С 3-ей когнитивной моделью проводится симплициальный анализ для выявления неявных связей между факторами и имитационный эксперимент для наблюдения тенденций развития ситуации на модельном объекте при различных условиях. В рамках апробации технологии проведена серия имитационных экспериментов по функционированию экономической системы, по результатам которой сформирован комплект графических материалов для лиц, принимающих решения, с целью выбора варианта стратегии для практической реализации.

Ключевые слова: когнитивная модель, орграф, имитационный эксперимент, экономическая система.

DOI: 10.14357/20790279220206

Введение

В настоящее время формирование моделей экономического развития с применением инструментов системного анализа, где сектор знаний играет решающую роль, а производство знаний является источником экономического роста, становится актуальным. Доминантой экономического роста является развитие системы науч-

ных знаний, новых технологий, инновационных процессов, продуктов и услуг. Цель написания статьи состоит в описании технологии решения задач системного анализа на примере функционирования экономической системы и ее подсистем. Для достижения цели формировались следующие задачи.

1. Краткий обзор научных публикаций по применению инструментов решения задач системного анализа.

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИМ СО РАН, проект FWNF-2022-0016.

2. Выбор модели представления знаний проблемной области.
3. Апробация созданной технологии на примере функционирования экономической системы, в том числе описание результатов имитационного эксперимента с целью наблюдения тенденций развития ситуации на модельном объекте.

Инструменты системного анализа. Российские и зарубежные исследователи разрабатывают различные подходы, методы и методики системного анализа, используемые для исследования аспектов экономических и социальных систем. Описано эффективное применение методики системного анализа в образовательном процессе как системы ИКТ-компетентности педагога, которая состоит из трех подсистем: «ИКТ-грамотность», «активность» и «помощь» учащимся с соответствующей детализацией [1]. Показано значение классификации как метода системного анализа, используемого для прогнозирования альтернатив в выборе технологий для применения в строительной отрасли [2]. Проведен сравнительный анализ оценки безопасности и риска в информационных сетях с целью разработки методологии системного анализа, используемой для реализации безопасности новых наукоемких технологий с применением современных алгоритмов и вычислительных процедур [3]. Разработаны предложения концептуальных основ методологии системного анализа при формировании и оценивании стратегических решений о развитии сетевых инфраструктурных объектов. Системный подход к моделированию оценок направлен на усиление и детализацию информационных моделей и методов инвестиционного проектирования [4]. Представлены результаты успешного опыта использования инструмента системного анализа для формализации анализа требований к разрабатываемому программному продукту [5]. Исследовались CASE-технологии как элементы системного анализа и проектирования, которые используются, в том числе для улучшения качества подготовки документации. Результаты исследований показали, что инструменты CASE имеют большое значение для эффективной работы в социально-экономической сфере [6]. Разработана методика системного анализа, дающая представление о понятии цели и связанных с ним понятиях целесообразности, целенаправленности, целеобразования, которые играют важную роль при формировании и анализе структур целей [7].

Большое влияние на формирование методов системного анализа оказали работы Пospelова Д.А. о методах управления сложными объектами, которые основаны на понятиях ситуация, класси-

фикация ситуаций и их преобразовании. Особенность сложных объектов состоит в том, что из-за отсутствия цели существования и неполноты их описания для них нельзя построить объективный критерий управления. Качество системы управления для них сводится к субъективным экспертным оценкам. В системах управления такими системами учитывается динамичность, поэтому при решении управленческих задач люди строят их динамические модели, в том числе модели ситуационного управления. Методу ситуационного управления присущ ряд особенностей. Метод применим в случае, если формализация описания объекта управления и способов управления им приводит к задаче очень большой размерности. Описание ситуаций должно осуществляться на языке, отражающем не только количественные факты и отношения, но и качественные знания, а классификация ситуаций происходит на субъективной основе. Решение при ситуационном управлении состоит из цепочки одношаговых решений и т.д. [8].

Формализация представления знаний. Автоматизация информационных процессов при решении различных задач, в том числе системного анализа, предполагает формализацию представления знаний. В системах, основанных на знаниях, их представление может осуществляться с применением логических, продукционных, фреймовых и других моделей.

Фреймовая модель определяется как структура данных для представления стереотипных ситуаций. Фрейм имеет уникальное имя и включает множество слотов, каждому из которых соответствует определенная структура данных, содержащая разнообразную информацию об объектах и событиях в той или иной ситуации [9]. Для того, чтобы система могла знать, что собой представляет та или иная информация, ее фиксируют именем-меткой. В общем виде запись (имя-метка) – это слот. При расширении он выглядит следующим образом: <(имя слота), (значение слота), (статус слота)>. Слот может рассматриваться как фрейм простого вида, что позволяет определять фреймы рекурсивно. В качестве слотов некоторого фрейма K -го порядка могут выступать фреймы $(K-1)$ -го порядка – это позволяет проводить процедуры композиции и декомпозиции информации. Так как в памяти вычислительной машины все понятия, входящие в описание предметной области, задаются фреймами, то между ними устанавливаются необходимые связи. При конкретизации фрейма ему и слотам присваиваются конкретные имена с последующей процедурой их заполнения. В результате получа-

ется фрейм-экземпляр. Такая процедура позволяет обеспечивать требования структурированности и связанности информации в базе знаний за счет свойств наследования и вложенности [10, 11]. При описании динамики проблемной области используются временные отношения между фреймами, касающиеся событий или ситуаций. В результате таких отношений между фреймами в памяти вычислительной машины образуется фреймовая сеть. В отличие от моделей других типов во фреймовых моделях фиксируется жесткая структура информационных единиц, что снижает их гибкость и является большим недостатком, ограничивающим их применение [12–14].

Продукционная модель основывается на множестве правил. Схематическое представление правил в обобщенной форме: $P1, \dots, Pm \rightarrow Q1, \dots, Qn$. Если предпосылки $P1$ и Pm верны, то можно выполнить действия $Q1$ и Qn . Основной частью продукционной модели является ядро «ЕСЛИ А, ТО В». В рамках решения задачи пополнения описаний объекта фрагмент В должен быть богаче фрагмента А. Разные системы пополнения описаний отличаются друг от друга тем, как организованы продукции и как выглядит стратегия их применения к исходному описанию объекта. Система продукции может образовывать некоторую логическую систему, которая должна отражать закономерности, присущие данной проблемной области и способам построения решений на основании описания ситуаций в ней. Представление знаний в виде продукции популярно из-за того, что обладает автономностью, позволяет распараллеливать выполнения всех продукции из текущего множества и легко отображается в системы операторов языков программирования. А также – наличие модульности существенно повышает их эффективность при поиске противоречий в хранящихся знаниях, при корректировке знаний и выполнении других процедур. Наличие информации о сфере применения облегчает поиск нужных продукции, сокращает перебор за счет обращения только к тем продукциям, которые входят в рассматриваемую сферу. Большим недостатком продукционных моделей является тот факт, что при накоплении большого числа продукции в базе знаний, они начинают противоречить друг другу [11–13].

Логические модели представления знаний применяются в простых предметных областях. Основная идея их построения состоит в том, что вся информация, необходимая для решения прикладных задач, рассматривается как совокупность фактов и утверждений, которые представляются как формулы в некоторой логике, а получение но-

вых знаний сводится к реализации процедур логического вывода. Для использования логических моделей необходимо задавать аксиомы и правила вывода, с помощью которых можно путем логического вывода решить поставленную задачу. В логических моделях поиск решения осуществляется в виде вывода нужного утверждения. При их реализации стараются минимизировать число формульных описаний знаний предметной области, т.к. их большое количество приводит к неизбежным ошибкам и усложняет решение поставленной задачи. Преимущество логических моделей состоит в легкости механизма логического вывода и их наглядности [12, 13].

Сетевая модель. В основе сетевых моделей представления знаний лежит конструкция, называемая семантической сетью. В общем виде семантическая сеть – это граф с множеством именованных вершин, имеющих внутреннюю организацию и множество отношений между ними, в том числе функциональных, количественных, атрибутивных и т.д. [9]. Базовым функциональным элементом семантической сети служит структура из двух компонентов: дуги и инцидентных ей пар вершин. Каждый такой элемент представляет собой факт или высказывание. Каждая вершина может быть соединена с любым числом других вершин. Таким образом, осуществляется формирование сети фактов, в том числе их сложные совокупности [11, 15]. Для реализации задач планирования и оперативного управления сложными организационно-техническими системами предложена модель нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети (НИССС). Сеть включает множество узлов с соответствующими дискретными состояниями, множество управляющих решений, каждое из которых характеризуется набором пар «действие» – «объект приложения». Привязка состояний к управляющим решениям проводится за счет множества эталонных ситуаций. Модель позволяет составлять формализованное описание предметной области, формировать модели оценки управляющих решений, осуществлять динамическое построение сети, формировать сценарий управления на основе вывода по предложенной модели сети, сопровождать применение сценария управления и при необходимости его корректировать [16].

Комплексный подход. При создании прикладных ИС возникает необходимость комплексного использования методов представления и обработки знаний, т.к. ни одно из имеющихся средств, взятое в отдельности, не может обеспечить в полном объеме потребностей разработки прикладной системы. Загоруйко Ю.А. предлагает концепцию

интегрированной модели представления знаний (ИМПЗ), которая объединяет различные взаимодополняющие друг друга методы. На основе ИМПЗ модели построен объектно-ориентированный язык представления и обработки знаний, который включает средства для совместного описания как декларативных, так и вычислительных свойств понятий и отношений некоторой предметной области, а также средства оперирования их экземплярами в продукционном стиле [15].

Выбор модели представления знаний. При апробации технологии решения задач системного анализа на примере объектов социально-экономической сферы выбор модели представления знаний сделан в пользу семантической сети. Выбор основан на том, что если знания фиксируются в виде продукционных правил, то могут возникать правила с одинаковыми левыми частями и противоречащими друг другу правыми частями, а если в качестве модели представления знаний использовать фреймы, то в ряде случаев отмечается несоответствие фреймов-прототипов или возникновение конкурирующих значений в слотах [17].

Наш выбор продиктован также следующими причинами:

- структуры предметной и проблемной области практически совпадают или семантическая сеть проблемной области входит в виде составной части в семантическую сеть предметной области;
- семантическая сеть проблемной области доступна для понимания и экспертам, и другим специалистам, участвующим в исследовании;
- с помощью правил вывода на семантических сетях можно получить прогноз развития ситуации на модельном объекте при различных начальных условиях и осуществить выбор варианта стратегии, устраивающей лицо, принимающее решение.

1. Авторская технология решения задач системного анализа

Разработка технологии решения задач системного анализа осуществлена нами с использованием когнитивного подхода, который применяется с целью решения проблем в социально-экономических системах для широкого спектра организационных, производственных, экологических и других комплексных проблем, имеющих социальную составляющую. Указанный подход использует когнитивные аспекты субъектов, в которые включаются процессы восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания. Апробация разработанной технологии проведена на примере функционирования экономической системы.

Аспекты поведенческой экономики. Решение ряда экономических задач предполагает использование аспектов *поведенческой экономики*, которая изучает влияние социальных, когнитивных и эмоциональных факторов на поведение в сфере экономики, принятие экономических решений и последствия этого влияния на рыночные переменные. Поведенческие модели описывают, в том числе эффект владения, который состоит в том, что человек больше ценит то, что у него есть, чем то, что у него может быть, а также – модели, используемые в теории ментальной бухгалтерии, которая применяется людьми, когда они распределяют расходы по разным статьям. Модели поведенческих аномалий потребителей в поведенческой экономике включают вопросы эффекта предпочтений, взаимной выгоды, стадное поведение, предпочтение текущего потребления, календарный эффект и т.д. [18]. В рамках поведенческой экономики разработана обобщенная модель экономического поведения, которая получила название теории ограниченной рациональности. Процесс принятия решений в модели можно описать двумя главными понятиями – поиск и принятие удовлетворительного варианта. Приемлемость или неприемлемость варианта при выборе решения каждый определяет для себя сам. Этот процесс характеризуется понятием, называемым «уровень притязаний».

Концепция уровня притязаний предполагает, что в каждый момент времени у человека есть некоторое представление о том, на что он может рассчитывать. В случае неудачи уровень притязаний опускается, поскольку человек начинает более критично оценивать ситуацию. Вариант считается удовлетворительным, если он позволяет человеку преодолеть планку уровня притязаний. Ситуация усложняется, когда у индивида достаточно много времени для принятия решений. Тогда он может отобрать не только первый, но и все остальные удовлетворительные варианты, а затем, если их много, поднять планку уровня притязаний и повторить процедуру выбора. Рациональность, описываемую в теории Саймона, можно считать ограниченной лишь относительно формального, максимизационного критерия. В то же время описываемая им модель принятия решений полностью соответствует более широким критериям рациональности, распространяющимся не только на результаты выбора, но и на процесс принятия решений [19]. Согласно теории принятия решения индивид при выборе решения опирается на свои предпочтения, которые, как правило, не наблюдаемы, но могут быть выявлены на основании выбора, который делает индивид. Рациональным чаще всего считается ре-

шение, принятое осознанно, когда все возможные варианты рассмотрены, вероятность тех или иных условий оценена и ожидаемый выигрыш рассчитан. Ему противопоставляется неосознанная обработка информации и интуиция [20]. Большое значение в поведенческой экономике имеет теория перспектив, в которой идет речь о том, что человек будет избегать риска в потерях с положительным исходом, а в случае, когда велика вероятность проигрыша, предпочтет рисковать. Теория позволяет оценить риски, а также обобщает практические наблюдения за поведением людей [21].

Современные тенденции развития поведенческой экономики в настоящее время состоят в том, что на первый план выходят такие продукты, как знания и эмоции, а из-за развития информационных технологий роль информации в обществе существенно возрастает и дает импульс инновационному развитию экономики, трансформации функций денег и других направлений экономического развития [22]. Для моделей экономического поведения, которые доминируют в рамках российского хозяйственного порядка, характерны недооценка стимулов, создаваемых частной собственностью. При анализе института собственности надо принимать во внимание, что поведение индивидов основано на устаревших стереотипах, от которых надо избавляться [23]. В ходе исследования тенденций сберегательного поведения российских домохозяйств были сделаны выводы, что сформированные в российской экономике сбережения населения в настоящий период не следует воспринимать полноценным ресурсом, который можно было бы направить на инвестиционные цели, в том числе в силу действия факторов инфляции, конъюнктуры кредитного рынка и рынка сбережений [24]. Нелегальная занятость населения, в рамках поведенческой экономики, является своего рода ответом на конфискационную пенсионную реформу в РФ, низкое качество социальных услуг, обусловленных расхищением бюджетных средств. Для развития самозанятости необходим государственный комплекс ключевых направлений экономической политики. Во-первых, борьба с коррупцией в органах государственной власти на всех уровнях. Во-вторых, борьба с правонарушениями в федеральной налоговой службе, злоупотреблениями госслужащими служебным положением. В-третьих, совершенствование правоприменительной практики путем всеобъемлющего контроля за реализацией судебных решений, защиты прав работников в решении трудовых споров с работодателями и увеличение предпринимательской активности населения [25].

2. Этапы авторской технологии решения задач системного анализа.

На первом этапе создается 1-ая когнитивная модель G_1 объекта исследования в виде когнитивной карты, формализованной взвешенным ориентированным графом $G_1 = (V_{1yp}, E_{1yp})$, вершинами которого V_{1yp} являются базисные факторы (концепты предметной области), оказывающие позитивное или негативное влияние на исследуемую социально-экономическую систему с учетом причинно-следственных отношений между ними [26].

Любая когнитивная модель представляется некой сетью с узлами, воздействуя на которые можно изменять ее состояние. Узлов может быть много, и тогда возникает вопрос, на какой из них необходимо оказать воздействие, чтобы получить желаемый результат. Для этого проводится объединение факторов – узлов когнитивной модели в подсистемы.

На втором этапе формируется когнитивная модель G_2 в виде обобщенного орграфа $G_2 = G_{об} = (V_{2yp}, E_{2yp})$, где $V_{2yp} = \{K_i, K_j\}$, $i, j = 2, \dots, n$ – множество вершин орграфа в виде подсистем когнитивной модели G_1 ; $E_{2yp} = \{e_{ij}\}$ – множество дуг $i, j = 1, 2, \dots, n$, соединяющих вершины. С когнитивной моделью G_2 проводится вычислительный эксперимент для выявления вершин (подсистем), наиболее подверженных импульсному воздействию.

На третьем этапе формируется когнитивная модель G_3 в виде детализированного орграфа $G_3 = G_{дем} = (V_{3yp}, E_{3yp})$, где $V_{3yp} = \{K_i, K_j\}$, $i, j = 1, 2, \dots, n$ – множество вершин орграфа и причинно-следственных отношений между ними, определяемых весами дуг $E_{3yp} = \{w_{ij}\}$, $i, j = 1, 2, \dots, n$. На этом этапе когнитивная модель G_3 исследуется с применением симплицеального анализа и имитационного эксперимента. Далее формулируются выводы.

Графическая интерпретация разработанной технологии показана на примере иерархии когнитивных моделей функционирования экономической системы (рис. 1).

3. Апробация авторской технологии на примере функционирования экономической системы

В рамках разработанной технологии на первом этапе формируется когнитивная модель G_1 из базисных факторов «фонды», «персонал», «спрос», «качество» продукции, «нормативно-правовая база» и т.д. Целевым фактором исследования является фактор K_j – «функционирование» экономической системы. Причинно-следственные

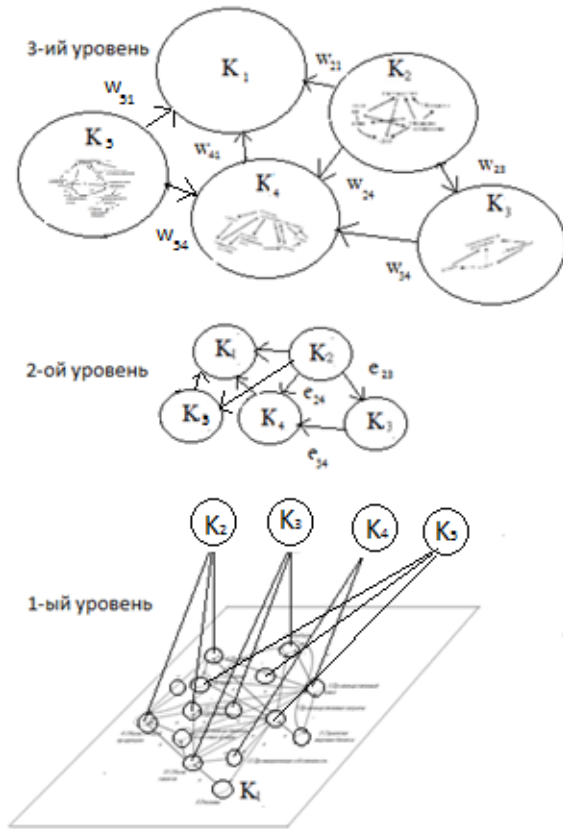


Рис. 1. Три уровня когнитивных моделей исследуемой системы

отношения между факторами формируются в ходе экспертных рассуждений. Далее выявляются подсистемы когнитивной модели G_1 . К ним относятся: K_2 – «конкурентоспособность», K_3 – «прибыль», K_4 – «лояльность клиентов» и K_5 – «состояние» экономики (рис. 2). Такие подсистемы выбраны для характеристики функционирования экономической системы, вследствие того, что Нобелевский лауреат Г.А. Саймон писал, что целью фирмы является достижение определенного уровня прибыли, удержание определенной доли рынка и уровня продаж, достигаемых или стремлением к удовлетворенности, или максимизацией ожидаемой полезности. Модели удовлетворяющего поведения богаче, чем модели максимизирующего поведения, так как они дают не только понятие равновесия, но и предлагают метод его достижения, а фирма выберет наилучший из вариантов, в соответствии со свойством рациональности [27].

На втором этапе формируется когнитивная модель G , в виде обобщенного орграфа $G_2 = G_{об} = (V_{2yp}, E_{2yp})$ с множеством вершин $V_{2yp} = (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5)$ и множеством дуг $E_{2yp} = (e_{21}, e_{41}, e_{24}, e_{23}, e_{34}, e_{51})$ между ними. С когнитивной моделью G_2 проводится вычислительный эксперимент для обнаружения подсистемы, наиболее чувствительной к импульсному воздействию. В нашем примере такой подсистемой является подсистема «конкурентоспособность».

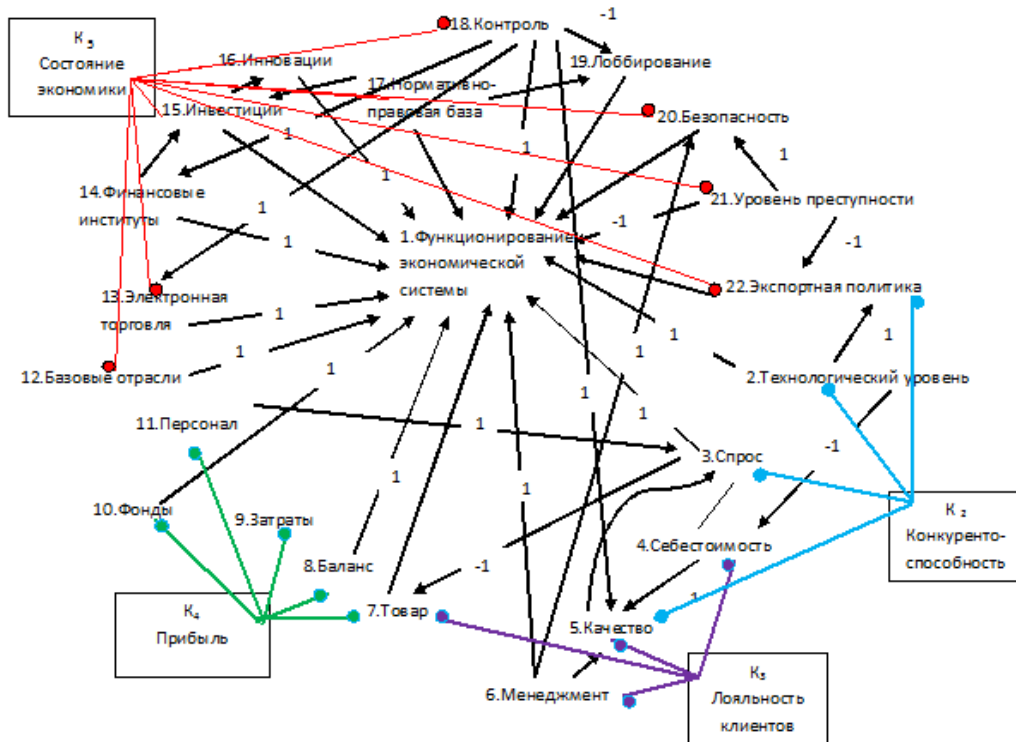


Рис. 2. Когнитивная модель G_1

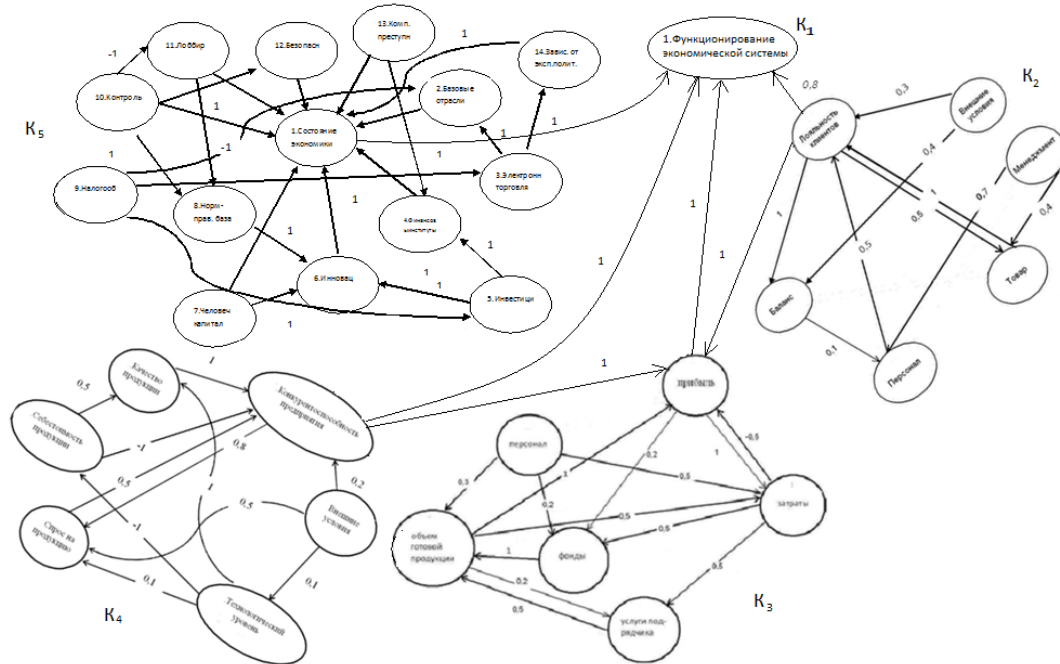


Рис. 3. Когнитивная модель G_3

На третьем этапе формируется когнитивная модель G_3 в виде детализированного орграфа $G_3 = G_{дет} = (V_{зур}, E_{зур})$, где $V_{зур} = (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5)$ – множество вершин и $E_{зур} = (w_{21}, w_{41}, w_{24}, w_{23}, w_{34}, w_{51})$ – множество весов дуг (рис. 3).

На рис. 3 представлена когнитивная модель G_3 , с которой проводится серия имитационных экспериментов с использованием авторского программного средства для наблюдения тенденций «функционирования» экономической системы при различных условиях [28].

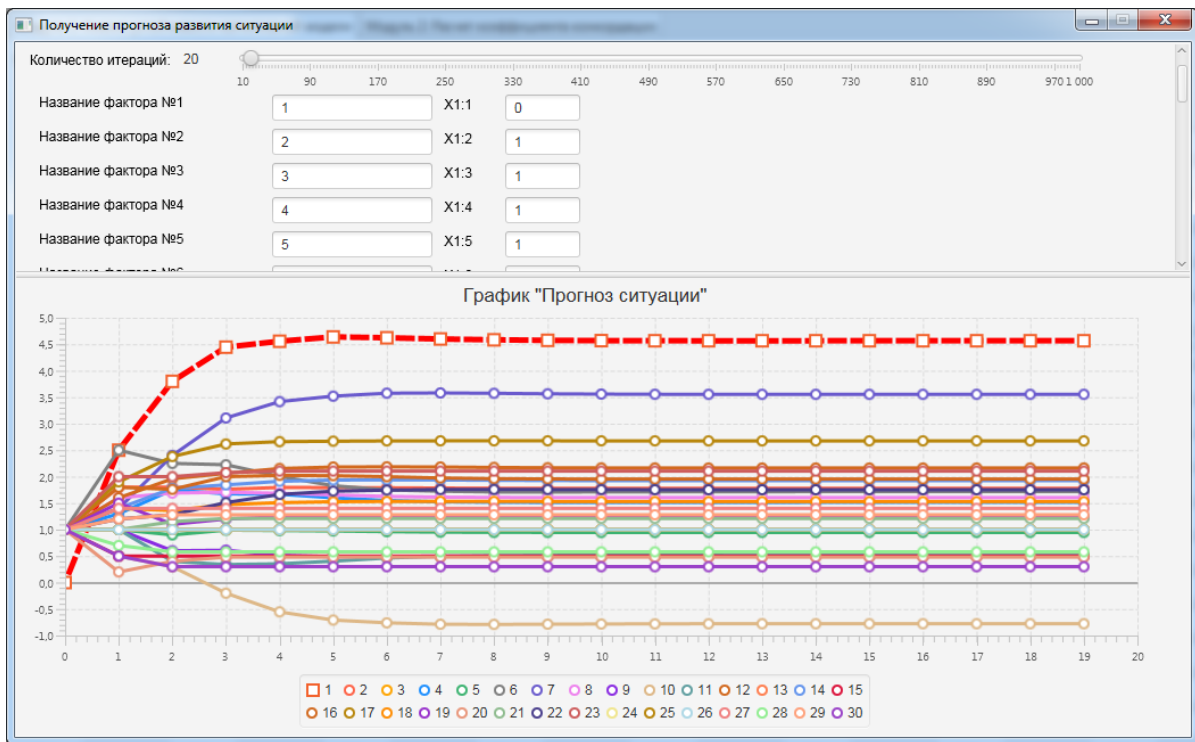


Рис. 4. Первый результат имитационного эксперимента

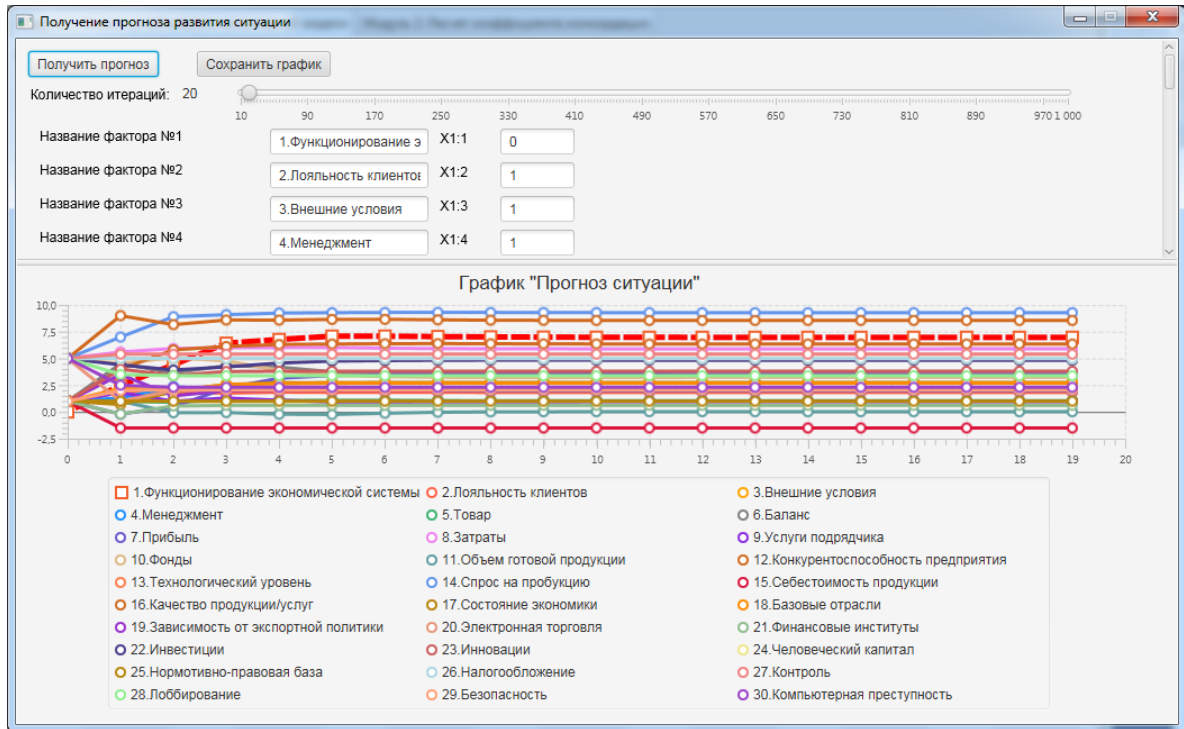


Рис. 5. Второй результат имитационного эксперимента

Результаты имитационного эксперимента.

Суть вычислительного эксперимента состоит в том, что в одну или несколько управляющих вершин орграфа вводятся импульсы, которые распространяются по различным его путям и оказывают суммарное воздействие на другие вершины. Первый результат вычислительного эксперимента получен при условии внесения импульсов по одной условной единице во все управляющие вершины орграфа (рис. 4). Значения целевого фактора (пунктирная линия) в этом случае устанавливаются на уровне 4,5 условных единиц.

Второй результат получен при условии имитации улучшения факторов «технологический уровень» производства, «качества» продукции и «налогообложение».

Из рис. 5 видна тенденция увеличения значений целевого фактора «функционирование» экономической системы, т.к. его значения установились на уровне 7,5 условных единиц. Результаты исследования соответствуют логике рассуждений экспертов, теоретическим разработкам Роберта Ф.С. и используются для обоснования управленческих решений [29].

По результатам серии имитационных экспериментов сформирован комплект графических материалов по функционированию экономической системы при различных условиях, который используется лицами, принимающими решения,

с целью выбора варианта для практической реализации.

Итоги симплицального анализа. Симплициальный анализ проведен с матрицей инцидентности детализированного орграфа третьей когнитивной модели, которая позволяет выявлять неочевидные взаимосвязи между факторами с целью принятия адекватных решений о способах управления объектом исследования. Симплициальный анализ оперирует понятиями симплекса и комплекса. Множество вершин в нашем примере x_p , относящихся к конкретной вершине x_j орграфа G_{det} трактуется как симплекс $\sigma_q^{(i)}$, где i – номер вершины, q – число дуг, на единицу меньших числа элементов в соответствующей строке (столбце) матрицы инцидентности. А совокупность симплексов, соединенных посредством общих граней, образует симплициальные комплексы $K_X(Y, R)$ и $K_Y(X, R)$ [30]. Далее реализация симплициального анализа предполагает вычисление размерности комплексов $K_X(Y, R)$ и $K_Y(X, R)$ путем подсчета количества элементов в каждой i -ой строке и j -ом столбце матрицы инцидентности. А также – выявление соответствующих симплексов и проверки условия их объединения. Затем – формирование структурных векторов комплексов $Q_X = \{Q_{\dim K}, \dots, Q_1, Q_0\}$ и $Q_Y = \{Q_{\dim K}, \dots, Q_1, Q_0\}$ и соответствующих выводов.

В нашем примере комплексы $K_X(Y, R)$ и $K_Y(X, R)$ исследовались с использованием матрицы ин-

цидентности, содержащей тридцать симплексов с разной связностью. Факторы «состояние» экономики, «конкурентоспособность», «финансовые институты», «налогообложение» и «контроль» – вершины орграфа с симплексами наибольшей размерности, полученные при реализации симплицеального анализа, выбираются специалистами для обоснования управленческих решений.

Заключение

Итоги работы по созданию технологии решения задач системного анализа с применением когнитивного подхода:

1. Проведен краткий обзор научных публикаций по применению инструментов, реализующих процедуры системного анализа.
2. Обоснован выбор представления знаний с применением когнитивной карты, как частного случая семантической сети проблемной области.
3. Приведен перечень этапов разработанной технологии.
4. Представлена апробация технологии на примере функционирования экономической системы, в том числе
 - процесс создания когнитивных моделей трех уровней иерархии;
 - итоги симплицеального анализа по выявлению неочевидных связей между факторами проблемной области;
 - результаты имитационного эксперимента по наблюдению тенденций развития ситуации на модельном объекте при различных начальных условиях.

Разработанная технология позволяет создавать когнитивные модели социально-экономических систем с разной степенью детализации, выявлять подсистемы, наиболее чувствительные к импульсным воздействиям, наблюдать тенденции развития ситуации на модельных объектах с целью выбора варианта стратегии лицом, принимающим решения, для практической реализации на основе опыта и интуиции.

Литература

1. Капустина Л.Г. Методика системного анализа и оценки эффективности применения информационно-коммуникационных технологий // Методист. 2017. № 5. С. 63-67.
2. Бондаренко И.С. Классификация, как метод системного анализа, в проблеме выбора технологии строительства // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 510. С. 130-135.

3. Яковлев О.В. Формирование методологии системного анализа безопасности новых наукоемких технологий // Стратегическая стабильность. 2011. № 4 (57). С. 73-75.
4. Белоусова Н.И., Васильева Е.М., Лившиц В.Н., Миронова И.А. Концептуальные основы моделирования оценки системной эффективности развития транспортной инфраструктуры // Труды ИСА РАН. 2021. Т. 71. № 1. С. 10-21.
5. Kocherzhinskaya Yu.V. and others. Usage of System Analysis methods in the software products engineering. J. of Engineering and Applied Sciences. 2018. VOL. 13. No 9. P. 3294-3298.
6. Dasgupta S. and others. User Acceptance of CASE Tools in Systems Analysis and Design: An Empirical Study. J. of Informatics Education Research. 2007. Vol.9. No 1. P. 51-77.
7. Кежаев В.А., Чубасов В.А. Методика системного анализа адаптивного управления техническим состоянием ракетно-артиллерийского вооружения // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. № 1 (101). С. 87-93.
8. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука. Гл. ред. физико-мат. лит. 1986. 288 с.
9. Сороколетов П.В. Анализ, проблемы и состояние моделей представления знаний в системах принятия решений // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. 2006. № 4. С. 16-24.
10. Поспелов Д.А. Прикладная семиотика и искусственный интеллект // Программные продукты и системы. 1996. № 3. С. 10-13.
11. Барышев М.В., Гатчин И.Ю., Гатчин Ю.А. Модели представления знаний экспертных систем // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2006. № 29. С. 14-18.
12. Поспелов Д.А. Знания в интеллектуальных системах // Программные продукты и системы. 1990. № 3. С. 67-79.
13. Белоус Е.С., Кудинов В.А., Желнин М.Э. Современные модели представления знаний в обучающих системах // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2010. № 1 (13). С. 9-14.
14. Елисеев Д.В. Модель представления знаний при создании адаптивной информационной системы // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2010. № 3. С. 2.
15. Загоруйко Ю.А. О концепции интегрирован-

- ной модели представления знаний // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 322. № 5. С. 98-103.
16. *Борисов В.В., Зернов М.М.* Реализация ситуационного подхода на основе нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 1. С. 17-30.
 17. *Поспелов Д.А.* Десять «горячих точек» в исследованиях по искусственному интеллекту // Интеллектуальные системы (МГУ). 1996. Т. 1. Вып. 1-4. С. 47-56.
 18. *Талер Р.* Новая поведенческая экономика. Почему люди нарушают правила традиционной экономики и как на этом заработать. М.: Эксмо. 2017. 368 с.
 19. *Саймон Г.* Науки об искусственном. М.: Едиториал УРСС. 2004. 144 с.
 20. *Шашитко А.А.* Поведенческая экономика: применение методов когнитивной психологии в экономике // Общественные науки и современность. 2017. № 2. С. 132-141.
 21. *Канеман Д., Словик П., Тверски А.* Принятие решений в неопределенности: правила и предубеждения. Харьков: Гуманитарный центр. 2005. 632 с.
 22. *Алексейчева Е.Ю., Шинкарева О.В.* Современные тенденции развития глобальной экономики в контексте исследований поведенческой экономики // Вестник Екатеринбургского института. 2019. № 4 (48). С. 4-11.
 23. *Вольчик В.В.* Поведенческая экономика и современные тенденции эволюции института собственности // Terra Economicus. 2010. Т. 8. № 2. С. 71-78.
 24. *Никонова Т.В., Шушакова А.А., Кодолова И.А.* Современные тенденции и факторы сберегательного поведения населения в российской экономике // Учет и статистика. 2020. № 3 (59). С. 95-105.
 25. *Акьюлов Р.И.* Современные тенденции развития теневой занятости в российской экономике // Дискуссия. 2020. № 2 (99). С. 50-57.
 26. *Авдеева З.К., Коврига С.В.* Подход к постановке задачи управления на когнитивной модели ситуации для стратегического мониторинга / В сб. Управление большими системами. М.: ИПУ РАН. 2016. Вып. 59. С. 120–146.
 27. *Саймон Г. А.* Теория принятия решений в экономической теории и науке о поведении / В кн. Вехи экономической мысли Т. 2. Теория фирмы / Под ред. В.М. Гальперина. СПб.: Экономическая школа. 2000. С. 54-72.
 28. *Lozhnikov V., Marenko V.* Software for the computational experiment “Synthesis of the topological structure of the cognitive model”. 2020. J. Phys.: Conf. Ser. 1441 012148.
 29. *Roberts F.S.* Discrete Mathematical Models, with Applications to Social, Biological and Environmental Problems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1976.
 30. *Маренко В.А., Мильчарек Т.П., Мильчарек Н.А.* Диагностика и моделирование экстремистской направленности личности // Труды ИСА РАН. 2021. Т. 71. № 3. С. 21-32.

Маренко Валентина Афанасьевна. Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия. Старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент. Количество печатных работ: 130 (в т.ч. 7 монографий). Область научных интересов: системный анализ, моделирование, информационные технологии. E-mail: marenko@ofim.oscsbras.ru.

Technologies for Decisions Problems of System Analysis Using a Cognitive Approach*

V.A. Marenko

Sobolev Institute of Mathematics Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Abstract. The purpose of the article is to describe the technology by the example of the functioning of the economic system according to the factors “competitiveness”, “profit”, “customer loyalty” and “state” of the economy. The technology is implemented in three stages. At each stage, cognitive models are formed with varying degrees of detail. At the first stage, the first cognitive model is built in the form of a digraph. Vertices consist of factors and the relationships between them are taken into account. At this stage, the subsystems of the cognitive model are identified. At the second stage, a second cognitive model is formed in the form of a generalized digraph. Vertices consist of subsystems of the first cognitive model. With the second cognitive model, a simulation experiment is conducted to identify the subsystem most sensitive to impulse action. At the third stage, a third cognitive model is constructed in the form of a detailed digraph. Vertices are formed from detailed subsystems of the first cognitive model. Causal relationships are represented by the weights of arcs. With the third cognitive model, a simplicial analysis for and a simulation experiment are carried out. Based on the results of simulation experiments, a set of graphic materials was formed. It is used to select a variant of the system for the purpose of practical implementation.

Keywords: *cognitive model, digraph, simulation experiment, economic system*

DOI: 10.14357/20790279220206

References

1. *Kapustina L.G.* Metodika sistemnogo analiza i otsenki effektivnosti primeneniya informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy // *Metodist*. 2017. No 5. P. 63-67.
2. *Bondarenko I.S.* Klassifikatsiya, kak metod sistemnogo analiza, v probleme vybora tekhnologii stroitel'stva // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2008. No 510. P. 130-135.
3. *Yakovlev O.V.* Formirovaniye metodologii sistemnogo analiza bezopasnosti novykh naukoymkikh tekhnologiy // *Strategicheskaya stabil'nost'*. 2011. No 4 (57). P. 73-75.
4. *Belousova N.I., Vasil'yeva Ye.M., Livshits V.N., Mironova I.A.* Kontseptual'nyye osnovy modelirovaniya otsenki sistemnoy effektivnosti razvitiya transportnoy infrastruktury // *Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiyskoy akademii nauk*. 2021. T. 71. No 1. P. 10-21
5. *Kocherzhinskaya Yu.V. and others.* Usage of System Analysis methods in the software products engineering. *J. of Engineering and Applied Sciences*. 2018. Vol. 13. No 9. P. 3294-3298.
6. *Dasgupta S. and others.* User Acceptance of CASE Tools in Systems Analysis and Design: An Empirical Study. *J. of Informatics Education Research*. 2007. Vol. 9. No 1. P. 51-77.
7. *Kezhayev V.A., Chubasov V.A.* Metodika sistemnogo analiza adaptivnogo upravleniya tekhnicheskim sostoyaniyem raketno-artilleriyskogo vooruzheniya // *Izvestiya Rossiyskoy akademii raketnykh i artilleriyskikh nauk*. 2018. No 1 (101). P. 87-93.
8. *Pospelov, D.A.* Situatsionnoye upravleniye. Teoriya i praktika. M.: Nauka. Gl. red. fizyumu-mat. lit. 1986. 288 p.
9. *Sorokoletov P.V.* Analiz, problemy i sostoyaniye modeley predstavleniya znaniy v sistemakh priyataya resheniy // *Perspektivnyye informatsionnyye tekhnologii i intellektual'nyye sistemy*. 2006. No 4. P. 16-24.
10. *Pospelov D.A.* Prikladnaya semiotika i iskusstvennyy intellekt // *Programmnyye produkty i sistemy*. 1996. No 3. P. 10-13.
11. *Baryshev M.V., Gatchin I.YU., Gatchin YU.A.* Modeli predstavleniya znaniy ekspertnykh sistem // *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki*. 2006. No 29. P. 14-18.
12. *Pospelov D.A.* Znaniya v intellektual'nykh sistemakh // *Programmnyye produkty i sistemy*. 1990. No 3. P. 67-79.
13. *Belous Ye.S., Kudinov V.A., Zhelnin M.E.* Sovremennyye modeli predstavleniya znaniy v obuchayushchikh sistemakh // *Uchenyye zapiski. Elektronnyy nauchnyy zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010. No 1 (13). P. 9-14.
14. *Yeliseyev D.V.* Model' predstavleniya znaniy pri sozdaniy adaptivnoy informatsionnoy sistemy // *Nauka i obrazovaniye: nauchnoye izdaniye*

* The research was funded in accordance with the state task of the IM SB RAS, project FWNF-2022-0016.

- MGTU im. N.E. Baumana. 2010. No 3. 2 p.
15. *Zagorul'ko YU.A.* O kontseptsii integrirovannoy modeli predstavleniya znaniy // *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2013. T. 322. No 5. P. 98-103.
 16. *Borisov V.V., Zernov M.M.* Realizatsiya situatsionnogo podkhoda na osnove nechetkoy iyerarkhicheskoy situatsionno-sobytiynoy seti // *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy*. 2009. No 1. P. 17-30.
 17. *Pospelov D.A.* Desyat' «goryachikh toчек» v issledovaniyakh po iskusstvennomu intellektu // *Intellektual'nyye sistemy (MGU)*. 1996. T. 1. Vyp. 1-4. P. 47-56.
 18. *Taler R.* Novaya povedencheskaya ekonomika. Pochemu lyudi narushayut pravila traditsionnoy ekonomiki i kak na etom zarabotat'. M.: Eksmo. 2017. 368 p.
 19. *Saymon G.* Nauki ob iskusstvennom. M.: Yeditorial URSS. 2004. 144 p.
 20. *Shastitko A.A.* Povedencheskaya ekonomika: primeniye metodov kognitivnoy psikhologii v ekonomike // *Obshchestvennyye nauki i sovremennost'*. 2017. No 2. P. 132-141.
 21. *Kaneman D., Slovik P., Tverski A.* Prinyatiye resheniy v neopredelennosti: pravila i predubezhdeniya. Khar'kov: Gumanitarnyy tsentr. 2005. 632 p.
 22. *Alekseycheva Ye.YU., Shinkareva O.V.* Sovremennyye tendentsii razvitiya global'noy ekonomiki v kontekste issledovaniy povedencheskoy ekonomiki // *Vestnik Yekaterininskogo instituta*. 2019. No 4 (48). P. 4-11.
 23. *Vol'chik V.V.* Povedencheskaya ekonomika i sovremennyye tendentsii evolyutsii instituta sobstvennosti // *Terra Economicus*. 2010. Vol. 8. No 2. P. 71-78.
 24. *Nikonova T.V., Shushakova A.A., Kodolova I.A.* Sovremennyye tendentsii i faktory sberegatel'nogo povedeniya naseleniya v rossiyskoy ekonomike // *Uchet i statistika*. 2020. No 3 (59). P. 95-105.
 25. *Ak'yulov R.I.* Sovremennyye tendentsii razvitiya tenevoy zanyatosti v rossiyskoy ekonomike // *Diskussiya*. 2020. No 2 (99). P. 50-57.
 26. *Avdeyeva Z.K., Kovriga S.V.* Podkhod k postanovke zadachi upravleniya na kognitivnoy modeli situatsii dlya strategicheskogo monitoringa / V sb. *Upravleniye bol'shimi sistemami*. M.: IPU RAN. 2016. Vol. 59. P. 120–146.
 27. *Saymon G.A.* Teoriya prinyatiya resheniy v ekonomicheskoy teorii i nauke o povedenii / V kn. *Vekhi ekonomicheskoy mysli T.2. Teoriya firmy / Pod red. V.M. Gal'perina* – SPb.: Ekonomicheskaya shkola. 2000. P. 54-72.
 28. *Lozhnikov V., Marenko V.* Software for the computational experiment “Synthesis of the topological structure of the cognitive model”. 2020. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1441 012148.
 29. *Roberts F.S.* *Discrete Mathematical Models, with Applications to Social, Biological and Environmental Problems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1976.
 30. *Marenko V.A., Mil'charek T.P., Mil'charek N.A.* Diagnostika i modelirovaniye ekstremistskoy napravlenosti lichnosti // *Trudy ISA RAN*. 2021. T. 71. No 3. P. 21-32.

Marenko V.A. Ph.D., Sobolev Institute of Mathematics Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: marenko@ofim.oscsbras.ru