

УДК 021.8 + 025.1  
ББК 78.34

## **ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ СТРУКТУРИЗАЦИИ ЗНАНИЙ ПРИ ФОРМАЛИЗАЦИИ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ**

**Авдеева З. К.<sup>1</sup>, Коврига С. В.<sup>2</sup>**

*(Учреждение Российской академии наук  
Институт проблем управления РАН, Москва)*

*Концептуальная структуризация относится к ранним этапам формализации знаний разнородной группы экспертов о развитии слабоструктурированных (проблемных) ситуаций (СС) на основе когнитивных карт. Роль этого этапа, как правило, недооценивается, а к формализации на основе когнитивных карт (и других моделей) относятся как к формальной процедуре выбора факторов и установления связей. Опыт решения практических задач по анализу слабоструктурированных ситуаций показывает успешность применения концептуальных схем (SWOT, PEST и ряда уникальных схем) на этапе структуризации знаний. Применение SWOT-схемы, с одной стороны, позволяет выделить основные предметные области и их укрупненные взаимосвязи, значимые при анализе развития исследуемой ситуации, а с другой – осложняется из-за ряда трудностей и недостатков. В статье предлагается краткий обзор методов построения когнитивных карт, общая схема процесса формализации с выделением значимых этапов и метод структуризации знаний о развитии СС на основе SWOT-схемы.*

**Ключевые слова:** слабоструктурированная ситуация, когнитивная карта, формализация, риски из-за человеческого

---

<sup>1</sup> Зинаида Константиновна Авдеева, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ([avdeeda@ipu.ru](mailto:avdeeda@ipu.ru), тел. (495) 334-78-00).

<sup>2</sup> Светлана Вадимовна Коврига, научный сотрудник ([kovriga@ipu.ru](mailto:kovriga@ipu.ru), тел. (495) 334-78-00).

фактора, концептуальная структуризация экспертных знаний, SWOT-схема (анализ), сценарий.

## 1. Введение

Когнитивные карты и модели на их основе применяются для структуризации знаний эксперта, построения согласованного мнения группы экспертов или анализа различий в таких мнениях, анализа развития слабоструктурированных (проблемных) ситуаций (СС) на основе имитационного моделирования, подготовки управленческих решений (в виде стратегий) на основе решения обратных задач и структурно-целевого анализа, и в других областях [3-10, 15, 17, 18-19, 20-22].<sup>3</sup>

Когнитивная карта относится к семейству моделей представления знаний экспертов в виде структуры причинно-следственных влияний факторов, характеризующих объект исследования (например, регион), его внешнюю среду (например, экономическую, государственную, геополитическую и т.п.) и интересы активных субъектов ситуации (например, региональные власти, образующие бюджет производители и т.п.).<sup>4</sup> Слабоструктурированная ситуация  $S$  тогда представима через когнитивную карту, начальные данные о состоянии факторов и

---

<sup>3</sup> Среди практических ситуаций, где успешно применялись методы на основе когнитивных карт, можно выделить, например, развитие региональных систем в кризисных или других сложных условиях [5, 6, 9, 11], анализ наркоситуации в регионе [18], развитие транснациональной компании с учетом государственной политики [4, 10, 12], диагностика системных заболеваний (см. обзор в работе [3]) и другие [17].

<sup>4</sup> Обязательная часть семейства – ориентированный граф, с вершинами которого связаны факторы (или концепты) ситуации, а дуги интерпретируются как прямые причинно-следственные влияния между факторами. Как правило, дугам приписаны знак или числа, а также вершинам и (или) дугам – функции. Различные интерпретации вершин, дуг и весов на дугах, так же как различные функции, определяющие влияния между факторами в узлах когнитивной карты, приводят к разным модификациям когнитивных карт и формальным средствам их обработки.

факторы, характеризующие цели и рычаги управления. Методы на основе когнитивных карт относятся к субъектно-формальным методам [1]. Такие методы сочетают мыслительные преобразования (mental processing) первичных знаний о ситуации с формальными методами обработки когнитивных карт: имитационным моделированием или иными формальными средствами [18].

Формализация является неотъемлемым и существенным этапом при решении практических задач на основе как когнитивных карт, так и других моделей, влияющим на достоверность применения формальных методов и качество получаемых рекомендаций для принятия решений в сложных проблемных ситуациях. Наряду с положительным влиянием, формализация может давать отрицательный искажающий эффект [2]. В силу неизбежного и существенного участия человека в формализации первичных представлений о ситуации такие методы в принципе не обеспечивают достоверности получаемых решений (понимаемой как возможность полагаться на эти решения); тем самым они являются рискованными [1].

Как показывают исследования, разработчики моделей и методов на основе когнитивных карт [2], как и других субъектно-формальных методов, этап формализации рассматривают, как правило, упрощенно, с позиции обработки информации. При этом роль экспертов и разработчиков формальных средств недооценивается.

Опираясь на идеи разработки научно-методических средств анализа СС с защитой от рисков из-за человеческого фактора<sup>5</sup> [1, 18], в данной работе процесс формализации рассматривается как сложный интеллектуальный процесс. В ходе этого процесса происходит преобразование знаний экспертов (или аналитиков) о СС из первичной когнитивной модели<sup>6</sup> в некоторую формализованную модель (например, на основе когнитивной карты) для последующего анализа и решения других задач.

---

<sup>5</sup> Работы по этому направлению в некоторой части поддержаны в рамках гранта РФФИ № 08-07-00331.

<sup>6</sup> Подразумевается внутреннее представление знаний о ситуации.

В процессе формализации знаний о СС на основе когнитивной карты выделяется значимый этап концептуальной (первичной) структуризации знаний. Как показывает опыт применения методов на основе когнитивных карт при решении практических задач [8-7, 12, 18-19, 20] для структуризации используются концептуальные схемы, в которых фиксируются основные предметные области и их укрупненные взаимосвязи, значимые при анализе развития исследуемой ситуации.

Концептуальная структуризация знаний направлена на ограничение рассматриваемой предметной области в рамках поставленных целей анализа ситуации и формирования единой понятийной системы (онтологии) для участников этого процесса – разнородного коллектива экспертов. Использование концептуальных схем, с одной стороны, позволяет систематизировать процесс построения когнитивной карты, а с другой – оказывает воздействие на первичную когнитивную модель знаний эксперта о ситуации и, соответственно, несет с собой риски искажения при формализации. В связи с этим при разработке типовых концептуальных схем и методов структуризации знаний необходимо ограничивать роль рисков, связанных с нечеткой семантикой самой схемы, и количественных оценок при сравнении субъективных конструкций [16].

Одной из широко используемых концептуальных схем, применяемых для структуризации знаний о развитии сложного объекта (ситуации), является SWOT-схема (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – недостатки, слабые стороны, Opportunities – возможности, Threats – угрозы). Известен ряд работ, в которых эта концептуальная схема используется для построения модели ситуации на основе когнитивной карты при решении различных практических задач [4-6, 8-10, 17]. Применение этой схемы на этапе структуризации позволяет извлекать знания экспертов о развитии СС (например, социально-экономической системы) во взаимодействии с внешней средой и представить их в виде первичных факторов (SWOT-факторов), ранжированных и сгруппированных по важности. Выявленные факторы и оценки берутся за основу построения формальной когнитивной карты развития СС, в которой детализируются SWOT-факторы, определяются базисные факторы СС, установ-

ливаются причинно-следственные связи и проводится параметризация для последующего анализа. При этом по результатам применения схемы формулируются стратегические альтернативы<sup>7</sup>, которые служат основой для формирования сценариев моделирования развития ситуации на основе когнитивной карты.

Для использования преимуществ этой схемы в процессе формализации на основе когнитивных карт разработан эвристический<sup>8</sup> метод первичной структуризации знаний экспертов при построении когнитивных карт, который включает процедуру оценки SWOT-факторов, построения интегральной групповой оценки и выбора важных факторов с учетом приоритетов и целей анализа исследуемой ситуации. При разработке метода учитывался накопленный практический опыт работы с экспертами при применении SWOT-схемы.

В рамках настоящей работы представлены:

- краткий обзор методов построения когнитивных карт;
- общая схема процесса формализации знаний экспертов о СС на основе когнитивной карты с выделением места концептуальной структуризации в этом процессе;
- эвристический метод первичной структуризации знаний экспертов при построении когнитивных карт.

Указанный метод входит в комплексный интерактивный метод построения когнитивной карты и модели на ее основе.

## **2. Краткий обзор методов построения когнитивных карт**

Несмотря на популярность когнитивных карт, в настоящее время нет согласованности в литературе относительно способа выявления важных факторов, влияющих и определяющих иссле-

---

<sup>7</sup> Традиционный SWOT-анализ ситуации заканчивается построением таблицы «Окно возможностей», в которой фиксируются стратегии на основе семантических схем, например, развитие ситуации с использованием возможностей и сильных сторон.

<sup>8</sup> «Эвристический» здесь означает «разработанный на основе обобщения опыта работы с экспертами».

дуюмую ситуацию. Методы построения когнитивных карт могут быть полезны как для понимания когнитивных процессов лиц, участвующих в принятии решений, так и как основа для управления активным исследованием сложных ситуаций. Анализ работ [5-9, 11-12, 17, 19-22, 24-25], посвященных применению моделей на основе когнитивных карт для исследования СС, показывает, что для построения карт применяют четыре подхода:

- выявление факторов и связей посредством контент-анализа<sup>9</sup> документов; в частности, в основополагающей работе [20], посвященной применению когнитивных карт в процедурах поддержки принятия решений, автор приводит основы анализа стенограмм заседания политиков;
- выявление факторов и связей посредством анализа экспертных представлений. При этом для структуризации представлений о сложной проблемной ситуации, как правило, привлекаются эксперты из различных областей знаний;
- выявление факторов и связей посредством анализа количественных данных, например, регрессионного анализа временных рядов параметров СС;
- выявление факторов и связей на основе концептуальных схем.

Методы построения когнитивных карт делятся на прямые и косвенные [24], индивидуальные и групповые [21]. К прямым относятся методы непосредственной работы с экспертами (методы построения карт «от руки», на основе интервьюирования субъекта и процедуры попарных сравнений [4, 6, 22, 24]). Для извлечения системы убеждений субъектов у ряда исследователей привлекается теория личностных конструктов Келли, в частности, техника репертуарных решеток (см. например, [22]). К косвенным методам относятся методы обработки вторичных источников (документов, транскриптов интервью, транскриптов политических дебатов и т.п.) [20].

---

<sup>9</sup> *Контент-анализ документа – группа методов содержательного анализа документов. Иногда их называют «интеллектуальный анализ данных».*

Перечисленные подходы и методы не лишены недостатков. Качество карт, полученных с помощью косвенных методов, связано с качеством знаний, представленных в документах. Карты, извлекаемые из документов или транскриптов выступлений политиков, включают как важные факторы ситуации, так и факторы, отражающие предубежденность эксперта и направленность на определенную аудиторию [2, 20], что хорошо для анализа механизмов принятия решений политика [20], но служит источником риска при анализе ситуации. Основное преимущество прямых методов заключается в том, что они избегают использования громоздких процедур кодирования и дают возможность исследователю сфокусироваться на целостной ситуации [23].

Анализ количественных данных предполагает объективность выявленных факторов и связей, но чтобы некоторый фактор попал в поле зрения, о нем и его влиянии должна быть собрана количественная информация. Как правило, при решении проблем в СС, которые включают множество элементов различной природы, и зависимости между элементами которых носят как количественный, так и качественный характер, указанное условие невыполнимо.

Распространены прямые методы, в которых субъекту предъявляется список переменных (концептов, факторов) для установления причинно-следственных зависимостей, а далее используются парные сравнения и последующая формальная обработка для получения итоговой оценки взаимовлияний факторов [20]. В этой процедуре заложены риски появления лишних причинно-следственных связей, т.к. субъект имеет возможность перебрать все возможные комбинации. Потенциальную проблему кодирования ошибок содержит и методы построения «от руки» из-за неоднозначности определения причин и следствий в исследуемой ситуации [23]. Проблему кодирования ошибок в карте психологи, в частности, связывают с различиями в когнитивных процессах распознавания и вспоминания [24].

Редкие работы затрагивают вопросы сравнения методов построения когнитивных карт и анализа их качества с позиции представленных знаний субъекта. В этой связи необходимо отметить работу Ходкинсона [24], в которой проводился глубо-

кий анализ карт, построенных «от руки» и с помощью попарных сравнений, на предмет их схожести с применением ряда формальных критериев структурной сложности и удобства процедур для субъектов. Оказалось, что при использовании техники попарных сравнений карты имеют более сложную структуру. Что касается удобства, участники нашли задачу построения карт «от руки» более комфортной, т.к. субъект «видит» целостную карту, и она является более адекватной их мнению. Существуют и другие исследования, в которых анализируется не метод, а сам способ представления знаний в виде когнитивных карт [23, 25].

Опыт показывает, что при анализе практических СС используются смешанные методы, сочетающие в себе разные подходы [4-7, 10, 12]. Применение того или иного метода построения когнитивных карт зависит от наличия данных (количественных или документальных) для построения карты, доступности экспертов, а также от целей исследователей [4].

Проведенный анализ первых трех подходов к построению когнитивных карт демонстрирует информационный подход к формализации знаний на основе когнитивных карт, в котором формализация сводится к построению карты как к выбору факторов и установлению взаимосвязей между ними. При этом недооценивается роль концептуальных схем, формирование которых (явно или неявно) предшествует определению факторов когнитивной карты. Концептуальная схема служит средством для формирования у экспертов единого и целостного представления об исследуемой ситуации и обеспечивает направленное выделение существенных знаний о ситуации.

Приведенный анализ методов построения когнитивных карт обнаруживает влияние на качество карт как прямых рисков (от экспертов), так и косвенных (от разработчиков теоретических моделей, методов и технологий), которые необходимо учитывать для повышения достоверности результатов применения методов на основе когнитивных карт. Для того чтобы проследить влияние прямых и косвенных рисков и систематизировать процесс формализации для понимания единой технологической цепочки трансформации знаний при применении тех или иных методов, в данной работе процесс формализации рассматривается как сложный интеллектуальный процесс преобразования знаний.



### **3. Общая схема процесса формализации знаний экспертов о слабоструктурированной ситуации на основе когнитивной карты**

При разработке общей схемы процесса формализации знаний эксперта о СС на основе когнитивной карты использовалась модель когнитивного управления<sup>10</sup> (КУ) мыслительным процессом субъекта при решении практических задач, представленная в работах [1-2, 18]. Модель КУ служит основой для проектирования методик управления процессом формализации в составе технологий поддержки решения управленческих задач, опирающихся на экспертные или иные субъектно-формальные методы [2]. При этом в качестве значимого средства влияния на качество рассматривается контроль над рисками в ходе процесса формализации, который должен проводиться экспертом под «мягким»<sup>11</sup> управлением компьютера (концепция мягкого когнитивного управления).

Согласно модели КУ процесс формализации, т.е. построения экспертом модели СС на основе когнитивной карты, рассматривается как пошаговый процесс и представляется в виде классической схемы дискретного управления: *вход, исходное состояние* → *выход, новое состояние*, которая определяет один шаг (этап) формализации [1]. На рис. 1 а, б приведена общая схема формализации знаний эксперта о СС в виде графа переходов, где вершины – это состояния, дуги – переходы из одного состояния в другое, на каждой из которых задано условие перехода.

---

<sup>10</sup> Понятие «когнитивное управление» введено в [1, 18] для обозначения управления, которое воздействует на когнитивные (познавательные) средства конкретного человека, осмысливающего и структурирующего ситуацию; прежде всего – на его общие понятия и схемы представления знаний, посредством которых происходит формализация его внутренних представлений об интересующей его ситуации.

<sup>11</sup> «Мягкое» управление понимается как управление без навязывания жесткой последовательности шагов в процессе формализации.

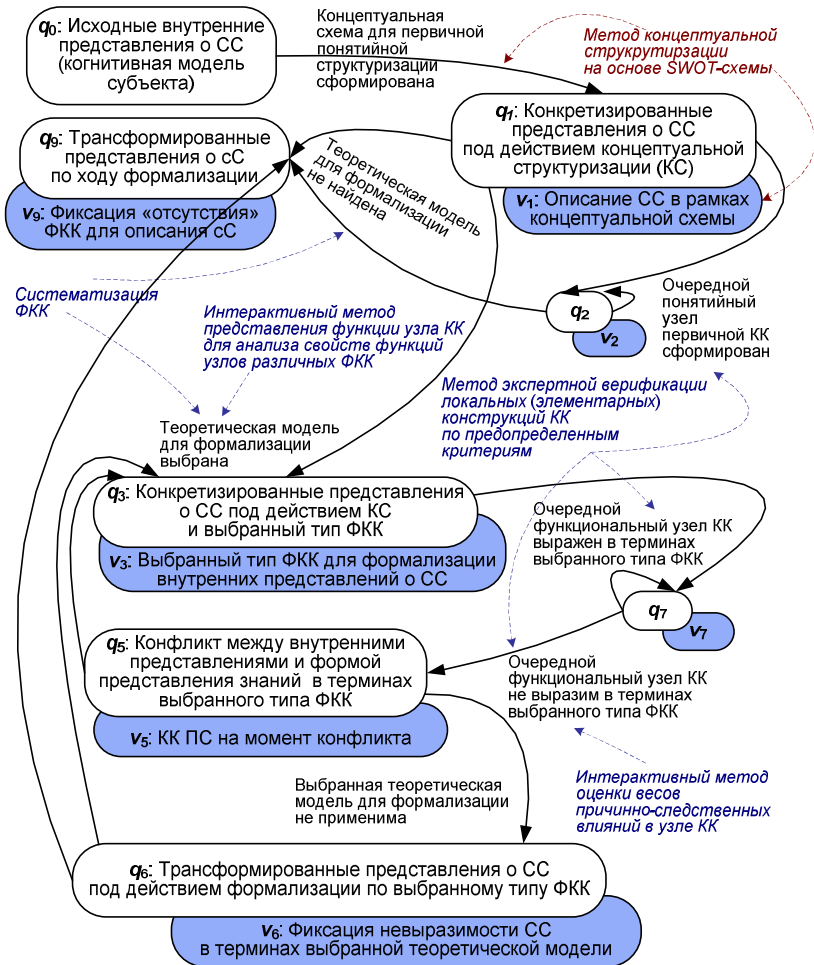


Рис. 1 а. Общая схема процесса формализации знаний эксперта о слабоструктурированной ситуации на основе когнитивной карты

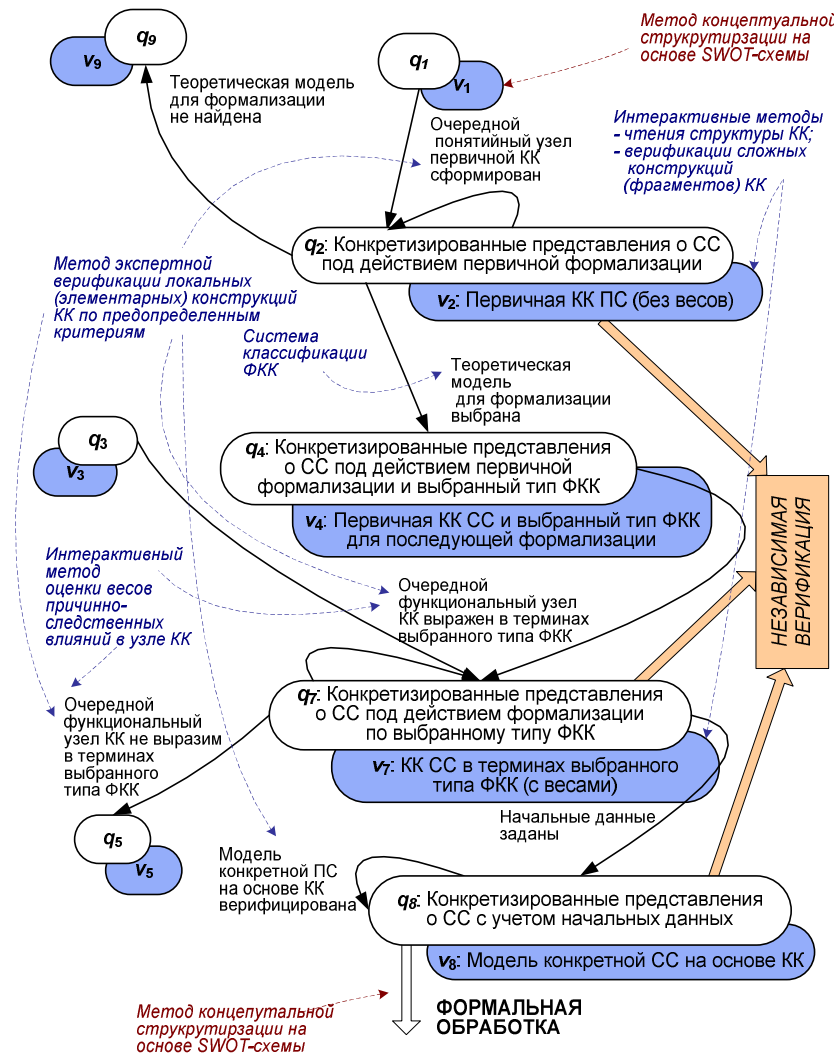


Рис. 1 б. Общая схема процесса формализации знаний эксперта о слабоструктурированной ситуации на основе когнитивной карты (продолжение)

В качестве исходного состояния ( $q_0$ ) выступает первичная внутренняя (когнитивная) модель ситуации эксперта, в качестве последующих состояний ( $q_i$ ) выступают внутренние представления эксперта о СС, изменяющиеся по ходу формализации. Внешнее формализованное описание ( $v_i$ ) или его фрагмент рассматривается как выход очередного шага. На каждом шаге происходит развитие (расширение) строящейся модели или коррекция ее фрагментов. Конечным результатом этого процесса является формализованная модель ситуации в терминах выбранной теоретической модели – формальной когнитивной карты, ФКК ( $v_7$ ), а при задании начальных данных для моделирования – конкретной модели ситуации ( $v_8$ ) (рис. 1 б). Если по ходу построения модели не найдена подходящая ФКК для формализации представлений об исходной ситуации, то в результате фиксируется отсутствие формальной модели для описания СС ( $v_9$ ); при этом предполагается, что исходные внутренние представления о СС у эксперта могут измениться по ходу формализации (рис. 1 а).

Переход (управление сменой состояний) трактуется как внешнее когнитивное управление, которое воздействует на субъективные когнитивные средства эксперта, осмысливающего ситуацию.

Управление может происходить явным или неявным «навязыванием» эксперту определенных когнитивных средств (понятий и теоретических моделей в качестве схем представления знаний) с применением тех или иных психологических механизмов, будь то привлечение внимания к известным средствам, обучение новым средствам, формирование установок и т.д. [1].

Представленная на рис. 1 а, б схема процесса формализации знаний эксперта о СС отражает лишь верхний уровень этого процесса. По сути, за каждым переходом из одного состояния в другое  $q_i \rightarrow q_j$  стоит отдельный процесс, который в рамках данной статьи не детализируется (в настоящее время готовится отдельная публикация).

Для реализации концепции мягкого когнитивного управления процессом формализации предлагается разработка комплекс-

ного интерактивного метода построения когнитивных карт и моделей на их основе, включающего комплекс частных методов:

- область действия которых распространяется на различные этапы формализации СС (в рамках общей схемы формализации),

- учитывающих когнитивные ресурсы (восприятие, представление, понимание, объяснение) субъектов – участников процесса формализации,

- обеспечивающих «мягкий» способ управления, в котором порядок этапов и отдельных шагов формализации регламентируется только в рамках внутренней логики создаваемой формализованной модели ситуации.

- ориентированных на защиту от рисков, порождаемых на разных шагах формализации знаний на основе когнитивной карты.

На рис. 1 а, б перечислен ряд методов (выделены курсивом), разработанных на сегодня в рамках построения комплексного интерактивного метода. Пунктирные стрелки указывают на область действия этих методов в процессе формализации.

Концептуальная структуризация знаний экспертов о СС ( $q_0 \rightarrow q_1$ ) относится к самому раннему этапу построения модели ситуации на основе когнитивной карты.

Согласно представленной схеме процесса формализации внешним когнитивным управлением, воздействующим на экспертов, осмысливающих ситуацию, является та или иная концептуальная схема, в рамках которой проводится первичная понятийная структуризация знаний экспертов.

В следующем разделе представлен эвристический метод концептуальной структуризации знаний экспертов при построении когнитивных карт, в котором обобщен опыт работы с экспертами при структуризации на основе SWOT-схемы.

#### **4. Эвристический метод концептуальной структуризации знаний на основе SWOT-схемы**

Концептуальная структуризация (рис. 1 а) направлена на ограничение рассматриваемой предметной области в рамках

поставленных целей анализ/исследования СС и формирования единой понятийной системы (онтологии) для участников этого процесса – разнородного коллектива экспертов

Одной из таких схем является SWOT-схема, широко применяемая при анализе проблемных ситуаций при развитии сложных социально-экономических объектов (предприятия, отрасли, региона, страны). В общем виде SWOT-анализ (*Strengths* – сильные стороны, *Weaknesses* – слабые стороны, *Opportunities* – возможности, *Threats* – угрозы) (см. рис. 2) сводится к экспертному определению сильных и слабых сторон СЭО, возможностей и угроз (опасностей) внешней среды и формированию матрицы «Окно возможностей», в которой на пересечении строк и столбцов экспертно оценивается значимость каждого сочетания возможностей и сильных сторон, угроз и сильных сторон и т.д. На основании полученных оценок вырабатывается комплекс стратегических мероприятий по развитию объекта [13].



Рис. 2. SWOT-схема

Анализ публикаций и опыта участия авторов [4-10, 12] в концептуальной структуризации при решении практических задач на основе когнитивных карт выявил трудности, с которыми сталкиваются эксперты при применении SWOT-схемы. К их числу относятся трудности с несогласованным подбором экспертов, применение размытых лингвистических оценок («важ-

но», «менее важно» и т.п.) для сравнения SWOT-факторов, применение недостаточно обоснованных процедур построения интегральной оценки и ряд других. В частности, SWOT-схемы применяются при структуризации знаний группы экспертов для построения согласованной интегральной оценки, определение которой зависит от организации согласования и формальной оценки. Трудность с применением размытых лингвистических оценок («важно», «менее важно» и т.п.) для сравнения SWOT-факторов заключается в том, что оценка «важно» наполняется различными смыслами у разных экспертов, а эта оценка используется, в том числе, и для последующего определения влияний между факторами при построении формальной модели ситуации. При построении итоговых оценок нельзя не учитывать этот факт. Выходом является применение семантических схем, раскрывающих смысл оценки при сопоставлении «угроз» с «сильными сторонами» и т.п.<sup>12</sup>

Помимо перечисленных трудностей при применении SWOT-схемы для структуризации знаний были обнаружены недостатки, например, при выборе важных факторов на основании простого ранжирования или формулирование стратегических альтернатив без поддержки возможности оценить их реализуемость и важность. Что касается определения важности того или иного SWOT-фактора на основе экспертной оценки их сочетания, оказалось, что можно выделить некоторые приоритеты эксперта при их определении.

В частности, важность «угрозы» можно оценить исходя из экспертных оценок их сочетаний с сильными и слабыми сторонами объекта. В некоторой ситуации важнее проанализировать угрозы, которые можно нивелировать с помощью сильных сторон. Следует помнить, что экспертные оценки позволяют отсеять неважные факторы уже на этапе экспертных процедур, но необходимо проводить дальнейший анализ их влияния на

---

<sup>12</sup> Например, в отличие от традиционной SWOT-схемы, при оценке сочетания элементов предлагается применять семантические схемы типа «слабая сторона» [сильно, слабо...] «мешает использованию» «угрозы».

развитие СС (пример формального определения того, какие факторы являются угрозами или возможностями для развития СС на основе анализа когнитивных карт см. в [10]).

Также развитием традиционной SWOT-схемы при сочетании ее с методами на основе когнитивных карт является возможность проводить сценарный анализ с целью, во-первых, оценки важности влияния тех или иных SWOT-факторов на развитие системы, а во-вторых, оценки стратегических альтернатив матрицы «Окно возможностей» на основе формирования сценариев моделирования развития СС.

В рамках данной статьи представлен эвристический метод концептуальной структуризации знания экспертов о развитии СС, результаты применения которого, с одной стороны, служат основой для построения первичной когнитивной карты (см. рис. 1 а, б  $(q_1, v_1) \rightarrow (q_2, v_2)$ ), а с другой – для формирования сценариев моделирования после построения модели конкретной СС на основе когнитивной карты (рис. 1 б).

Разработанный метод частично направлен на снижение трудностей, связанных с использованием размытых лингвистических оценок и формированием классов важности SWOT-факторов.

Эвристический метод структуризации знаний о СС с использованием SWOT-схемы (рис. 2) включает следующие этапы:

1. Определение SWOT-факторов, характеризующих развитие объекта (сильные стороны *S*, недостатки *W*) во внешней среде (угрозы *T* и возможности *O*).

2. Оценка значимости выявленных SWOT-факторов путем групповой экспертной оценки их взаимовлияний, нацеленная на расстановку приоритетов.

3. Интегральная оценка каждой группы SWOT-факторов по выделенным критериям и деление их на классы важности.

4. Формирование матрицы «Окно возможностей».

#### 4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ SWOT-ФАКТОРОВ И ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ

Определение SWOT-факторов, характеризующих развитие СС с учетом внешней среды, которые содержат 4 группы:

- $S(s_1, \dots, s_n)$ , где  $n$  – количество выявленных сильных сторон;



- $W(w_1, \dots, w_m)$ , где  $m$  – количество выявленных слабых сторон;
- $O(o_1, \dots, o_l)$ , где  $l$  – количество выявленных возможностей;
- $T(t_1, \dots, t_k)$ , где  $k$  – количество выявленных угроз.

Оценка значимости выявленных SWOT-факторов проводится путем групповой экспертной оценки их взаимовлияний, нацеленной на расстановку приоритетов.

(а) Значимость SWOT-элементов устанавливается на основе анализа оценок сочетаний:

- возможности (**O**) – сильные (**S**) и слабые (**W**) стороны;
- угрозы (**T**) – сильные и слабые стороны;
- угрозы – возможности.

(б) По ряду сочетаний делается как прямая, так и обратная оценка.

(с) Суммарные оценки таких сочетаний позволяют учесть в стратегиях реализации возможностей путем использования сильных сторон СС и ограничений (угрозы и слабые стороны).

С помощью таких оценок формируется пять таблиц (рис. 3).

Формулировка SWOT-факторов		Сильные стороны СС (S)				
		S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	Значимость T <sub>1</sub> (S <sub>i</sub> )	Ранг R(T <sub>i</sub> )
Угрозы (T)	T <sub>1</sub>	f <sub>11</sub>	–		$\sum_{i=1}^n f_{i1}$	
	T <sub>2</sub> .....					
	T <sub>3</sub> .....					
	T <sub>l</sub> .....					
	Значимость S(T)					
	Ранг R(S <sub>i</sub> )					

Рис. 3. Пример таблицы оценок взаимосвязи сегмента «угрозы-сильные стороны»

В дальнейшем изложении приведены некоторые детали анализа угроз, при этом для других SWOT-факторов используется аналогичная схема.

Оценка взаимовлияний таких факторов проводится в ходе экспертного опроса или переработки аналитической информации. Такая оценка предполагает использование лингвистических переменных, на понятийном (содержательном) уровне задающих различные состояния оценки значимости факторов типа

«сильно влияет», «несущественно влияет» и т.д. Такой совокупности лингвистических переменных сопоставляются числовые значения: «сильно» – 3; «средне» – 2; «слабо» – 1; «несущественно» – 0. Например, оценка значимости взаимовлияний «угрозы – сильные стороны» позволяет определить, насколько сильные стороны  $s_i$  СС позволяют парировать угрозы  $t_i$  со стороны внешней среды и насколько угрозы могут ослабить сильные стороны (рис. 4).

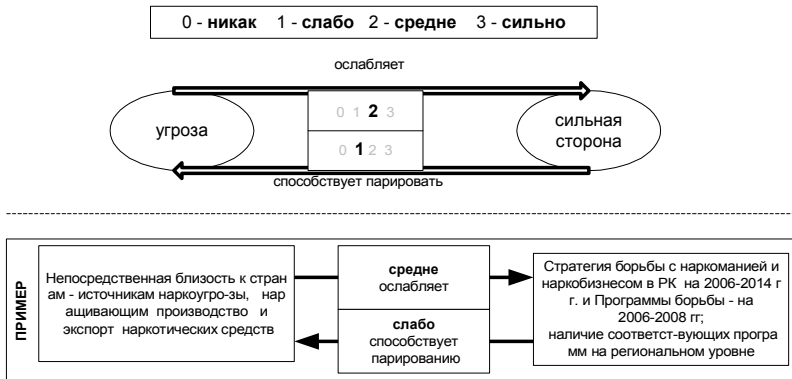


Рис. 4. Пример оценки «возможность – слабая сторона»

При оценке других сочетаний также предлагаются подобные семантические схемы. Например, сопоставляя возможность с сильной стороной, проводится оценка возможности использования «сильной стороны»  $S$  для реализации «возможности»  $O$ .

#### 4.2. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА SWOT-ФАКТОРОВ И ФОРМИРОВАНИЕ КЛАССОВ ВАЖНОСТИ

Интегральная оценка каждой группы SWOT-факторов по выделенным критериям и деление их на классы важности (рис. 3). По каждой группе SWOT-факторов:

1. Строятся сводные таблицы оценок по ряду критериев для  $m$  экспертов и формируются интегральные оценки на основе применения медианы Кемени.

2. Проводится анализ сочетаний оценок по группе и выделяются элементы, попавшие в определенные классы важности.

Сначала формируется сводная таблица значимости, например, угроз. Значимость угроз оценивается по 5 параметрам (рис. 3, а также пример на рис. 5):

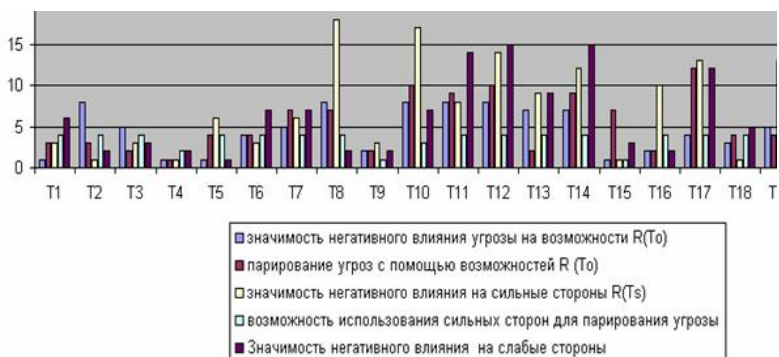


Рис. 5. Пример анализа значимости угроз

- *значимость негативного влияния угрозы на возможности  $R(T_0)$* , которая определяется исходя из упорядочения угроз по сумме лингвистических оценок негативного влияния угрозы на возможности, т.е. в 1-ом столбце таблицы ставится ранг угрозы;

- *парирование угроз с помощью возможностей  $R(T^0)$*  – оценка, которая определяется исходя из упорядочения угроз по сумме лингвистических оценок использования возможностей для парирования угроз (см. 2-й столбец таблицы на рис. 3);

- *значимость негативного влияния на сильные стороны  $R(T_s)$* , которая определяется исходя из упорядочения угроз по сумме лингвистических оценок негативного влияния на сильные стороны СС;

- *возможность использования сильных сторон для парирования угрозы* – оценка, которая определяется исходя из упорядочения угроз по сумме лингвистических оценок возможно-

сти использования сильных сторон для парирования угроз (см. 4-й столбец таблицы на рис. 3);

- *значимость негативного влияния на слабые стороны*, которая определяется исходя из упорядочения угроз по сумме лингвистических оценок негативного влияния на слабые стороны.

Для каждой группы SWOT-факторов строятся сводные таблицы значимости, отражающие мнение конкретного эксперта. В случае сводной оценки значимости возможностей определяются такие характеристики, как значимость возможности при парировании угроз и обратная оценка уязвимость по отношению к угрозам, а также использование возможности с помощью сильных сторон и др.

Далее строится *интегральная оценка для каждой группы SWOT-факторов*, по результатам которой получаем 4 интегральных сводных таблиц, соответствующих интегральной (групповой) оценке значимости *S*-факторов, *W*-факторов, *O*-факторов и *T*-факторов. Групповая оценка строится с использованием алгоритма построения медианы Кемени [4, 13]. При обработке экспертной информации необходимо выбрать принцип выбора альтернативы из полученных экспертных оценок. Кондорсе впервые обратил внимание на недостаточность процедуры определения наилучшей альтернативы с помощью непосредственного подсчета голосов по правилу большинства и предложил иной принцип определения наилучшей альтернативы, основанный на ранжировании альтернатив по предпочтениям [13].

Недостатков лишен принцип ранжирования, предложенный Кемени [12], использующий меры близости. С помощью мер близости определяется расстояние между произвольной парой ранжирования. Результирующее ранжирование  $F(P_1, \dots, P_m)$  должно быть расположено как можно ближе к ранжированиям  $P_1, \dots, P_m$ . Такое ранжирование  $M^*(P_1, \dots, P_m)$  и называется медианой Кемени:

$$M^*(P_1, \dots, P_m) = \arg \min_P \sum_{v=1}^m d(P, P_v).$$

При построении групповой оценки необходимо оценивать близость мнения экспертов.

*На основе интегральной оценки формируются классы важности SWOT-факторов.* Следующим шагом в выделении важных факторов является обработка сводных таблиц, построенных для каждой группы факторов, и выделение классов важности факторов по сочетанию оценок значимости. Так, для группы факторов, характеризующих угрозы, выделяются следующие классы:

- (1) наиболее значимые угрозы с низкой возможностью их парирования,
- (2) средне значимые угрозы с высокой возможностью их парирования,
- (3) незначимые угрозы.

Соответственно, в дальнейший анализ включаются факторы, попавшие в 1-й класс. Подобная процедура проводится для возможностей, сильных и слабых сторон. По результатам анализа сводной таблицы «Значимость возможностей» выделяется 2 основных класса важности: (1) Возможности, неподверженные негативным воздействиям, использование которых позволяет нивелировать слабые стороны и парировать угрозы. (2) Возможности, подверженные негативным воздействиям.

При формулировке стратегических альтернатив рассматриваются SWOT-факторы, попавшие в интересующий класс важности.

#### ***4.3. ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ «ОКНО ВОЗМОЖНОСТЕЙ» КАК ОСНОВЫ ДЛЯ СЦЕНАРИЕВ***

Результатом применения метода становится выявление 4-х групп факторов, характеризующих угрозы и возможности со стороны внешней среды, и сильные слабые стороны объекта. Экспертная оценка взаимовлияний выделенных SWOT-факторов позволяет построить матрицу «Окно возможностей», образованных на пересечении выделенных факторов (рис. 6).

На основе такой матрицы можно построить 4 типа сценариев моделирования развития СС на основе когнитивной карты.

<p><b>Матрица «Окно возможностей»</b></p>		<p><b>Факторы внутренней среды</b></p>	
		<p><b>Сильные стороны (преимущества)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сильная сторона 1</li> <li>• сильная сторона 2</li> <li>• .....</li> </ul>	<p><b>Слабые стороны (недостатки)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• слабая сторона 1</li> <li>• слабая сторона 2</li> <li>• .....</li> </ul>
<p><b>Факторы внешней среды</b></p>	<p><b>Возможности для развития</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность 1</li> <li>• возможность 2</li> <li>• .....</li> </ul>	<p><b>Зона I</b>  <b>Стратегии выбора приоритетных направлений развития</b></p>	<p><b>Зона II</b>  <b>Стратегии компенсации слабых сторон за счет использования возможностей</b></p>
	<p><b>Угрозы развитию</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• угроза 1</li> <li>• угроза 2</li> <li>• .....</li> </ul>	<p><b>Зона III</b>  <b>Стратегии нейтрализации угроз за счет существующего потенциала</b></p>	<p><b>Зона IV</b>  <b>Стратегии нейтрализации слабых сторон для уменьшения рисков</b></p>

Рис.6 Матрица «Окно возможностей»

Основу для сценариев составляет пересечение выделенных групп факторов. Перечислим эти типы:

- анализ влияния факторов, характеризующих возможности  $O \in X$ , добавленных к базовой модели, на развитие ситуации;
- анализ компенсации слабых сторон ( $W \in X$ ) за счет влияния возможностей  $O \in X$ ,  $S^1(X(0), C \in W)$ ;
- анализ снижения негативного влияния факторов, характеризующих угрозы  $T \in X$ , за счет использования сильных сторон  $St$ , выражаемых в модели на факторах управления,  $S^3(X(0), C \in X_k$  (смежных с факторами  $T$ ),  $U \in St$ );
- анализ слабых мест.

По результатам проведенной оценки формируются 4 группы взаимосвязанных SWOT-факторов, выбранных с применением описанного метода, которые ложатся в основу построения когнитивной карты  $CC$  и служат единой понятийной системой (онтологией) для участников этого процесса – разнородного коллектива экспертов. Другим результатом применения метода является основа (список SWOT-факторов, которые выступают в качестве целей и(или) управлений в  $CC$ ) для формирования сценариев моделирования.

## **5. Некоторые результаты применения эвристического метода концептуальной структуризации знаний о развитии СС**

Подтверждением работоспособности метода служит его применение в ряде практических работ по анализу СС, например, анализ развития Самарской области [5] или анализе наркоситуации в регионе [18]. Целью применения метода при анализе наркоситуации было построение единой понятийной системы разнородного коллектива экспертов и построение концептуальной модели ситуации, детализация которой позволила построить когнитивную карту для последующего анализа и моделирования ее развития.

При анализе развития Самарской области [5] применение описанной схемы позволило сформировать список факторов, определяющих важные процессы во внешней среде (государственной, международной и т.п.), сгенерировать сценарии, отражающие саморазвитие и развитие под влиянием угроз и возможностей. Структуризация в этой работе проводилась по схеме, включающей:

1. Построение базовой модели  $M(G(X))$  – совокупность факторов,  $A$ -матрица взаимовлияний факторов, вектора начальных значений факторов), которая содержит базисные факторы.
2. Выявление и оценку SWOT-факторов, формирование классов важности.
3. Включение выбранных факторов в базовую модель,  $M^*(G^*, X^*(0), U)$  – вектор управлений), и формирование сценариев развития СС.
4. Формирование сценариев анализа развития ситуации.

Применение метода позволило выбрать существенные факторы внешней среды, отражающие влияние угроз и возможностей. Так, из 50-ти выделенных экспертами факторов выбраны важные факторы, характеризующие повышение стоимости ресурсов и сырья, несовершенство инвестиционного законодательства и вступление в ВТО. В результате базовая модель была дополнена такими факторами: ф. 44. – «Несовершенство инве-

стиционного законодательства», ф. 44. – «Стоимость ресурсов и сырья», ф. 45. – «Научный потенциал».

Далее проводился *сценарный анализ влияния выделенных SWOT-факторов* на развитие ситуации. Для этого было сгенерировано два сценария (1) сценарий развития без влияния SWOT-факторов  $X(t) = S(X(0))$  – начальное состояние ситуации,  $C$  – целевой образ развития  $CC$  и  $X^*(t) = S^*(X^*(0), C)$ , на факторах дополненной SWOT-факторами модели,  $M$ .

Целевой образ<sup>13</sup>  $CC$  определяется на множестве факторов когнитивной карты  $C = (X_C, R(X_C))$ , где  $X_C = \{x \in X : r(x) \neq 0\}$  – целевое подмножество, с помощью оценки динамики на факторах (ОДФ) когнитивной карты  $R(x_i) = \{+1$  (желательно увеличение значения фактора),  $-1$  (желательно уменьшение значения фактора) $\}$ .

Результатом сценарного моделирования является определение результирующего (установившегося) состояния под воздействием исходных условий. Состояние ситуации  $X(t)$  в любой момент времени  $t$  определяется исходя из начального состояния ситуации  $X(0)$  (при условии, что  $x(t) = 0$  при  $t < 0$ ) [2]:

$$(1) \quad X(t) = (E_N + A + A^2 + \dots + A^t) X(0)$$

При сравнении сценариев  $X(t)$  и  $X^*(t)$  используются методы оценки состояний  $CC$  и определения степени их несоответствия желательному состоянию [2]. Состояние системы называется проблемным, когда наблюдается отклонение развития  $CC$  от желательного направления, заданного вектором ОДФ. Тогда проблема в развитии системы есть вектор

$$P^* = \{p_i\} = \{o_i: o_i \leq 0\} \vee \{0: o_i > 0\}.$$

Сценарный анализ их влияния на развитие системы, т.е. сравнение сценариев развития  $CC$  без учета SWOT-факторов,  $S$ , и с учетом,  $S^*$  позволяет сделать вывод о значимости выделенных факторов при исследовании развитии  $CC$ . Если развитие системы существенно не меняется при добавлении факторов в

---

<sup>13</sup> Формируется на основе гипотез о ее желательном развитии, отражающих интересы руководства, например, правительства, регионального руководства, руководства фирмы.



модель, то можно сделать вывод о том, что все проблемы сконцентрированы в базисных факторах.

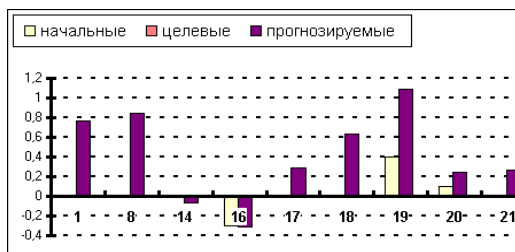


Рис. 7. Саморазвитие Самарской области

Так, при анализе развития Самарской области возможность «вступление в ВТО» в модели выражается в виде вектора управления на факторах: «Спрос на продукцию машиностроения» (фактор 5) со значением умеренно падает ( $-0,4$ ); «Конкурентоспособность продукции машиностроения» (фактор 6) со значением слабо убывает ( $-0,2$ ).

Анализ полученных сценариев с точки зрения интересов руководства показал, что в случае саморазвития (рис. 6) проблем в развитии региона не возникает. В случае влияния угроз возникают проблемы в развитии Самарской области:

- для руководства региона наблюдается рост цен (фактор 29) и уменьшается экономическая стабильность (фактор 30).
- для представителей промышленности проблема возникает на факторах 4, 5, 7, 12: «Объем производства продукции машиностроения», «Спрос на продукцию машиностроения», «Объем производства электроэнергии», «Загруженность производственных мощностей».

## 6. Выводы

Опыт применения различных моделей и методов на основе когнитивных карт (в России и за рубежом), повышающийся интерес управленцев–практиков к разработкам в данном направлении показывают целесообразность развития данного

подхода для решения практических задач в слабоструктурированных проблемных ситуациях.

Проведенный анализ методов построения когнитивных карт обнаруживает влияние на качество карт как прямых рисков (от экспертов), так и косвенных (от разработчиков теоретических моделей, методов и технологий), которые необходимо учитывать для повышения достоверности результатов применения методов на основе когнитивных карт.

Предлагаемые общая схема процесса формализации и комплексный интерактивный метод построения когнитивных карт и моделей на их основе служат основой для разработки единой технологии анализа и управления СС на основе когнитивных карт, ориентированной на защиту от рисков из-за человеческого фактора. Указанная технология должна поддерживать различные этапы решения практических задач на основе когнитивных карт.

Значимое место в процессе формализации знаний о СС отводится самому раннему этапу – концептуальной структуризации экспертных знаний о СС. С практической точки зрения важной исследовательской задачей является разработка типовых концептуальных схем с учетом ограничения роли рисков, связанных с нечеткой семантикой самой схемы, обоснованностью количественных оценок при сравнении субъективных конструкций и других трудностей. В рамках этой задачи разработан эвристический метод концептуальной структуризации экспертных знаний при формализации на основе когнитивных карт, который позволяет более полно использовать экспертную информацию и повышает обоснованность получаемых оценок при использовании известной и популярной SWOT-схемы. В отличие от традиционного SWOT-анализа проведена интеграция методики построения когнитивной карты и элементов SWOT-анализа, что позволяет использовать SWOT-факторы при построении карты и формировании сценариев анализа.

Метод прошел экспериментальную проверку, что подтвердило его работоспособность и необходимость продолжать работы в направлении объявленной выше исследовательской задачи.

## Литература

1. АБРАМОВА Н.А. *О проблеме рисков из-за человеческого фактора в экспертных методах и информационных технологиях* // Проблемы управления. – 2007. – №2. – С.11-17.
2. АБРАМОВА Н.А., ВАССУНОВ И.В. *О влиянии формализации на адекватность когнитивной модели управленческой ситуации* // Тр. 5-й междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» (CASC'2005) / ИПУ РАН. – М.: 2005. – С. 47-51.
3. АВДЕЕВА З.К. *Выявление угроз развитию сложных систем на основе когнитивного подхода* // Труды Научной школы МАБР-2007 «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах». – СПб.: ГУАП, 2007. – С. 478-483.
4. АВДЕЕВА З.К. *Методы формирования стратегий решения слабоструктурированных проблем на основе когнитивных моделей*: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Воронеж, 2006. – 24 с.
5. АВДЕЕВА З.К. *Сравнительный анализ выборочных когнитивных карт по степени формализации* // Труды VIII междунар. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». CASC'2009 – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 11-22.
6. АВДЕЕВА З.К., КОВРИГА С.В. *Когнитивный мониторинг безопасности развития социально-экономического объекта* // Труды междунар. научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах» (МА БР-2004). – СПб.: ГОУ ВПО, 2004. – С. 613-618.
7. АВДЕЕВА З.К., КОВРИГА С.В., МАКАРЕНКО Д.И., МАКСИМОВ В.И. *Когнитивный подход в управлении* // Проблемы управления – №3. – 2007 – С. 2-8.
8. ГЕРАСИМЕНКО О.Н. *Оценка маркетинговой привлекательности территории*: Автореф. дис. канд. экон. наук. – Санкт-Петербург, 2009. – 22 с.
9. ЖЕРТОВСКАЯ Е.В. *Разработка комплексной методики выбора и принятия управленческих решений в области развития туристского комплекса в социально-экономической системе*: Автореф. дис. канд. экон. наук. – Ростов-на-Дону, 2007. – 28 с.
10. КОВРИГА С.В. *Методические и аналитические основы когнитивного подхода к SWOT-анализу* // Проблемы управления.

– 2005. – №5. – С. 58-63.

11. КОНОНОВ Д.А., БУЛАНОВ В.Б., ДАШКОВА О.А., ШУЛИГИНА О.А., ЧЕРНОВ И.В. *Сценарный анализ развития Амурской области* (науч. издание). – М.: ИПУ РАН, 2009 – 143 с.
12. МАКСИМОВ В.И., АВДЕЕВА З.К., КОВРИГА С.В., МАКАРЕНКО Д.И. *Когнитивная структуризация знаний о развитии транснациональной корпорации // Когнитивный анализ и управление развитием ситуации (CASC'2003)*// Труды 3-й Международной конференции. Том 1 / Сост. В.И.Максимов. – М.: ИПУ РАН, 2003. – С. 51-90.
13. МИНЦБЕРГ Г., АЛЬСТРЭНД Б., ЛЭМПЕЛ ДЖ. *Школы стратегий. Стратегическое сафари: экскурсия по дебрям стратегий менеджмента*. СПб: Питер, 2001. – 336 с.
14. ПАВЕЛЬЕВ В.В., ГЛОТОВ В. А. *Векторная стратификация*. – М.: Наука, 1984 – 150 с.
15. РАЙКОВ А.Н. *Информационно-аналитическая поддержка стратегического совещания руководителя // Сборник научных трудов научно-практической конфер. «Проблемы региональной информатизации и пути их решения». Часть 1. – Ханты-Мансийск. Комитет по информационным ресурсам ХМАО. – С. 31-33.*
16. ФЕДОТОВ А.А. *Об исследовании рисков при структуризации проблемной ситуации // Труды 3-ей Всероссийской молодежной конференции по проблемам управления. – М.: ИПУ РАН. – 2008. – С. 180-181.*
17. ШЕМАЕВА Л.Г. *Когнитивная технология анализа и моделирования стратегического развития предприятия // Научные труды ДонНТУ. – 2005. № 91. – С.134-143.*
18. ABRAMOVA N.A., AVDEEVA Z.K., KOVRIGA S.V., MAKARENKO D.I. *Subject-formal Methods Based on Cognitive Maps and the Problem of Risk Due to the Human Factor*. In: Cognitive maps. – Austria, Vienna: IN-TECH, 2010. – P. 31-58.
19. AVDEEVA Z., KOVRIGA S. *Cognitive Approach in Simulation and Control // Plenary papers, milestone reports & selected survey papers. 17th IFAC World Congress, Seoul, Korea, 2008. – P. 160-167.*
20. AXELROD R. *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*. NJ: Princeton University Press, 1976. – P. 400.
21. BOUZDINE-CHAMEEVA T. *An application of causal mapping technique ANCOM-2 in management studies // Proceedings on the*

- 6th Global Conference on Business & Economics – USA: Gutman Conference Center, 2006. – P. 95-106.
22. EDEN C.; ACKERMAN F., BROWN, I. *The Practice of Making Strategy: Step by Step Guide* – London: Stage. – 2005. – P. 315.
23. HEYER R. *Psychology of Intelligent Analysis*. – New York: Central Intelligence Agency. – 1999. – P. 585.
24. HODGKINSON G., MAULE A., BOWN N. *Causal Cognitive Mapping in the Organizational Strategy Field: A Comparison of Alternative Elicitation Procedures* // *Organizational Research Methods*. – 2004. – Vol. 7, № 1. – P. 3-26.
25. SCHAFFERNICHT M. *Causality and diagrams for system dynamics* // *Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society* – Boston, USA, July 29 – August 2, 2007. – P. 24-49.

## **HEURISTIC METHOD FOR CONCEPTUAL STRUCTURIZATION OF KNOWLEDGE IN THE COURSE OF ILL-STRUCTURED SITUATIONS FORMALIZATION BASED ON COGNITIVE MAP**

**Zinaida Avdeeva**, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Cand.Sc. (avdeeva@ipu.ru).

**Svetlana Kovriga**, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Doctor of Science (kovriga@ipu.ru) (Moscow, Profsoyuznaya st., 65, (495)334-78-00).

*Abstract: In the analysis of ill-structured situation (SS), the principal is to identify and study has disputed factors, the impact of which only experts express assumption. The article provides the method for selecting the important factors based on SWOT-schemes and the construction of scenarios analysis of the situation, knowledge of which are presented in the form of formal cognitive maps.*

Keywords: ill-structured situation, cognitive map, formalization, risks due to human factors, conceptual structurization of expert knowledge, SWOT-scheme, scenarios.

*Статья представлена к публикации  
членом редакционной коллегии Д. А. Новиковым*