

УДК 004.81

ВОПРОСЫ СТРУКТУРИЗАЦИИ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТА В ВИДЕ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

Исмиханов З.Н., Шамхалова А.С., Султанова К.М.
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»,
Махачкала, e-mail: zaur_7979@mail.ru

Концептуальная структуризация относится к ранним этапам формализации знаний группы экспертов о развитии проблемных ситуаций на основе когнитивных карт. Роль этого этапа значима, и необходимо подойти к формализации на основе когнитивных карт основательно, а не как к формальной процедуре выбора факторов и установления связей между ними. Опыт решений задач слабоструктурированных систем показывает успешность применения когнитивных карт. Основой для построения когнитивных карт является применение на раннем этапе структуризации знаний SWOT-анализа. 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 работе предлагается краткое описание алгоритма построения когнитивных карт, общая схема процесса формализации с выделением значимых этапов и метод структуризации знаний экспертов о развитии системы на основе SWOT-схемы.

Ключевые слова: когнитивная карта, формализация, матрица отношений, SWOT-схема, сценарий, структуризация экспертных знаний

QUESTIONS STRUCTURIZATION EXPERT KNOWLEDGE AS COGNITIVE MAPS

Ismikhanov Z.N., Shamkhalova A.S., Sultanova K.M.
Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: zaur_7979@mail.ru

Conceptual structuring refers to the early stages of formalizing the knowledge of the expert group on the development of problem situations on the basis of cognitive maps. The role of this phase is significant, and it is necessary to approach to formalization based on cognitive maps thoroughly, and not as a formal selection process factors and establishing links between them. Experience making tasks semistructured systems shows the success of the application of cognitive maps. The basis for the construction of cognitive maps is to use at an early stage of structuring the knowledge the SWOT-analysis. Application of the SWOT-circuit, on the one hand, allows you to identify the main subject areas and enlarged the relationship, important in the analysis of the study of the situation, and on the other – is complicated by a number of difficulties and shortcomings. The paper offers a brief description of the algorithm for constructing cognitive maps, the general scheme of the process of formalization with the release of significant steps and expert knowledge structuring method of system development based on SWOT-circuit.

Keywords: cognitive map, formalization, relationship matrix, SWOT-circuit scenario, structuring expertise

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 проблемных ситуаций (слабоструктурированных ситуаций) (СС) на основе имитационного моделирования, подготовки управленческих решений в виде стратегий на основе задач структурно-целевого анализа [1, 2]. Когнитивная карта относится к семейству моделей представления знаний экспертов в виде структуры причинно-следственных влияний факторов, характеризующих объект исследования, его внешнюю среду и интересы субъектов ситуации.

Слабоструктурированную ситуацию *S* в таком случае можно представить через когнитивную карту, начальные данные о состоянии факторов и факторы, характеризующие цели и рычаги управления. Методы на основе когнитивных карт относятся к субъектно-формальным методам [4].

Формализация является существенным этапом при решении практических задач на основе как когнитивных карт, так и других моделей, влияющим на достоверность применения формальных методов и качество получаемых результатов для принятия решений в сложных проблемных ситуациях.

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.

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 [6].

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 [3, 7]. 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, устанавливаются причинно-следственные связи и проводится параметризация для последующего анализа. При этом по результатам применения схемы формулируются стратегические альтернативы, 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 в научной литературе предлагается эвристический метод [9] 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.

SWOT-структуризация проводится в несколько этапов:

1. Определение SWOT-факторов, характеризующих сильные (Strengths) (слабые (Weaknesses)) стороны развития системы и возможности (Opportunities (угрозы (Threats)) системы со стороны внешней среды.

2. Оценка значимости выявленных SWOT-факторов путем групповой экспертной оценки их взаимовлияний (позитивных или негативных). Оценка SWOT-факторов направлена на ранжирование приоритетов при реализации возможностей, парировании угроз и нивелировании слабых сторон. Групповая оценка строится с использованием алгоритма построения медианы Кемени. Оценку сочетаний целесообразно проводить в ходе экспертного опроса или в ходе переработки аналитической информации. Такая оценка предполагает использование лингвистических переменных, на 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.

3. Интегральная оценка каждой группы SWOT-факторов по выделенным критериям и деление их на классы, к которым относятся процессы для последующего рассмотрения при когнитивном моделировании.

Выявление SWOT-факторов осуществляется на этапе PEST-анализа развития системы таким образом, что в каждом исследуемом блоке внутренней и внешней среды (экономическом, политическом, технологическом и социальном) помимо существенных факторов формулируются возможности (угрозы) со стороны внешней среды и сильные (слабые) стороны внутренней среды системы. Результатом когнитивной структуризации знаний о развитии системы с применением

SWOT-структуризации является определение четырех групп SWOT-факторов:

$S(s_1, \dots, s_n)$, 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.

Значимость SWOT-факторов устанавливается на основе анализа оценок сочетаний: возможности (O) – сильные (S) и слабые (W) стороны, угрозы (T) – сильные и слабые стороны и угрозы – возможности. Суммарные оценки таких сочетаний позволяют учесть в стратегиях реализации возможностей путем использования сильных сторон системы его ограничения (угрозы и слабые стороны).

Для оценки строится таблица (рис. 1), где строками становится набор возможностей (угроз), а столбцами – набор сильных (слабых) сторон. Для обратных оценок в 3 и 5 сегментах строка экспертных и суммарных оценок делится на две части.

Формулировка SWOT-факторов		Сильные стороны системы (S)				
		1.S ₁	2.S ₂	3.S ₃	Значимость T ₁ (S _i)	Ранг R(T _S)
Угрозы (T)	1. T ₁	t ₁ ^{S₁}		
	2.T ₂					
	3.T ₃ T _i					
	Значимость S(T)	Σ				
	Ранг R(S _i)					

Рис. 1. Пример таблицы оценок сегмента «Окно возможностей»

Результатом третьего этапа является формирование поля стратегических альтернатив развития системы, когда после определения лингвистических оценок формулируются стратегические преимущества и проблемы для каждой комбинации сильных и слабых сторон с угрозами и возможностями. Таким образом, получается поле стратегических альтернатив. Стратегическая альтернатива формулируется либо как цель (направление), которую требуется реализовать, либо как нечто, что не нравится, что требует изменения.

Таким образом, когнитивная структуризация (cognitive mapping), или концептуализация [10], состоит из разработки структуры полученных знаний о предметной области (определяется список основных понятий о предметной области), выявления отношений между понятиями, определения связи данной предметной области с окружающим миром.

Цель когнитивной структуризации состоит в формировании и уточнении гипотезы о функционировании исследуемого объекта, рассматриваемого как сложная система, которая состоит из отдельных, но взаимосвязанных между собою элементов и подсистем.

При когнитивной структуризации проблемных ситуаций очень важно установить точное соответствие значений терминов процедурам их использования. В этом случае необходимо определить применяемые в когнитивной технологии понятия и термины, основываясь на работах В.В. Кульбы, В.М. Матросова, Э.А. Трахтенгерца, И.В. Чернова и др. Результатом когнитивной структуризации (концептуализации) является разработка когнитивной карты

исследуемого объекта. Когнитивная карта – структурная схема причинно-следственных связей в системе (объекте). Она строится для того, чтобы понять и проанализировать поведение сложной системы (объекта) [11].

Представим, что система (объект) состоит из множества V отдельных элементов.

Два элемента системы V_i и V_j на схеме могут быть изображены как отдельные точки-вершины, и если элемент V_i связан с элементом V_j причинно-следственной связью, то их соединяют ориентированной дугой (рис. 2).

Вершины на рис. 2 имеют следующее содержание:

- V₁ – уровень заработной платы;
- V₂ – спрос на рабочую силу;
- V₃ – уровень безработицы;
- V₄ – предложение рабочей силы.

Вполне возможно, что следствия могут быть причиной изменения других факторов. Причинно-следственные цепочки могут быть достаточно протяженными и сложными. Анализ причинно-следственных связей необходим, например, для прогноза развития ситуаций, реализации различных управлений процессами в системе (объекте). После построения схем причинно-следственных связей определяются стратегии принятия решений в данной проблемной области.

Определение основных элементов исследуемого объекта, имеющего определенную цель, и установление связей между элементами осуществляется с помощью экспертов. Они собирают и обрабатывают статистическую информацию, изучают данные из литературных источников, также используют теоретические знания в соответствующей предметной области.

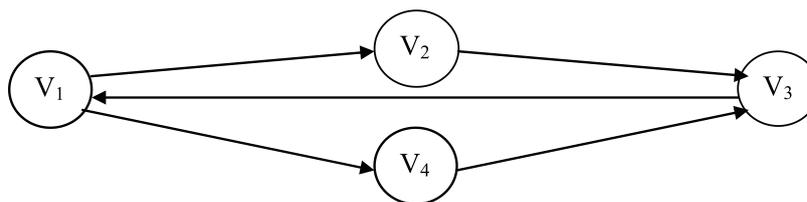


Рис. 2. Механизм спроса-предложения рабочей силы в условиях совершенной конкуренции

В результате когнитивной структуризации происходит разработка неформального описания знаний эксперта о предметной области, которую можно наглядно изобразить в виде схемы, графа, матрицы, таблицы, текста.

Когнитивной картой называют схемы причинно-следственных связей, которые интерпретируют мнения и взгляды лица, принимающего решения.

С формальных позиций когнитивная карта – это знаковый ориентированный граф (орграф):

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

где V – множество вершин, вершины (концепты) $V_i \in V, i = 1, 2, \dots, k$ являются элементами (факторами) исследуемой системы; E – множество дуг, дуги $e_{ij} \in E, i, j = 1, 2, \dots, N$ отражают взаимосвязь между вершинами V_i и V_j . Влияние V_i на V_j в изучаемой ситуации может быть положительным (знак «+» над дугой), когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к увеличению (уменьшению) другого фактора, отрицательным (знак «-» над дугой), когда увеличение (уменьшение) одного фактора приводит к уменьшению (увеличению) другого фактора.

Когнитивная карта G может быть также представлена матрицей отношений A_G (рис. 3).

Матрица A_G – это квадратная матрица, строки и столбцы которой отмечены как вершины графа G . На пересечении i -й строки и j -го столбца стоят (или их нет) единицы, если существует связь между элементами V_i и V_j , т.е.

$$A_G = [a_{ij}]_{k \times k}; \quad (2)$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } V_i \text{ связано с } V_j; \\ 0, & \text{если } V_i \text{ не связано с } V_j; \end{cases}$$

	V_1	V_2	V_3	V_4
V_1	0	-1	+1	0
V_2	0	0	0	+1
V_3	0	0	0	-1
V_4	-1	0	0	0

Рис. 3. Фрагмент когнитивной карты взаимодействия спроса-предложения рабочей силы в условиях совершенной конкуренции

Отношение a_{ij} может принимать значения «+1» либо «-1».

Отношение между элементами (переменными) (взаимодействие факторов) –

это качественное или количественное описание влияния изменения одного фактора на другие.

Переменными концептов (вершин) могут быть экономические причины, параметры экономических законов, цели и необходимые средства их достижения, политические процессы и явления.

Таким образом, когнитивная карта – это субъективная модель восприятия лицом, принимающим решение, части действительности, с помощью которой можно осознать закономерности этой части, не вдаваясь в подробности, которые могут осложнить картину и затруднить восприятие.

Когнитивная карта лишь отображает факт наличия влияния факторов (переменных) друг на друга и не отображает детальный характер этого влияния, а также динамики изменения влияний в зависимости от изменения ситуации.

Для учета данных обстоятельств требуется переход на следующий уровень структуризации знаний, т.е. необходимо разрабатывать когнитивную модель ситуации.

Список литературы

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 // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: труды Научной школы МАБР-2007. – СПб.: ГУАП, 2007. – С. 478–483.
4. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления – 2007. – № 3. – С. 2–8.
5. Авдеева З.К. Методы формирования стратегий решения слабоструктурированных проблем на основе когнитивных моделей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2006. – 24 с.
6. Авдеева З.К., Коврига С.В. Эвристический метод концептуальной структуризации знаний при формализации слабоструктурированных ситуаций на основе когнитивных карт // Управление большими системами – 2010. – № 31. – С. 6–34.
7. Горелова Г.В., Верба В.А., Захарова Е.Н. Когнитивный подход к исследованию условий развития региональных систем // Известия ТРТУ. – 2004. – № 9. – С. 110–121.
8. Исмиханов З.Н. Моделирование социально-экономического развития региона на основе когнитивного подхода // Бизнес-информатика. – 2015. – № 2 (32). – С. 59–68.
9. Мильнер Б.З. Организация программно-целевого управления. – М.: Наука, 1980.
10. 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.