

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СТАТЬИ / INTERDISCIPLINARY ARTICLES

Редактор рубрики Р. А. Григорьев / Rubric editor R. A. Grigoryev

Научная статья

<https://doi.org/10.21202/2782-2923.2025.3.675-695>

УДК / UDC 004.8:303:338.24.01

JEL: C00, D8

С. Г. Збрищак<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия

### Когнитивное моделирование: теоретические основы, методы, ограничения

**Збрищак Светлана Георгиевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры моделирования и системного анализа, Финансовый университет при Правительстве РФ  
E-mail: SGZbrischak@fa.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3121-6229>  
Scopus Author ID: 57219552715  
Web of Science Researcher ID: AAR-4641-2020  
eLIBRARY SPIN-код: 9529-8920

#### Аннотация

**Цель:** проведение обзора области когнитивно-интеллектуального моделирования и области визуализации знаний для выявления нерешенных задач, проблем и рисков.

**Методы:** обзор области когнитивного моделирования, которая рассматривается как совокупность методов для внешнего отображения когнитивных структур и когнитивных процессов человека в виде формальных или слабо формализованных когнитивных карт. Описаны некоторые проблемы, риски и когнитивные искажения, возникающие при концептуализации знаний и влияющие на достоверность, качество, чтение и понимание когнитивных моделей.

**Результаты:** показана связь когнитивного моделирования с концепциями слабо структурированных проблем и трудноразрешимых проблем, которые описывают класс сложных ситуаций реального мира. Кратко описаны пять категорий методов когнитивного моделирования и способы построения коллективных когнитивных карт. Определена взаимосвязь областей когнитивного моделирования и управления знаниями в части концептуализации знаний. Обобщены некоторые риски визуализации знаний, среди которых чрезмерная уверенность в надежности и достоверности визуализации; неоднозначные интерпретации из-за множества неявных значений; зависимость от предыдущего опыта и визуальной грамотности пользователя. Обозначены нерешенные вопросы достоверности, качества, чтения и понимания когнитивных моделей. Выявлен методический разрыв при переходе от слабо формализованной когнитивной карты к формальной когнитивной карте. Отмечен дефицит обзорных работ, где систематизируются и осмысливаются результаты, опыт и знания в области когнитивного моделирования.

**Научная новизна:** проведенный обзор области когнитивного моделирования позволил поставить и обосновать исследовательскую задачу по интеграции методов когнитивного моделирования и методов визуализации знаний для снижения рисков, возникающих вследствие когнитивных искажений при интеллектуальной деятельности человека.

© Збрищак С. Г., 2025

**Практическая значимость:** обозначенные сопутствующие любому процессу когнитивно-интеллектуального моделирования риски когнитивного искажения должны приниматься во внимание как модельерами, так и пользователями. Устранить полностью эти риски невозможно, но до некоторой приемлемой степени их можно снизить посредством совместного применения методов когнитивного моделирования и методов визуализации знаний.

### Ключевые слова:

когнитивный подход, когнитивное моделирование, когнитивная модель, когнитивная карта, методы когнитивного моделирования, слабо структурированная ситуация, знания, концептуальная схема, визуализация знаний, управление знаниями

### Финансирование

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

Статья находится в открытом доступе в соответствии с Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), предусматривающем некоммерческое использование, распространение и воспроизводство на любом носителе при условии упоминания оригинала статьи.

---

**Как цитировать статью:** Збрищак, С. Г. (2025). Когнитивное моделирование: теоретические основы, методы, ограничения. *Russian Journal of Economics and Law*, 19(3), 675–695. <https://doi.org/10.21202/2782-2923.2025.3.675-695>

---

### Scientific article

S. G. Zbrishchak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Finance University under the Russian Government, Moscow, Russia

## Cognitive modeling: theoretical bases, methods, limitations

Svetlana G. Zbrishchak, Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the Department of Modeling and System Analysis, Finance University under the Russian Government  
E-mail: SGZbrishchak@fa.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3121-6229>  
Scopus Author ID: 57219552715  
Web of Science Researcher ID: AAR-4641-2020  
eLIBRARY SPIN-code: 9529-8920

### Abstract

**Objective:** to review the field of cognitive-intelligent modeling and the field of knowledge visualization to identify unresolved issues, challenges and risks.

**Methods:** an overview of the field of cognitive modeling, which is viewed as a set of methods for the external representation of human cognitive structures and processes in the form of formal or ill-formalized cognitive maps. Some of the problems, risks, and cognitive distortions are described that arise in the conceptualization of knowledge and affect the validity, quality, reading, and understanding of cognitive models.

**Results:** the author shows the relationship of cognitive modeling with the concepts of ill-structured problems and wicked problems that describe a class of complex real-world situations. Five categories of cognitive modeling methods and ways of constructing collective cognitive maps were briefly described. The interrelation of cognitive modeling and knowledge management in terms of knowledge conceptualization were determined. Some risks of knowledge visualization were summarized, including excessive confidence in the visualization reliability; ambiguous interpretations due to multiple implicit meanings; dependence on the user's previous experience and visual literacy. Unresolved issues of reliability, quality, reading, and understanding of cognitive models were outlined. A methodological gap was identified in the transition from an ill-formalized to a formal cognitive map. A shortage of review papers was marked to systematize and comprehend the results, experience and knowledge in the field of cognitive modeling.

**Scientific novelty:** the conducted review of the field of cognitive modeling allowed setting and justifying the research task of integrating cognitive modeling methods and knowledge visualization methods to reduce the risks arising from cognitive distortions in human intellectual activity.

**Practical significance:** the risks of cognitive distortion associated with any process of cognitive-intellectual modeling should be taken into account by both modelers and users. It is impossible to eliminate these risks completely, but they can be reduced to an acceptable extent through the combined use of cognitive modeling and knowledge visualization methods.

### Keywords:

cognitive approach, cognitive modeling, cognitive model, cognitive map, cognitive modeling methods, ill-structured situation, knowledge, conceptual scheme, knowledge visualization, knowledge management

### Financial Support

The article was prepared as a result of research conducted with budget funding according to the state order of Finance University.

The article is in Open Access in compliance with Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), stipulating non-commercial use, distribution and reproduction on any media, on condition of mentioning the article original.

**For citation:** Zbrishchak, S. G. (2025). Cognitive modeling: theoretical bases, methods, limitations. *Russian Journal of Economics and Law*, 19(3), 675–695. (In Russ.). <https://doi.org/10.21202/2782-2923.2025.3.675-695>

## Введение

Когнитивный подход<sup>1</sup> к исследованию сложных систем и ситуаций в настоящее время занимает прочные позиции практически во всех областях деятельности человека. Зарождение междисциплинарной области когнитивных исследований во второй половине XX в. было обусловлено все возрастающей технической, технологической, социальной сложностью окружающего мира и, соответственно, тех задач, которые необходимо было решать людям при осуществлении различных видов деятельности. Окружающая среда продолжает усложняться вследствие достижений человечества в различных областях. Но каждое достижение, с одной стороны, улучшает и облегчает жизнь и деятельность человека, а с другой – увеличивает неопределенность и нестабильность окружающего мира за счет в том числе большого объема неполной и/или противоречивой, а часто и недостоверной информации, размытия границ между реальным и виртуальным мирами, а технические и технологические риски и угрозы не всегда известны и/или не осознаются в полной мере.

Человек – не просто один из элементов систем окружающего мира, а активный элемент системы, и благодаря своему разуму (интеллектуальной деятельности) он способен создавать, развивать, преобразовывать действительность. Вместе с этим в силу ограниченности когнитивных возможностей по переработке, интерпретации, осмыслению информации для объяснения и понимания окружающего мира человек подвержен когнитивным иллюзиям и искажениям, что приводит к принятию неадекватных решений и неадекватным действиям. Взаимодействуя с окружающей средой, человек создает в своем разуме собственную модель мира («образ мира», «картину мира»), которая всегда субъективна. Осознание ограниченности когнитивной системы<sup>2</sup> человека и привело к появлению и дальнейшему развитию когнитивного направления.

Внимание к роли человека как активного элемента систем окружающего мира и необходимость учета этого обстоятельства при организации любой деятельности во многом были предопределены и теми неуда-

<sup>1</sup> Под когнитивным подходом понимается решение традиционных для данной науки проблем методами, учитывающими когнитивные аспекты, в которые включаются процессы восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания. Когнитивный подход в любой предметной области акцентирует внимание на «знаниях», вернее, на процессах их представления, хранения, обработки, интерпретации и производстве новых знаний» (Плотинский, Ю. М. (2001). Модели социальных процессов: учебное пособие для высших учебных заведений. Москва: Логос. С. 296, 53).

<sup>2</sup> Система, осуществляющая функции распознавания и запоминания информации, принятия решений, хранения, объяснения, понимания и производства новых знаний.

чами в управлении системами различной природы, с которыми столкнулись исследователи и руководители в 1960-х гг. К этому времени были созданы и хорошо развиты различные формальные математические методы, и они рассматривались как единственный надежный способ управления системами любой природы и организации деятельности человека. Неудачи во многом были связаны с ограниченностью формальных математических методов корректно описывать и включать человека в математическую модель. Человек обладает такими трудно формализуемыми характеристиками, как разум, собственные ценности, установки, воля, цели, что и ограничивает применение формальных моделей. Все это потребовало разработки методов, способных учитывать когнитивную составляющую деятельности людей.

Достижения многолетних исследований в когнитивных науках, науках о системах, управлении сформировались на рубеже тысячелетий в довольно широкий спектр методов, призванных организовывать и поддерживать интеллектуальную деятельность человека в сложных ситуациях и получивших название когнитивных методов.

Одним из направлений когнитивных исследований является область когнитивно-интеллектуального моделирования (далее – когнитивного моделирования). В общем случае когнитивное моделирование можно определить как инструмент, предназначенный для внешнего отображения когнитивных структур<sup>3</sup> и когнитивных процессов<sup>4</sup> человека в виде формальных или слабо формализованных моделей. Когнитивные модели предназначены для описания базовых механизмов, лежащих в основе познания, мышления, принятия решений, решения проблемы и других процессов получения и обработки знаний, а также для имитации интеллектуального поведения человека в случае формальных моделей. Методы когнитивного моделирования основываются на когнитивных картах различной степени формализации. Когнитивная карта как основное понятие этой области призвана представлять в графической форме когнитивные структуры и когнитивные процессы. Или в общем случае можно говорить о внешнем представлении структур знаний человека.

Термин «когнитивный» используется очень широко и относительно свободно с целью охватить различные аспекты процессов обработки информации и означает, что «...исследования выполнены в рамках когнитивной науки или же в когнитивном ключе... и реализующие исходные допущения (установки, принципа и т. д.) когнитивной науки...» (Кубрякова, 2001. С. 9).

На когнитивные исследования возлагались большие надежды, и казалось, что наконец-то найден способ справиться с субъективностью при интерпретации и объяснении окружающего мира, с так называемым человеческим фактором. Однако по мере накопления теоретических и прикладных исследований уверенность во всемогуществе когнитивного направления претерпевает изменения. Оказалось, что при решении определенных задач, как, например, нахождение наиболее приемлемой формы отображения когнитивных структур человека, неизбежно возникает и проблема проверки достоверности и качества этого представления. Несмотря на то, что эта проблема была осознана еще в самом начале когнитивных исследований, действенных способов ее разрешения до сих пор не найдено.

К тому же процесс когнитивного моделирования оказался весьма трудоемким и ресурсоемким, необходимы специальные знания в предметной области, области моделирования, из наук о поведении человека. Работа со структурами знаний: выявлением, уточнением и структуризацией – требует существенных временных ресурсов. Если когнитивные карты строятся на знаниях экспертов, то их время, как правило, ограничено и стоимость работы высока. Если в моделировании принимают участие заинтересованные стороны, например, какой-либо организации, то также существуют ограничения по времени и затратам, поскольку они отвлекаются от выполнения непосредственных обязанностей.

Заявленные изначально возможности когнитивного моделирования по согласованию различных точек зрения, например, при построении коллективной когнитивной карты также не всегда осуществляются из-за возникновения групповой динамики<sup>5</sup> или доминирования определенных точек зрения в силу межличностных

<sup>3</sup> Когнитивные структуры служат для приобретения или размещения информации, представления и хранения знаний; создаются через упорядочивание информации по категориям на основе сходства признаков и формируются посредством иерархических или ассоциативных связей между категориями.

<sup>4</sup> Познавательные и мыслительные процессы человека, относящиеся к приобретению, обработке, репрезентации и объяснению информации об окружающей среде для формирования понимания.

<sup>5</sup> Групповая динамика охватывает процессы взаимодействия, коммуникации между членами группы и влияние этих процессов на поведение отдельных членов.

или властных отношений. Обычно процесс когнитивного моделирования управляется опытным фасилитатором или консультантом, который также является дорогим ресурсом.

В когнитивном моделировании признается идентичность когнитивных структур и структур знаний человека. Методы работы со структурами знаний и их визуализация являются предметом исследования и в области управления знаниями, где, помимо вопросов наиболее приемлемых форм внешнего представления знаний, их концептуализации (структуризации), в самое последнее время рассматриваются и вопросы достоверности и качества внешней репрезентации знаний, а также и рисков, возникающих при их визуализации и интерпретации. Однако эти области практически не пересекаются, и результаты, полученные в области управления знаниями, неизвестны и не применяются в когнитивном моделировании.

При работе со знаниями и формировании абстрактных артефактов в виде концептов<sup>6</sup> неизменно возникают и различные когнитивные иллюзии и искажения в силу специфики функционирования когнитивной системы человека.

Накопленный опыт и знания формируют широкое исследовательское поле для развития области когнитивного моделирования, но одновременно необходимо и новое осмысление положительных и отрицательных результатов. Как представляется, в область когнитивного моделирования должны быть интегрированы достижения и методы, по крайней мере, из области управления знаниями с целью дополнения и развития теоретических положений. Это определяет задачи исследования: а) осуществить описание методов когнитивно-интеллектуального моделирования; б) рассмотреть вопросы достоверности и качества когнитивных моделей; в) выявить проблемы и риски, возникающие при когнитивном моделировании и работе со знаниями.

Не претендуя на исчерпывающую полноту и глубину анализа области когнитивного моделирования, работа призвана восполнить отчасти наблюдаемый явный дефицит обзорных материалов в области когнитивного моделирования в отечественном публикационном пространстве.

### **Когнитивная карта – внешняя графическая форма ментальных репрезентаций**

В основе когнитивного моделирования лежит понятие «когнитивная карта», и сам процесс моделирования сводится к ее построению. Широко используемые понятия «когнитивная карта», «ментальные модели» (или «ментальные репрезентации»), «концептуальные модели или схемы» очень близки по смыслу и содержанию и часто используются как синонимы. Все эти понятия относятся к формам существования и представления знаний человека. Однако как с теоретических позиций, так и с точки зрения практического применения необходимо различать суть и содержание этих понятий в зависимости от области применения. Несмотря на многолетнее применение когнитивных карт в различных областях для решения сложных задач, понятие «когнитивная карта» остается по-прежнему довольно нечетким и имеет различные смыслы в разных областях. В психологии под этим термином понимается *внутреннее представление* образа окружающей действительности, которое обычно определяется термином *ментальная модель*, или *ментальная репрезентация*. Ментальные модели, или ментальные репрезентации, – это представление в разуме человека (*внутреннее представление*) образа реального мира в виде сети концептов, посредством которого он воспринимает, осмысливает и объясняет реальность для формирования понимания наблюдаемых или исследуемых событий, явлений, фактов окружающего мира. Когнитивные карты рассматриваются как внутренние схемы или ментальные модели конкретного фрагмента реальности, который познается, исследуется и кодируется в результате взаимодействия индивида с окружающей средой (Swan, 1997. P. 188), предоставляют своеобразную систему отсчета того, что известно и во что верится, и обосновывают целенаправленность действий (Fiol & Huff, 1992. P. 267). Ментальные модели динамичны – они изменяются по мере получения и обработки новой информации и вследствие интеллектуальных усилий по ее осмыслению.

В области когнитивного моделирования когнитивная карта – это результат моделирования и представляет *внешнее графическое представление* структур знаний индивида, как правило, в форме ориентированного формализованного или слабо формализованного графа.

<sup>6</sup> Сведения о том, что индивид знает, предполагает, думает, воображает об объектах мира, соответствуют представлению о тех смыслах, которыми оперирует человек в процессах мышления и которые отражают содержание опыта и знаний. Возникают в процессе построения информации об объектах и их свойствах, причем эта информация может включать как сведения об объективном положении дел в мире, так и сведения о воображаемых мирах.

Когнитивная карта в виде слабо формализованной модели представляет собой иерархически организованный ориентированный граф, узлы которого представляют концепты (выражающие идеи, предположения, суждения, мнения), связанные отношениями причинности или влияния. А в случае формальной когнитивной карты основные элементы состоят из базисных факторов (или параметров, переменных) и причинно-следственных связей между ними. К базисным факторам относят те, которые субъект трактует как ключевые, существенные и которые определяют и ограничивают состояние исследуемой ситуации. В общем виде «... формальная когнитивная карта представляется в виде знакового или взвешенного графа. Знаковый граф – ориентированный граф, вершинами которого являются базисные факторы, а ребрам сопоставлены знаки «+» или «-» в зависимости от типа связи между факторами – положительной или отрицательной. Во взвешенном графе вершинами также служат базисные факторы, а ребрам сопоставляются веса в той или иной шкале» (Авдеева и др., 2006. С. 30).

Область когнитивного моделирования включает набор методов, предназначенных для извлечения, идентификации и внешней репрезентации ментальных моделей индивидов, посредством которых они определяют способ взаимодействия с окружающей средой. Общий подход заключается в извлечении знаний индивидов в форме концептов, представляющих утверждения, верования, убеждения, идеи относительно исследуемого фрагмента реальности, если это значимо для них, а затем в представлении (отображении) этих концептов и отношений между ними в визуально-пространственной форме.

Существует устойчивая тенденция смешивать понятия «когнитивная карта как результат методов когнитивного моделирования» и «когнитивная карта как внутреннее ментальное представление», поскольку предполагается, что определенные методы картирования могут захватывать базовые ментальные структуры и процессы. Результат когнитивного моделирования не совпадает с внутренней ментальной моделью, а скорее представляет собой артефакт – реконструкцию субъективных верований и убеждений, которые были раскрыты исследователю (Eden, 1992. P. 263). Ни один из методов когнитивного моделирования, насколько бы сложным он ни был, не позволяет получить когнитивную карту в психологическом смысле, поскольку человек никогда не сможет полностью раскрыть и артикулировать все, что он знает (Weick, 1995. P. 52).

Создание и развитие методов когнитивного моделирования во многом было предопределено проблемами в исследовании сложных проблем и ситуаций (или слабо структурированных проблемных ситуаций). Слабо структурированные проблемные ситуации характеризуются высоким уровнем неопределенности, содержат элементы различной природы, а связи между элементами носят как количественный, так и качественный характер. Этот класс сложных проблем и ситуаций соотносится с концепцией о слабо структурированных проблемах (*ill-structured problems*) (Simon, 1973. P. 187) и концепцией трудноразрешимых проблем (*wicked problems*) (Rittel & Webber, 1973. Pp. 9–23).

Слабо структурированные проблемы – это проблемы, которые описываются противоречивой информацией, множеством допустимых решений, содержат неопределенности относительно начальных условий, способов решения и критериев оценки. Концепция трудноразрешимых проблем очень близка концепции слабо структурированных проблем. Трудноразрешимые проблемы – это социокультурные проблемы, не имеющие четкого определения, единственно верного решения (а наоборот, подразумевают множество решений), связаны с множеством заинтересованных сторон с конфликтующими интересами и ценностями. Именно проблемы с такими характеристиками очень часто встречаются в реальных ситуациях.

Необходимость иметь удобный инструмент для выявления и представления того, как в действительности люди объясняют окружающую среду, была вызвана в первую очередь требованием практической деятельности и послужила толчком для разработки когнитивных моделей как инструмента отображения ментальных моделей и когнитивных процессов индивидов.

Методы когнитивного моделирования в общем случае развивались в двух направлениях. Первое направление восходит к работам Р. Аксельрода и Ф. Робертса, где анализировались политические документы с целью выявить каузальную структуру рассуждений политиков и факторы, которые влияли на принятие решений (Axelrod, 1976; Робертс, 1986). Р. Аксельрод занимался в основном развитием методологии, а Ф. Робертс подготовил математический аппарат, опирающийся на теорию графов. В основе этого направления лежат идеи психологии, разработанной Р. П. Абельсоном (R. P. Abelson) и М. Дж. Розенбергом (M. J. Rosenberg), теория графов, теория причинности и теория принятия решений. В середине 1980-х гг. Б. Коско разрабатывает нечеткую когнитивную карту (*Fuzzy Cognitive Map*), которая представляет частный случай когнитивных карт в традиции Р. Аксельрода (Kosko, 1986). Нечеткие когнитивные карты представляют собой сочетание

аспектов нечеткой логики, нейронных сетей и экспертных систем, которые служат мощным инструментом для моделирования и изучения динамического поведения сложных систем. Преимуществом этих карт является способность обучаться на основе алгоритмов машинного обучения.

Одним из перспективных направлений развития нечетких когнитивных карт заявлено автоматическое построение карт и настройка весов карт, построенных на знаниях экспертов, с использованием алгоритмов машинного обучения, что должно снизить их субъективность. (Papageorgiou & Salmeron, 2013. P. 76). Однако, как ранее уже отмечалось исследователями (Stach et al., 2005. P. 11; Felix et al., 2019. P. 1734), остается проблема интерпретации решений, предоставляемых моделью. При «ручном» построении эксперт на основе своих знаний способен объяснить и обосновать направления и/или значения связей. Автоматизированные методы обучения в большинстве случаев обеспечивают более точные результаты моделирования, однако возникают сложности при объяснении и обосновании связей. Кроме этого, в большинстве моделей нечетких когнитивных карт в качестве метода обучения используются эволюционные алгоритмы машинного обучения, особенность которых – большие временные затраты (Orang et al., 2023. P. 7783).

На сегодняшний день в русле первой традиции разработаны и довольно успешно применяются многочисленные модификации когнитивных карт. В рамках этого направления создаются формальные когнитивные карты – математические модели.

В основе второго направления лежат три ключевых положения Теории персональных конструктов Дж. Келли: 1) человек познает свой мир посредством сопоставления сходства и различий; 2) человек стремится объяснить свой мир – почему он такой, какой он есть, что сделало его таким; 3) человек стремится понять свой мир, выстраивая понятия иерархически (Eden, 1988. P. 2).

Это направление когнитивного моделирования в основном представлено когнитивной картой причинно-следственных связей, разработанной К. Иденом с коллегами как метод структурирования проблем (*Problem Structuring Methods*) в рамках мягкого направления исследования операций. Когнитивная карта определяется как визуализация размышлений о проблеме, вытекающей из процесса построения. Карты представляют собой сеть узлов и стрелок, где направление стрелки указывает на предполагаемую причинно-следственную связь; имеют иерархическую структуру, которая представлена в виде графа «средства/цели» и циклами обратной связи. Построение карты – это формальный метод моделирования с определенными правилами моделирования (Eden, 2004. P. 673). На основе построенной когнитивной карты в дальнейшем возможно разработать диаграммы влияния, а затем и вычисляемую модель системной динамики. Когнитивные карты в стиле К. Идена относятся к семейству слабо формализованных когнитивных карт, а метод построения является практически единственным методом, который полностью методически обеспечен (см., например, Bryson et al., 2004).

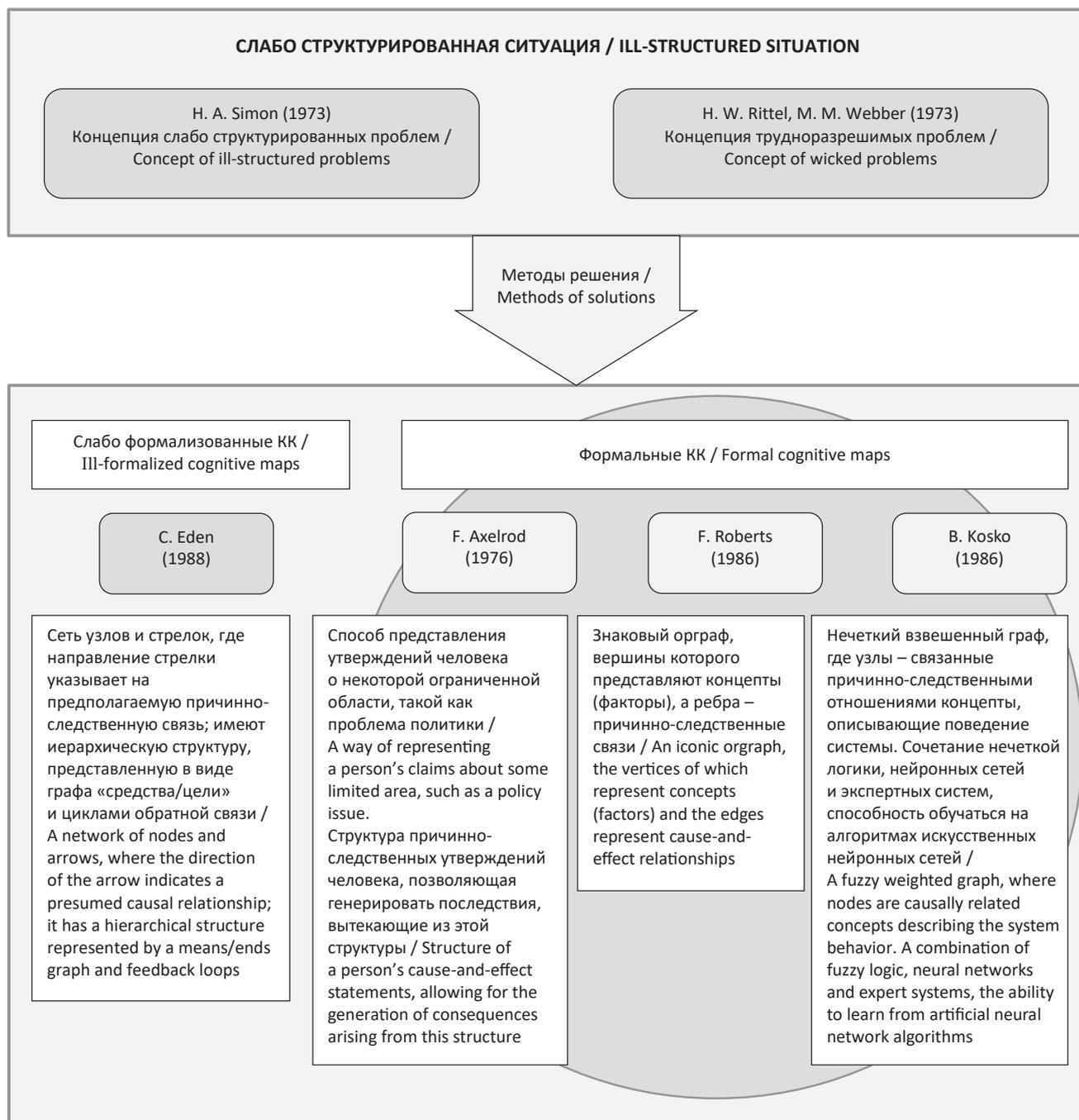
Основные типы наиболее распространенных и используемых когнитивных карт представлены на рис. 1.

К рубежу тысячелетий сформировались основные методы когнитивного моделирования. Наиболее полное описание методов когнитивного моделирования и типов когнитивных карт содержится в основополагающей работе (Huff, 1990), где методы разделены на пять групп в зависимости от типа моделируемых знаний и целей исследования:

1. Контент-анализ документов и интервью для оценки значимости понятий.
2. Группировка понятий по степени абстрактности или конкретности с указанием критериев классификации и систематизации.
3. Отражение динамики системы посредством контуров причинно-следственных связей.
4. Выявление структуры аргументов и выводов для создания жесткой структуры текста.
5. Семиотический анализ – выявление скрытого смысла текста с учетом структуры языка и содержания с опорой на лингвистические структуры и когнитивную психологию.

Все методы включают выявление различных типов знаний субъектов (экспертов, заинтересованных сторон) в виде концептов и определение отношений между ними. Следует отметить, что большинство этих методов достаточно сложны, требуют много времени и усилий, и поэтому их использование затруднено на практике.

Некоторые исследователи предположили, что методы построения индивидуальных когнитивных карт могут быть применены и на уровне больших и малых групп и организаций. Обычно групповая карта создается на основе индивидуальных когнитивных карт с последующим объединением в единую карту, а в некоторых случаях создаются общие карты непосредственно в ходе групповых сессий (Bood, 2001; Ackermann & Eden, 2004; 2020; Eden & Ackermann, 2001; Geisler, 1999; Nicolini, 1999; Tegarden & Sheetz, 2003).



**Рис. 1. Основные типы наиболее распространенных и используемых когнитивных карт**

**Fig. 1. Main types of the most popular and most used cognitive maps**

Групповые когнитивные карты могут быть построены несколькими способами:

- усреднения индивидуальных карт таким образом, чтобы отображались только те концепты, которые чаще всего разделяются группой индивидов;
- объединения отдельных карт в общие таким образом, чтобы были выделены общие концепты, но карта по-прежнему включала бы индивидуальные верования и убеждения отдельных индивидов;
- интеграции индивидуальных концептов в единую карту в ходе сессий рабочей группы.

Необходимо учитывать, что не существует единственно правильного способа построения когнитивной карты. Это в основном связано с тем, что в картах отображаются видение и интерпретация исследуемого

фрагмента реальности конкретным индивидом или группой в определенном контексте и с определенной целью. Соответственно, созданная модель всегда будет отражать субъективный взгляд строителя.

Опыт показывает, что при исследовании сложной ситуации используются смешанные методы моделирования. Применение того или иного метода зависит от области применения, наличия и доступности данных, документов, целей исследования.

Рассмотренные методы формируют слабо формализованные когнитивные модели. Эти методы призваны переводить структуры знаний субъекта (внутренние ментальные репрезентации) в когнитивную карту (внешние репрезентации знаний). Этап построения слабо формализованных когнитивных карт всегда предшествует этапу построения формальных когнитивных карт. Оба направления когнитивного моделирования зародились практически одновременно, развивались параллельно, но практически не пересекаются.

К неоспоримым достоинствам когнитивных карт можно отнести: возможность сконцентрировать внимание и активировать память; выделить приоритеты и ключевые факторы; выявить недостаток или разрыв в данных, информации и знаниях; целостно представить исследуемую ситуацию.

Область когнитивного моделирования продолжает активно развиваться. В настоящее время когнитивная карта как графическое внешнее представление знаний рассматривается как инструмент для работы с имплицитными (неявными) знаниями (выявление, структуризация, объяснение) для формирования у субъектов понимания реального мира. Недавний библиометрический анализ публикаций в области когнитивного моделирования в *Web of Science Core Collection* (Qu et al., 2023. Рр. 52826, 52837), охватившем 3319 публикаций за период с 1970 по 2022 г. включительно, показывает экспоненциальный рост публикаций после 2012 г. (60 % от рассматриваемого объема публикаций). По странам публикации распределились следующим образом (первые пять): США (856; 25,791 %), Греция (297; 8,949 %), Китай (291; 8,768 %), Великобритания (856; 25,791 %), Канада (181; 5,453 %).

Наибольшее количество работ было опубликовано в областях: компьютерные науки и искусственный интеллект (844; 25,43 %), электроники и электротехники (482; 11,15 %) и методов теории компьютерных наук (370; 9,55 %). Область исследования операций и управленческих наук, где в основном используются слабо формализованные когнитивные карты, замыкает десятку лидеров с общим количеством публикаций 135 (4,07 %).

Исследования в области когнитивного моделирования в основном охватывают четыре направления: компьютерные науки, электротехнику, электронику, географию, а также нейронауку и психологию. Задачи исследования варьируются в зависимости от конкретной области. Так, в компьютерных науках и инженерии акцент делается на модели когнитивных механизмов работы человеческого мозга, в то время как психология и нейронаука изучают изменения в мозге и факторы, влияющие на формирование когнитивной карты и регуляцию эмоций. В свою очередь, экономика и менеджмент концентрируются на работе с неявными знаниями, получаемыми в процессе когнитивного моделирования.

Самым востребованным типом когнитивных карт является нечеткая когнитивная карта, которая служит методом моделирования сложных систем и ситуаций. Она активно применяется в различных областях, таких как искусственный интеллект, теория и методы, информационные системы, междисциплинарные приложения, программная инженерия, аппаратная архитектура, а также в других направлениях компьютерных наук. Основными объектами исследования являются когнитивно связанные клетки мозга, гиппокамп, нейроны места, а также вопросы, связанные с мышцами и пространственной навигацией. Основное внимание в исследованиях уделяется пониманию человеческой памяти, методам пространственной навигации, механизмам принятия решений.

Несмотря на ряд ограничений (анализировались лишь публикации на английском языке в *Web of Science Core Collection*), данный анализ показывает достаточно точно современное состояние и направления исследований, использующих когнитивное моделирование.

В приведенном библиометрическом анализе практически не присутствуют отечественные публикации, тем не менее в России когнитивные исследования ведутся весьма активно. Простая выборка из eLIBRARY.RU по ключевым словам, содержащим термин «когнитивная карта», показывает 1383 публикации начиная с 2003 г. Созданы и успешно работают научные школы в Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (Москва), где исследования ведутся в направлениях когнитивного анализа и управления ситуациями, в Южном федеральном университете (Таганрог), где исследования охватывают область когнитивного моделирования сложных систем. Эти научные школы по праву можно назвать ведущими.

В последнее время наблюдается увеличение количества эмпирических исследований слабо структурированных ситуаций и сложных систем средствами когнитивного моделирования в различных областях деятельности

(например, применение индикативного планирования к государственному стратегическому планированию (Авдеева, Коврига, 2024), обоснование стратегических решений и формирование политики реиндустриализации и импортозамещения в промышленных экосистемах (Митяков и др., 2025), прогнозирование развития региональной социально-экономической системы (Горелова, 2021), оценка уязвимостей и рисков нарушения кибербезопасности (Васильев и др., 2021), оценки безопасности дорожного движения (Капский, Богданович, 2024), проблемы цивилизационной стратегии в геополитике (Горелова, Громакова, 2024), игровое обучение и моделирование неблагоприятных ситуаций на основе деловых игр (Халин и др., 2023) и др.).

Основное предназначение этих исследований, помимо решения конкретных задач, состоит в накоплении необходимого материала для дальнейшей систематизации практического опыта и развития теоретических положений, методов, технологий, методологий исследования слабоструктурированных ситуаций и сложных систем в рамках когнитивного подхода.

### **О некоторых проблемах и рисках когнитивного моделирования**

Широкое применение когнитивного моделирования в различных областях выявило ряд рисков и проблем. На сегодняшний день хорошо известны проблемы определения достоверности, качества, чтения и понимания когнитивных моделей, а также вопросы концептуализации первичных знаний и представлений.

Методы построения когнитивных моделей в виде когнитивных карт относятся к субъектно-формальным методам (Абрамова, 2007. С. 18–19), которые подвержены рискам из-за психологических и когнитивных свойств человека. Источниками риска являются не только индивиды – носители знаний об исследуемой ситуации, но и носители методов и подходов: посредники (эксперты, ученые, разработчики методов и технологий) (Абрамова, 2006. С. 13).

Факторы риска, обусловленные естественным типом мышления, могут проявляться как на этапе выявления и структуризации знаний индивидов, что может привести к порождению недостоверных знаний, так и на этапе их формализации. Уточнение механизма факторов риска и их взаимодействия проводится также и с помощью понятия «окружающего интеллекта» (Абрамова, 2007. С. 14), содержание которого включает окружающие современного человека различные информационно-коммуникативные устройства и технологии и который напрямую оказывает влияние на интеллектуальную деятельность человека.

*Проблема достоверности* когнитивных карт связана с допущениями «...о достаточности выделения множества значимых факторов и множества их причинно-следственных связей при структурной идентификации... что эксперты могут дать приемлемую оценку значений переменных (параметров) когнитивной карты в предопределенной универсальной шкале (или шкалах)... о достоверности результатов имитационного моделирования в рамках данного метода» (Абрамова, 2019. С. 1860).

*Проблема качества* когнитивных моделей в форме когнитивных карт редко служит объектом исследования. Вероятно, это связано как с субъективной природой когнитивных карт, так и с определением содержания понятия «качество когнитивной модели» и слабой формализуемостью параметров качества. Построение когнитивной модели проходит длинный путь от понимания предметной области к разработке онтологической модели (кодифицированное представление предметной области) к языку, содержащему грамматику и словарь для создания внешней репрезентации, и, наконец, к самой модели.

Одна из наиболее полных интегральных моделей обеспечения качества когнитивных моделей (Nelson et al., 2012. Рр. 205, 209–210) состоит из восьми базовых областей, четырех слоев и 24 типов качества, определяемых как отношения между парами базовых областей. Базовые области охватывают предметную область (область исследования), область и модель знаний разработчика и пользователя, язык описания знания и модели, репрезентацию и интерпретацию знаний в форме когнитивной модели. Качество описывается несколькими параметрами: синтаксическое, семантическое, прагматическое (соответствие между моделью и ее интерпретацией), эмпирическое (читабельность модели) и др.

Опираясь на данную модель, несмотря на ее сложность, в настоящее время разрабатываются методы оценки качества как процесса моделирования, так и продукта моделирования (когнитивной модели) (Sousa, 2022), методы измерения понятности графических диаграмм (Tenbergen & Daun, 2024), проводятся исследования, направленные на формирование мультиметодологического представления о качестве на всех этапах моделирования (Lawrence, 2025).

### Вопросы концептуализации знаний

Анализ показывает, что подавляющее большинство исследований ведутся с помощью формальных когнитивных карт. Однако обязательным этапом построения формальной карты являются этапы построения слабо формализованной когнитивной карты и концептуализация знаний. Одна из главных задач при переходе от слабо формализованной модели к формальной – это задача концептуализации знаний, суть которой заключается в формализации нечетких, размытых первичных представлений (знаний) индивидов в форме концептуальных схем.

Концептуализация знаний – это систематизированный процесс формирования единого понятийного пространства исследуемой ситуации с дальнейшей структуризацией выявленных знаний. При этом становится возможным ограничить рассматриваемую предметную область, выделить существенные знания о рассматриваемой ситуации и сформировать целостное представление ситуации у субъектов исследования (Авдеева, Коврига, 2010. С. 9).

Однако этап первичной концептуализации знаний в форме концептуальных схем<sup>7</sup> практически остается вне поля зрения исследователей. В работах не приводится и не поясняется переход от слабо формализованной карты к формальной, как была проверена достоверность и полнота модели знаний, которая легла в основу формальной карты.

Несмотря на значимость этапа концептуализации знаний, редкие исследования затрагивают эти вопросы. В одной из немногих работ (Kontogianni et al., 2012. Pp. 3727–3729) рассматривалась возможность применения интеллект-карты и концептуальной карты как инструментов первичной структуризации знаний заинтересованных сторон при построении коллективной нечеткой когнитивной карты для поддержки принятия решений в области охраны окружающей среды. Однако примеров построенных карт для исследуемой ситуации не приводится и не поясняется, как именно они были использованы для построения коллективной нечеткой когнитивной карты. Как пример полноценной интеграции методов концептуализации знаний и когнитивного моделирования можно выделить работу Авдеевой и Ковриги (2010. С. 18–26), где в методiku построения формальной когнитивной карты интегрированы элементы SWOT-анализа, что позволило выделить основные предметные области и их взаимосвязи, использовать SWOT-факторы при построении карты и формировании сценариев исследования слабо структурированных ситуаций.

Очевидно, что существует разрыв в процессе построения формальной когнитивной карты между этапами построения слабо формализованной карты, концептуализацией знаний и их формализацией. Возможно, это объясняется тем, что методы концептуализации и визуализации знаний в виде ориентированных графов и семантических сетей исследуются в области управления знаниями, которая практически не пересекается с областью когнитивного моделирования.

Концептуальные схемы особенно полезны на ранних, начальных этапах исследования слабо структурированной ситуации, где происходят выявление, интерпретация, уточнение первичных представлений индивидов о рассматриваемой ситуации, а также для определения, уточнения трудно формализуемых факторов – таких, которые не имеют или трудно поддаются количественному измерению, но при этом являются критически значимыми в ситуации. В процессе уточнения выявленных концептов первичная когнитивная модель знаний претерпевает изменения, что может нести риски когнитивных искажений и иллюзий (Авдеева, Коврига, 2010. С. 9). Эти риски обусловлены спецификой функционирования когнитивной системы человека.

К когнитивным иллюзиям и искажениям относятся, например, иллюзия правдоподобности, обрамляющие эффекты и др. (Канеман, 2004. С. 544–555). Результаты многочисленных экспериментов показали, что в сложных ситуациях люди предпочитают не думать долго и зачастую склонны полагаться на суждения, которые быстро пришли на ум и кажутся правдоподобными. Для характеристики этого явления используется показатель доступности, который определяется когнитивной легкостью восприятия и извлечения из памяти необходимой информации. На доступность влияют реальные свойства объекта, привлекающие внимание эмоционально окрашенные стимулы (побуждение, эффект которого опосредствован психикой человека, его взглядами, чувствами, настроением, интересами, стремлениями и т. д.). Наряду с доступностью наблюдается и обрамляющий эффект, возникающий при различных описаниях одной и той же проблемы, но при этом подчеркиваются разные ее аспекты.

<sup>7</sup> Графический инструмент для организации и представления знаний; состоит из концептов и выражения отношений между концептами.

Практическая значимость этих наблюдений заключается в том, что наиболее доступные характеристики объекта далеко не всегда являются наиболее подходящими для формирования адекватного суждения. А восприятие и интерпретация к тому же зависят и от точки отсчета, с которой сопоставляется действующий стимул.

Ошибки, систематически совершаемые людьми при анализе сложных ситуаций и принятии решений вследствие различных когнитивных искажений и иллюзий, а также накопленные знания о человеке в различных предметных областях послужили основой для зарождения и развития не только методов когнитивного моделирования, но и методов визуализации знаний в форме концептуальных схем.

Несмотря на то, что концептуальные схемы не принято строго относить к когнитивным моделям, по сути, они также являются когнитивными, поскольку предназначены для визуализации различных типов знаний (глубинных, поверхностных, декларативных, процедурных, явных и др.). Направление визуализации знаний развивается в основном в области управления знаниями, но в то же время тесно переплетается с областью когнитивного моделирования.

В области визуализации знаний собрано множество концептуальных схем: от образных схем П. Чекланда до концептуальных карт Дж. Новака. Предназначены они для выявления, структуризации и внешней репрезентации структур знаний индивида, которыми он оперирует при взаимодействии с окружающей средой.

Однако развитие компьютерных технологий, предоставляющих широкий спектр способов и средств визуализации, сформировало ложное чувство простоты использования методов визуализации знаний для отображения когнитивных структур человека. На сегодняшний день выявлен ряд значимых ошибок и рисков, проявляющихся как при выявлении и формулировании знаний в виде концептов, их структуризации, так и при их визуализации. Наряду с этим значение приобретают и такие составляющие визуализации, как визуальный язык и визуальная грамотность, которые практически не обсуждаются в отечественном публикационном пространстве.

### Визуализация знаний как метод исследования

Визуализация знаний как дисциплина сформировалась относительно недавно и предназначена для работы с различными типами знаний. Она опирается на многолетние исследования в различных областях по приданию смысла событиям, явлениям, фактам и распространению знаний посредством образов и форм. Основная цель состоит в поддержке и организации процессов извлечения, структуризации, распространения и создания нового знания как на индивидуальном, так и групповом уровне (Eppler, 2013. P. 4). Визуализация знаний, опирающаяся на графическое отображение различных типов знаний, зарекомендовала себя не только как мощный инструмент исследования и прикладного применения в сложных ситуациях, но и как самостоятельная область и даже метод исследования (Eppler & Burkhard, 2008. P. 782).

Метод визуализации – это структурированное, основанное на правилах внешнее графическое представление данных, информации и знаний, что позволяет получить новое знание, сформировать понимание или передать опыт (Lengler & Eppler, 2007. P. 31). Помимо простой передачи данных, информации, знаний или фактов, методы визуализации предназначены для постепенного снижения неопределенности, формирования целостной картины исследуемого фрагмента реальности, а также позволяют различать имплицитные и эксплицитные типы знания. Примерами визуализации знаний в этом понимании служат наглядные графические форматы, такие как эвристические наброски (*heuristic sketches*), образные схемы (*rich picture*), карты аргументов, концептуальные карты, визуальные метафоры и др. Они используются в качестве средств коммуникации, а также для осмысления и переосмысления решений и деятельности. Визуализация знаний включает различные типы знания: знания «что» (объект), «почему» (цель) и «как» (методы), тем самым принципиально отличаясь от визуализации данных и информации (Eppler & Burkhard, 2007. P. 113).

Среди наиболее существенных преимуществ визуализации знаний можно выделить: представление большого объема знаний, которые можно относительно быстро и легко интерпретировать, если они представлены в подходящих формах; выявлять закономерности и возникающие новые (эмерджентные) свойства, которые не были замечены или очевидны; выявлять проблемы с самими знаниями и способом их извлечения и агрегирования; целостно представить исследуемую ситуацию, что облегчает восприятие, интерпретацию наблюдаемых событий, явлений, фактов и способствует формированию нового понимания, появлению новых идей и гипотез (Ware, 2019. Pp. 3–4).

К настоящему времени разработано и применяется около ста методов визуализации: от представления данных, информации, метафор, концептов и их комбинации до иерархических или сетевых структур знаний. Определенная комбинация методов визуализации позволяет чередовать конвергентное и дивергентное мышление, что повышает качество извлекаемых неявных знаний (Eppler, 2006. P. 199; Lengler & Eppler, 2007. Pp. 33–34).

Общим для схем визуализации знаний является графическое представление данных, информации и знаний в форме различных моделей с нечеткой семантикой. Техника графического представления использует визуальный язык, состоящий из слов, форм (геометрические фигуры, схемы процессов и т. п.) и образов (рисунки, фотографии, графические примитивы и др.). Визуальный язык – это не изображения сами по себе или формы сами по себе, а совместное использование слов, изображений и форм для создания целостного образа исследуемой ситуации (Horn & Weber, 2007. Pp. 8–9). Слова используются для определения и классификации элементов. Посредством образов (изображений) передаются содержащиеся в вербальном описании смыслы. Формы предназначены для визуализации данных, процессов структур и т. п. в более абстрактном виде. Интеграция слов, изображений и форм составляет сущность визуального языка.

Однако визуальное представление знаний не лишено рисков и проблем. Проблемы визуализации имеют двоякую причину: кодирование (вызванное дизайнером/разработчиком) или декодирование (вызванное читателем/пользователем). В последнем случае человек, который читает изображение, делает ошибку в интерпретации. Дизайнер может намеренно или ненамеренно вносить ошибки или исказить наблюдаемую реальность при ее кодировании (Bresciani & Eppler, 2015. P. 3; Basole et al., 2022. Pp. 178, 184).

Среди наиболее существенных выделяют следующие риски визуализации (Bresciani & Eppler, 2009. P. 170; Bresciani & Eppler, 2015. P. 3):

- уверенность в надежности и достоверности визуализации потенциально может ввести в заблуждение (визуализации могут казаться более убедительными и обоснованными, чем они есть на самом деле);
- множественные неявные значения, присущие визуализациям (может привести к неоднозначным интерпретациям);
- интерпретация диаграммы (эффективность визуализации зависит от предыдущего опыта пользователя и визуальной грамотности).

Ошибки и риски визуализации известны относительно давно, но практически значимых рекомендаций по их снижению, насколько известно автору, не разработано. Возможно, решением может являться разработка более формальных (насколько возможно) правил построения визуальных моделей знаний.

Исследования в области управления знаниями продолжают активно проводиться и в самое последнее время охватывают вопросы взаимодействия вербального и визуального описания ситуации, при котором создаются смыслы, недостижимые в рамках каждого описания в отдельности (Bünzli & Eppler, 2024); вопросы соответствия между интерпретацией визуализации пользователями и содержанием модели, заложенное разработчиками модели (Quadri et al., 2024). Внимания заслуживает работа Muntwiler и Eppler (2023), в которой практически впервые рассматриваются вопросы влияния визуализации знаний на принятие решений менеджерами в цифровую эпоху с применением концепции иллюзии объяснительной глубины из когнитивной психологии.

С практической точки зрения особенно важно различать ошибки дизайнера и ошибки пользователя, поскольку становится возможным относительно быстро найти причину проблемы визуализации. Безусловно, иногда диаграмма стоит десяти тысяч слов (Larkin & Simon, 1987. P. 65), но иногда для ее правильного понимания требуется именно столько же слов объяснения. Именно поэтому при выборе наиболее подходящего формата визуализации знаний об исследуемой ситуации необходимо учитывать и негативные эффекты визуализации.

Понимание негативных эффектов и ограничений визуализации важно для повышения *визуальной грамотности* как дизайнеров/разработчиков, так и читателей/пользователей. *Проблема чтения и понимания* когнитивных карт, которая ранее упоминалась, тесно связана с визуальной грамотностью. *Визуальная грамотность* – это способность понимать широкий спектр визуальной информации: уметь читать визуальные образы, оценивать и быть способным исследовать или анализировать как буквальное, так и подразумеваемое значение (Lee et al., 2016. P. 552); способность извлекать смысл и интерпретировать закономерности, тенденции и корреляции в визуальных представлениях данных (Börner et al., 2016. P. 3); способность правильно обрабатывать графическую информацию, что означает графическое кодирование информации и декодирование графической информации (Locoro et al., 2021. P. 71055). Приведенные выше положения взаимодействия и взаимного влияния области когнитивного моделирования и области визуализации знаний представлены на рис. 2.

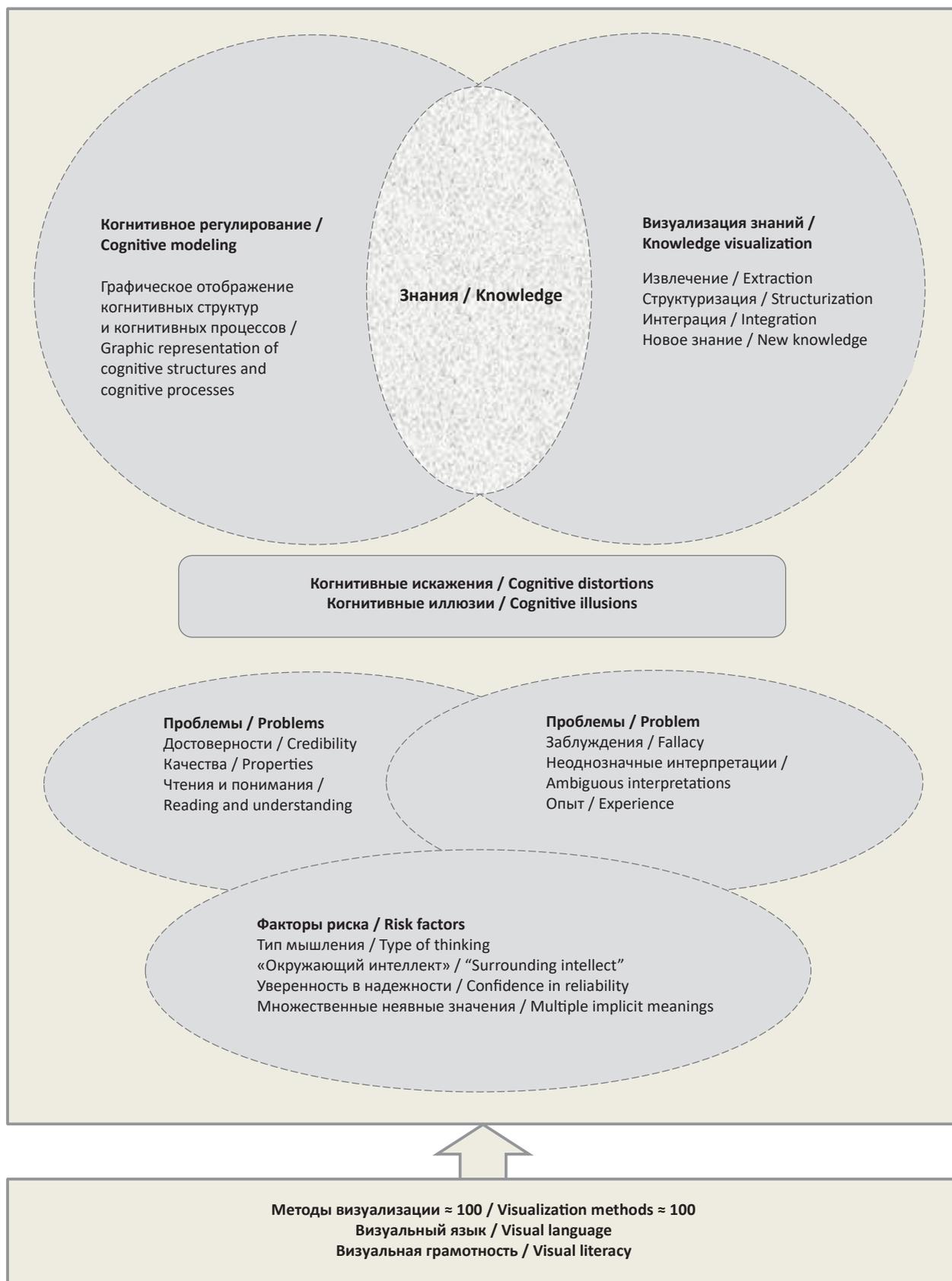


Рис. 2. Взаимное влияние когнитивного моделирования и визуализации знаний

Fig. 2. Mutual influence of cognitive modeling and knowledge visualization

Для формальных когнитивных карт известны некоторые способы визуального анализа карт с применением идей когнитивной графики. Понимание карты улучшается за счет ее представления в соответствующей визуальной структурно-алгебраической форме, что позволяет читателю заметить большее число значимых фрагментов и свойств модели (Абрамова и др., 2010; 2014).

Однако для концептуальных схем знаний методы визуального анализа и оценки, а также их эмпирическая апробация находятся в самом начале пути. Это направление приобретает особое значение в современных условиях перегруженности информационного пространства данными и различными типами визуальной информации. Пока что еще немногие исследователи обращаются к этой сложной теме, но некоторые интересные работы уже появляются (например, Locoro et al., 2021; Huang et al., 2025; Beschi et al., 2025).

Методы визуализации могут вводить в заблуждение, манипулировать, чрезмерно упрощать фрагмент исследуемой реальности, быть предвзятыми, запутанными или избыточными. Тем не менее, несмотря на присущие им «ловушки», они остаются мощным инструментом концептуализации знаний и способны упорядочить как процесс построения слабо формализованных моделей, так и переход к формальным моделям.

## Заключение

Когнитивное моделирование следует рассматривать как сложный интеллектуальный процесс, не сводимый лишь к построению модели, а как сложный социальный процесс взаимодействия, уточнения и согласования знаний и позиций субъектов (экспертов, заинтересованных сторон и др.).

Опыт показывает, что при исследовании сложных ситуаций реального мира обычно используются смешанные методы, совмещающие разные виды когнитивных карт. Применение разных видов когнитивных карт позволяет с определенной степенью достоверности (иногда весьма высокой) выявить и отобразить, как люди в действительности воспринимают, осмысливают и объясняют окружающую среду. Именно в этом заключается практическая ценность когнитивного моделирования, поскольку при взаимодействии с окружающей средой и возникают различные когнитивные иллюзии и искажения, что нашло отражение в известном остроумном выражении «В действительности все не так, как на самом деле».

К началу нового тысячелетия сформировались основные теоретические положения, лежащие в основе когнитивного моделирования, и основные типы когнитивных карт в многочисленных модификациях. Не все методы когнитивного моделирования получили широкое распространение в практической деятельности в силу как сложности построения, так и ресурсоемкости.

Широкое применение за последние несколько десятилетий когнитивного моделирования в различных областях выявило ряд проблем и рисков, присущих этой области. Связанные с когнитивным моделированием надежды и ожидания, что проблема человеческого фактора может быть решена в рамках когнитивного подхода, не оправдали себя в полной мере. Напротив, возникли новые задачи, исследовательские вопросы и проблемы, возможно, более сложные, например, вопросы достоверности, качества, снижения когнитивной нагрузки при чтении и понимании моделей. Сложность состоит в том, что при анализе моделей используются эвристические методы, поскольку элементы модели – концепты – относятся к трудно формализуемым артефактам, которые отражают интерпретацию и объяснение ситуации определенным субъектом или группой субъектов.

Проблемы достоверности, качества, чтения и понимания когнитивных карт наряду с рисками визуализации знаний находятся тем не менее в фокусе внимания исследователей, но практически значимых результатов пока еще очень мало. Как представляется, одним из перспективных направлений исследований является разработка способов преодоления барьеров между когнитивным моделированием и управлением знаниями. В свою очередь, это позволит более осознанно выстроить и процесс перехода от слабо формализованной когнитивной карты к формальной. Применение методов визуализации знаний на начальных этапах моделирования, когда проводится концептуализация знаний, позволит существенно снизить вероятность грубых ошибок на последующих этапах моделирования и повысить достоверность и качество когнитивных моделей.

Вместе с этим необходимо отметить, что такие направления в визуализации знаний, как, например, визуальная грамотность и визуальный язык, практически не обсуждаются в отечественном публикационном пространстве, хотя некоторые исследования по улучшению чтения и понимания формальных когнитивных карт с использованием идей когнитивной графики и проводились.

Один из, возможно, наиболее важных эффектов когнитивного моделирования состоит в его способности поддерживать когнитивные процессы человека, конструировать и преобразовывать ментальные модели таким образом, чтобы они соответствовали реальному миру с приемлемым уровнем искажения реальности. Любая сложная ситуация характеризуется высоким уровнем неопределенности, первичные знания субъекта нечетки, противоречивы, но за счет их уточнения, дополнения, категоризации, агрегирования становится возможным постепенно снижать неопределенность, выявлять противоречивость знаний, получить «знание о незнании», новое знание и целостную картину исследуемой ситуации.

Безусловно, полностью исключить субъективную составляющую деятельности человека невозможно. Стремление к уходу от субъективности когнитивного моделирования к абсолютной объективности объясняется желанием если не полностью устранить, то существенно снизить отрицательные эффекты влияния человеческого фактора. Определенные результаты в этом направлении достигнуты в методах автоматического построения нечетких когнитивных карт с применением ИИ и настройки весов модели с использованием алгоритмов машинного обучения. Однако часть разработчиков нечетких когнитивных карт рассматривают эту тенденцию как угрозу.

Если когнитивное направление призвано поддерживать когнитивные процессы человека при его взаимодействии с окружающим миром для объяснения и понимания сложности, то возникает вопрос, чье понимание сложной ситуации отражено в автоматически построенной когнитивной карте. А объяснение сложной ситуации сводится к нахождению и объяснению логики строителя модели, а не к объяснению явлений и фактов исследуемой ситуации. Не превратится ли человек из субъекта в объект, управляемый некоторой неопределенной силой? В этом контексте особого внимания и осторожного отношения требуют все те направления, которые под видом улучшения жизни и деятельности человека пытаются подменить или даже заменить интеллектуальную деятельность человека.

Исследования в когнитивной области активно продолжаются и, возможно, со временем приведут к совершенствованию существующих методов и появлению новых. Как представляется, исследовательская задача заключается в нахождении способов интегрирования методов когнитивного моделирования, методов визуализации знаний, достижений наук о человеке для повышения достоверности и качества когнитивных моделей посредством снижения рисков когнитивных искажений, свойственных интеллектуальной деятельности человека.

Одно из важнейших направлений дальнейших исследований в области когнитивного моделирования состоит в осмыслении и систематизации практического опыта с целью уточнения, дополнения, модификации теоретических положений, методов, лежащих в основе когнитивного моделирования.

Также стоит отметить возрастающую потребность в обзорных работах, где систематизируются и осмысливаются результаты, опыт и знания в области когнитивного моделирования.

## Список литературы

Абрамова, Н. А. (2006). Человеческие факторы в когнитивном подходе. В сб. *Управление большими системами: сборник трудов*, 16, 5–25.

Абрамова, Н. А. (2007). О проблеме рисков из-за человеческого фактора в экспертных методах и информационных технологиях. *Проблемы управления*, 2, 11–21. EDN: IACHEN

Абрамова, Н. А. (2019). О перспективах современной парадигмы когнитивного моделирования. В сб. *XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ – 2019* (с. 1858–1863). EDN: JOCDPJ. DOI: 10.25728/vspu.2019.1858

Абрамова, Н. А., Воронина, Т. А., Порцев, Р. Ю. (2010). О методах поддержки построения и верификации когнитивных карт с применением идей когнитивной графики. *Управление большими системами: сборник трудов*, 30–1, 411–430. EDN: NQVKOZ

Абрамова, Н. А., Макаренко, Д. И., Порцев, Р. Ю. (2014). Развитие методов визуального анализа при моделировании ситуаций на основе когнитивных карт. В сб. *XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ – 2014: сб-к трудов конференции* (с. 4084–4089). EDN: SSIVGD

Авдеева, З. К., Коврига, С. В. (2010). Эвристический метод концептуальной структуризации знаний при формализации слабоструктурированных ситуаций на основе когнитивных карт. *Управление большими системами: сборник трудов*, 31, 6–34. EDN: NQVJMD

- Авдеева, З. К., Коврига, С. В. (2024). Когнитивные карты для анализа и моделирования в системе стратегического планирования государства. *Управление большими системами*, 111, 147–178. EDN: EQUPCJ. DOI: 10.25728/ubs.2024.111.6
- Авдеева, З. К., Коврига, С. В., Макаренко, Д. И. (2006). Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями). *Управление большими системами: сборник трудов*, 16, 26–39.
- Васильев, В. И., Вульфин, А. М., Кириллова, А. Д., Кучкарова, Н. В. (2021). Методика оценки актуальных угроз и уязвимостей на основе технологий когнитивного моделирования и Text Mining. *Системы управления, связи и безопасности*, 3, 110–134. EDN: IUHRSS. DOI: 10.24412/2410-9916-2021-3-110-134
- Горелова, Г. В. (2021). Когнитивное моделирование сложных систем: состояние и перспективы. В сб. *Системный анализ в проектировании и управлении*, 25(1), 224–248. EDN: FIFIVF. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id21-66
- Горелова, Г. В., Громакова, В. Г. (2024). Когнитивное моделирование и нейронауки. В сб. *Системный анализ в проектировании и управлении*, 27(2), 8–19. EDN: KNXUXH. DOI: 10.18720/SPBPU/2/id24-141
- Канеман, Д. (2004). Контуры ограниченной рациональности: возможность интуитивных суждений и выбора. *Институт приватизации и менеджмента*, 540–592.
- Капский, Д. В., Богданович, С. В. (2024). Интеграция методов когнитивного анализа в систему оценки безопасности дорожной инфраструктуры. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки*, 50(2), 36–49. EDN: SIJTNI. DOI: 10.52928/2070-1616-2024-50-2-36-49
- Кубрякова, Е. С. (2001). О когнитивной лингвистике и семантике термина «когнитивный». *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация*, 1, 4–10.
- Митяков, Е. С., Карпухина, Н. Н., Митяков, С. Н., Ладынин, А. И. (2025). Когнитивное моделирование экономического развития промышленных экосистем. *Экономика промышленности/Russian Journal of Industrial Economics*, 18(1), 63–77. EDN: YMXUYA. DOI: 10.17073/2072-1633-2025-1-1383
- Робертс, Ф. С. (1986). *Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам*. Москва: Наука.
- Халин, Ю. А., Катыхин, А. И., Зинкин, С. А., & Шилин, А. А. (2023). Когнитивное моделирование информационного обеспечения игрового автоматизированного обучения. *Известия Юго-Западного государственного университета*, 26(4), 117–131.
- Ackermann, F., & Eden, C. (2004). Using Causal mapping: individual and group; traditional and new. *Systems modelling: Theory and practice*, 127–145.
- Ackermann, F., & Eden, C. (2020). Strategic options development and analysis. In *Systems approaches to making change: A practical guide* (pp. 139–199). London: Springer London.
- Axelrod, R. (Ed.). (1976). *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*. Princeton University Press.
- Basole, R., Bendoly, E., Chandrasekaran, A., & Linderman, K. (2022). Visualization in operations management research. *INFORMS Journal on Data Science*, 1(2), 172–187. EDN: AINHKP. DOI: 10.1287/ijds.2021.0005
- Beschi, S., Falessi, D., Golia, S., & Locoro, A. (2025). Characterizing Data Visualization Literacy for Standardization: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3559298
- Bood, R. P. (2001). *Images of Unfolding Diversification Projects. Charting Organizational Learning in Small and Medium-Sized Enterprises from a Cognitive Perspective*. Eburon, Delft.
- Börner, K., Maltese, A., Balliet, R. N., & Heimlich, J. (2016). Investigating aspects of data visualization literacy using 20 information visualizations and 273 science museum visitors. *Information Visualization*, 15(3), 198–213.
- Bresciani, S., & Eppler, M. J. (2009). The risks of visualization. In *Identität und Vielfalt der Kommunikations-wissenschaft* (pp. 165–178).
- Bresciani, S., & Eppler, M. J. (2015). The pitfalls of visual representations: A review and classification of common errors made while designing and interpreting visualizations. *Sage Open*, 5(4). DOI: 10.1177/2158244015611451
- Bryson, J. M., Ackermann, F., Eden, C., & Finn, C. B. (2004). *Visible thinking: Unlocking causal mapping for practical business results*. John Wiley & Sons.
- Bünzli, F., & Eppler, M. J. (2024). How verbal text guides the interpretation of advertisement images: a predictive typology of verbal anchoring. *Communication Theory*, 34(4), 191–204.
- Eden, C. (1988). Cognitive mapping. *European Journal of Operational research*, 36(1), 1–13. DOI: 10.1016/0377-2217(88)90002-1
- Eden, C. (1992). On the Nature of Cognitive Maps. *Journal of Management Studies*, 29, 261–265. EDN: EPWZBF. DOI: 10.1111/j.1467-6486.1992.tb00664.x
- Eden, C. (2004). Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, 159(3), 673–686. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00431-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00431-4)
- Eden, C., & Ackermann, F. (2001). SODA—the principles. In J. Rosenhead, & J. Mingers (Eds.), *Rational analysis for a problematic world revisited* (pp. 21–41). John Wiley & Sons.
- Eppler, M. J. (2006, July). Toward a pragmatic taxonomy of knowledge maps: Classification principles, sample typologies, and application examples. In *Tenth International Conference on Information Visualisation (IV'06)* (pp. 195–204). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IV.2006.111>

Eppler, M. J. (2013). What is an effective knowledge visualization? Insights from a review of seminal concepts. In F. T. Marchese, & E. Banissi (Eds.), *Knowledge visualization currents: From text to art to culture* (pp. 3–12). London: Springer-Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4303-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4303-1_1)

Eppler, M. J., & Burkhard, R. A. (2007). Visual representations in knowledge management: framework and cases. *Journal of Knowledge Management*, 11(4), 112–122. <https://doi.org/10.1108/13673270710762756>

Eppler, M. J., & Burkhard, R. A. (2008). Knowledge visualization. In *Knowledge management: concepts, methodologies, tools, and applications* (pp. 781–793). IGI Global.

Felix, G., Nápoles, G., Falcon, R., Froelich, W., Vanhoof, K., & Bello, R. (2019). A review on methods and software for fuzzy cognitive maps. *Artificial intelligence review*, 52, 1707–1737. EDN: GTBMFI. DOI: 10.1007/s10462-017-9575-1

Fiol, C. M., & Huff, A. S. (1992). Maps for managers: where are we? where do we go from here? *Journal of Management Studies*, 29(3), 267–285. EDN: EPWZBP. DOI: 10.1111/j.1467-6486.1992.tb00665.x

Geisler, E. (1999, August). Organizational change phenomena, managerial cognition, and archival measures: reconceptualization and new empirical evidence. *Stuart Working Paper*, 99–02.

Horn, R. E., & Weber, R. P. (2007). *New tools for resolving wicked problems: Mess mapping and resolution mapping processes*. Watertown, MA: Strategy Kinetics LLC.

Huang, O., Lee, P., & Nobre, C. (2025). From Reality to Recognition: Evaluating Visualization Analogies for Novice Chart Comprehension. *arXiv preprint arXiv:2506.03385*.

Huff, A. S. (ed.) (1990). *Mapping strategic thought*. Chichester: John Wiley and Sons.

Kontogianni, A. D., Papageorgiou, E. I., & Tourkolias, C. (2012). How do you perceive environmental change? Fuzzy Cognitive Mapping informing stakeholder analysis for environmental policy making and non-market valuation. *Applied Soft Computing*, 12(12), 3725–3735. EDN: YDJOQX. DOI: 10.1016/j.asoc.2012.05.003

Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)

Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11(1), 65–100. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6708.1987.tb00863.x>

Lawrence, C. (2025). Synthesising simulation quality: an algorithmic analysis of development practices across the simulation lifecycle. *Journal of Simulation*, 1–20. DOI: 10.1080/17477778.2025.2506629

Lee, S., Kim, S. H., & Kwon, B. C. (2016). Vlat: Development of a visualization literacy assessment test. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 23(1), 551–560. DOI: 10.1109/TVCG.2016.2598920

Lengler, R., & Eppler, M. J. (2007, January). Towards a periodic table of visualization methods for management. In *IASTED Proceedings of the Conference on Graphics and Visualization in Engineering (GVE 2007)*, Clearwater, Florida, USA (Vol. 7, No. 8, p. 31).

Locoro, A., Fisher, W. P., & Mari, L. (2021). Visual information literacy: Definition, construct modeling and assessment. *IEEE access*, 9, 71053–71071. EDN: VJJUQM. DOI: 10.1109/access.2021.3078429

Muntwiler, C., & Eppler, M. J. (2023). Improving decision making through visual knowledge calibration. *Management Decision*, 61(8), 2374–2390. EDN: ICIDIUH. DOI: 10.1108/md-07-2022-1018

Nelson, H. J., Poels, G., Genero, M., & Piattini, M. (2012). A conceptual modeling quality framework. *Software Quality Journal*, 20, 201–228. EDN: QGHZDW. DOI: 10.1007/s11219-011-9136-9

Nicolini, D. (1999). Comparing methods for mapping organizational cognition. *Organization studies*, 20(5), 833–860. EDN: JOQESN. DOI: 10.1177/017084069902000506

Orang, O., de Lima e Silva, P. C., & Guimarães, F. G. (2023). Time series forecasting using fuzzy cognitive maps: a survey. *Artificial Intelligence Review*, 56(8), 7733–7794. EDN: WNOGKX. DOI: 10.1007/s10462-022-10319-w

Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2013). A Review of Fuzzy Cognitive Maps Research During the Last Decade. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(1), 66–79. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2012.2201727>

Qu, H., Nordin, N. A., Tsong, T. B., & Feng, X. (2023). A bibliometrics and visual analysis of global publications for cognitive map. *IEEE Access*, 11, 52824–52839.

Quadri, G. J., Wang, A. Z., Wang, Z., Adorno, J., Rosen, P., & Szafir, D. A. (2024, May). Do you see what i see? a qualitative study eliciting high-level visualization comprehension. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–26).

Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169. EDN: TGFJKX. DOI: 10.1007/bf01405730

Simon, H. A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4(3–4), 181–201. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(73\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8)

Sousa, I. V. (2022, October). To model or not to model? Assessing the value of ontology-driven conceptual modeling. In *International Conference on Enterprise Design, Operations, and Computing* (pp. 364–369). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-26886-1\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26886-1_25)

Stach, W., Kurgan, L., & Pedrycz, W. (2005). A survey of fuzzy cognitive map learning methods. *Issues in soft computing: theory and applications* (pp. 71–84).

- Swan, J. (1997). Using cognitive mapping in management research: decisions about technical innovation. *British Journal of Management*, 8(2), 183–198. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.0050>
- Tegarden, D. P., & Sheetz, S. D. (2003). Group cognitive mapping: a methodology and system for capturing and evaluating managerial and organizational cognition. *Omega*, 31(2), 113–125. EDN: BGIEFP. DOI: 10.1016/S0305-0483(03)00018-5
- Tenbergen, B., & Daun, M. (2024). Metrics to Estimate Model Comprehension: Towards a Reliable Quantification Framework. In *ENASE* (pp. 498–505). <https://doi.org/10.5220/0012684800003687>
- Ware, C. (2019). *Information visualization: perception for design*. Morgan Kaufmann.
- Weick, K. E. (1995). *Sensemaking in Organizations*. Sage, Thousand Oaks, CA.

## References

- Abramova, N. A. (2006). Human factors in cognitive approach. *Large-Scale Systems Control: proceedings*, 16, 5–25. (In Russ.).
- Abramova, N. A. (2007). On risk problem due to human factor in experimental methods and information technologies. *Problemy Upravleniya*, 2, 11–17. (In Russ.).
- Abramova, N. A. (2019). On the prospects of modern paradigm of cognitive modeling. In *13<sup>th</sup> All-Russian meeting on management issues – 2019* (pp. 1858–1863). (In Russ.). <https://doi.org/10.25728/vspu.2019.1858>
- Abramova, N. A., Makarenko, D. I., & Portcev, R. Yu. (2014). Развитие методов визуального анализа при моделировании ситуаций на основе когнитивных карт. In *12<sup>th</sup> All-Russian meeting on management issues – 2014: collection of conference works* (pp. 4084–4089). (In Russ.).
- Abramova, N. A., Voronina, T. A., & Portcev, R. Yu. (2010). Ideas of cognitive graphics to support verification of cognitive maps. *Large-scale Systems Control: proceedings*, 30–1, 411–430. (In Russ.).
- Ackermann, F., & Eden, C. (2004). Using Causal mapping: individual and group; traditional and new. *Systems modelling: Theory and practice*, 127–145.
- Ackermann, F., & Eden, C. (2020). Strategic options development and analysis. In *Systems approaches to making change: A practical guide* (pp. 139–199). London: Springer London.
- Avdeeva, A., & Kovriga, S. (2024). Cognitive maps for analyzing and modeling in the system of state strategic planning. *Large-scale Systems Control*, 111, 147–178. (In Russ.). <https://doi.org/10.25728/ubs.2024.111.6>
- Avdeeva, Z. K., & Kovriga, S. V. (2010). Heuristic method of conceptual structuring knowledge when formalizing ill-structured situations using cognitive maps. *Large-scale Systems Control: proceedings*, 31, 6–34. (In Russ.).
- Avdeeva, Z. K., Kovriga, S. V., & Makarenko, D. I. (2006). Cognitive modeling for solving the tasks of managing ill-structured systems (situations). *Large-scale Systems Control: proceedings*, 16, 41–54. (In Russ.).
- Axelrod, R. (Ed.). (1976). *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*. Princeton University Press.
- Basole, R., Bendoly, E., Chandrasekaran, A., & Linderman, K. (2022). Visualization in operations management research. *INFORMS Journal on Data Science*, 1(2), 172–187. EDN: AINHKP. DOI: 10.1287/ijds.2021.0005
- Beschi, S., Falessi, D., Golia, S., & Locoro, A. (2025). Characterizing Data Visualization Literacy for Standardization: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3559298>
- Bood, R. P. (2001). *Images of Unfolding Diversification Projects. Charting Organizational Learning in Small and Medium-Sized Enterprises from a Cognitive Perspective*. Eburon, Delft.
- Börner, K., Maltese, A., Balliet, R. N., & Heimlich, J. (2016). Investigating aspects of data visualization literacy using 20 information visualizations and 273 science museum visitors. *Information Visualization*, 15(3), 198–213.
- Bresciani, S., & Eppler, M. J. (2009). The risks of visualization. In *Identität und Vielfalt der Kommunikations-wissenschaft* (pp. 165–178).
- Bresciani, S., & Eppler, M. J. (2015). The pitfalls of visual representations: A review and classification of common errors made while designing and interpreting visualizations. *Sage Open*, 5(4). <https://doi.org/10.1177/2158244015611451>
- Bryson, J. M., Ackermann, F., Eden, C., & Finn, C. B. (2004). *Visible thinking: Unlocking causal mapping for practical business results*. John Wiley & Sons.
- Bünzli, F., & Eppler, M. J. (2024). How verbal text guides the interpretation of advertisement images: a predictive typology of verbal anchoring. *Communication Theory*, 34(4), 191–204.
- Eden, C. (1988). Cognitive mapping. *European Journal of Operational research*, 36(1), 1–13. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(88\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(88)90002-1)
- Eden, C. (1992). On the Nature of Cognitive Maps. *Journal of Management Studies*, 29, 261–265. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.1992.tb00664.x>
- Eden, C. (2004). Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, 159(3), 673–686. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00431-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00431-4)
- Eden, C., & Ackermann, F. (2001). SODA—the principles. In J. Rosenhead, & J. Mingers (Eds.), *Rational analysis for a problematic world revisited* (pp. 21–41). John Wiley & Sons.

Eppler, M. J. (2006, July). Toward a pragmatic taxonomy of knowledge maps: Classification principles, sample typologies, and application examples. In *Tenth International Conference on Information Visualisation (IV'06)* (pp. 195–204). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IV.2006.111>

Eppler, M. J. (2013). What is an effective knowledge visualization? Insights from a review of seminal concepts. In F. T. Marchese, & E. Banissi (Eds.), *Knowledge visualization currents: From text to art to culture* (pp. 3–12). London: Springer-Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4303-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4303-1_1)

Eppler, M. J., & Burkhard, R. A. (2007). Visual representations in knowledge management: framework and cases. *Journal of Knowledge Management*, 11(4), 112–122. <https://doi.org/10.1108/13673270710762756>

Eppler, M. J., Burkhard, R. A. (2008). Knowledge visualization. In *Knowledge management: concepts, methodologies, tools, and applications* (pp. 781–793). IGI Global.

Felix, G., Nápoles, G., Falcon, R., Froelich, W., Vanhoof, K., & Bello, R. (2019). A review on methods and software for fuzzy cognitive maps. *Artificial intelligence review*, 52, 1707–1737. <https://doi.org/10.1007/s10462-017-9575-1>

Fiol, C. M., & Huff, A. S. (1992). Maps for managers: where are we? where do we go from here? *Journal of Management Studies*, 29(3), 267–285. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.1992.tb00665.x>

Geisler, E. (1999, august). Organizational change phenomena, managerial cognition, and archival measures: reconceptualization and new empirical evidence. *Stuart Working Paper*, 99–02.

Gorelova, G. (2021). Cognitive modeling of complex systems, state and prospects. In *System Analysis in Engineering and Control*, 25(1), 224–248. (In Russ.). <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id21-66>

Gorelova, G., & Gromakova, V. (2024). Cognitive modeling and neuroscience. In *System Analysis in Engineering and Control*, 27(2), 8–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id24-141>

Horn, R. E., & Weber, R. P. (2007). *New tools for resolving wicked problems: Mess mapping and resolution mapping processes*. Watertown, MA: Strategy Kinetics LLC.

Huang, O., Lee, P., & Nobre, C. (2025). From Reality to Recognition: Evaluating Visualization Analogies for Novice Chart Comprehension. *arXiv preprint arXiv:2506.03385*.

Huff, A. S. (ed.) (1990). *Mapping strategic thought*. Chichester: John Wiley and Sons.

Kahneman, D. (2003) Maps of Bounded Rationality: A Perspective on Intuitive Judgment and Choice. *Institute of Privatization and Management*, pp. 540–592. (In Russ.).

Kapski, D., & Bogdanovich, S. (2024). Integration of cognitive analysis methods into the road infrastructure safety assessment system. *Vestnik of Polotsk State University. Part B. Industry. Applied Sciences*, 50(2), 36–49. (In Russ.). <https://doi.org/10.52928/2070-1616-2024-50-2-36-49>

Khalin, Y. A., Katykhin, A. I., Zinkin, S. A., & Shilin, A. A. (2022). Cognitive Modeling of Information Support for Game-Based Automated Learning. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 26(4), 117–131. (In Russ.).

Kontogianni, A. D., Papageorgiou, E. I., & Tourkolias, C. (2012). How do you perceive environmental change? Fuzzy Cognitive Mapping informing stakeholder analysis for environmental policy making and non-market valuation. *Applied Soft Computing*, 12(12), 3725–3735. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.05.003>

Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(1), 65–75. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)

Kubryakova, E. S. (2001). On cognitive linguistics and the semantics of the term “cognitive”. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Linguistics and cross-cultural communication*, 1, 4–10. (In Russ.).

Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11(1), 65–100. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6708.1987.tb00863.x>

Lawrence, C. (2025). Synthesising simulation quality: an algorithmic analysis of development practices across the simulation lifecycle. *Journal of Simulation*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/17477778.2025.2506629>

Lee, S., Kim, S. H., & Kwon, B. C. (2016). Vlat: Development of a visualization literacy assessment test. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 23(1), 551–560. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2016.2598920>

Lengler, R., & Eppler, M. J. (2007, January). Towards a periodic table of visualization methods for management. In *IASTED Proceedings of the Conference on Graphics and Visualization in Engineering (GVE 2007), Clearwater, Florida, USA* (Vol. 7, No. 8, p. 31).

Locoro, A., Fisher, W. P., & Mari, L. (2021). Visual information literacy: Definition, construct modeling and assessment. *IEEE access*, 9, 71053–71071. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3078429>

Mityakov, E. S., Karpukhina, N. N., Mityakov, S. N., & Ladynin, A. I. (2025). Cognitive modelling of economic development of industrial ecosystems. *Russian Journal of Industrial Economics*, 18(1), 63–77. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-1-1383>

Muntwiler, C., & Eppler, M. J. (2023). Improving decision making through visual knowledge calibration. *Management Decision*, 61(8), 2374–2390. <https://doi.org/10.1108/md-07-2022-1018>

Nelson, H. J., Poels, G., Genero, M., & Piattini, M. (2012). A conceptual modeling quality framework. *Software Quality Journal*, 20, 201–228. <https://doi.org/10.1007/s11219-011-9136-9>

- Nicolini, D. (1999). Comparing methods for mapping organizational cognition. *Organization studies*, 20(5), 833–860. <https://doi.org/10.1177/017084069902000506>
- Orang, O., de Lima e Silva, P. C., & Guimarães, F. G. (2023). Time series forecasting using fuzzy cognitive maps: a survey. *Artificial Intelligence Review*, 56(8), 7733–7794. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10319-w>
- Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2013). A Review of Fuzzy Cognitive Maps Research During the Last Decade. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(1), 66–79. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2012.2201727>
- Qu, H., Nordin, N. A., Tsong, T. B., & Feng, X. (2023). A bibliometrics and visual analysis of global publications for cognitive map. *IEEE Access*, 11, 52824–52839.
- Quadri, G. J., Wang, A. Z., Wang, Z., Adorno, J., Rosen, P., & Szafir, D. A. (2024, May). Do you see what i see? a qualitative study eliciting high-level visualization comprehension. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–26).
- Rittel, H. W., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*, 4(2), 155–169. <https://doi.org/10.1007/bf01405730>
- Roberts, F. S. (1986). *Discrete mathematical models, with applications to social, biological, and environmental problems*. Moscow: Nauka. (In Russ.).
- Simon, H. A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4(3–4), 181–201. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(73\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8)
- Sousa, I. V. (2022, October). To model or not to model? Assessing the value of ontology-driven conceptual modeling. In *International Conference on Enterprise Design, Operations, and Computing* (pp. 364–369). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-26886-1\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-031-26886-1_25)
- Stach, W., Kurgan, L., & Pedrycz, W. (2005). A survey of fuzzy cognitive map learning methods. *Issues in soft computing: theory and applications* (pp. 71–84).
- Swan, J. (1997). Using cognitive mapping in management research: decisions about technical innovation. *British Journal of Management*, 8(2), 183–198. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.0050>
- Tegarden, D. P., & Sheetz, S. D. (2003). Group cognitive mapping: a methodology and system for capturing and evaluating managerial and organizational cognition. *Omega*, 31(2), 113–125. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(03\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(03)00018-5)
- Tenbergen, B., & Daun, M. (2024). Metrics to Estimate Model Comprehension: Towards a Reliable Quantification Framework. In *ENASE* (pp. 498–505). <https://doi.org/10.5220/0012684800003687>
- Vasilyev V. I., Vulfin A. M., Kirillova A. D., & Kuchkarova N. V. (2021). Methodology for Assessing Current Threats and Vulnerabilities Based on Cognitive Modeling Technologies and Text Mining. *Systems of Control, Communication and Security*, 3, 110–134 (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2410-9916-2021-3-110-134>
- Ware, C. (2019). *Information visualization: perception for design*. Morgan Kaufmann.
- Weick, K. E. (1995). *Sensemaking in Organizations*. Sage, Thousand Oaks, CA.

## Вклад автора

Автор подтверждает, что полностью отвечает за все аспекты представленной работы.

## Author's contribution

The author confirms sole responsibility for all aspects of the work.

## Конфликт интересов / Conflict of Interest

Автором не заявлен / No conflict of interest is declared by the author

## История статьи / Article history

Дата поступления / Received 30.05.2025

Дата одобрения после рецензирования / Date of approval after reviewing 05.08.2025

Дата принятия в печать / Accepted 07.08.2025