

УДК 004.588

ББК 32.813

О МЕТОДАХ ПОДДЕРЖКИ ПОСТРОЕНИЯ И ВЕРИФИКАЦИИ КОГНИТИВНЫХ КАРТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИДЕЙ КОГНИТИВНОЙ ГРАФИКИ

Абрамова Н. А.¹, Воронина Т. А.², Порцев Р. Ю.³

(Учреждение Российской академии наук

Институт проблем управления РАН, Москва)

Обоснована целесообразность применения идей когнитивной графики в информационных технологиях, поддерживающих решение задач на основе когнитивных карт. Представлены два метода, основанные на этих идеях: метод поддержки чтения когнитивной карты, ориентированный на понимание структуры карты, и метод поддержки процесса оценки причинно-следственных зависимостей в узлах когнитивных карт.

Ключевые слова: когнитивная карта, когнитивная графика, чтение когнитивных карт, когнитивная ясность, достоверность, риски, причинно-следственная зависимость.

1. Введение

Среди оправдавших себя на практике методов повышения эффективности управления в организационных, социально-экономических и политических системах сегодня выделяют моделирование сложных объектов ситуаций на основе когнитивных карт. Однако моделирование сложных и слабоструктурированных ситуаций в принципе несет в себе риски из-за

¹ Абрамова Нина Александровна, доктор технических наук (abramova@ipu.ru).

² Воронина Татьяна Андреевна, аспирант (tanyaudsu@yandex.ru).

³ Порцев Руслан Юрьевич, аспирант (poruss@mail.ru).

человеческого фактора в силу неизбежного и существенного участия людей в решении конкретных проблем (по крайней мере для формализации первичных представлений о ситуации) [1, 21]. Важность этой проблемы недооценивается научной общественностью, кроме нескольких известных работ, таких как исследование «логики неудачи» Дернера [8], психологической корректности в формальной теории принятия решения Ларичева и его школы [13], когнитивных ошибок в оценках и решениях аналитиков [28], подтвержденных новейшими эмпирическими исследованиями, касающимися процессов мышления при когнитивном моделировании [28, 33, 27]. Только в нескольких публикациях по когнитивному моделированию и в смежных областях обсуждается проблема достоверности принятия решений, зависящих от человека, и пути решения этой проблемы [34, 35, 22], и еще меньше работ предлагает конструктивные выходы из этой ситуации [24, 30, 32].

Следствием рисков при моделировании сложных и слабоструктурированных ситуаций на основе когнитивных карт может быть снижение достоверности результатов, получаемых при моделировании. Сегодня известен ряд систематически действующих рисков. Достаточно назвать давно известный психологам риск недостоверной оценки весов, обусловленной когнитивными смещениями, и недавно открытый риск появления ложной транзитивности (когда формальный вывод косвенных влияний в карте по транзитивности оказывается неверным по содержательным соображениям) [21].

В соответствии с принципами защиты от рисков, предложенными в [1], одним из направлений исследований по снижению рискованности субъектно-формальных методов на основе когнитивных карт является развитие методов защиты от рисков в информационных технологиях, использующих рискованные формальные модели и методы, путем усиления защит на этапах, которые неизбежно выполняются человеком [20].

В работе выдвигается и экспериментально проверяется идея о возможности повысить защищенность от рисков путем повы-

шения роли экспертов и аналитиков в процессе решения задачи и более эффективного использования их когнитивных ресурсов за счет применения в информационных технологиях, поддерживающих решение задач, идей когнитивной графики. При этом предполагается, что эксперт должен участвовать не только в процессе построения когнитивной карты и модели ситуации на ее основе, но и при их верификации¹ [2]. Отличительной особенностью нашего подхода к верификации является то, что верификация рассматривается, в первую очередь, как человеческая деятельность (формальные методы – это средства поддержки такой деятельности). (Альтернативой является независимая верификация.) Предполагается также, что неотъемлемой составляющей процесса работы экспертов и верификаторов является чтение (иными словами, понимание) когнитивных карт.

С помощью идей когнитивной графики на сегодня разработано два метода, один из которых ориентирован на поддержку чтения когнитивной карты, а другой – на поддержку процесса оценки причинно-следственных влияний в узлах когнитивных карт.

2. Обоснование целесообразности применения идей когнитивной графики

Анализ публикаций по современным технологиям поддержки решения задач на основе формальных² когнитивных карт показывает, что эти технологии в значительной мере ориентированы на минимизацию участия носителей предметных знаний в процессе решения их задач (к наиболее продвинутому относится работа А.А. Кулинича [11]) Такая стратегия, когда интеллектуальная деятельность по формализации и нередко

¹ *Вариант интерпретации термина «верификация», наиболее подходящий для когнитивных карт, описан в работе [4].*

² *Термин «формальная когнитивная карта» вводится в связи с необходимостью различать методы и технологии, применяемые при разной степени формализации семантики для разных типов карт [5].*

формированию экспертных знаний о сложных ситуациях сводится к вводу отдельных единиц данных в формате, удобном для программной поддержки, по мнению авторов, повышает риск недостоверных данных в силу утраты целостности («гештальта»).

Согласно экспериментальным исследованиям и объяснительным гипотезам психолога С.И. Шапиро [19], фокусирование сознания на выполнении отдельных умственных действий угнетает в сознании «логический механизм», «генерирующий и контролирующий эти действия» и придающий им целостность. Теряется «схватывание целого» (гештальта), и человек оказывается в ситуации «операторного» уровня мышления, характерного для неопытных программистов.

Именно с целью «схватывания целого» представляется необходимым использование когнитивной графики при поддержке человеческой интеллектуальной деятельности по решению задач (даже если отдельные действия не необходимы для работы формальных методов). Как известно ([10, 15]), основная функция когнитивной графики состоит как раз в повышении наглядности за счет перехода от вербальной или иной символической информации к визуальному образу¹. При этом вопрос о том, какая «картинка» лучше (в терминах Боумена), применительно к когнитивным картам на сегодня открыт.

В данной работе мы пользуемся понятием когнитивной ясности тех или иных сведений, сообщений, описаний и т. д. [12]. Концепция когнитивной ясности, несмотря на ее интуитивную понятность, связана с отсутствием определенности, и разные авторы отмечают различные аспекты этого свойства или, наоборот, их дефицит. В частности, выделяются «ясные и полезные модели для деятельности» [26], по степени сходства в воспри-

¹ Известно, что визуальный образ воспринимается человеком более целостно и качественно, чем точное словесное описание: «говорят, один рисунок стоит тысячи слов, и это действительно так, но при условии, что рисунок хороший» (Боумен, [7]).

ятии той или иной ситуации, чтобы свести к минимуму вклад личных особенностей [23].

В этой работе понятие когнитивной ясности некоторой информации, сообщений, описаний и т. д. в основном характеризуется легкостью интуитивного понимания. Отсутствие когнитивной ясности проявляется, когда человек чувствует затруднения, задумывается, пытаясь понять сказанное или написанное. Это может выражаться в наблюдаемом замедлении процесса понимания. Другим последствием может быть упущение значимой информации, которая остается незамеченной. Такая интерпретация хорошо согласуется с теорией когнитивной нагрузки Свеллера и его школы [36] и с идеями моделей представления знаний и их зависимости от деятельности [26]. Стоит отметить, что свойство когнитивной ясности и принцип ясности формализации знаний рассматриваются здесь в широком качественном смысле и не привязаны к математической формализации, зависящей от проблемы, подлежащей исследованию, как в [25]. При этом вопрос о сравнительных критериях когнитивной ясности при визуализации когнитивных карт на сегодня еще требует исследования.

Именно поэтому представляется необходимым, выдвигая те или иные критерии повышения когнитивной ясности, проводить их эмпирическую проверку.

Подчеркнем, что согласно идее А.А. Зенкина, лидера в области «высокой» когнитивной графики, «когнитивная функция изображения состоит в том, чтобы с помощью некоего изображения получить новое, т. е. еще не существующее даже в голове специалиста исследователя, знание или по крайней мере способствовать естественно-интеллектуальному процессу получения такого знания» [10]. Гипотеза авторов состоит в том, что среди видов нового знания, которое может возникнуть при удачных формах представления когнитивных карт или иных экспертных знаний, перерабатываемых человеком в ходе решения задачи, может быть «вычитанное» знание о свойствах анализируемой ситуации или обнаружение диссонанса между

своими первичными представлениями и обнаруженными свойствами (такой диссонанс называют когнитивным [18]).

3. Метод поддержки чтения когнитивных карт, ориентированный на понимание структуры карты

Чтение когнитивных карт является необходимым компонентом экспертного понимания карты, как составителями карт, так и верификаторами, проводящими контроль корректности карт. В данном разделе рассматривается метод поддержки чтения структуры когнитивных карт, который выступает составной частью подхода к поддержке чтения когнитивных карт и направлен на повышение когнитивной ясности структуры карт.

Поддержку чтения карт можно сравнить с поддержкой чтения блок-схем алгоритмов, например, как задание направления расположения блоков, что позволяет более ясно понимать алгоритм.

Структуру когнитивной карты обычно визуально представляют в виде графа, и на сегодняшний день существует ряд программных комплексов, которые включают в себя различные методы визуализации когнитивных карт [16] и графов [9]. Однако эти методы в большей степени основываются на эстетических критериях. И только некоторые авторы [31] затрагивают проблемы ограниченности когнитивных возможностей человека при чтении графов.

В данной работе применяются идеи когнитивной графики при визуализации структуры когнитивной карты, которые не только ориентированы на простую наглядность, но и могут способствовать зрительному обнаружению ложной транзитивности и лишних связей в картах, что подтверждается на практике.

Выдвигается гипотеза, что графическое представление структуры карты, в большей степени удовлетворяющее критериям когнитивной ясности структуры карты, облегчит понимание карты при ее чтении.

Для выявления эмпирических критериев когнитивной ясности структуры карт исследуются различные визуальные представления карт, которые, по оценкам составителей и верификаторов, обладают более высокой ясностью (большей понятностью, большим объемом замеченных свойств). На сегодня прошли предварительную проверку такие критерии, как охват пути (группы путей) «одним взглядом», в частности, за счет однонаправленности изображения отдельных связей и зрительная минимизация числа обратных связей.

На основе критерия составляются правила визуализации структуры карты, выступающие в качестве рекомендаций по расположению на плоскости факторов карты относительно друг друга. Для формального описания правил вводятся дополнительные пространственные отношения («левее», «правее», «выше», «ниже») на множестве вершин графа. Ниже представлены некоторые правила визуализации структуры когнитивной карты при добавлении связи (x, y) в графе карты:

- $Free(x) \Rightarrow Left(x, y)$,
- $Free(y) \Rightarrow Right(x, y)$,
- $Free(x) \& \neg \exists z \in X ((z, y) \& UD(z, y)) \Rightarrow UD(x, y)$,
- $Free(y) \& \neg \exists z \in X ((x, z) \& UD(x, z)) \Rightarrow UD(y, x)$,
- $Free(x) \& \exists z \in X ((z, y) \& UD(z, y)) \Rightarrow \forall m \in X ((m, y) \Rightarrow \Rightarrow Down(x, m))$,
- $Free(y) \& \exists z \in X ((x, z) \& UD(x, z)) \Rightarrow \forall m \in X ((x, m) \Rightarrow \Rightarrow Down(y, m))$,

где $Left(x, y)$ – вершина x левее вершины y ; $Right(x, y)$ – вершина x правее вершины y ; $Up(x, y)$ – вершина x выше вершины y ; $Down(x, y)$ – вершина x ниже вершины y ; $UD(x, z)$ – вершина x на той же высоте что и вершина y ; $Free(x)$ – вершина x свободная; X – множество вершин графа.

Множество таких правил остается открытым и может изменяться при выявлении новых критериев и правил. Также правила могут конфликтовать между собой, при этом правило вызвавшее конфликт, не применяется. Множество правил может быть разбито на стратегии расположения факторов карты на

плоскости в силу различных предпочтений эксперта. Представленные выше правила можно объединить в стратегию, в которой факторы карты располагаются слева-направо и снизу-вверх.

Для поддержки чтения карт разработан и программно реализован метод поддержки визуализации графа ациклической когнитивной карты в ходе построения карты экспертом, направленный на повышение когнитивной ясности карты. В методе предусмотрен контроль над появлением циклов; предусмотрено дальнейшее расширение на карты с циклами.

В процессе рисования карты в момент добавления причинно-следственной связи программа предлагает расположить факторы на экране в соответствии с правилами визуализации. Пользователь может принять рекомендации или отказаться от поддержки преобразования структуры карты.

На рис. 1 продемонстрировано, как после графического преобразования карты согласно критериям когнитивной ясности структуры карты главный путь охватывается «одним взглядом».

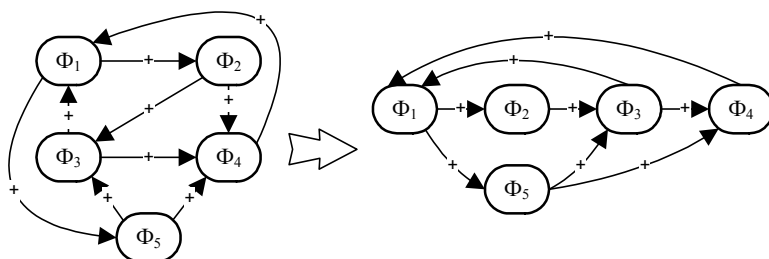


Рис. 1. Пример графического преобразования карты

Эмпирические проверки предложенных правил визуального представления ациклических фрагментов карт, которые были проведены в лаборатории 51 ИПУ РАН на целом ряде опубликованных карт, подтверждают высказанные ранее гипотезы. Так, на примере карты, состоящей из 8 факторов и 14 связей, в ходе применения правил преобразования было зафиксировано следующее: составитель карты обнаружил 2 лишние связи, а у

верификаторов появились новые вопросы по корректности связей. Наиболее значимый эффект достигнут в примере, в котором нарушение ложной транзитивности имело место в цепочке из пяти факторов влияния (рис. 2); нарушение было замечено (как новое знание) только после преобразования структуры согласно предлагаемым правилам.

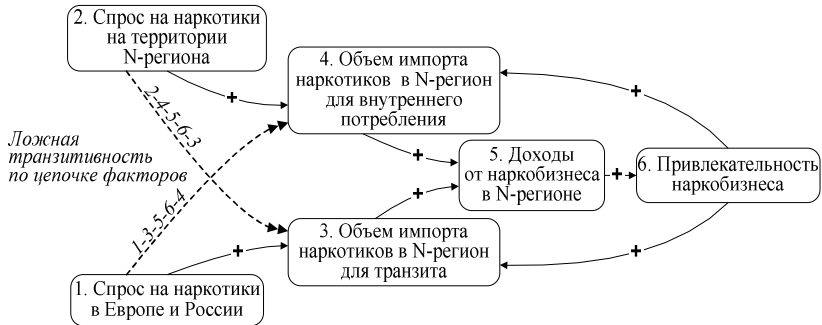


Рис. 2. Фрагмент когнитивной карты с ложной транзитивностью

В настоящее время метод успешно применяется как при составлении, так и при верификации когнитивных карт.

4. Метод поддержки процесса оценки причинно-следственных зависимостей в узлах когнитивных карт

Под узлом когнитивной карты понимается фактор-следствие со всеми факторами, оказывающими на него прямое причинно-следственное влияние (см. пример на рис. 3). Под причинно-следственной зависимостью в узле понимается совокупность всех прямых влияний на фактор-следствие, которую эксперт задает множеством весов влияний. Математической моделью причинно-следственной зависимости в узле является функция того или иного вида, которая определяется типом теоретической модели когнитивных карт, лежащей в основе

конкретной информационной технологии. В данной работе рассматривается тип функций, представленный на рис. 4 с ограничением, по которому сумма весов всех влияний не должна превосходить единицу: $\sum_{i=1}^n a_i \leq 1$, где a_i – вес влияний.

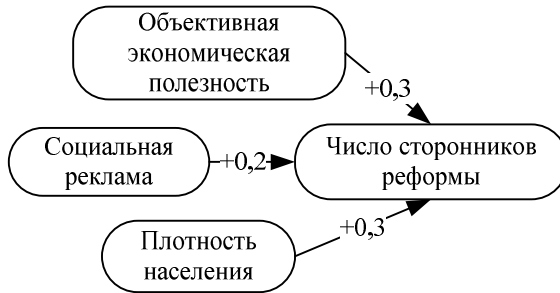
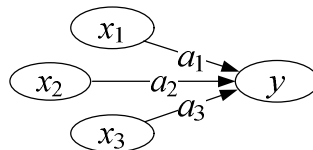


Рис. 3. Пример узла когнитивной карты



$$y = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + a_0$$

$$x_i, y: [0, 1]; a_i, a_0: [0, 1]; \sum_{i=1}^n a_i \leq 1$$

Рис. 4. Представление узла когнитивной карты в виде функциональной модели

Поскольку математическая модель для каждого узла когнитивной карты фактически задается экспертом, задающим веса, уместно называть такую модель функциональной моделью экспертных представлений о причинно-следственной зависимости в узле.

В данном разделе рассматриваются риски недостоверного задания функциональных моделей экспертных представлений, и предлагается метод защиты от них, основанный на идеях когнитивной графики.

Можно выделить по крайней мере два вида факторов риска при задании функциональных моделей экспертных представлений причинно-следственной зависимости в узлах. Во-первых, известные когнитивные смещения при назначении самых разных весов ([6, 13, 17]). Во-вторых, искажающий эффект между пониманием веса экспертом и представлением веса в математической модели. Ведь согласно математической модели, веса прямых влияний в когнитивной карте характеризуют не только отдельные влияния, но и пропорции разных влияний на один фактор [20]. При этом известно, что «мягкие» качественные измерения, такие как сравнение, отнесение к классу, упорядочение гораздо более надежны, чем назначение субъективных вероятностей, количественные оценки критериев важности, весов, полезностей и т. д. [6].

Исходя из всего вышесказанного, авторами были высказаны две гипотезы.

1. Оценка весов влияний не по отдельности, а в составе узла когнитивной карты (который образует гештальт причинно-следственной зависимости в узле) может способствовать снижению риска недостоверной оценки весов отдельных влияний в узле.

2. Визуализация функциональных моделей узла с визуальным подбором не только отдельных весов (согласно идее В. Лефевра [13]), но и их относительных пропорций может снизить риск вербальных и численных оценок параметров функции.

Для проверки гипотез был разработан метод визуализации функциональных моделей экспертных представлений о причинно-следственных зависимостях в узлах когнитивных карт. В рамках метода предлагается разделить когнитивную карту на узлы и поддерживать процесс оценки экспертом совокупности

весов причинно-следственной зависимости в рассматриваемом узле.

Процесс оценки причинно-следственной зависимости в узле можно разбить на несколько этапов (этапы приведены в таблице 1).

Каждый этап имеет свое визуальное представление. Коротко остановимся на некоторых этапах. На первом этапе эксперт проверяет причинно-следственные влияния на понятность по вербальному шаблону с визуальной демонстрацией смысла влияния.

Таблица 1. Описание процесса построения функциональной модели узла когнитивной карты

№	Этап	Результат этапа
1.	Проверка причинно-следственных влияний на критерий понятности математического смысла конструкций карты по вербальному шаблону	Узел когнитивной карты, удовлетворяющий критерию понятности
2.	Проверка на линейную зависимость результирующего фактора	Начальное значение функции узла когнитивной карты (коэффициент a_0 на рис. 4)
3.	Задание весов причинно-следственных влияний	Коэффициенты функции узла (коэффициенты a_1 , a_2 и a_3 на рис. 4)
4.	Уточнение области определения факторов, оказывающих причинно-следственное влияние	Область определения функции узла
Общий результат		Функциональная модель узла когнитивной карты

Понятность математического смысла конструкций карты (в частности, связей) по вербальному шаблону означает, что для

прочтения (понимания) определенного математического смысла (определенного свойства) конструкции специалистами в предметной области достаточно понять его выражение, полученное применением словесного шаблона перевода соответствующего свойства на естественный язык.

Пример шаблона для однотипного перевода связей представлен на рис. 5 (описание критерия понятности и пример шаблона приведены в работе [2]).

Положительное влияние

$\langle \text{имя фактора} \rangle_i \xrightarrow{+} \langle \text{имя фактора} \rangle_j$: при прочих равных условиях
 рост $\langle \text{имя фактора} \rangle_i$
 приводит к росту $\langle \text{имя фактора} \rangle_j$
 и снижению $\langle \text{имя фактора} \rangle_i$
 приводит к снижению $\langle \text{имя фактора} \rangle_j$

Отрицательное влияние

$\langle \text{имя фактора} \rangle_i \xrightarrow{-} \langle \text{имя фактора} \rangle_j$: при прочих равных условиях
 рост $\langle \text{имя фактора} \rangle_i$
 приводит к снижению $\langle \text{имя фактора} \rangle_j$
 и снижению $\langle \text{имя фактора} \rangle_i$
 приводит к росту $\langle \text{имя фактора} \rangle_j$

Рис. 5. Пример шаблона для однотипного перевода связей между факторами

На третьем этапе осуществляется поддержка процесса задания весов в узле когнитивной карты. Пример визуализации данного этапа для функции одной переменной представлен на рис. 6, а на рис. 7 представлена визуализация функции нескольких переменных. Перемещая ползунки, эксперт фактически может менять неявно вес каждого фактора, только сравнивая. Ограничение на общую сумму весов всех влияний поддерживается автоматически. При визуализации функции одной переменной вес причинно-следственного влияния выступает в роли углового коэффициента (рис. 6), а при визуализации функции нескольких переменных веса причинно-следственных влияний

выражаются в виде центральных углов секторов, при этом сила влияний выражается в виде площади секторов. Сектор с центральным углом в 90° означает максимально возможное значение фактора-следствия, т. е. максимально возможное значение результата функции (рис. 7).

Таким образом, результатом выполнения всех этапов является функциональная модель узла когнитивной карты. При помощи визуализации функциональной модели экспертного представления формируется визуальный образ модели.

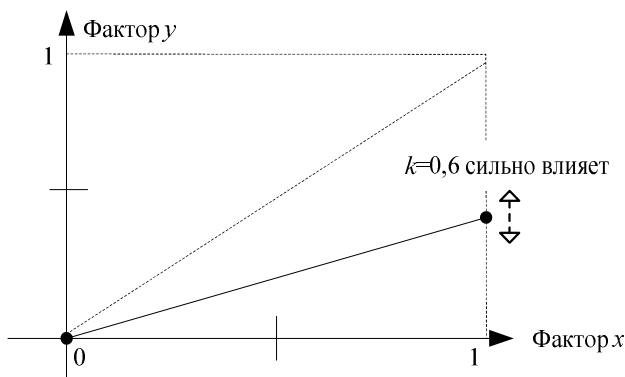


Рис. 6. Визуализация задания веса для функции одной переменной

Цель процесса поддержки задания весов в узлах когнитивных карт – уточнить представление эксперта о семантике весов, продемонстрировать визуально знания, предоставляемые экспертом, и то, как они интерпретируются в текущей модели.

Для эмпирических проверок метода на сегодня разработан программный прототип, в котором реализована поддержка оценки причинно-следственных влияний в узлах, состоящих из двух факторов (т. е. для функции одной переменной), и разрабатывается прототип для поддержки построения функций нескольких переменных

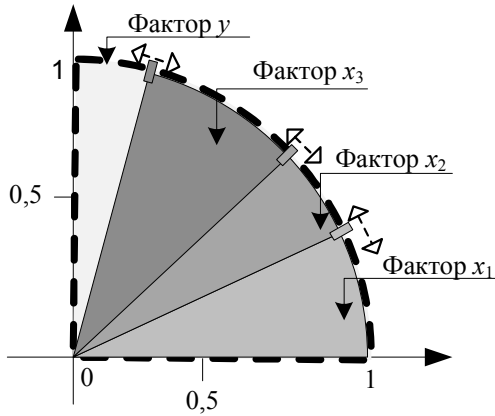


Рис. 7. Визуализация задания весов для функции нескольких переменных

Экспериментальные проверки метода на бумаге, которые были проведены в рамках лаборатории 51 ИПУ РАН, подтверждают высказанные ранее гипотезы. В частности, в двух экспериментах были обнаружены однотипные ошибки моделирования мультипликативной функции влияний факторов f_1 , f_2 на f_3 (где f_2 – коэффициент пропорциональности): $f_3 = f_1 \cdot f_2$, посредством аддитивной функции: $f_3 = p_1 \cdot f_1 + p_2 \cdot f_2$ (p_1 , p_2 – веса влияний факторов f_1 , f_2 соответственно). Новое знание о том, что такое моделирование невозможно, проявлялось в том, что не удавалось подобрать визуальный «вес» для фактора f_2 .

Экспериментальные проверки показали, что метод может способствовать уменьшению искажающего эффекта, уточнению и формированию новых экспертных представлений. При помощи использования метода можно нарабатывать навыки создания когнитивных карт и задания весов в картах.

Аналогичная возможность просматривается и для выработки навыков чтения когнитивных карт при помощи предшест-

вующего метода путем подбора визуализаций, подходящих для чтения когнитивных карт. Таким образом, можно говорить о развитии средств обучения моделированию ситуаций на основе когнитивных карт при помощи средств когнитивной графики. Кроме того, представленные методы могут быть полезны при решении задач прогнозирования и управления слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт, способствуя повышению достоверности результатов моделирования, и при разработке систем поддержки принятия решений, в частности опирающихся на нечетко-множественные представления знаний экспертов.

Литература

1. АБРАМОВА Н.А. *О проблеме рисков из-за человеческого фактора в экспертных методах и информационных технологиях* // Проблемы управления. – 2007. – №2. – С. 11 – 21.
2. АБРАМОВА Н.А., КОВРИГА С.В. *Некоторые критерии достоверности моделей на основе когнитивных карт* // Проблемы управления. – 2008. – №6. – С. 23 – 33.
3. АБРАМОВА Н.А., КОВРИГА С.В. *О проблеме верификации при моделировании слабоструктурированных ситуаций на основе когнитивных карт* // Труды Межд. мультikonференции «Актуальные проблемы информационно-компьютерных технологий, мехатроники и робототехники» (ИКТМР-2009). – Таганрог: НИИ МВС ЮФУ, 2009. – С. 115 – 117.
4. АБРАМОВА Н.А. *Экспертная верификация при использовании формальных когнитивных карт. Подходы и практика* // Управление большими системами. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». – М.: ИПУ РАН, 2010. С. 371 – 410.
5. АВДЕЕВА З.К. *Сравнительный анализ выборочных когнитивных карт по степени формализации* // Труды VIII Меж-

- дунар. конфер. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 11 – 22.
6. АСАНОВ А.А., ЛАРИЧЕВ О.И. *Влияние надежности человеческой информации на результаты применения методов принятия решений* // Автоматика и телемеханика. – 1999 – №5. – С. 20 – 31.
 7. БОУМЕН У. *Графическое представление информации*. – М.: «Мир», 1971. – 150 с.
 8. ДЁРНЕР Д. *Логика неудачи. Стратегическое мышление в сложных ситуациях*. – М.: Смысл, 1997. – 256 с.
 9. ЕВСТИГНЕЕВ В.А., КАСЬЯНОВ В.Н. *Графы в программировании: обработка, визуализация и применение*. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.
 10. ЗЕНКИН А.А. *Когнитивная компьютерная графика* / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1991. – 192 с.
 11. КУЛИНИЧ А.А. *Субъектно-ориентированная система концептуального моделирования «Канва»* // Материалы 1-ой Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». – М.: ИПУ РАН, 2001. – С. 180 – 186.
 12. КОВРИГА С.В. *Некоторые критерии достоверности моделей на основе когнитивных карт* // Труды VII Международ. конфер. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» – М.: ИПУ РАН, 2007. – С. 42 – 49.
 13. ЛАРИЧЕВ О.И., МОШКОВИЧ Е.М. *Качественные методы принятия решений*. – М.: Наука – Физматлит, 1996. – 208 с.
 14. ЛЕФЕВР В.А. *Формула человека: Контуры фундаментальной психологии*. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1991. – 108 с.
 15. ПОСПЕЛОВ Д.А. *Фантазия или Наука. На пути к искусственному интеллекту*. – М.: Наука, 1982. – 224 с.
 16. ПРОХОРОВ А. *Обзор программ класса concept mapping* // КомпьютерПресс. – 2007. – №3. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=17383&iid=805>.

17. РОБЕРТС Ф. *Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам.* – М.: Наука, 1986. – 497 с.
18. ФЕСТИНГЕР Л. *Теория когнитивного диссонанса.* – СПб.: Ювента, 1999. – С. 15 – 52.
19. ШАПИРО С.И. *Мышление человека и переработка информации ЭВМ.* – М.: Сов. радио, 1980. – 288 с.
20. ABRAMOVA N.A., AVDEEVA Z.K. KOVRIGA S.V. and MAKARENKO D.I. *Subject-formal Methods Based on Cognitive Maps and the Problem of Risk Due to the Human Factor.* In: *Cognitive maps.* – Austria: IN-TECH, 2009.
21. ABRAMOVA N.A., KOVRIGA S.V. *Cognitive approach to decision-making in ill-structured situation control and the problem of risks* // Proc. IEEE Conference on Human System Interaction. Cracow, Poland, 2008. – P. 485 – 490.
22. BOUZDINE-CHAMEEVA T. *An Application of Causal Mapping Technique ANCOM-2 in Management Studies* // Proc. of the 6th Global Conference on Business & Economics (GCBE). Harvard University, Cambridge, October 2006. – P. 11 – 21.
23. CARDUCCI B. *The Psychology of Personality: Viewpoints, Research, and Applications.* – Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, 2009.
24. CURZON P., RUKŠĖNAS R. AND BLANDFORD A. *An approach to formal verification of human-computer interaction* // Formal Aspects of Computing. – 2007. – №19(4). P. 513 – 550.
25. EZHKOVA I. *Challenges of Cultural Theory: The Theory of Cognitive States* // Proc. of the Sixteenth European Meeting on Cybernetics and systems Research, 2002. – P. 432 – 437.
26. EZHKOVA I. *Universal Scales: Theory of Distinguishability* // Proc. of the BISCSE'05, Berkeley, USA, 2005. – URL: http://www-bisc.cs.berkeley.edu/BISCSE2005/Abstracts_Proceeding/Friday/FM2/Irina_Ezhkova.pdf
27. GABRIEL I. AND NYSHADHAM E. *A Cognitive Map of People's Online Risk Perceptions and Attitudes: an Empirical*

- Study* // Proc. of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-41), 2008. – P. 1 – 10.
28. HEYER R. *Psychology of Intelligent Analysis*. – New York: Central Intelligence Agency, 1999.
 29. HODGKINSON G., MAULE A., AND BOWN N. *Causal Cognitive Mapping in the Organizational Strategy Field: A Comparison of Alternative Elicitation Procedures* // Organizational Research Methods. – 2004. – №7(1). – P. 3 – 26.
 30. HOWICK S., EDEN C., ACKERMANN F., AND TERRY WILLIAMS. *Building Confidence in Models for Multiple Audiences: The Modelling Cascade* // European Journal of Operational Research. – 2008. – №186(3). – P. 1068 – 1083.
 31. HUANG W., HONG S.H. AND EADES P. *Predicting Graph Reading Performance: A Cognitive Approach* // In Proc. Asia Pacific Symposium on Information Visualization (APVIS2006). – Tokyo, Japan, 2006. – P. 207 – 216.
 32. MCNAMARA L., TRUCANO G., BACKUS G., MITCHELL S. *Verification and Validation Methodology for Computational Cognitive, Behavioral, and Social Models* // Computational Science Research Highlights SAND2009. – 2009. – P. 38 – 39.
 33. OBAL L., JUDGE R., AND RYAN T. *The Influence of Cognitive Mapping, Learning Styles and Performance Expectations on Learning Effectiveness* // Proc. of AIS SIG-ED IAIM Conference, 2007. – P. 1 – 20.
 34. RICHARDSON G. *Problems in causal loop diagrams revisited* // System Dynamics Review. – 1997. – №13(3). – P. 247 – 252.
 35. SCHAFFERNICHT M. *Causality and diagrams for system dynamics* // Proc. of the 25th International Conference of the System Dynamics Society, 2007. – P. 24 – 49.
 36. SWELLER J. *Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning* // Cognitive Science. – 1988. – №12. – P. 257 – 285.

IDEAS OF COGNITIVE GRAPHICS TO SUPPORT VERIFICATION OF COGNITIVE MAPS

Nina Abramova, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow,
Doctor of Science (abramova@ipu.ru).

Tanya Voronina, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow,
Postgraduate student (tanyaudsu@yandex.ru).

Ruslan Portcev, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow,
Postgraduate student (poruss@mail.ru).

Application of ideas of cognitive graphics in information technologies supporting solution of problems based on cognitive maps is reasoned. Two methods are presented based on these ideas. The first one supports reading cognitive maps and promotes understanding of the causal structure of a map. The second one supports valid estimation of causal influences aggregated in nodes of a cognitive map.

Keywords: cognitive map, cognitive graphics, reading cognitive maps, cognitive clarity, validity, risks, causal influence.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии О. П. Кузнецовым*