

КОНВЕРГЕНТНОСТЬ КОЛЛЕКТИВНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ*

Аннотация

В настоящей работе предлагается понимание слова «конвергентность» применительно к сфере процессов управления и принятия решений углубить до обеспечения условий сходимости этих процессов к нечетким целям. Достижение успеха коллективных процессов принятия управленческих решений рассматривается в зависимости от корректности структурирования информации, генерируемой и используемой в этих процессах. Корректность коллективных процессов принятия решений, в свою очередь, обеспечивается через учет формализуемых предметных (денотативных) и неформализуемых ментальных (сигнификативных) семантик. Показывается, что требуемую корректность можно обеспечить на основе использования авторского конвергентного подхода, интегрирующего методы когнитивного моделирования, решения обратных задач на топологических пространствах, управляемой термодинамики, квантовой семантики, генетических алгоритмов, а также анализа больших данных с использованием методов глубокого обучения. Анализ больших данных используется для верификации когнитивных моделей, которые строятся коллективно как с привлечением экспертов, работающих в удаленном режиме, так и гражданского участия (краудсорсинга). Для улучшения учета в конвергентном процессе коллективного когнитивного моделирования сигнификативных семантик в настоящей работе дополнительно вводится понятие конвергентной моноидальной категории. Аппеляция к теории категорий обосновывается большой сложностью феноменов, возникающих в процесс групповой мыслительной деятельности участников. Приводится архитектура программного обеспечения.

Ключевые слова

Когнитивное моделирование; конвергентное управление; обратные задачи; топологическое пространство; искусственный интеллект; моноид; квантовая семантика

Raikov A.N.

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

CONVERGENT COLLECTIVE DECISION-MAKING ON THE BASE OF COGNITIVE MODELLING

Abstract

The new understanding of the word "convergence" in relation to the sphere of management processes and decision-making is proposed. The one is making sure the conditions for the convergence of these processes to fuzzy goals. The success of the collective processes of making managerial decisions is considered depending on the correctness of the structuring of the information that is generated and used in these processes. The correctness of the collective decision-making processes, in turn, is ensured by taking into account the object formalizable (denotative) and non-formalized mental (significative) semantics. It is shown that the required correctness can be achieved on the basis of using the author's convergent approach that is based on integrating methods of cognitive modeling, inverse problems solving on topological spaces, controlled thermodynamics, quantum semantics, genetic algorithms, the Big Data analysis and deep learning methods. The Big Data analysis is used to verify cognitive models, which are collectively built both with the involvement of experts working in the remote mode, and civic participation (crowdsourcing). To improve the accounting in the convergent process of

* Труды II Международной научной конференции «Конвергентные когнитивно-информационные технологии» (Convergent'2017), Москва, 24-26 ноября, 2017

Proceedings of the II International scientific conference "Convergent cognitive information technologies" (Convergent'2017), Moscow, Russia, November 24-26, 2017

collective cognitive modeling of significant semantics, the present article additionally introduces the concept of a convergent monoidal category. Appeal to the theory of categories is justified by the great complexity of the phenomena that arise in the process of group thinking activity of participants. The architecture of the software is shown.

Keywords

Cognitive modelling; convergent management; inverse problems; topological space; artificial intelligence; monoid; quantum semantic.

Введение

Термин «конвергентность» в различных сферах человеческой деятельности определяется по-разному: в биологии – как появление похожих органов у различных животных, живущих в сходных условиях; в математике и физике – как сходимости (противоположно дивергенции) процесса к некоторому пределу; в технологическом и эволюционном контексте – как некое системная интеграция (система систем), дающая эмерджентный эффект. В настоящей работе под конвергентностью понимается нечто общее из перечисленного. Группа людей, команда, коллективный субъект, стая дронов, отряд роботов и пр. попадают в сходные условия, диктуемые похожей для всех проблемной ситуацией. Субъекты или объекты объединяются сходными интересами, требующими использования похожих вещей и активов, синхронной генерации мыслей и идей с целью получения синергии действий для достижения целей.

Таким образом, конвергенция – это способ совместного решения коллективом людей, в том числе большим, всем хорошо знакомой задачи «Пойди туда не знамо куда», которая ставится не только в сказках, но и в реальной жизни. При этом, как мы знаем, задача обычно имеет решение, иногда от неизбежности, иногда от безысходности. Всех участников сближают сходные проблемные условия, которые заставляют формировать не некоторую цель. У всех участников есть какие-то ресурсы, из которых надо выбрать или как-то их нужно трансформировать, или найти новые, чтобы объединить усилия для достижения цели. Если все участники будут «тянуть» решение проблемы в разные стороны, то есть действовать дивергентно, то ресурсы будут истрочены впустую, а проблема только обострится. Нужна сходимости мнений и стремлений относительно выработки единой цели и путей ее достижения. Именно обеспечение сходимости сложного, во многом неформализуемого, группового процесса выработки согласованного решения за счет создания необходимых для этого условий и называется в настоящей работе конвергенцией. Как уже показано в ряде работ автора [1, 2], такие условия могут быть созданы на основе использования фундаментальных результатов из области когнитивной психологии, искусственного интеллекта, решения обратных задач на топологических пространствах, управляемой термодинамики, квантовой семантики и др.

Применение конвергентного подхода в ситуационных центрах при проведении стратегических совещаний и мозговых штурмов, разработке стратегий и концепций развития отраслей и компаний уже позволило сократить время принятия коллективных решений. Так, если в начале 2000 годов стратегическое совещание в ситуационной комнате с участием до 35 человек занимало 2-4 дня (с перерывами), то благодаря применению указанного подхода время согласования основных положений стратегии развития, например, региональной отрасли (согласие команды по дереву целей, приоритетам, ключевым мероприятиям), удалось сократить до 4-5 часов.

Вместе с тем интенсивное распространение сетевых технологий, включение в процесс принятия решений удаленных участников, например, представителей гражданского общества, профессиональных и экспертных организаций, создание системы распределенных ситуационных центров в интересах решения вопросов национальной безопасности и т.д. заставило вновь обратиться к вопросу ускорения достижения командного согласия. В этом направлении постоянно совершенствуются технологические средства визуализации и компьютерного моделирования, создаются системы ситуационной осведомленности и виртуального сотрудничества [3]. Вместе с тем во многом неисследованной лакуной пока еще остаются вопросы модерации сетевых совещаний и мозговых штурмов, которые зачастую носят центробежный, дивергентный характер, что приводит к недопустимо, особенно в чрезвычайной ситуации, большому времени для согласования мнений участников.

При распределенной, сетевой, работе участники процесса принятия решения видят друг друга только на экране компьютера или мобильного устройства, и, как следствие, не так хорошо чувствуют и понимают друг друга, как если бы они сидели за одним столом и непосредственно общались друг с другом. Соответственно, при групповой работе и в сетевых условиях наложение таких трудноформализуемых навыков, как: достижение группового инсайта, предчувствие, предвидение, предугадывание, предсказание, прогнозирование и пр. осуществляется менее продуктивно.

В условиях развития сетевой (цифровой, прямой, электронной и пр.) демократии все более актуальным представляется включение в распределенный процесс подготовки и принятия

стратегических решений гражданского общества, сетевых сообществ и общественных организаций, товариществ собственников жилья и др. При этом используются технологии проведения форумов, опроса мнений. Без применения специальных конвергентных технологий процесс согласования интересов участников принятия решений может носить либо паталогически расходящийся (дивергентный) характер, когда согласие участников вообще достичь невозможно, либо демократические процедуры редуцируются до принятия решения несколькими эксклюзивными людьми, которые обосновывают решение только тем, что прошло общественное обсуждение, хотя при этом мнение эксклюзивной группы может и не совпадать с мнением большинства участников.

Как было нами показано ранее, эффективным инструментом согласования решения в группе участников является когнитивное моделирование [4]. Это представление проблемной ситуации в виде небольшого набора взаимовлияющих друг на друга факторов, носящих, как правило, качественный, понятийный, характер. Однако малое количество факторов (10-15 факторов, до 100 взаимосвязей) не снижает сложности когнитивного моделирования – здесь решающую роль играют сложные семантические интерпретации фрагментов модели, которые могут быть как формализуемыми предметными, так и неформализуемыми мыслительными. И если под первую из перечисленных интерпретаций может быть подобран адекватный математический и программный аппарат (например, анализ Больших Данных для верификации когнитивной модели [5]), то под вторую – неформализуемую – необходимо искать иные подходы, позволяющие групповой мыслительный процесс инкапсулировать в нужное русло, которое выведет на получение хорошего, например, устраивающего всех, решения в отведенное для этого время. В условиях сетевой работы вопросы однозначной семантической интерпретации когнитивных моделей, учитывая их в целом неформализуемый и неявный характер, требуют нетрадиционных, неклассических, подходов.

Встает вопрос по-новому посмотреть на процесс поддержки принятия сетевых групповых решений с применением когнитивного моделирования и с учетом неформализуемых семантических интерпретаций, и когда в состав участников включается самоорганизуемое гражданское общество (гражданское участие). Рассмотрение вопроса под таким углом зрения потребовало нахождения дополнительных структурных условий для ускорения взаимопонимания участников и обеспечения ускоренной сходимости процесса принятия решений.

Конфигурация участников и формулирование задачи

Итак, в принятии решений участвуют органы власти, компании, общественные организации, большие и малые группы людей, отдельные индивидуумы. Группы могут пересекаться, объединяться, распределяться по уровням управления. Компоненты и участники процессов формирования стратегических решений проиллюстрированы на рис. 1. Без применения специальных средств модерации спонтанный процесс самоорганизации при совместной выработке решения может занять очень большое время, а скорее всего, этот процесс может вообще не закончиться.



Рис. 1. Конфигурация участия

Приведенная на рис. 1 конфигурация может быть на определенном уровне абстракции интерпретирована задачей, представленной математическим выражением $Q^{-1}x=y_{\delta}$, где Q – оператор, соответствующий «пути к целям», x – ресурсы (люди, домашние хозяйства, социальные сети, интеллектуальные и материальные ресурсы и др.), y_{δ} – нечеткие (неточные) цели. Как можно заметить, задача носит обратный характер: под нечеткие цели интерактивным образом ищется путь к этим целям.

Обратные задачи, как известно из математики, являются неустойчивыми, то есть при небольших изменениях исходных данных, например, политической ситуации, решение задачи может измениться значительно.

В приведенной на рис. 1 конфигурации требуется соответствующая интеграция и синхронизация как процессов обработки, так и структурирования информации на различных уровнях управления. Целей у каждого участника процесса может быть несколько. Их необходимо упорядочить по уровням иерархии с выделением главной цели и ранжированных по важности подцелей в обеспечение достижения главной цели. Пути достижения целей – это систематизированные ресурсы, ключевые (мультиплицирующие) мероприятия, упорядочение и оптимизация их выполнения. При таком подходе более детальная формулировка задачи $Q^{-1}x=y_\delta$ будет звучать следующим образом.

Задача. Пусть $y_0 \in Y$ (точная цель, ее наименование и значение) при отображении $Q: X \rightarrow Y$ имеет в X единственный прообраз x_0 (точный набор ресурсов и действий для достижения точной цели, план). Требуется сопоставить каждому элементу $V_\delta \subset Y$ (некоторое подмножество приближенных значений цели) фильтра (пересекающиеся множества с непустым пересечением) окрестностей (множество неточных значений точной цели) точки y_0 такую точку $x_\delta \in X$ (неточный план, действие, ресурс), что $x_\delta \rightarrow x_0$ (план сходящимся образом уточняется, все более точно определяя последовательность действий). Каждое x_δ , обладающее таким свойством, будем называть приближенным решением уравнения $Q^{-1}x=y$, соответствующим окрестности V_δ точки y_0 .

Эта задача легко решается на метрических, когда для оценки расстояния между точками можно ввести метрику, и топологических, когда «расстояние» между точками определяется через пересечение окрестностей, пространствах при условии, что задача поставлена корректно, т.е. отвечает следующему определению [6].

Определение. Пусть $\{V_\delta\}$ фильтр окрестностей точки y_0 . Задача решения уравнения $Qx=y$ при $y=y_0$ поставлена корректно, если:

1. Пересечение полных прообразов $\cap Q^{-1}V_\delta$ содержит лишь одну точку x_0 (существование и единственность);

2. Фильтр в X , порожаемый совокупностью полных прообразов $Q^{-1}V_\delta$, сходится к x_0 (непрерывная зависимость решения от исходных данных).

Первый пункт отражает уверенность, что задача имеет решение $x_0 = \cap Q^{-1}V_\delta$ и оно единственно правильное, то есть адекватно реальной ситуации и устраивает всех участников группы. Второй пункт отражает то, что ресурсов $Q^{-1}V_\delta$ достаточно для достижения цели y_0 , что существуют разные варианты ресурсов (фильтр в X), осталось только найти совокупность и последовательность их использования. В реальной практике это не всегда так, поскольку:

- на процесс принятия решения сильно влияет субъективный фактор (иррациональный, бессознательный, эмоциональный, некаузальный и пр. характер мышления, непредсказуемость и беспричинность действий участников);

- пространства могут быть концептуальными, где точками служат понятия (факторы когнитивной модели), и расстояния между точками могут задаваться неметрическим образом, например, через пересечение окрестностей.

Эти особенности делают задачу неустойчивой. Будем в дальнейшем считать, что решение существует и оно единственно (что вполне ожидаемо в реальной практике, ведь решение будет какое-то принято в любом случае), но может отсутствовать сходимость фильтра к точке x_0 . Например, мэр города решил способствовать созданию особой экономической зоны. Цели поставлены – y_0 . Состав компонентов этого решения определен нормативно – элементы $\{Q^{-1}V_\delta\}$. Однако, если не потребовать сходимость этого фильтра (совокупность средств) к решению (x_0), решение вряд ли будет принято, хотя бы потому, что мэр не знает того, что в целом по стране создание таких зон неэффективно, есть по этой статье дефицит федерального бюджета и готовится нормативный правовой акт об ограничениях в их создании.

Как уже отмечено во введении, сложность когнитивной модели в семантических интерпретациях, особенно связанных с субъективным фактором. Именно туда смещаются акценты при выработке коллективных решений.

Семантики когнитивной модели

Итак, семантическая интерпретация (семантика) любой знаковой модели проблемной ситуации может иметь сигнификативную и денотативную природу [7]. Первая семантика, сигнификативная, связана с построением интерпретации, связанной не столько с реальной действительностью, сколько с ее отражением в сознании и процессах мышления человека (когнитивный, гносеологический, познавательный подход). Семантика же денотативная обусловлена отображением модели на реальные вещи и предметы.

Денотативная семантика может определяться через совокупность субъектов, объектов, отношений,

соответствующих знаку, термину. Возможно также представление денотата знака через его связь с некоторым целостным вербализуемым образом (появившимся в сознании любого участника принятия решения, например, приглашенного эксперта) типового представителя (эталона), соответствующего этому знаку класса или таксона некоторых сущностей. Предметность мысли включает в себя реально воспринимаемые и вербально представимые объекты, мысли, чувства, эмоции и др. Например, семантическая интерпретация элементов когнитивной модели с применением множеств документов или образов больше относятся к денотативной семантике нежели сигнификативной.

Очевидно, что попытка полного охвата семантической интерпретации когнитивной модели с помощью денотативной семантики явно будет иметь дефицит целостности (полноты), поскольку за рамками семантики остаются мыслительные процессы. Восполнение этого дефицита необходимо искать в сигнификативных интерпретациях. При сигнификативной семантике по термину (слову, знаку, фактору когнитивной модели) представляются важнейшие характеристики некоторой абстрактной и принципиально невербализуемой конструкции, формируемой в результате познания участниками принятия решения реальной действительности. В знаке (слове, предложении, выражении, факторе) в какой-то степени отражается результат рационального и, что особенно важно, иррационального, трансцендентального познания, заключающийся в формировании абстрагированной от реального предмета (вещи) набора характеристик. Это может быть также аспект условий, необходимых и достаточных для применения данного знака.

В настоящей работе сделана попытка решить проблему обеспечения наиболее целостной семантической интерпретации через терминологическую и контекстную семантику, путем придания смысла наименованию фактора или фрагмента когнитивной модели с учетом, прежде всего, классического подхода [7-9]. Для этого нами были сформулированы правила, построен алгоритм и разработана компьютерная программа, с помощью которых можно установить истинность элементов когнитивной модели путем ее отражения на модель мира, представленной в виде систематизированных массивов Больших Данных [5]. Такие правила и представляющие их паттерны используют в настоящее время формализованные схемы онтологий, тезаурусов и др.

Как известно, в задачу большинства языковых концепций включается компьютерное и иное моделирование процедур вербализации элементов реальности, включая чувства, медитативные состояния ума. Поэтому многие семантические модели могут быть рассмотрены с точки зрения отдельно формируемого направления когнитивной семантики, которое ближе к сигнификативному подходу, нежели денотативному. Это, прежде всего, процедурная семантика (Т. Виноград); контекстная семантика (Н.Чомский); когнитивная теория дискурса У. Чейфа, когнитивная модель текстоформирования (А. Кибрик, А. Нариньяни, И. Кобозева и др.).

Для учета сигнификативной и денотативной семантик когнитивной модели нами рассмотрены следующие подходы (приведены ссылки на работы, раскрывающие результат):

- решение группой людей прямой и обратной задач на когнитивном графе при известных начальных условиях. Подход напоминает обучение на основе обучающей выборки только в качестве выборки используются невербализуемые знания экспертов [2, 10];
- моделирование коллективного дискурса с применением интегрирующего когнитивного моделирования на основе перехода от дискретной формы представления данных к аналоговой, с последующим применением методов оптических вычислений и квантовых вычислений [2, 11];
- определение значений элемента когнитивной модели не через его соотношенность с картиной (моделью) мира, а через его семантические отношения с другими элементами когнитивной модели и выражениями из документов Больших Данных [5];
- неявная репрезентация ситуации с применением искусственной нейронной сети (НС).

В части последнего из перечисленного рассмотрен ряд типов НС: Кохонена, Хопфилда, Хэмминга, Коско, Джордана, звезды, поиска максимума, радикального основания, «простая рекуррентная сеть» Джеффа Элмана, рекуррентная НС Хохрейтера и Шмидхубера (с памятью и обратной связью). Сравнивались и оценивались: полносвязная нейронная сеть, которая формируется как последовательная комбинация элементарных нейронов; свёрточная нейронная сеть, которая формируется как последовательная комбинация свёрточных слоёв и слоёв пуллинга; рекуррентная нейронная сеть, которая формируется как последовательная комбинация слоёв, охваченных обратными связями по состоянию нейрона и/или через его вход/выход (рекуррентные слои).

При этом обучение НС может осуществляться на основе очищенной и систематизированной (отфильтрованной) информации из Больших Данных. Система, обеспечивающая процесс верификации когнитивной модели через обращение к отфильтрованным Большим Данным или к НС [5], показана на рис. 2.



Рис. 2. Верификации когнитивной модели через обращение к Большим Данным и к НС

Данными для семантической интерпретации могут быть помимо текстов документов также изображения (образы, картинки), которые явно несут более сигнификативный оттенок, чем текст. Хотя, как известно, образы, как и отдельные слова, менее склонны определять суждения. Для «образных суждений» этот образ фреймподобным способом должен быть структурирован с применением методов распознавания образов и когнитивной графики.

В отличие от изображений, при обработке с помощью НС полноценных текстов возникают отличительные проблемы. Текст несет в себе смысл и значение. Именно с формированием смысловой интерпретации текста у подхода с НС появляются проблемы: их можно научить синтаксису языка и внешнему виду текста с учетом заданного стиля, но сформулировать некую идею НС могут не больше, чем опять же символическая (т.е. формализованная) репрезентация, например, в виде логических онтологий, смыслов. Для верификации когнитивной модели, где тема семантической интерпретации исключительно важна, без решения указанной проблемы применение НС теряет смысл.

При разработке алгоритма семантической интерпретации элементов когнитивной модели на основе НС нами использован также квантово-механический подход к изучению поведения мозга и мыслительных процессов человека. Так, в работе [12] отмечено, что еще Фон Нейман предложил постулат, согласно которому математический инструмент для описания измерения в условиях беспричинности (некаузальности) и необратимости явления стоит рассматривать как акт, данный в виде (1) преобразования квантового состояния в собственное состояние измеряемой наблюдаемой (с определенной вероятностью). Это называется коллапсом или редукцией волновой функции, что отличается от (2) непрерывной, унитарной (обратимой) эволюции системы согласно уравнению Шрёдингера.

При этом выделены три сущности: измеряемый объект, измеряемый инструмент (измерение, знак) и мозг наблюдателя. Этот квантовый подход соответствует ранее приведенным семантикам знака. Уже позже было предложено рассматривать человеческое сознание как квантовый измерительный процесс, сопровождаемый созданием на достаточно продолжительное время и устойчивых когерентных образований, ответственных за проявление упорядоченных паттернов и коллективных мод сознания. Вместе с тем был высказан важный тезис, что модели (например, нейронные), описывающие поведение мозга, не есть ментальные состояния, а физиологические состояния мозга не есть квантовые объекты в много-объектной модели [13], которые порождают неравновесные аналоги фазовых трансформаций [14].

Полученные теоретические и практические результаты позволяют включить наблюдателя с его ментальными состояниями в сферу теории, в которой действуют квантово-механические закономерности для исследования поведения систем с множеством частиц и взаимодействующих с окружением (в том числе, через эффекты декогерентности, диссипации и энтелгмента, и, тем самым, явно расширить охват сигнификативного аспекта семантической интерпретации. Эти идеи частично нами уже рассмотрены ранее [11], однако такие квантовые интерпретации аспектов сигнификативных и когнитивных семантик нуждаются в дополнительных исследованиях.

Конвергентность решений с учетом сигнификативной семантики

Одним из путей обеспечения целенаправленной сходимости решения обратной задачи $Q^{-1}x=y_\delta$ является (см. [6]) сужение отображения Q на бикомпактное множество M пространства X , что, при условии замкнутости графика отображения Q , позволяет обеспечить требуемую сходимость. Бикомпактность подразумевает необходимость структурирования имеющихся ресурсов для достижения целей на конечное и обозримое число блоков $Q^{-1}V_\delta$, каждый из которых соответствует определенной неточной (нечеткой) подцели V_δ . Замкнутость графика предполагает установление полного соответствия (морфизма) между отдельными целями и средствами их достижения. При этом требуется хаусдорфовость пространств, когда все точки отображаемых пространств (цели, ресурсы, понятия, факторы когнитивной модели) явно отличаются друг от друга (имеют непересекающиеся окрестности). Только при наличии такого морфизма и сходимости соответствующих фильтров на пространствах X и Y определенные сочетания этих блоков обеспечат достижение цели y_0 .

Каждой упорядоченной паре точек (P, Q) , соответствующих взаимосвязанным факторам когнитивной модели, может быть сопоставлен вектор (x, y, \dots) этого же пространства, обозначенный через PQ . Далее в тексте стрелка опускается. Относительно векторов x, y, \dots нами были сделаны допущения, основывающиеся на реальном опыте разработки когнитивных моделей, отражающие природу их сигнификативной семантической интерпретации. Так, вектора можно в одной точке складывать, вычитать и умножать на действительное число с соблюдением алгебраических правил: ассоциативность и коммутативность сложения, наличие вектора 1, возможность вынесения множителя за скобки, наличие нулевого вектора (который получается умножением нуля на любой вектор).

Каждая точка (фактор когнитивной модели) не может быть несвязанной хотя бы с одной другой точкой – образуются тем самым направленные цепочки векторов, соответствующих взаимосвязям факторов. Это удобно выразить с применением аксиом Вейля: (1) Для каждой точки P и каждого вектора x существует точка Q , для которой $PQ = x$; (2) Если $PQ = x$ и $QR = y$, то $PR = x + y$. В когнитивной модели взаимосвязи факторов характеризуются количественными значениями, то есть каждым двум векторам x и y соответствует действительное число (x, y) с образованием соответствующих линейных комбинаций.

При этом остается открытым вопрос возможности компенсации (устранения) дефицита, включая неоднозначность и недостаток, информации, переносимой лингвистическими конструкциями, особенно в части сигнификативных семантик. Вместе с тем источником устранения дефицита могут быть объекты любой природы, как вещной, так и ментальной. Для упорядочения процессов устранения такого дефицита ранее нами были использованы, как уже отмечено выше, подходы из теории топологий, методов решения обратных задач, квантовой семантики и управляемой термодинамики. На рис. 3 проведена иллюстрация двух обозначенных выше семантик, сигнификативной и денотативной.

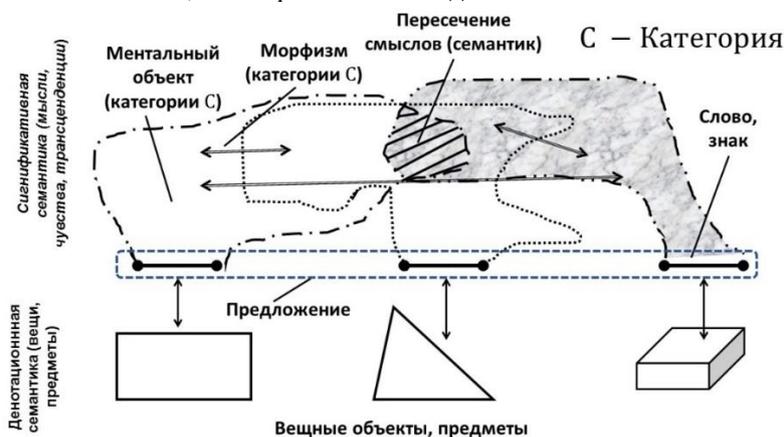


Рис. 3. Семантические интерпретации предложения (фактора, связи, высказывания)

Из рис. 3 видно, что отдельные слова из наименований факторов когнитивной модели имеют семантическую интерпретацию, но они не позволяют сформулировать суждение. Сочетания же слов с учетом дискурса порождают суждения. Экстенционал предложения на рис. 2 в зоне сигнификативной семантики выражен фрагментом пересечения смыслов, который характеризуется много меньшим объемом (мощностью множества, кардинальным числом), чем объемы экстенционалов отдельных слов. Очевидно, что семантические интерпретации, как сигнификативные (которые не могут быть представлены формализовано), так и денотационные (которые могут быть представлены формализованно в виде фреймов, онтологий и пр.) имеют сложную структуру (включая сложность квантовых, электромагнитных, гравитационных и пр. полей). Поэтому для усиления семантических

интерпретаций к перечисленным выше подходам дополнительно задействован аппарат теории категорий. Тогда сигнификативной семантической интерпретацией будет соответствовать категория C , в которой:

- под объектом A понимается некоторый замкнутый ментальный феномен, соответствующий слову и имеющий неформализованную структуру. Все ментальные объекты, включаемые в дискурс, который формируется коммуникативной ситуацией, образуют класс объектов, отражающий решаемую проблему;
- множество морфизмов $Hom_C(A, B)$ формируется для каждой пары объектов A и B для определения отношения между ними. В когнитивной модели между каждой парой объектов может быть множество отношений, характеризующих различие понимания участниками различных событий и слов в предложении;
- для пары морфизмов $f \in Hom_C(A, B)$ $g \in Hom_C(A, C)$ определяется композиция $g \circ f \in Hom_C(A, C)$. То есть допускаются транзитивные конструкции для морфизмов. Вместе с тем следует заметить, что такие конструкции существуют не всегда, например, возможны и нетранзитивные отношения между объектами;
- выполняется аксиома ассоциативности для морфизмов;
- для каждого объекта A задан, что важно, тождественный морфизм $id_A \in Hom_C(A, A)$. Он характеризует естественное стремление обеспечить замкнутость (саморефлексию) ментального явления на себя.

В теории категорий для отражения саморефлексии специально применяются монады – это функтор, отображающий категорию C саму на себя. Например, в работе [15] монады используются для описания вычислительных эффектов, таких как неопределенность, исключения, непрерывность. Классическая монада подразумевает наличие:

- бифунктора, то есть тензорного произведения (что может потребоваться для квантово-механических интерпретаций сигнификативной семантики): $\otimes: C \times C \rightarrow C$, где C – категория;
- эндифунктора (отображения категории, представляющей дискурс, самой на себя) $T: C \rightarrow C$;
- единицы трансформации (тождественный объект, мысль) $\eta: 1 \xrightarrow{C} T$;
- мультипликатора $\mu: T \circ T \xrightarrow{C} T$ такого, что выполняется $\mu \circ (\eta^* T) = T$; $\mu \circ (T^* \eta) = T$; $\mu \circ (\mu^* T) = \mu \circ (T^* \mu)$.

Таким образом, монада фиксирует замкнутое поле дискурса, как условие согласованности в группе людей построенной когнитивной модели, а затем принятого с ее применением коллективного решения. В указанных выше работах по моноидальному представлению процессов устранения неоднозначности и неполноты информации отмечено, что для этого вводятся различные операторы: лифтинга – для представления дивергентных, расходящихся процессов; финитного усиления – для моделирования конечно ограниченных недетерминированных и непустых лифтинговых монад, устраняющих возможность дивергенции; финитные дистрибутивные монады для вероятностных вычислений и др.

В случае же построения когнитивной модели и принятия решений на ее основе этого недостаточно. Групповой процесс принятия решений с применением когнитивного моделирования и учетом сигнификативной семантики предполагает наличие необходимых условий для его конвергенции в интерактивном порядке. Для этого монады целесообразно структурировать с учетом требований конвергентному управлению [1, 2]. Поэтому для реализации когнитивного программирования [4] дополнительно нами введено понятие *Конвергентной монады*. Для этого к аксиомам классической моноидальной категории (монады) \mathcal{E} , принимая во внимание конечность числа факторов и связей между ними, добавлены следующие (топологические) условия:

- $D: \mathbf{Set} \rightarrow \mathbf{Set}$, причем число элементов в \mathbf{Set} бесконечно, причем график отображения замкнут;
- \mathcal{B} – непустое конечное подпокрытие монады \mathcal{E} (бикompактность);
- каждой точке $e \in \mathcal{E}$ может быть сопоставлена некоторая окрестность (в топологическом смысле – всякое открытое множество, содержащее эту точку), такая, что для каждых двух точек всегда существует их непересекающиеся окрестности (хаусдорфовость).

Перечисленные условия моноидального структурирования сигнификативной семантики являются необходимым условием для обеспечения целенаправленной и устойчивой сходимости групповых процессов согласования когнитивной модели и решений на ее основе в группе людей.

Устойчивость поведения хаотических согласительных процедур

Для оценки устойчивости поведения системы сигнификационной семантической интерпретации когнитивной модели на начальных этапах выработки решения, когда процесс зачастую носит хаотический характер, использовано следующее фундаментальное соотношение из области управляемой термодинамики [1]:

$$P^*P' + (S_{вн} - S_{обм})(S'_{вн} - S'_{обм}) < 0,$$

где P и P' – означают, соответственно, уровень и скорость наведения порядка в сигнификативной системе интерпретации когнитивной модели (переменные порядковой, логической, вербальной природы, которые характеризуют очевидность и ясность мысли); $S_{вн}$ и $S'_{вн}$ – означают, соответственно, уровень и скорость нарастания внутреннего беспорядка в этой системе (значения и скорость изменения переменных негеометрической, хаотической, трансцендентной природы); $S_{обм}$ и $S'_{обм}$ – уровень и скорость обмена хаотической информации системы с внешней средой (квантовые поля, интенции, мечты, замыслы, желания).

Предположим, что вся информация не будет выходить за рамки системы семантической интерпретации, тогда $S_{обм} = 0$, $S'_{обм} = 0$, и вышеприведенное соотношение сведется к следующему виду:

$$P * P' + S_{вн} * S'_{вн} > 0.$$

Это выражение позволяет сделать достаточно очевидный вывод, что если процесс принятия решения будет осуществляться без взаимодействия с внешним окружением («абсолютная» закрытость), то неустойчивость и деградация в системе будет нарастать. Если же сигнификативную систему информационно открыть, сделав $S_{обм} > 0$ и $S'_{обм} = 0$, то устойчивость этой системы будет обеспечиваться только при условии:

$$S_{обм} > S_{вн} + P * P' / S'_{вн}.$$

Из этого выражения видно, что для повышения устойчивости сигнификативной системы степень ее информационной открытости должна расти с увеличением внутренней хаотичности, а также – увеличения «жесткости» процедуры модерации процессов ($P * P'$ – логика, формы, схемы, порядок и пр.). Причем, последнее менее выражено, поскольку «демпфируется» скоростью роста хаотичности ($S'_{вн}$).

Рассмотрена возможность применения этого соотношения для описания поведения человеческого мозга и процессов мышления. Физические, биологические и нейрофизиологические оценки объемных характеристик мозга человека показывают следующие приблизительные значения. Число нейронов в мозгу человека порядка 10^{11} - 10^{12} , а число атомов, как показывают наши расчеты, порядка 10^{26} . Память человека, его мыслительная деятельность традиционно более всего ассоциируется с нейронами, хотя понятно, что не только они определяют мыслительный процесс. Достаточно вспомнить строение мозга млекопитающих и беспозвоночных, процессы интеграции нейронов, нервных скоплений, соматических структур в ганглии, влияние магнитных полей и поляризованных ультрафиолетовых лучей солнца на процессы навигации живых существ [16]. Мышление может быть также связано с созданием когерентных скоплений или с наличием более сложных структур, чем нейроны, а именно микротрубками [12].

Атомы и составляющие их элементы (электроны, протоны, кварки, лептоны, бозоны, суперструны и пр.) в нейронах мозга находятся под воздействием полей (электромагнитных, гравитационных, сильных и слабых), они могут быть сцепленными (квантовая нелокальность, entanglement, эффект Эйнштейна – Подольского – Розена) с атомарными элементами вещества из внешнего окружения, находящегося в любой точке Вселенной, и тоже влиять на процессы мышления. Эта сцепленность и погружение атомов в поля дополняют контролируемый и осмысленный обмен информацией человека с его внешним окружением (хаотическая составляющая $S_{обм}$, $S'_{обм}$). Заметим, что перечисленные поля имеют сильно отличающуюся природу. Например, можно было бы не учитывать гравитационное поле из-за его сравнительно малой интенсивности, ведь, скажем, сила гравитационного притяжения двух протонов примерно в 10^{37} степени меньше силы их электростатического отталкивания [17]. Вместе с тем, несмотря на такую сравнительно малую величину, нельзя отрицать возможности влияния и гравитационного поля на процессы мышления.

Нейроны представляют собой явно более абстрагированные и осмысленные сущности по сравнению с атомами, они отражают логику памяти и мышления, а значит порядок (P , P' – параметры порядка). Нейронный порядок представляется не только логикой взаимосвязи нейронов, его можно также ассоциировать с порядком построения особым образом настроенной антенной решетки, состоящей из вибраторов, волновых щелей, излучателей и пр. Возможно, такая ассоциация поможет учесть и впоследствии рассчитать сигнификативный аспект семантики через оценку воздействия внешних полей на процесс мышления. Так, квантовое волновое поле синтезирует понятия электромагнитного поля и вероятностное поле квантовой механики, являясь тем самым наиболее фундаментальным обобщением теории поля. Поэтому корпускулярно-волновой характер процессов мышления всегда будет присутствовать.

Порядок мыслительной деятельности (P , P' – параметры порядка) также определяется физическими законами поведения атомов и их составляющих. Мощность (кардинальное число) множества порядка для нейронных структур составляет много более 10^{11} , поскольку каждый нейрон связан с несколькими тысячами других нейронов. Этот порядок погружен в хаотическую неопределенность (учитывая также соотношение Гейзенберга) поведения атомов и их составляющих, а также внутренних (сильных и слабых) полей (учитывается хаотическими параметрами $S_{вн}$, $S'_{вн}$). Мощность множества, отражающего беспорядок (хаос по отношению к нейронному порядку), определяется числом атомов и составляет более 10^{26} (это

приблизительное число атомов мозга, которые состоят из более мелких частиц и воздействуют друг на друга).

Предположим, что мозг конструктивно и целенаправленно мыслит, что характеризуется устойчивой сходимостью процессов мышления к определенному результату. При этом множество элементов мышления можно считать «интуитивно бесконечным», поскольку число атомов и их составляющих, их взаимодействие между собой через сильные и слабые поля наращивает мощность этого множества явно быстрее, чем в полиномиальной зависимости. Гипотеза формирования когерентных устойчивых образований, о чем говорилось выше (или см. [12]), в процессе мышления предопределяет такую кластеризацию всех мыслительных элементов, которая хорошо ассоциируется с условиями конвергентности: бикомпактности, отделимости, замкнутости графика отображения. Рассмотрим следующие два состояния мыслительного процесса.

а) $S_{обм} = \text{const}$ (число сцепленных элементов меняется медленно, поля также относительно постоянны), и, следовательно, $S'_{обм} = 0$. $S'_{вн} = \text{const}$ (внутренний хаос, порождаемый движением атомов также относительно постоянен). $P' = \text{const}$ (скорость работы нейронной системы). В этом случае рассматриваемое выражение примет вид $P*P' + (S_{вн} - S_{обм})(S'_{вн})$. При $S_{вн} > S_{обм}$ это выражение положительно, и, следовательно, устойчивость поведения ментальной системы падает. Для повышения устойчивости процесса мышления надо сделать скорость его упорядочения отрицательной ($P' < 0$), т.е. замедлить, не активизировать искусственно мышление, как иногда говорят: «чтобы придумать, надо не думать».

б) $S_{обм} = \text{const}$, $S'_{вн} = \text{const}$, $S'_{обм} = 0$, $P' = \text{const}$, $S_{вн} < S_{обм}$. Тогда условием конструктивной устойчивости мышления будет $|(S_{вн} - S_{обм})| \gg P*P'$.

Эти случаи показывают необходимость при сигнификативной семантической интерпретации знаков (высказываний, слов, факторов, связей в когнитивной модели) использовать множества мощностью (кардинальное число) на 10 порядков (!) выше, чем мощность множеств, отражающих денотативную семантику. Можно сделать еще один полезный вывод: увеличение мощности логически представленного знания ($P*P'$), например, с применением Больших Данных или нейронных сетей, всегда будет «погружено» в «пространство незнания» (некаузального знания), мощность которого на не менее, чем 10 порядков выше мощности множества логически представленного знания.

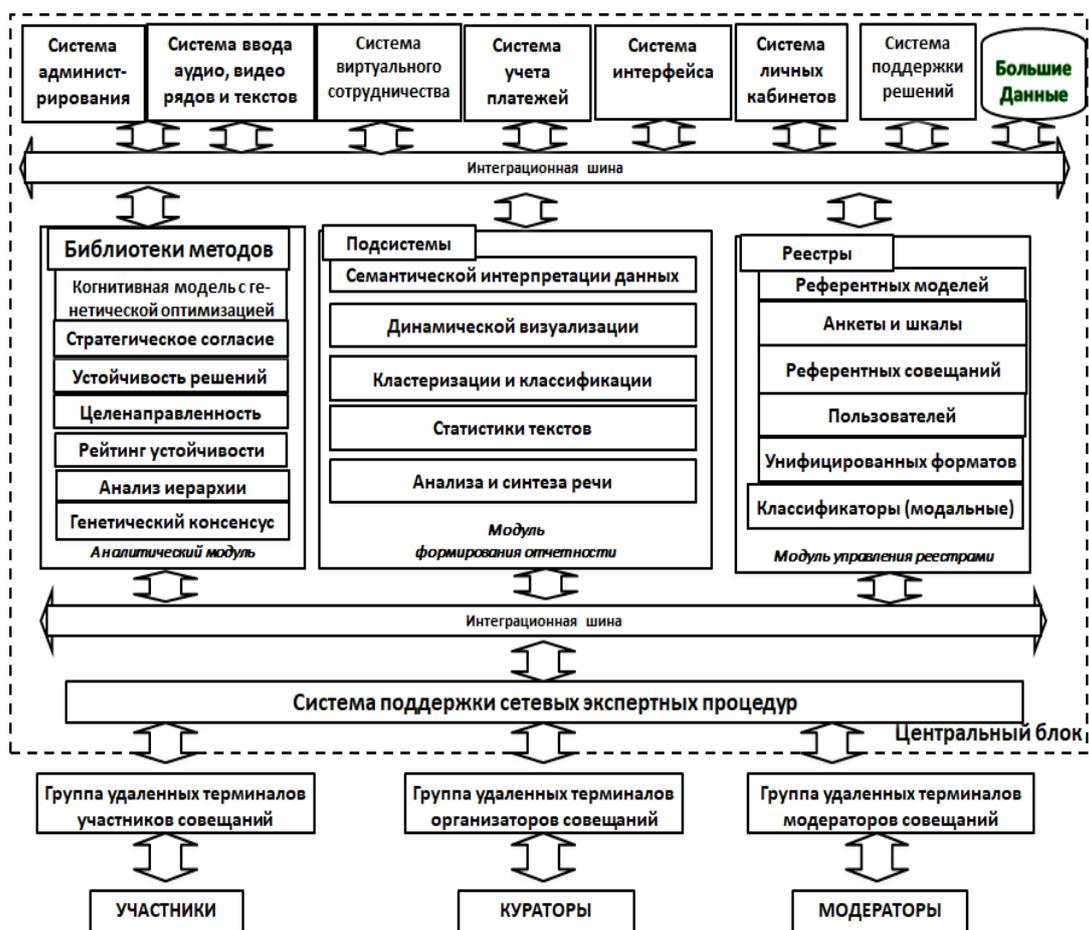


Рис. 4. Архитектура программного обеспечения

Практическое применение

Начиная с 2000 года конвергентный подход используется в ситуационных центрах для группового анализа социально-экономической обстановки, разработки концепций, стратегий, целевых программ на различных уровнях управления: федеральном, региональном, муниципальном. Разработано соответствующее методическое и программное обеспечение поддержки сетевых процедур согласования стратегических решений [18], конфигурация которого приведена на рис. 4.

Практическая реализация подхода, учитывающего семантику, с необходимостью предполагает применение облачной реализации сервисов, который обеспечивает возможность доступа к процессу принятия решений любого нового участника этого процесса с мобильного устройства и без наличия специального приложения. В настоящее время ряд функций группового когнитивного моделирования с подключением удаленных экспертов переведен в облачную среду.

Особую сложность интеграции групповой творческой деятельности представляют групповые территориально распределенные экспертные процедуры. С применением конвергентного подхода создан соответствующий облачный сервис сетевой экспертизы в виде экспертно-аналитической системы, технологии работы которой рассмотрены достаточно подробно в [19]. Эта экспертно-аналитическая система сейчас включена в состав функционала Системы распределенных ситуационных центров, в Федеральную государственную информационную систему территориального планирования.

Особое место конвергентный подход должен занять в процессах принятия решений в нештатных аварийных ситуациях, когда требуется быстрое достижение согласия в группах людей относительно планов оперативных действий. В этом направлении ведутся соответствующие исследования в области вопросов принятия групповых решений при аварии на железной дороге [3].

Разработка конвергентной системы поддержки процессов согласования интересов граждан в рамках реализации процедур гражданского участия в обсуждении социально значимых проблем пока носят чисто исследовательский характер. Некоторые вопросы этой разработки отражены в настоящей работе.

Заключение

Распространение сетевых технологий, включение в процесс принятия решений представителей гражданского общества, профессиональных и экспертных сообществ, создание системы распределенных ситуационных центров и т.д. требует постоянного совершенствования, помимо инструментальной составляющей (ситуационная осведомленность, виртуальное сотрудничество, визуализация и пр.), также методического обеспечения ведения (модерации) групповых процессов принятия решений, за счет использования фундаментальных физических, биологических, математических и иных закономерностей, а также большего учета особенностей сигнификативных (мыслительных) семантик формируемых моделей.

Ранее была показана плодотворность конвергентного подхода для ускорения подготовки групповых решений, основанного на специальной структуризации целей, ресурсов и путей их достижения. Для этого были использованы методы когнитивного моделирования, генетических алгоритмов, решения обратных задач на неметризуемых топологических пространствах, управляемой термодинамики, квантовой семантики и др.

Вместе с тем все еще остаются достаточно сложными групповые процессы согласования стратегических решений, анализа проблемных ситуаций, управления устранением последствий аварий и катастроф, синхронизации мыслительной деятельности с учетом коллективного бессознательного. Как следствие, процессы носят зачастую дивергентный (расходящееся) характер, затрудняя получение хороших или даже приемлемых решений в отведенное для этого время.

В настоящей работе для более эффективного учета сигнификативных семантик, отражающих в мыслительные процессы участников принятия решений, в том числе из самоорганизующегося гражданского общества, вводится понятия конвергентного моноида. Это осуществлено через приложение методов обеспечения корректности решения обратной задачи на неметризуемом топологическом пространстве к категориальным конструкциям.

Апелляция к теории категорий обосновывается большой сложностью феноменов, возникающих в процесс групповой мыслительной деятельности участников принятия решений. Так, с учетом количественных характеристик нейронной и атомарной структур мозга, а также оценки соотношения параметров порядка и хаоса в его поведении, показывается, что сложность сигнификативной (мыслительной) семантики когнитивных моделей на много порядков выше сложности их денотативной (предметной, вещной) семантики.

Для реализации обоснованного в настоящей работе дополнения имеется соответствующее методическое и программное обеспечение в виде облачного сервиса сетевой экспертизы.

Благодарности

Работа поддержана грантами РНФ, проект № 17-18-01326, и РФФИ, проект № 15-29-07112.

Литература

1. Райков А.Н. Конвергентное управление и поддержка решений -М.: Издательство ИКАР. — 2009. — 245 с.
2. Raikov A.N. Convergent Cognition for Speeding-Up the Strategic Conversation. Simulation // Proceedings of the 17th World Congress "The International Federation of Automatic Control (IFAC)", Seoul, Korea, July 6-11, 2008. — P. 8103-8108.
3. Ермаков А.Н., Меркулов А.А., Панфилов С.А., Райков А.Н. Поддержка решений в аварийных ситуациях на железной дороге с применением техник ситуационной осведомленности и виртуального экспертного сотрудничества // Сб. материалов Четвертой научно-практической конференции «Интеллектуальные системы на транспорте». — 2014. Санкт-Петербург, — С. 48-55.
4. Райков А.Н. Когнитивное программирование // Экономические стратегии. — 2014. Т.16. — № 4, — С. 108 – 113
5. Raikov A.N., Avdeeva Z., and Ermakov A. Big Data Refining on the Base of Cognitive Modeling. Proceedings of the 1st IFAC Conference on Cyber-Physical&Human-Systems, Florianopolis, Brazil. — 2016. — P. 147-152.
6. Иванов В.К. Некорректные задачи в топологических пространствах//Сибирский математический журнал. Том X, № 5. — 1969. –С. 1065 -1074.
7. Кобозева И.М. Лингвистическая семантика: Учебник. Изд. стереотипное. — М.: ЛЕНАНД. — 2016. — 352 с.
8. Арутюнова Н.Д. Предложение и его смысл: Логико-семантические проблемы. Изд. стереотипное. — М.: ЛИБРОКОМ. — 2013. — 384 с.
9. Сеше А. Программа и методы теоретической лингвистики: Психология языка. Пер. с фр. Изд. 2-е. — М.: Едиториал УРСС. — 2010. — 264 с.
10. Raikov A.N., Panfilov S.A. Convergent Decision Support System with Genetic Algorithms and Cognitive Simulation. Proceedings of the IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, MIM'2013, Saint Petersburg, Russia, — 2013. — P. 1142-1147.
11. Raikov A.N. Holistic Discourse in the Network Cognitive Modeling. Journal of Mathematics and System Science. — 2013. 3 — P. 519-530.
12. Atmanspacher H. Quantum approaches to brain and mind. An overview with representative examples. The Blackwell Companion to Consciousness. Ed. Susan Schneider and Max Velmans. John Wiley & Sons Ltd. — 2017. — P. 298-313.
13. Freeman, W. J. and Vitiello, G. Dissipation and spontaneous symmetry breaking in brain dynamics. Journal of Physics. — 2008, A 41, 304042.
14. Vitiello, G. The use of many-body physics and thermodynamics to describe the dynamics of rhythmic generators in sensory cortices engaged in memory and learning. Current Opinion in Neurobiology. — 2015. 31. — P. 7-12.
15. Wadler P. Monads for Functional Programming. In J. Jeuring & E. Meijer, editors: Advanced Functional Programming, First International Spring School on Advanced Functional Programming Techniques, Bastad, Sweden, May 24-30, 1995, Tutorial Text, Lecture Notes in Computer Science 925, Springer. — P. 24-52.
16. Николс Д., Мартин Р., Валлас Б., Фукс П. От нейрона к мозгу: Перт с англ. Изд. 4-е. — М.: Едиториал УРСС. Книжный дом «ЛИБРОКОМ». — 2017. — 676 с.
17. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Квантовые поля: учеб пособие для вузов – 3-е изд., доп. – М.: Физматлит. — 2005. — 384 с.
18. Специальное программное обеспечение «Сетевая экспертно-аналитическая система «Архидока». Свидетельство о государственной регистрации программ № 2011613934 по заявке 2011612011 от 29 марта 2011 г. —М.: Роспатент.
19. Gubanov D., Korgin N., Novikov D., Raikov A. E-Expertise: Modern Collective Intelligence, Springer. Series: Studies in Computational Intelligence. — Vol. 558. — 2014. XVIII. — 112 p.

References

1. Raikov A.N. Konvergentnoe upravlenie i podderzhka reshenij -M.: Izdatel'stvo IKAR. — 2009. — 245 с.
2. Raikov A.N. Convergent Cognition for Speeding-Up the Strategic Conversation. Simulation // Proceedings of the 17th World Congress "The International Federation of Automatic Control (IFAC)", Seoul, Korea, July 6-11, 2008. — P. 8103-8108.
3. Ermakov A.N., Merkulov A.A., Panfilov S.A., Rajkov A.N. Podderzhka reshenij v avarijnyh situacijah na zheleznoj doroge s primeneniem tehnik situacionnoj osvedomlennosti i virtual'nogo jekspertnogo sotrudnichestva // Sb. materialov Chetvertoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Intellektual'nye sistemy na transporte». — 2014. Sankt-Peterburg, — S. 48-55.
4. Rajkov A.N. Kognitivnoe programmirovanie // Jekonomicheskie strategii. — 2014. T.16. — № 4, — S. 108 – 113.
5. Raikov A.N., Avdeeva Z., and Ermakov A. Big Data Refining on the Base of Cognitive Modeling. Proceedings of the 1st IFAC Conference on Cyber-Physical&Human-Systems, Florianopolis, Brazil. — 2016. — P. 147-152.
6. Ivanov V.K. Nekorrektnye zadach v topologicheskikh prostranstvah//Sibirskij matematicheskij zhurnal. Tom H, № 5. — 1969. –S. 1065 -1074.
7. Kobozeva I.M. Lingvisticheskaja semantika: Uchebnik. Izd. stereotipnoe. — М.: LENAND. — 2016. — 352 с.
8. Arutjunova N.D. Predlozhenie i ego smysl: Logiko-semanticheskie problemy. Izd. stereotipnoe. — М.: LIBROKOM. — 2013. — 384 s.
9. Sese A. Programma i metody teoreticheskoj lingvistiki: Psihologija jazyka. Per. s fr. Izd. 2-e. — М.: Editorial URSS. —2010. — 264 s.
10. Raikov A.N., Panfilov S.A. Convergent Decision Support System with Genetic Algorithms and Cognitive Simulation. Proceedings of the IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, MIM'2013, Saint Petersburg, Russia, — 2013. — P. 1142-1147.
11. Raikov A.N. Holistic Discourse in the Network Cognitive Modeling. Journal of Mathematics and System Science. — 2013. 3 — P. 519-530.
12. Atmanspacher H. Quantum approaches to brain and mind. An overview with representative examples. The Blackwell Companion to Consciousness. Ed. Susan Schneider and Max Velmans. John Wiley & Sons Ltd. — 2017. — P. 298-313.
13. Freeman, W. J. and Vitiello, G. Dissipation and spontaneous symmetry breaking in brain dynamics. Journal of Physics. — 2008, A 41, 304042.
14. Vitiello, G. The use of many-body physics and thermodynamics to describe the dynamics of rhythmic generators in sensory cortices engaged in memory and learning. Current Opinion in Neurobiology. — 2015. 31. — P. 7-12.
15. Wadler P. Monads for Functional Programming. In J. Jeuring & E. Meijer, editors: Advanced Functional Programming, First International Spring School on Advanced Functional Programming Techniques, Bastad, Sweden, May 24-30, 1995, Tutorial Text, Lecture Notes in Computer Science 925, Springer. — P. 24-52.
16. Nikols D., Martin R., Vallas B., Fuks P. Ot nejrona k mozgu: Pert s angl. Izd. 4-e. — М.: Editorial URSS. Knizhnyj dom «LIBROKOM». — 2017. — 676 s.
17. Bogoljubov N.N., Shirkov D.V. Kvantovyje polja: ucheb posobie dlja vuzov – 3-e izd., dop. – М.: Fizmatlit. — 2005. — 384 s.

18. Special'noe programmnoe obespechenie «Setevaja jekspertno-analiticheskaja sistema «Arhidoka». Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programm № 2011613934 po zajavke 2011612011 ot 29 marta 2011 g. — М.: Rospatent.
19. Gubanov D., Korgin N., Novikov D., Raikov A. E-Expertise: Modern Collective Intelligence, Springer. Series: Studies in Computational Intelligence. — Vol. 558. — 2014. XVIII. — 112 p.

Об авторе:

Райков Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, alexander.n.raikov@gmail.com

Note on the author:

Raikov Alexander N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Leader Researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, alexander.n.raikov@gmail.com