

СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАК РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ СМЫСЛА ШЕНКА – АБЕЛЬСОНА

Луценко Е.В. – д. э. н., профессор
Кубанский государственный аграрный университет

Системы искусственного интеллекта (СИИ) реализуют все больше функций, ранее выполнявшихся только человеком, например, таких как: получение новых знаний из фактов, выявление причинно-следственных взаимосвязей между факторами, действующими на объект, и переходом этого объекта в те или иные состояния. В основе любой математической модели, реализованной в СИИ, всегда лежит некое представление о том, каким образом осуществляются аналогичные процессы человеком. Поэтому для разработчиков СИИ большой интерес имеют уточнение смыслового содержания и углубленный анализ таких базовых понятий, как *данные – информация – знания, факт – смысл – мысль, мониторинг – анализ – управление*, а также разработка формализуемых когнитивных концепций, выявление базовых когнитивных операций и другие связанные с этим вопросы. Детальной разработке этих понятий и посвящена данная статья.

1. Постановка проблемы

При создании систем искусственного интеллекта (СИИ) разработчики оперируют такими основополагающими понятиями, как

- *данные, информация, знания;*
- *факт, смысл, мысль;*
- *мониторинг, анализ и управление.*

От того, какое конкретное содержание вкладывается разработчиками в данные понятия, существенным образом зависят и подходы к созданию математических моделей, структур данных и алгоритмов функционирования СИИ.

Проблема состоит в том, что смысловое содержание этих понятий чаще всего не конкретизируется. Одной из основных причин этого, на наш взгляд, является то, что уточнить смысловое содержание данных понятий представляется возможным лишь на основе интуитивно-ясной и хорошо обоснованной концепции смысла.

Однако, как это ни парадоксально, реальные разработчики СИИ, обычно являющиеся математиками и программистами, чаще всего недостаточно знакомы с подобными концепциями.

Конечно, возникает вопрос о том, насколько вообще возможны, т. е. имеют смысл концепции смысла, не бессмысленны ли они? Может быть вопрос: "Какой смысл имеют концепции смысла?" – является одним из вариантов логического парадокса Рассела? Несмотря на то, что эти вопросы имеют "несерьезный" оттенок, по сути, они сводятся к очень серьезному вопросу о том, насколько или в какой степени интеллект может познать сам себя, т. е. является ли интеллектуальная форма познания адекватным инструментом для познания интеллекта? В более общем теоретическом плане этот вопрос может быть сформулирован так: "Может ли часть системы адекватно отразить (отобразить) систему в целом?" или, другими словами, "Может ли система в целом в определенном смысле включать себя как составную часть?"

От ответа на эти вопросы непосредственно зависит ответ на ключевой вопрос о том, может ли человек создать искусственный интеллект по своему образу и подобию.

Мы отвечаем на эти вопросы утвердительно. Более того, системы, содержащие информацию о системе в целом в каждой своей части определенного уровня структурной иерархии, широко известны:

- биологические системы, в каждой клетке которых (кроме половых) содержится полный геном;
- фрактальные системы;
- высокоорганизованные системы с большой взаимной информацией в своих частях, успешно противостоящие закону возрастания энтропии.

Выдающийся немецкий философ Георг Вильгельм Фридрих Гегель называл такие системы "Истинно бесконечными".

2. Традиционные пути решения проблемы

2.1. Классификация и характеристика концепций смысла

Наиболее полный и всесторонний на данный момент обзор различных подходов к автоматизации процессов понимания смысла дан в основополагающей работе Л.Г. Васильева [1].

Все теории понимания смысла классифицированы им на три группы: объектные; субъект-объектные; субъектные.

Объектные теории основаны на структурно-семантическом анализе, а понимание онтологизируется, т. е. приравнивается к самому объекту. Понять означает установить значение языкового знака.

Субъект-объектные теории предполагают синтактико-семантический анализ, дополняются прагмалингвистическим описанием или описанием реальных психологических процессов при создании и/или анализе языкового знака.

Субъектные теории помимо собственно процедур понимания акцентируют внимание на оценке реципиентом **результатов** понимания (при помощи обратной связи в диалоге, рефлексии или монологе).

2.2. Суть концепции смысла Шенка – Абельсона

Согласно Л.Г. Васильеву [1], суть концепции смысла Шенка – Абельсона состоит в том, что *факты рассматриваются как причины, и их смысл считается известным, если известны последствия данного факта*. Таким образом, *понимание* смысла определенных конкретных событий заключается в *выявлении* причинно-следственных взаимосвязей между этими и другими событиями.

По нашему мнению, данную концепцию смысла можно рассматривать как одну из наиболее интуитивно убедительных и хорошо обоснованных, поэтому она в целом принята нами за основу.

Естественно, в этой концепции одним из ключевых моментов является определение способа выявления силы и направленности влияния причинно-следственных взаимосвязей и их количественной оценки (меры).

На наш взгляд, *слабое место* концепции смысла Шенка – Абельсона – сложность корректного и обоснованного выбора количественной *меры* силы и направленности причинно-следственных связей, а также конкретного *способа* определения численной величины этой меры в каждом конкретном случае (т. е. для каждого факта), причем непосредственно на основе *эмпирических* данных.

Проблема состоит в том, что в общественном сознании продолжает господствовать упрощенческая точка зрения, состоящая в том, что *корреляция является мерой причинно-следственных связей*. Это заблуждение сохраняется, несмотря на многочисленные разъяснения в специальной литературе о том, что это не так, точнее не совсем так.

Поэтому одной из целей данной работы будет обоснование другой меры силы и направленности причинно-следственных взаимодействий.

3. Идея решения проблемы

3.1. Формулировка идеи

Предлагаемая идея создания искусственного интеллекта очень проста и состоит в том, что

- во-первых, необходимо выявить основные моменты, играющие существенную роль при создании *естественного* интеллекта;
- во-вторых, попробовать реализовать эти моменты на базе современных компьютерных технологий.

Наблюдения за системами естественного интеллекта позволяют сформулировать следующую *гипотезу*.

1. *Естественный* интеллект реально существует.
2. *Естественный* интеллект создается не мгновенно, а в течение довольно длительного времени по вполне определенной сложной технологии, которая включает три основных этапа:

- создание материальной системы поддержки *естественного* интеллекта по сложной технологии в *изолированных* от среды условиях;

– создание активной информационной структуры, базирующейся на материальной системе поддержки, способной к развитию и саморазвитию в систему *естественного* интеллекта, т. е. системы потенциального естественного интеллекта (программной оболочки, инструментальной системы);

– формирование структуры и функций *естественного* интеллекта во *взаимодействии* системы его поддержки с другими подобными системами и с окружающей средой, как с природной, так и с "социальной", т. е. созданной другими подобными системами, в результате чего происходит трансформация системы *потенциального* естественного интеллекта в систему *реального* естественного интеллекта.

3. Системы *искусственного* интеллекта (СИИ), полностью функционально эквивалентные *естественному* интеллекту, могут быть созданы на базе *другой* материальной структуры системы поддержки и *другой* системы потенциального искусственного интеллекта.

4. Создание СИИ должно включать три этапа:

– создание материальной системы поддержки (эта проблема в основном решена, т. к. СИИ могут создаваться даже на базе современных персональных компьютеров);

– создание системы потенциального искусственного интеллекта, т. е. программной оболочки, инструментальной системы (таких систем в настоящее время существует пока еще очень мало);

– обучение и самообучение системы потенциального искусственного интеллекта и преобразование ее в реальную СИИ.

5. основополагающую роль в создании системы потенциального искусственного интеллекта играет разработка научной концепции и теории, адекватно отражающих способы реализации функций естественного интеллекта и пути его трансформации из потенциального в реальный.

3.2. Обоснование принципиальной возможности реализации идеи

3.2.1. Относительная независимость функций от поддерживающих их структур

При рассмотрении самой идеи реализации естественного интеллекта на иной материальной основе возникает вопрос о том, на сколько это вообще в принципе возможно. Этот вопрос эквивалентен вопросу о том, могут ли интеллектуальные *функции* быть реализованы на основе иной, чем мозг, материальной *структуре*. Это вопрос о соотношении функций и поддерживающих их структур.

Конечно, структура зависит от функций, которые она поддерживает, и в целом более сложные функции поддерживаются более сложными структурами. Однако эта связь "структура – функция" не однозначна, т. е. *одни и те же функции могут поддерживаться самыми разнообразными*

(альтернативными) структурами. Так, согласно современным представлениям (В. Драгавцев), определенные фенотипические признаки могут поддерживаться различными генными ансамблями, а не только конкретными генами, как в теории Менделя.

При этом обычно функциональная универсальность достигается за счет определенной структурной избыточности, что неизбежно приводит к снижению эффективности поддержки конкретных функций по сравнению с их специализированной реализацией. На этих закономерностях существенным образом основано развитие технократической цивилизации, т. е. прогресс техники представляет собой ни что иное, как процесс последовательной передачи трудовых функций человека средствам труда.

Системы искусственного интеллекта, с этой точки зрения, являются закономерным, более того – даже неизбежным этапом развития информационных средств труда, т. е. современных информационных технологий.

Однако функцию (или определенное качество) можно рассматривать и как *свойство* соответствующей поддерживающей ее *структуры*. Поэтому для того, чтобы сформировать более углубленное представление о соотношении структуры и поддерживаемых ею функциях, кратко рассмотрим диалектику "Структура – свойство – отношение".

3.2.2. Диалектика: "Структура – свойство – отношение"

Рассмотрим простой пример. Два электрона взаимодействуют друг с другом, находясь в определенных **отношениях**, а именно – отталкиваясь друг от друга с различной силой, зависящей от расстояния между ними. Можно сказать, что каждый электрон обладает **свойством** отталкиваться от другого электрона. Чем поддерживается (обеспечивается) это свойство электронов, благодаря которому они могут быть в определенных отношениях друг с другом?

В науке настоящего времени считается, что существует соответствующая материальная **структура**, которая называется "электрическое поле" и является одной из форм электромагнитного поля. Возникает вопрос: "Может ли эта структура существовать **независимо** от электрона?"

Уже давно Герцем и Максвеллом получен однозначный положительный ответ на этот вопрос: "Да, может, и это – электромагнитные волны!!!"

Таким образом, свойство может существовать как некая материальная структура отдельно и независимо от объекта, свойством которого оно являлось и благодаря которому этот объект вступал в определенные отношения с другими объектами, обладавшими тем же свойством.

Так, нам светят звезды, которых, давно уже нет. Мы восхищаемся произведениями художников, поэтов и музыкантов давно прошедших времен. Поэтому шутка Л. Кэррола об улыбке Чеширского кота, висевшей в воздухе, хотя сам кот и ушел, не так уж и далека от истины. Ряд исследо-

ваний, изучая квантовую природу сознания [8, 9], свидетельствует в пользу того, что определенные формы сознания могут существовать независимо от физического организма.

Итак, существуют различные точки зрения на одни и те же явления, которые при различных условиях могут рассматриваться либо как определенные отношения объектов, либо как свойства этих объектов, на которых основаны эти отношения, либо как самостоятельно существующая материальная структура.

Каждая точка зрения имеет право на существование, но, по-видимому, последующая из этих точек зрения является более глубокой, чем предыдущая.

4. Когнитивная концепция СК-анализа и синтез когнитивного конфигуратора

В качестве теории, позволяющей конкретизировать основополагающие понятия, связанные с СИИ, предлагается системно-когнитивный анализ (СК-анализ), представляющий собой системный анализ, как метод познания, т. е. структурированный по базовым когнитивным операциям.

Когнитивная концепция СК-анализа разработана с учетом двух основных требований:

1. Адекватное отражение в когнитивной концепции реальных процессов, реализуемых человеком в процессах познания.

2. Высокая степень приспособленности когнитивной концепции для формализации в виде достаточно простых математических и алгоритмических моделей, допускающих прозрачную программную реализацию в автоматизированной системе.

4.1. Понятие когнитивного конфигуратора и необходимость естественнонаучной (формализуемой) когнитивной концепции

4.1.1. Определение понятия конфигуратора

Понятие конфигуратора, по-видимому, впервые предложено В.А. Лефевром [5], хотя, безусловно, это понятие использовалось и ранее. Однако, во-первых, оно не получало самостоятельного названия, а, во-вторых, использовалось в частных случаях и не обобщалось. *Под конфигуратором В.А. Лефевр понимал минимальный полный набор понятийных шкал или конструктов, достаточный для адекватного описания предметной области.* Примеры конфигураторов приведены в [5].

4.1.2. Понятие когнитивного конфигуратора

В исследованиях по когнитивной психологии изучается значительное количество различных операций, связанных с процессом познания. Однако насколько известно из литературы, психологами не ставился вопрос о выде-

лении из всего множества когнитивных операций такого минимального (базового) набора наиболее элементарных из них, из которых как составные могли бы строиться другие операции. Для выделения таких базовых когнитивных операций (БКО) необходимо построить их иерархическую систему, в фундаменте которой будут находиться наиболее элементарные из них, на втором уровне – производные от них, обладающие более высоким уровнем интегративности и т.д.

Таким образом, *под когнитивным конфигуратором будем понимать минимальный полный набор базовых когнитивных операций, достаточный для представления различных процессов познания.*

4.1.3. Когнитивные концепции и операции

Проведенный анализ когнитивных концепций показал, что они разрабатывались ведущими психологами (Пиаже, Солсо, Найсер) без учета требований, определенных необходимостью их дальнейшей формализации и автоматизации. Поэтому имеющиеся концепции когнитивной психологии не совсем подходят для этой цели; в когнитивной психологии не ставилась и не решалась задача конструирования когнитивного конфигуратора и, соответственно, не сформулировано понятие базовой когнитивной операции.

4.2. Базовая когнитивная концепция

Автоматизировать процесс познания в целом, безусловно, значительно сложнее, чем отдельные его операции. Для этого, прежде всего, необходимо:

- выявить эти операции;
- найти место каждой из них в системе или последовательности процесса познания.

Это предлагается сделать в форме когнитивной концепции, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

- адекватность, т. е. точное отражение сущности процессов познания, характерных для человека, в частности описание процессов вербализации, семантической адаптации и семантического синтеза (уточнения смысла слов и понятий и включения в словарь новых слов и понятий);
- высокая степень детализации и структурированности до уровня достаточно простых базовых когнитивных операций;
- возможность математического описания, формализации и автоматизации.

Однако приходится констатировать, что даже концепции когнитивной психологии, значительно более конкретные, чем философские (гносеологические), разрабатывались без учета необходимости построения реализующих их математических и алгоритмических моделей и программных систем. Более того, в когнитивной психологии из всего многообразия различных исследуемых когнитивных операций не выделены базовые, к

суперпозиции и различным вариантам сочетаний которых сводятся различные процессы познания. В этой науке в настоящее время господствует эмпирический подход, т. е. тенденция не к теоретическим обобщениям, а тщательному изучению отдельных когнитивных операций. Поэтому *для достижения целей данного исследования* концепции когнитивной психологии мало применимы.

В связи с этим в данном исследовании предлагается когнитивная концепция, удовлетворяющая сформулированным выше требованиям. Эта концепция достаточно проста, иначе было бы невозможно ее формализовать. Многие ее положения интуитивно очевидны или хорошо известны, в целостном виде она впервые сформулирована лишь в работе [2]. Положения когнитивной концепции приведены в определенном порядке, соответствующем реальному ходу процесса познания: "от конкретных эмпирических исходных данных к содержательным информационным моделям, а затем к их верификации, адаптации и, в случае необходимости, к пересинтезу".

На базе сформулированных выше положений предложена целостная система взглядов на процесс познания, т. е. **формализуемая когнитивная концепция** [2], предназначенная для построения систем искусственного интеллекта.

4.2.1. Суть предложенной когнитивной концепции

Процесс познания рассматривается нами как многоуровневая иерархическая система обработки информации, в которой каждый последующий уровень является результатом интеграции элементов предыдущего уровня. На 1-м уровне этой системы находятся дискретные элементы потока чувственного восприятия, которые на 2-м уровне интегрируются в чувственный образ конкретного объекта. Последние, в свою очередь, на 3-м уровне интегрируются в обобщенные образы классов и факторов, образующие на 4-м уровне кластеры, а на 5-м – конструкторы. Система конструкторов на 6-м уровне составляет текущую парадигму реальности (т. е. человек познает мир путем синтеза и применения конструкторов). На 7-м уровне обнаруживается, что текущая парадигма не является единственно-возможной.

4.2.2. Данные, информация, знания

Существует неопределенность смыслового содержания ("разночтения") терминов: "данные", "информация", "знания". Мы считаем целесообразным определить их следующим образом.

Данные представляют собой информацию, рассматриваемую в синтаксическом аспекте, т. е. безотносительно к ее содержанию и использованию или семантике и телеологии (обычно на каком-либо носителе или канале передачи).

Информация – это данные, *проинтерпретированные* с использованием *тезауруса*, т. е. осмысленные данные, рассматриваемые в единстве синтаксического и семантического аспектов.

Знания есть *система* информации, обеспечивающая увеличение вероятности достижения какой-либо *цели*, т. е. по сути знания – это "наука" или технологии.

Вышесказанное резюмируем в следующей форме:

Знание = Информация + Цель
Информация = Данные + Смысл;
Знания = Данные + Смысл + Цель.

Необходимо отметить, что при разработке предложенной интерпретации содержания данных понятий и формы представления их соотношения учтены и использованы разработки В.Н. Лаптева, а также Владимира Кива, приведенные на его сайте: <http://vlak.webzone.ru/rus/it/knowledge.html>.

В этой связи необходимо отметить, что название теории информации Шеннона не вполне соответствует предлагаемому пониманию содержания понятий "данные – информация – знания": теорию Шеннона более точно можно называть "теорией передачи данных по каналам связи". Общеизвестная количественная мера Шеннона "для измерения количества информации" также является лишь мерой количества данных, т. к. не содержит семантического аспекта.

Количественная теория автоматизированной интерпретации данных, основанная на теории информации, в настоящее время только создается и получила название семантической теории информации. Предложены различные количественные меры для измерения смысла информации [2, 5, 6]. Из них выделяется мера А. Харкевича, в основу которой положено понятие цели.

В литературе и А. Харкевичем это не отмечается, но, учитывая вышеизложенное, по сути дела можно утверждать, что фактически им в 1962 году впервые предложена научная *количественная мера знаний*.

Однако предложенная А. Харкевичем мера не удовлетворяет *принципу соответствия*, обязательному для более общей теории, аналогично тому, как, например, мера Шеннона сводится к мере Хартли в случае равновероятных событий. Поэтому теория А. Харкеивча стояла особняком от теории информации Найквиста – Хартли – Больцмана и Шеннона и нуждалась в развитии, что и было осуществлено автором [2].

Известно, что *корреляция не является мерой причинно-следственных связей*. Если корреляция между действием некоторого фактора и переходом объекта управления в определенное состояние высока, то это еще не значит, что данный фактор является причиной этого перехода. Для того чтобы по корреляции можно было судить о наличии причинно-

следственной связи, необходимо сравнить исследуемую группу с *контрольной группой*, в которой данный фактор не действовал.

Высокая вероятность перехода объекта управления в определенное состояние в условиях действия некоторого фактора также сама по себе не говорит о наличии причинно-следственной связи между ними, т. е. о том, что данный фактор обусловил переход объекта в это состояние. Это связано с тем, что вероятность перехода объекта в это состояние может быть и сама по себе очень высокой независимо от действия фактора. Поэтому в качестве *меры силы причинной обусловленности* определенного состояния объекта действием некоторого фактора Харкевич предложил логарифм *отношения* вероятностей перехода объекта в это состояние в условиях действия фактора и при его отсутствии или *в среднем*. Таким образом, вероятность перехода объектов в некоторое состояние в исследуемой группе сравнивается с средней вероятностью перехода в это состояние по всем группам, и это среднее выступает в качестве контрольной группы.

Таким образом, семантическая мера информации Харкевича является мерой наличия причинно-следственных связей между факторами и состояниями объекта управления.

В связи с тем, что подход Харкевича является ярким примером нормативного подхода, будет уместно вспомнить о нормативном и критериальном подходах к оценке (идентификации) состояния объекта.

При критериальном подходе это состояние оценивают по жесткой системе критериев. Правда остается открытым вопрос о том, каким образом формируется эта система критериев.

При нормативном подходе, который получил свое название от понятия "норма", сначала формируется эта норма, а затем состояние объектов оценивается относительно этой нормы. В частности, если это сформированное понятие нормы зафиксировать, стандартизировать, как и критерии его определения и сравнения с ним, то мы получим один из вариантов синтеза критериального подхода.

4.2.3. Мониторинг, анализ, прогнозирование, управление

Существует определенная иерархия задач обработки данных, информации и знаний:

Мониторинг – *накопление данных* по ряду показателей об объекте управления с привязкой ко времени.

Анализ – *выявление смысла* в данных, т. е. обнаружение в них причинно-следственных взаимосвязей (генерация информации).

Прогнозирование – *использование информации (смысла причинно-следственных зависимостей в предметной области) для предсказания* поведения объекта управления в условиях действия определенных факторов.

Управление – генерация и использование знаний – использование информации для достижения определенных *целей* управления:

- сохранение стабильного функционирования объекта управления;
- перевод объекта управления в заранее заданное целевое состояние.

Таким образом, управление – это высшая форма обработки и использования информации.

4.2.4. Факт, смысл, мысль

Ключевым для когнитивной концепции является понятие факта.

Под фактом будем понимать соответствие дискретного и интегрального элементов познания, т. е. элементов разных уровней интеграции – иерархии процессов познания, обнаруженное на опыте.

Факт рассматривается как квант смысла, что является основой для формализации смысла.

Смысл представляет собой "разность потенциалов" между смежными уровнями интеграции – иерархии в системе обработки информации в процессах познания.

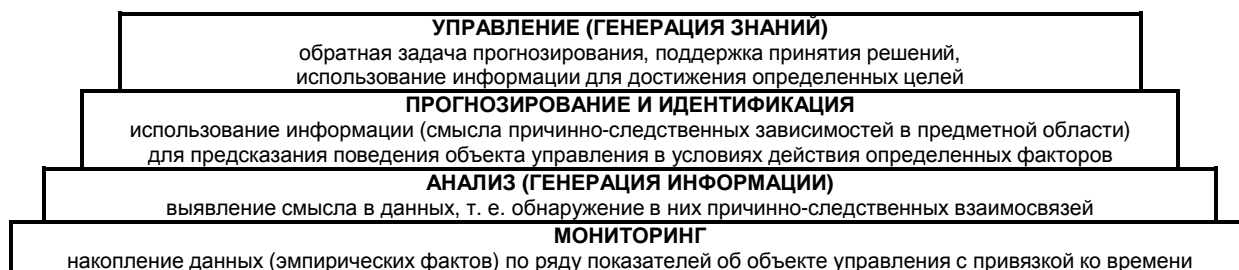
Мысль является операцией выявления смысла из фактов.

Мышление есть процесс, состоящий из ряда взаимосвязанных по смыслу мыслей.

Однако существуют различные формы мыслей, которые перед разработкой методов формализации и программной реализации необходимо классифицировать и выявить среди них основные, т. е. такие, к которым сводятся все остальные или, по крайней мере, большинство из них. Как уже отмечалось выше, сделать это предлагается на основе базовой когнитивной концепции.

4.2.5. Иерархическая структура (пирамида) обработки информации

Сказанное в разделах 4.2.2–4.2.4 можно резюмировать в графической диаграмме, в форме "Мексиканской" (ступенчатой) пирамиды (см. рисунок).



Пирамида обработки информации

4.2.6. Базовая когнитивная концепция в свободном изложении

Исходные данные для процесса познания поставляются из нескольких *независимых* информационных источников, имеющих *качественно* различную природу, которые мы будем условно называть "*органы чувств*". Они также имеют *качественно* различную природу, обусловленную конкретным видом информационного источника. Для обозначения этих исходных данных будем использовать термин "*атрибут*". В результате выполнения когнитивной операции "присвоение имен" атрибутам могут быть присвоены уникальные имена, т. е. они могут быть отнесены к некоторым градациям номинальных шкал. Получение информации о предметной области в атрибутивной форме осуществляется когнитивной операцией "восприятие".

Исходные данные содержат внутренние закономерности, объединяющие *качественно* разнородные данные, полученные от различных информационных источников.

После восприятия предметной области может быть проведен ее первичный анализ путем выполнения когнитивной операции: "сопоставление опыта, воплощенного в модели, с общественным", т. е. с результатами восприятия той же предметной области другими. Это делается с целью исключения из дальнейшего анализа всех наиболее явных расхождений, как сомнительных.

Однако закономерности в предметной области могут быть выявлены путем выполнения когнитивной операции "обобщение" только после накопления в результате мониторинга достаточно большого объема исходных данных в *памяти*.

Наличие этих закономерностей позволяют предположить, что:

– существуют некие интегративные структуры, не сводящиеся ни к одному из *качественно-различных* аспектов исходных данных и обладающие по отношению к ним системными, т. е. эмерджентными свойствами, которые не могут быть предметом прямого восприятия с помощью органов чувств, но могут являться предметом для других форм познания, например, логической формы. Для обозначения этих структур будем использовать термин "*объект*". "Объекты" считаются причинами существования взаимосвязей между атрибутами.

Объектам приписывается объективное существование, в том смысле, что любой объект обнаруживается несколькими независимыми друг от друга способами с помощью различных органов чувств (этот критерий объективного существования в физике называется "принцип наблюдаемости").

После обобщения возможны когнитивные операции: "определение значимости шкал и градаций атрибутов" и "определение степени сформированности шкал и градаций классов".

Путем выполнения когнитивной операции "присвоение имен" конкретным объектам могут быть присвоены уникальные имена, т. е. они могут быть отнесены к некоторым градациям номинальных шкал, которые мы будем называть "*классами*". В данном случае класс представляет собой отображение объекта на шкалу, это своего рода целостный образ объекта. После этого возможно выполнение когнитивной операции "идентификация" объектов, т. е. их "узнавание": по атрибутам объекта определяется класс, к которому принадлежит объект. *При этом все атрибуты, независимо от их качественно различной природы, рассматриваются с единственной точки зрения: "Какое количество информации они несут о принадлежности данного объекта к каждому из классов"*.

Кроме того, возможно выполнение когнитивной операции: "дедукция и абдукция, обратная задача идентификации и прогнозирования", имеющей очень важное значение для управления, т. е. вывод всех атрибутов в порядке убывания содержащегося в них количества информации о принадлежности к данному классу.

Аналогично может быть выполнена когнитивная операция: "семантический анализ атрибута", представляющий собой список классов в порядке убывания количества информации о принадлежности к ним, содержащейся в данном атрибуте.

Таким образом, возможно два взаимно-дополнительных способа отображения объекта: в форме принадлежности к некоторому классу (целостное, интегральное, экстенциональное); в форме системы атрибутов (дискретное, интенциональное).

Дальнейшее изучение атрибутов позволяет ввести понятия "*порядковая шкала*" и "*градация*". Порядковая шкала представляет собой способ классификации атрибутов одного качества обычно по степени выраженности (интенсивности). Градация – это конкретное положение или диапазон на шкале, которому ставится в соответствие конкретный атрибут, отражающий определенную степень интенсивности проявления какого-либо качества, измеряемого в данной шкале. Каждому виду атрибутов, информация о которых получается с помощью определенного "органа чувств", ставится в соответствие одна шкала. Таким образом, если при анализе в номинальных шкалах можно было в принципе ввести одну шкалу для всех атрибутов, то в порядковых шкалах каждому атрибуту будет соответствовать своя шкала.

После идентификации уникальных объектов с классами возможна их классификация и присвоение *обобщающих имен* группам похожих классов. Для обозначения группы похожих классов используем понятие "*кластер*". Формирование кластеров осуществляется с помощью когнитивной операции "классификация". Кластер представляет собой своего рода "объект, состоящий из объектов", т. е. объект 2-го порядка. Если объект выполняет

интегративную функцию по отношению к атрибутам, то кластер – по отношению к объектам.

Необходимо подчеркнуть, что термин "класс" используется не только для обозначения образов уникальных объектов, но и их кластеров, т.е. *классу может соответствовать не уникальное, а обобщающее имя, в этом случае мы имеем дело с обобщенным классом*. Кластеры также могут быть не только кластерами уникальных объектов, но и обобщенных классов.

Если объективное существование уникальных объектов мало у кого вызывает сомнение, то вопрос об объективном существовании интегративных структур 2-го и более высоких порядков остается открытым. В некоторых философских системах подобным объектам приписывался даже более высокий статус существования, чем самим объектам. Например, обычные объекты рассматриваются лишь как "тени" "Эйдосов" (Платон). Известны и другие понятия для обозначения объектов высоких порядков, например "архетип" (Юм), "эгрегор" (Андреев) и др. Отметим, что в современной физике (специальной и общей теории относительности) есть подобное понятие пространственно-временного интервала, который проявляется как *движение* объекта. По-видимому, статус существования структур реальности, отражаемых когнитивными структурами тем выше, чем выше интегративный уровень этих структур.

Кластеры, являясь объектами 2-го порядка, в результате выполнения когнитивной операции "генерация конструктов" могут быть классифицированы по степени сходства друг с другом. Для обозначения системы двух противоположных кластеров с "спектром" промежуточных кластеров между ними будем использовать термин "*бинарный конструкт*". При этом противоположные кластеры будем называть "*полюса бинарного конструкта*". Таким образом, конструкт представляет собой объект 3-го порядка.

Словом "бинарный" определяется, что в данном случае полюсов у конструкта всего два, но в принципе их может быть 3, 4 и больше. Бинарный конструкт можно формально представить в виде порядковой шкалы или даже шкалы отношений, на которой градациям соответствуют кластеры, а значит, и сами классы и соответствующие объекты. Конструкты с количеством полюсов больше 2 могут быть представлены графически в форме семантических сетей, в которых полюса являются вершинами, а дуги имеют цвет и толщину, соответствующие степени сходства – различия этих вершин. Семантические сети можно считать также просто графической формой представления результатов кластерного анализа.

Аналогично кластерам и конструктам классов формируются кластеры и конструкты атрибутов. В кластеры объединяются атрибуты, имеющие наиболее сходный смысл. В качестве полюсов конструктов выступают кластеры атрибутов, противоположных по смыслу.

Бинарные конструкты классов и атрибутов представляют собой когнитивные структуры, играющие огромную роль в процессах познания. Не будет преувеличением сказать, что познание является процессом генерации, совершенствования и применения конструктов. Будем считать, что конструкт тем более совершенен и тем выше его качество, чем сильнее отличаются его полюса, т. е. чем больше диапазон его области значений.

В кластерном анализе определялась степень сходства или различия классов, а не то, какими атрибутами эти классы сходны или отличаются. При выполнении когнитивной операции "содержательное сравнение" двух классов определяется вкладом каждого атрибута в их сходство или различие. Результаты содержательного сравнения выводятся в наглядной графической форме когнитивных диаграмм, в которых изображаются информационные портреты классов с наиболее характерными и нехарактерными для них атрибутами, и атрибуты разных классов соединяются линиями, цвет и толщина которых соответствуют величине и знаку вклада этих атрибутов в сходство или различие данных классов.

Результаты идентификации и прогнозирования, осуществленные с помощью модели путем выполнения когнитивной операции "верификация", сопоставляются с опытом, после чего принимается решение: выполнять или нет когнитивную операцию "обучение", состоящую в том, что параметры модели могут изменяться количественно, и тогда мы имеем дело с адаптацией, или качественно, и тогда идет речь о переформировании модели.

4.2.7. Базовая когнитивная концепция в формальном изложении

1. Процесс познания начинается с чувственного восприятия. Различные органы восприятия дают качественно-различную чувственную информацию в форме дискретного потока *элементов восприятия*. Эти элементы формализуются с помощью описательных шкал и градаций.

2. В процессе накопления опыта выявляются взаимосвязи между элементами чувственного восприятия: одни элементы часто наблюдаются с другими (имеет место их пространственно-временная корреляция), другие встречаются достаточно редко. Существование устойчивых связей между элементами восприятия говорит о том, что они отражают некую реальность, *интегральную* по отношению к этим элементам. Эту реальность будем называть объектами восприятия, а рассматриваемые в *единстве* с объектами элементы восприятия – *признаками* объектов. Таким образом, органы восприятия дают чувственную информацию о признаках наблюдаемых объектов, процессов и явлений окружающего мира (объектов). Чувственный образ конкретного объекта представляет собой систему, возникающую как результат *процесса* синтеза признаков этого объекта. В условиях усложненного восприятия синтез чувственного образа объекта мо-

жет быть существенно замедленным и даже не завершаться в реальном времени.

3. Человек присваивает конкретным объектам названия (имена) и сравнивает объекты друг с другом. При сравнении выясняется, что одни объекты в различных степенях сходны по их признакам, а другие – отличаются. Сходные объекты объединяются в обобщенные категории (классы), которым присваиваются имена, производные от имен входящих в категорию конкретных объектов. Классы формализуются с помощью классификационных шкал и градаций и обеспечивают интегральный способ описания действительности. Путем обобщения (синтеза, индукции) информации о признаках конкретных объектов, входящих в те или иные классы, формируются обобщенные образы классов. Накопление опыта и сравнение обобщенных образов классов друг с другом позволяют определить степень характерности признаков для классов, смысл признаков и ценность каждого признака для идентификации конкретных объектов с классами и сравнения классов, а также исключить наименее ценные признаки из дальнейшего анализа без существенного сокращения количества полезной информации о предметной области (абстрагирование). Абстрагирование обеспечивает существенное сокращение затрат внутренних ресурсов системы на анализ информации. Идентификация представляет собой процесс узнавания, т. е. установление соответствия между чувственным описанием объекта, как совокупности дискретных признаков, и неделимым (целостным) именем класса, которое ассоциируется с местом и ролью воспринимаемого объекта в природе и обществе. Дискретное и целостное восприятия действительности поддерживаются, как правило, различными полушариями мозга: соответственно, правым и левым (доминантность полушарий). Таким образом, именно *системное* взаимодействие интегрального (целостного) и дискретного способов восприятия обеспечивает возможность установления *содержательного смысла* событий. При выполнении когнитивной операции "содержательное сравнение" двух классов определяется вклад каждого признака в их сходство или различие.

4. После идентификации уникальных объектов с классами возможны их классификация и присвоение *обобщающих имен* группам похожих классов. Для обозначения группы похожих классов используем понятие "*кластер*". Кластеры в результате выполнения когнитивной операции "генерация конструкторов" также могут быть классифицированы по степени сходства друг с другом. Для обозначения системы двух противоположных кластеров со "спектром" промежуточных кластеров между ними будем использовать термин "*бинарный конструктор*". При этом сами противоположные кластеры будем называть "*полюса бинарного конструктора*". Бинарные конструкторы классов и атрибутов, т. е. конструкторы с двумя полюсами, наиболее типичны для человека и представляют собой когнитивные структуры, играющие огромную роль в процессах познания. Достаточно сказать,

что познание можно рассматривать как процесс генерации, совершенствования и применения конструкторов. Качество конструктора тем выше, чем сильнее отличаются его полюса, т. е. чем больше диапазон его смысла.

Результаты идентификации и прогнозирования, осуществленные с помощью модели, путем выполнения когнитивной операции "верификация" сопоставляются с опытом, после чего определяется целесообразность осуществления когнитивной операции "обучение". При этом могут возникнуть три основных варианта:

1. Объект входит в обучающую выборку и достоверно идентифицируется (внутренняя валидность, в адаптации нет необходимости).

2. Объект не входит в обучающую выборку, но входит в исходную генеральную совокупность, по отношению к которой эта выборка репрезентативна, и достоверно идентифицируется (внешняя валидность, добавление объекта к обучающей выборке и адаптация модели приводят к количественному уточнению смысла признаков и образов классов).

3. Объект не входит в исходную генеральную совокупность и идентифицируется недостоверно (внешняя валидность, добавление объекта к обучающей выборке и синтез модели приводят к качественному уточнению смысла признаков и образов классов, исходная генеральная совокупность расширяется).

4.3. Когнитивный конфигуратор и базовые когнитивные операции системного анализа

Таким образом, из предложенной когнитивной концепции вытекает существование, по крайней мере, 10 базовых когнитивных операций системного анализа (БКОСА) (см. таблицу).

**Обобщенный список БКОСА
(когнитивный конфигуратор)**

№ п/п	Код БКОСА по номеру аббревиатуры	Полное наименование БКОСА
1	1.	Призвие (использование) классов и атрибутов (линейная и нелинейная регрессия)
2	2.	Восприятие
3	3.	Обобщение (синтез, индукция)
4	4.	Абстрагирование классов и атрибутов
5	5.	Оценка адекватности модели
6	7.	Сравнение, идентификация и прогнозирование
7	9.	Анализ (дедукция и абдукция) классов и атрибутов
8	10.1, 0.2	Классификация и генерация конструкторов классов и атрибутов
9	10.3, 0.4	Содержательное сравнение классов и атрибутов
10.	11.	Планирование и принятие решения о применении системы управляющих факторов

Классификация операций системного анализа, излагаемая в данной статье, ближе всего к позиции В.М. Казиева. Им названы 6 из 10 базовых когнитивных операций системного анализа: формализация; синтез (индукция); абстрагирование; анализ (дедукция); распознавание и идентификация

образов; классификация. Вместе с тем им не приводятся математическая модель, алгоритмы и инструментарий реализации этих операций и не ставится задача их разработки. Кроме того, некоторые из них приведены дважды под разными названиями, например: анализ и синтез это *то же самое*, что дедукция и индукция.

Впервые идея сведения мышления и процессов познания к когнитивным операциям была четко и осознанно сформулирована в V веке до н. э.: "*Сущность интеллекта проявляется в способностях обобщения, абстрагирования, сравнения и классификации*" (цит. по пам. Патанжали, Йога-Сутра). Более того, все перечисленные Патанжали операции вошли в предлагаемый когнитивный конфигурактор.

Познание предметной области, с одной стороны, безусловно, является фундаментом, на котором строится все грандиозное здание системного анализа, а, с другой стороны, процессы познания становятся связующим звеном, органично объединяющим "блоки" принципов и методов системного анализа в стройное здание. Более того, процессы познания буквально пронизывают все методы и принципы системного анализа, входя в них как один из самых существенных элементов.

Однако на этом основании неверным будет представление о том, что когнитивные операции являются подмножеством понятия "системный анализ", скорее наоборот: *системный анализ представляет собой один из теоретических методов познания, представимый в форме определенной последовательности когнитивных операций, тогда как другие последовательности этих операций позволяют образовать другие формы теоретического познания.*

4.4. Задачи формализации базовых когнитивных операций системного анализа

Для решения задачи формализации БКОСА необходимо решить следующие задачи:

4.4.1. Выбор единой интерпретируемой численной меры для классов и атрибутов

При построении модели объекта управления одной из принципиальных проблем является выбор формализованного представления для индикаторов, критериев и факторов (далее факторов). Эта проблема распадается на две подпроблемы:

1. Выбор и обоснование смысла выбранной численной меры.
2. Выбор математической формы и способа определения (процедуры, алгоритма) количественного выражения для значений, отражающих степень взаимосвязи факторов и будущих состояний АОУ.

Рассмотрим требования к численной мере, определяемые существом подпроблем. Эти требования вытекают из необходимости совершать с численными значениями факторов математические операции (сложение,

вычитание, умножение и деление), что, в свою очередь, необходимо для построения полноценной математической модели.

Требование 1: из формулировки 1-й подпроблемы следует, что все факторы должны быть приведены к некоторой общей и универсальной для всех факторов единице измерения, имеющей какой-то смысл, поддающийся единой сопоставимой в пространстве и времени интерпретации.

Традиционно в специальной литературе [5, 6] рассматриваются следующие смысловые значения для факторов: стоимость (выигрыш – проигрыш или прибыль – убытки); полезность; риск; корреляционная или причинно-следственная взаимосвязь. Иногда предлагается использовать безразмерные меры для факторов, например эластичность. Однако этот вариант не является вполне удовлетворительным, т. к. не позволяет придать факторам содержательный и сопоставимый смысл и установить *содержательную интерпретацию* выводов, полученных на основе математической модели.

Таким образом, при выборе численной меры возникает ключевая проблема выбора смысла, т. е. по сути единиц измерения для индикаторов, критериев и факторов.

Требование 2: высокая степень адекватности предметной области.

Требование 3: высокая скорость сходимости при увеличении объема обучающей выборки.

Требование 4: высокая независимость от артефактов.

Для конкретной математической формы и процедуры определения числовых значений факторов в выбранных единицах измерения обычно применяется метод взвешивания экспертных оценок, при котором эксперты предлагают свои оценки, полученные, как правило, неформализованным путем. При этом эксперты также обычно ранжированы по степени их компетентности. *Фактически при таком подходе числовые значения факторов являются не определяемой, искомой, а исходной величиной.* Иначе обстоит дело в факторном анализе. Однако в нем также на основе экспертных оценок важности факторов требуется предварительно, т. е. перед проведением исследования, принять решение о том, какие факторы исследовать (из-за жестких ограничений на размерность задачи в факторном анализе). Таким образом, оба эти подхода реализуемы при относительно небольших размерностях задачи, что, с точки зрения достижения целей настоящего исследования, является недостатком этих подходов.

Поэтому самостоятельная и одна из ключевых проблем – обоснованный и удачный выбор математической формы для численной меры индикаторов и факторов.

Эта математическая форма должна удовлетворять предыдущим требованиям, прежде всего, требованию 1, а также должна быть процедурно вычислимой, измеримой.

4.4.2. Выбор неметрической меры сходства объектов в семантических пространствах

Существует большое количество мер сходства, из которых можно было бы упомянуть скалярное произведение, ковариацию, корреляцию, евклидово расстояние, расстояние Махаланобиса и др. [2].

Проблема выбора меры сходства состоит в том, что при выбранной численной мере для координат классов и факторов она должна удовлетворять определенным критериям:

1. Обладать высокой степенью адекватности предметной области, т. е. высокой валидностью, при различных объемах выборки, как при очень малых, так и при средних и очень больших.
2. Иметь обоснованную, четкую, ясную и интуитивно понятную интерпретацию.
3. Быть нетрудоемкой в вычислительном отношении.
4. Обеспечивать корректное вычисление меры сходства для пространств с неортонормированным базисом.
5. Обеспечивать высокую достоверность и устойчивость идентификации при неполных (фрагментарных) и зашумленных данных.

4.4.3. Определение идентификационной и прогностической ценности атрибутов

Не все факторы имеют одинаковую ценность для решения задач идентификации, прогнозирования и управления. Традиционно считается, что это так только в тех случаях (обычно в психологии), когда определить их действительную ценность не представляется возможным по каким-либо причинам.

Для достижения целей, поставленных в данном исследовании, необходимо решить проблему определения ценности факторов, т. е. разработать математическую модель и алгоритм, которые допускают программную реализацию и обеспечивают на практике определение идентификационной и прогностической ценности факторов.

4.4.4. Ортонормирование семантических пространств классов и атрибутов (Парето-оптимизация)

Если не все факторы имеют одинаковую ценность для решения задач идентификации, прогнозирования и управления, то возникает проблема исключения из системы факторов тех из них, которые не представляют особой ценности.

Удаление малоценных факторов вполне оправданно и целесообразно, т. к. сбор и обработка информации по ним в среднем связана с такими же затратами времени, вычислительных и информационных ресурсов, как и при обработке ценных факторов. В этом состоит идея Парето-оптимизации.

Однако это удаление должно осуществляться при вполне определенных граничных условиях, характеризующих результирующую систему:

- адекватность модели;
- количество признаков на класс;
- суммарное количество градаций признаков в описательных шкалах.

В противном случае, удаление факторов может отрицательно сказаться на качестве решения задач. На практике проблема реализации Парето-оптимизации состоит в том, что факторы коррелируют друг с другом, и их ценность может изменяться при удалении любого из них, в том числе и наименее ценного. Поэтому просто взять и удалить наименее ценные факторы не представляется возможным, необходимо разработать корректный итерационный вычислительный алгоритм, обеспечивающий решение этой проблемы при заданных граничных условиях.

5. Мышление как вычисление смысла и реализация операций со смыслом в инструментарии СК-анализа – системе "Эйдос"

В связи с ограниченностью объема данной статьи нет возможности подробно рассмотреть вопросы, вынесенные в заголовок данного раздела. В этом нет особой необходимости, т. к. такие вопросы, как:

- системное обобщение семантической меры целесообразности информации как количественная мера знаний;
- способ представления и обобщения фактов в модели СК-анализа;
- способ вычисления смысла фактов и неклассическая логика;
- структуры данных базовых когнитивных операций;
- алгоритмы базовых когнитивных операций

и ряд других, раскрывающих содержание математической модели, методики численных расчетов и технологии СК-анализа, подробно описаны в работе [2], размещенной на сайте автора: <http://Lc.kubagro.ru>.

7. Выводы

Системы искусственного интеллекта (СИИ) реализуют все больше функций, ранее выполнявшихся только человеком, например, таких как: получение новых знаний из фактов, выявление причинно-следственных взаимосвязей между факторами, действующими на объект, и переходом этого объекта в те или иные состояния. В основе любой математической модели, реализованной в СИИ, всегда лежит некое представление о том, каким образом осуществляются аналогичные процессы человеком. Поэтому для разработчиков СИИ большой интерес имеют уточнение смыслового содержания и углубленный анализ таких базовых понятий, как *данные – информация – знания, факт – смысл – мысль, мониторинг – анализ – управление*. Один из возможных вариантов понимания этих терминов и обосновывается в данной статье в рамках предложенной и реализованной в СК-анализе когнитивной концепции.

Список литературы

1. Васильев Л.Г. Три парадигмы понимания: анализ литературы вопроса. <http://newasp.omskreg.ru/intellect/f54.htm>.
2. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2002. – 605 с.
3. Пат. № 940217. РФ. Универсальная автоматизированная система распознавания образов "ЭЙДОС" / Е.В. Луценко (Россия); Заяв. № 940103. Оpubл. 11.05.94. – 50 с.
4. Пат. № 2003610986 РФ. Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС" / Е.В. Луценко (Россия); Заяв. № 2003610510 РФ. Оpubл. от 22.04.2003. – 50 с.
5. Перегудов Ф.И. и др. Введение в системный анализ: Учебное пособие / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1997. – 389с.
6. Темников Ф.Е. и др. Теоретические основы информационной техники / Ф.Е. Темников, В.А. Афонин, В.И. Дмитриев. – М.: Энергия, 1979. – 511 с.
7. Кива В. Данные, информация, знания. <http://vlak.webzone.ru/rus/it/knowledge.html>.
8. Роберт Г. Джан, Бренда Дж. Данн. Границы реальности (Роль сознания в физическом мире) / Пер. с англ. - М.: Объединенный институт высоких температур РАН, 1995. – 287 с.
9. Цехмистро И.З. Поиски квантовой концепции физических оснований сознания. – Харьков: ХГУ, 1981. – 275 с.