

# Можно ли подвести смысловой фундамент под информационные технологии?

## Информационное могущество опережает интеллектуальные возможности

Цивилизации преимущественно развиваются на путях постановки и решения сложных задач, которые и способствуют формированию «интеллекта» общества в каждый момент его истории. Сегодня в мире поднимается новая волна технического перевооружения, а наиболее перспективные технологии будущего (термоядерная энергетика, биотехнологии и медицина, космос, управление климатом и т.п.) требуют возрастающего объема интеллектуальных усилий и мощных вычислений. Во многих отраслях народного хозяйства, науки и государственного управления также усиливается потребность в мощных вычислительных комплексах и современных информационных системах. Однако взрывной рост вычислительных мощностей и расширение потребностей в решении сложных задач не обеспечивается адекватным развитием фундаментальных теорий информации, логики и интеллектуальных информационных технологий.

Наращивание массивов информации ведет к тому, что информационные системы большинства компаний и организаций по мере накопления информации превращаются из «хранилищ» данных в их «кладбища», а доступные через «поисковики» сведения составляют сегодня неполную и относительно сокращающуюся долю массивов глобальной сети Интернет<sup>1</sup>. Кроме того, все чаще появляются задачи,

<sup>1</sup> В 2000 г. американская компания BrightPlanet с помощью программы LexiBot осуществила сканирование в Сети некоторых динамических веб-страниц, формируемых из баз данных. Результаты были ошеломляющими – непознанных ресурсов в Интернете оказалось в сотни раз больше, чем доступных сегодня традиционным информационно-поисковым системам.



Рубанов В. А.

Научный руководитель АНО  
«ГРП «Информэкспертиза»,  
Действительный государственный  
советник РФ 1-го класса.



относящиеся к категории сложных, которые не под силу даже супермощным вычислительным комплексам. В связи с бурным развитием нанотехнологий возникает необходимость выработки единой междисциплинарной платформы для осуществления NBIC-конвергенции<sup>2</sup>. Для налаживания управления информационными ресурсами и обеспечения решения новых сложных задач сегодня требуется: совершенствование поисковых систем; переход к новым принципам организации хранилищ, индексирования и поиска информации; движение в направлении создания интеллектуальных информационных технологий.

Интеллектуальные информационные технологии – одна из перспективных областей науки и прикладных исследований, которая может оказать существенное влияние на другие научные и технологические направления, дать обществу уже в ближайшее время практически значимые результаты. Разработка и практическое применение интеллектуальных информационных технологий создает основу для развития таких приоритетных направлений информационно-технологического развития, как организация и систематизация контента, искусственный интеллект, моделирование и управленческие приложения<sup>3</sup>.

## Информационной силе нужен искусственный интеллект

Наиболее перспективным подходом к решению задачи распределенного поиска и агрегирования контента специалисты считают его методологизацию, обеспечивающую связь контента с контекстом рассматриваемой деятельности<sup>4</sup>. Экспертами прогнозируется увеличение спроса на новые модели распределенного поиска и агрегирования контента по стереотипным запросам и модулям деятельности массовых пользователей. По этому принципу создаются сервисно-ориентированные архитектуры информационных систем.

В последние годы сформировался сектор систем по управлению контентом CMS (Content Management Systems), основной функцией которых является обеспечение быстрого доступа к хранимой информации с целью ее использования в бизнес-процессах предприятий. Наиболее эффективное решение этой задачи требует систематизации контента на основе классификационных программных средств. Технологии данного типа занимают высокие позиции по индексу приоритетности в общем спектре направлений развития информационных технологий, и признаются экспертным сообществом наиболее перспективным для повышения конкурентоспособности России в этой сфере<sup>5</sup>.

Базой для интеллектуальных информационных технологий являются алгоритмы построения «смыслового» портрета для



любого текста<sup>6</sup>. К настоящему времени разработаны и используются на практике технологии смыслового поиска, анализа и индексирования текстовой информации на естественном языке (Powerset, Medstory, Riya,..). Однако существующие системы семантического поиска работают пока в достаточно ограниченных областях (например, системы для медицинских текстов). Универсальные же технологии семантического поиска пока не разработаны.

Для дальнейшей разработки этого класса интеллектуальных технологий актуально решение проблемы преодоления «идеологических» расхождений между создателями поисковых систем в Интернете, развивающих методы статистического анализа текстов, и исследователями фундаментальных проблем семантики. Экспертное сообщество сходится в том, что эффективного решения задачи обработки текстов не может быть получено без применения адекватных семантических моделей. Данное направление представляется высокоприоритетным и перспективным в плане коммерческого использования. Но есть одно но! Необходимость разработки семантической проблематики вводит поиски совершенствования информационно-технологической практики в область моделирования человеческого интеллекта и создания искусственного интеллекта.

Согласно пессимистичному взгляду, действующие и разрабатываемые технологии искусственного интеллекта на сегодняшний день не имеют серьезных достижений, особенно в ►

<sup>2</sup> NBIC – Nano+Bio+Info+Cognitive Science.

<sup>3</sup> Источник: Проект «Долгосрочный технологический прогноз Российский ИТ Foresight» (2006 г.).

<sup>4</sup> Такую связь предполагает обеспечить разрабатываемый с середины 90-х гг. одним из основоположников сети Интернет Т. Бернерс-Ли проект «Семантическая сеть».

<sup>5</sup> Источник: Проект «Долгосрочный технологический прогноз Российский ИТ Foresight» (2006 г.).

<sup>6</sup> Смысловой портрет – это множество слов, семиотически наиболее сильно связанных между собой в конкретном анализируемом тексте, позволяющее получить оптимальную стратегию и инструменты поиска информации. Интеллектуальный анализ запроса обеспечивает определенную точность понимания смысла слов и выражений, из которых состоит запрос. Эта процедура делается не путем семантического анализа каждого слова в отдельности, а с учетом тематической направленности запроса и анализом многословных терминов как отдельных понятий. Такой анализ запроса приводит к его качественному расширению, позволяющему увеличить полноту поиска без потери точности.

► направлении моделирования естественного мышления. Однако и традиционные методы информационного поиска по ключевым словам уже не обеспечивают потребностей пользователей в отборе нужных текстов и отсеивают ненужных, что постоянно заставляет возвращаться исследователей к поиску необходимых решений в сфере искусственного интеллекта.

К сегодняшнему дню разработано, алгоритмизировано и автоматизировано много несложных задач, относимых к числу интеллектуальных. Однако попытки создания систем искусственного интеллекта путем механического копирования структур мозга и имитации человеческих действий не ведут к желаемой цели. Логические процессы внутри нейрона продолжают оставаться «черным ящиком», а найти конструктивные аналогии между работой нейрокомпьютера и деятельностью человеческого мозга пока не удается. Более того, сами специалисты в области нейробиологии, исследования мозга и человеческого сознания все активнее пытаются найти решение своих собственных задач на основе фундаментальных теорий, математики, семантики и когнитивных наук. Специалисты в области искусственного интеллекта признают факт затянувшегося на полвека «топтанья на месте» и утрату надежд, породивших энтузиазм при появлении идеи подражания человеческому разуму.

Констатация трудностей и проблем в сфере искусственного интеллекта не должна, однако, интерпретироваться как факт капитуляции перед интеллектуальными вызовами информационной эпохи. Существующие технологии синтаксического, грамматического и лексического разбора текста находятся на грани исчерпания своих возможностей. А следующим уровнем обработки информации является семантический анализ, который позволяет выделять из текста объекты с отношениями между ними и определять контекст. Основная надежда на достижение прогресса в сфере информационных технологий и повышения эффективности использования информационных ресурсов связывается с разработкой систем рассуждений, основанных на здравом смысле (commonsense reasoning systems), и конструктивным моделированием семантического пространства.

Разработка таких систем ведется в направлении смысловой разметки текстов с применением набора охватывающих общепотребительную и специальную лексику семантических сетей,

связывающих между собой понятия и термины. Поэтому практика сама неумолимо толкает исследователей и разработчиков проблем информационных технологий в сферу искусственного интеллекта.

Для создания технологии обработки информации, базирующейся на причинно-следственных связях, необходимо построение логико-теоретической модели работы мозга<sup>7</sup>. А переход на этот уровень требует алгоритмического описания логической модели мышления. Это принципиально новое направление, которое позволит осуществить качественный скачок в развитии информационных технологий.

Концентрация интеллектуальных усилий на данном направлении и достижение успеха в построении логической модели мышления может стать мощной предпосылкой активного включения России в инновационное развитие информационных технологий и занятия места одного из влиятельных факторов глобального информационного пространства.

## Опереться на плечи гигантов

Уверенность в правомерности и реалистичности постановки этой приоритетной для мирового ИТ-сообщества задачи именно перед российскими учеными и специалистами базируется на том основании, что для ее решения не требуется мощной ИТ-индустрии, но нужна высокая философская и методологическая культура, фундаментально организованное универсальное зна-

<sup>7</sup> В модели логической обработки информации заложены базирующиеся на нейронных сетях логические свойства интеллекта: возможность организовать выделение общего на массиве данных (абстрагирование); построение ассоциативных связей между элементами массива данных; рекурсивное разворачивание информации; восстановление целого по его части. Данный подход признает возможность реализации на компьютере некоторых основных принципов работы живого мозга. Это позволит перейти от принципа «сущность-связь» (или «сущность-атрибут-связь») к принципу «объект-субъект-следствие» (или «объект-субъект-аспект-базис-следствие»), отражающему причинно-следственную связь и обеспечивающему решение более сложных логических задач.



Рисунок 1. Образцы симметрии в природе как основы гармонизации пространства

ние и уникальная математическая школа. Нетрудно заметить, что именно эти характеристики отличают российский интеллектуальный потенциал.

Представляется, что уровень сложности и фундаментальности рассматриваемой проблемы таков, что в поиске подходов к ее решению необходимо опираться не только на развившиеся направления и историю успехов, но и на те идеи, которые закладывались основателями математики для информационных систем и теоретиками построения алгоритмов.

Мышление представляет собой процесс оперирования словами, которые выстраиваются в высказывания и суждения по определенным правилам в семантическом пространстве. Для реализации этих правил в программах ЭВМ необходима их математическая интерпретация. Но низкий уровень формализации семантического пространства не позволяет привлечь алгебраические методы для логической обработки текстов. Проблематично и применение для формализации семантического пространства и аппарата классической геометрии, хотя ее связь с пространством, по сравнению с алгеброй, более очевидна. Однако не очень давно (по масштабам истории математики) появился и интенсивно развивается математический аппарат топологии, которую нередко называют качественной геометрией<sup>8</sup>.

Топология позволяет осуществить формализацию семантического пространства путем определения местоположения и последовательности размещения понятий в системе. Избрание топологии в качестве математического инструментария построения логики отображения и оперирования смыслами открывает необходимость формирования нового научного направления в сфере искусственного интеллекта – «семантической топологии».

<sup>8</sup> В отличие от классических и специальных геометрий, занимающихся измерением длин и углов, топология имеет неметрический и качественный характер и нередко называется качественной геометрией. Топология возникла как «анализ situs» (анализ положения) и развивалась в направлении «теории конечных множеств».

Идея базирования семантики информационных систем на математическом аппарате топологии соответствует подходам, сформулированным А.Н. Колмогоровым. На языке, понятном проектировщикам ЭВМ и разработчикам программного обеспечения, процесс мышления можно определить как семантическую разметку конструктивного объекта, определяющего динамическое состояние алгоритмического процесса. Эти состояния представляют собой одномерные топологические комплексы, разметка вершин и ребер которых осуществляется элементами из заранее выбранного конечного множества<sup>9</sup>.

Реализация идеи семантической топологии позволяет выйти за рамки традиционного лингвистического анализа текстов и статистических методов работы с электронными документами, сформировать принципиально новый подход к алгоритмизации процессов определения, фиксации и передачи смыслов в текстах, излагаемых на естественном языке. В рамках семантической топологии может и должен быть осуществлен переход от традиционных бинарных логик к тринитарной логике<sup>10</sup>, адекватной структуре трехмерного пространства и его отображения «здравым смыслом».

## От семантической аналитики к семантической топологии

Для построения логического каркаса семантического пространства необходимо определиться с базовыми принципами его организации и гармонизации. Образцом предустановленной гармонии являются схемы и процессы роста кристаллов, строительства молекул ДНК и передачи наследственных признаков в живых организмах с помощью генокода. ▶

<sup>9</sup> Успенский В.А., Семенов А.Л. Алгоритмы, или машины Колмогорова. Сборник: А.Н. Колмогоров. Теория информации и теория алгоритмов. М. Наука, 1987.

<sup>10</sup> Баранцев Р.Г. Имманентные проблемы синергетики // Вопросы философии, 2002, № 9. С. 91–101.

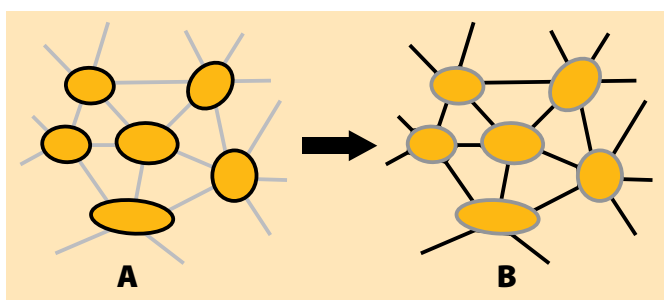


Рисунок 2. Смена аналитического мышления на системное: переход от объектов к взаимоотношениям

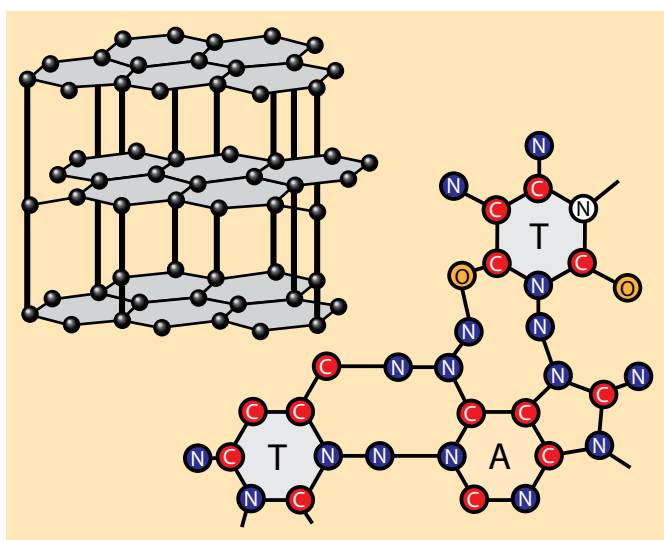


Рисунок 3. Топологическое сходство кристаллической решетки углерода и структуры триад построения спирали ДНК

► Соединения строгой предустановленной логики с нестрогими суждениями, включающими моменты эвристики и интуиции, имеет научное определение абдукции<sup>11</sup>. Метод абдукции – это прием мышления, который представляется единственно применимым для постановки и решения задачи смыслового упорядочения семантического пространства. Создание устойчивого смыслового каркаса семантического пространства требует выбора и последовательной реализации фундаментальных научных принципов и научных положений. К их числу должны быть отнесены: принцип системности, принцип симметрии и принцип дополненности (двойственности).

Принцип системности применительно к решению данной задачи заключается в следующем. Системное мышление контекстуально, что обеспечивает его адекватность сути решаемой задачи нахождения устойчивой взаимосвязи между текстом и его контекстом. Выбор в качестве методологических инструментов системных правил связности и контекста предполагает необходимость перехода от объектов к их взаимоотношениям и формированию сети (рис. 2).

Сетевая логика системного мировоззрения изменяет не только взгляд на воспроизводимую текстами объективную реальность, но и на способ описания научного знания. Представление о научном знании как о сети понятий и моделей, в которой ни одна часть не более фундаментальна, чем

<sup>11</sup> Абдукция – (*abduction* – буквально «похищение», «умыкание») – выведение понятия из того категориального ряда, в котором оно закреплено традицией, и перенесение его в другой ряд или множественные, расходящиеся ряды понятий. Этот термин был введен Ч. Пирсом для обозначения логики гипотетического мышления.

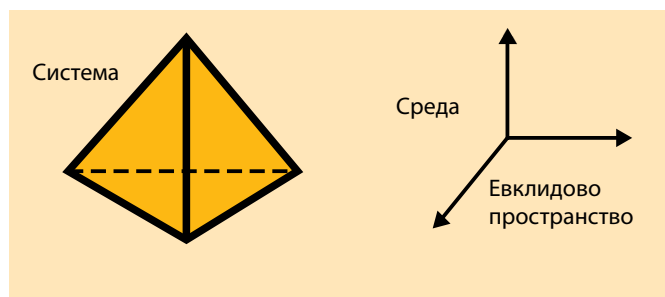


Рисунок 4. Обобщенная логика построения семантического пространства

другая, было сформулировано в 70-е годы физиком Джеффри Чу в виде бутстрап-теории<sup>12</sup>.

Научное сообщество не имеет принципиальных возражений против такого представления о структуре реального мира и форме его отображения. Однако на практике широко известен лишь один канонический образец представления научного знания в виде сети понятий и классифицируемых свойств объектов – периодическая система элементов Д. Менделеева. Наш великий соотечественник совершил беспрецедентный прорыв не только в познании мира, имеющий фундаментальное значение не только для становления и развития химии как точной науки, но продемонстрировал образец доведения научного знания до формы, соответствующей принципу системности. Соответствие сетевой логике является принципиальным требованием к структуре и форме представления семантического пространства.

Второй методологической установкой для построения логического каркаса семантического пространства избран принцип симметрии (рис. 1). Симметрия – это вид согласованности отдельных частей, которая объединяет их в единое целое<sup>13</sup>. С фактором симметрии связано также состояние равновесия. Реальная жизнь в неорганическом и органическом мире протекает как отклонение от симметрии, то есть как асимметрия. Однако асимметрию можно понять только как отклонение от симметрии, от известных стереотипов. Поэтому задача определения того, от чего отклоняется реальность и с чем она сравнивается, остается актуальной для любых систем и их отображения в сознании.

Наиболее поразительным примером симметрии в неорганическом мире являются кристаллы. Кристалл – это совокупность определенных единиц (атомов, ионов или молекул), структурный мотив которых повторяется в трех измерениях. Следует отметить, что между кристаллами и живыми организмами имеется не просто связь, а связь существенная, в топологическом смысле – определяющая. На углеродной основе построена жизнь. Поэтому структурные свойства углерода и воды как основы живого задают топологию органических тел, а также материальных носителей ра-



Фото. Колмогоров А.Н. во время чтения лекции «О влиянии идей теории информации на развитие математики» на юбилейных научных чтениях, посвященных 100-летию Московского математического общества 23.10.1964 г.

зума, интуиции и сознания. Можно сказать, что топология кристаллов задает алгоритм построения белков, свидетельством чему являются их структурные свойства (рис. 3).

В этом состоит фундаментальное значение предустановленной гармонии, обеспечивающей согласование элементов, структур и процессов при формировании семантического пространства.

Третий фундаментальный принцип формирования каркаса семантического пространства связан с реализацией идеи единства физической реальности и топологии<sup>14</sup>. Для разработки математического аппарата алгоритмизации электронных текстов имеют существенное значение обобщенные теоремы двойственности Серра-Гротендика<sup>15</sup>, которые формулируют законы физики на языке топологии, а также классическая топологическая теорема Пуанкаре-Понтрягина о том, что важные характеристики геометрического объекта детерминируются топологическими свойствами незанятой им («остальной») части пространства и наоборот (рис. 4). Принцип двойственности позволяет осуществить аппроксимацию всех физически важных взаимодействий «внешнего» мира и локально выделенного объекта с ▶

<sup>12</sup> Капра Ф. Паутина жизни: новое научное понимание живых систем.

<sup>13</sup> Именно симметрия является причиной возникновения и механизмом воспроизводства порядка в таких явлениях природы, как кристаллы, структуры и процессы самоорганизации биологических и социальных систем.

<sup>14</sup> Известно утверждение А. Пуанкаре о том, что опыт не определяет разрозную физику и геометрию; он подтверждает суммарно физику и геометрию в их взаимосвязи.

<sup>15</sup> Теорема К. Жордана гласит: всякая плоская простая замкнутая кривая всегда разбивает плоскость на две — и всегда только на две! — связанные компоненты и является их общей границей.

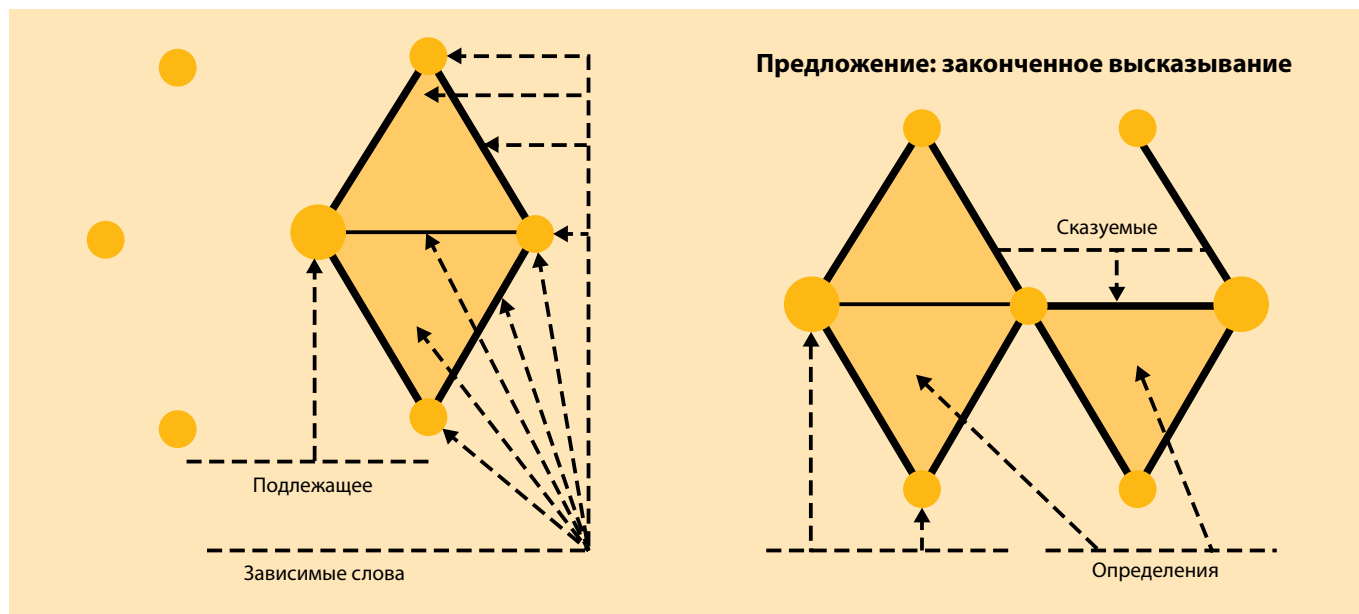


Рисунок 5. Топологические объекты и их соответствие членам предложения

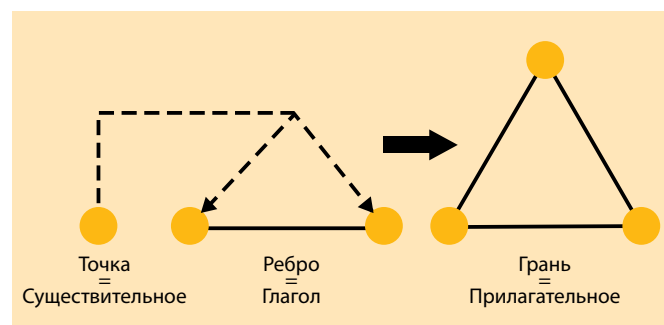


Рисунок 6. Топологические объекты и их соответствие частям речи

► помощью системы «покрытий» внешнего мира «дуальным топологическим комплексом»<sup>16</sup>.

Последовательное применение этих трех фундаментальных принципов позволяет создать теоретические основы семантической топологии и построить понятийный базис, имеющий форму объемной сети общезначимых понятий и связывающий их смысл с местоположением в семантическом пространстве. Соединение математической строгости семантической топологии с нечеткими логиками «здравого смысла» и согласование понятийного базиса с классическими схемами описаниями смыслов в формализуемых предметных областях обеспечивает

<sup>16</sup> Дуальный топологический комплекс – это сложная обобщенно-геометрическая «модель» всех возможных взаимодействий данного объекта с внешним миром. Предельный дуальный топологический комплекс «внешнего мира» изоморфен нашему обычному евклидову пространству, а вся совокупность связей интересующего исследователя объекта с внешним миром «вне его» концентрируется в один объект и суммарно выражается особым «комплексом вычетов» (Аксурин И.А. «Концептуальные основания новой – топологической физике». Сборник «Философские проблемы физики элементарных частиц (тридцать лет спустя)». М., 1995, Институт философии РАН).

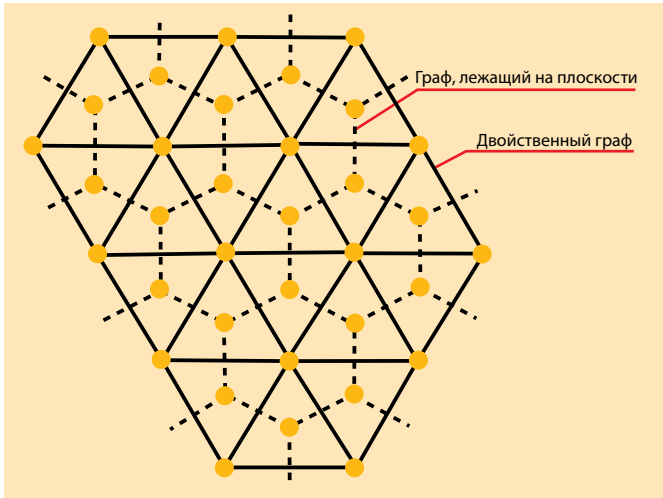
возможность алгоритмизации широкого круга практических задач, формирования логической и терминологической основы построения классификационных систем.

## Традиции и инновации в создании теоретических основ семантической топологии

Излагаемый подход соответствует традиции отечественной школы алгоритмизации объектов и процессов автоматизации. Каждый алгоритм, в соответствии с подходами и теоретическими представлениями А.Н. Колмогорова<sup>17</sup>, имеет дело лишь с конструктивными объектами определенного фиксированного типа. Ими, к примеру, могут быть слова, составленные из букв заданного и жестко закрепленного алфавита.

Конструктивные объекты заданного типа могут образовывать ансамбли конструктивных объектов, что соответствует высказываниям и другим семантическим конструкциям. Для знакового изображения конструктивных объектов обычно используются графы, которые представляют собой, выражаясь языком математики, одномерные топологические комплексы.

<sup>17</sup> Колмогоров Андрей Николаевич (1903–1987 г.г.) – выдающийся отечественный математик, доктор физико-математических наук, профессор Московского государственного университета, академик академии Наук СССР. Колмогоров – один из основоположников современной теории вероятностей, им получены фундаментальные результаты в следующих математических дисциплинах: теории меры, теории множеств, конструктивной логике, топологии, теории приближений, теории вероятностей, теории случайных процессов, теории информации, математической статистике, теории динамических систем, теории конечных автоматов, математической лингвистике, теории сложности алгоритмов, теории турбулентности, в исследованиях по математическим методам в языкознании.



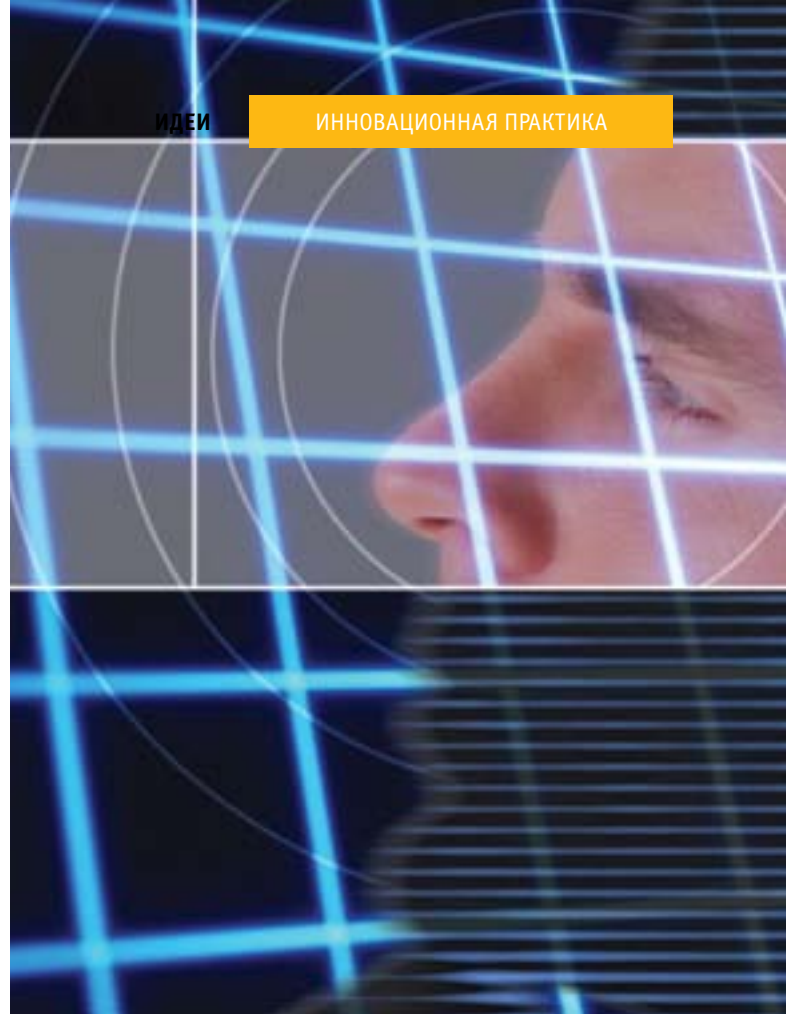
**Рисунок 7.** Симплексы исходного комплекса представлены непрерывными линиями, многогранники дуального комплекса – пунктиром

Одномерные топологические комплексы могут быть использованы и традиционно использовались для построения семантического пространства и математического отображения структур и процессов оперирования смыслами. Для этого вершины топологических комплексов могут быть помечены символами из определенного конечного алфавита или словами из определенного словаря. Символами могут быть размечены и ребра, однако это не выводит комплекс за пределы его одномерности (символ на ребре можно представить как вершину нового типа) и не приводит к принципиальному расширению класса рассматриваемых объектов.

Важный вывод А.Н. Колмогорова, исследовавшего такие комплексы, заключается в том, что работа с ансамблями конструктивных объектов всегда сводит задачу к конечному числу типов элементов и к одному-единственному типу бинарных связей, то есть к обычной булевой логике. В результате этого отобразить одномерным топологическим комплексом смысл трехмерного пространства оказывается принципиально невозможным делом.

Изучение работ А.Н. Колмогорова приводит к выводу о том, что формирование тринитарной логики организации семантического пространства возможно только на основе двумерных (объемных) топологических комплексов. Для этого к числу конструктивных топологических объектов наряду с вершиной и ребром должна быть отнесена и грань. Такое дополнение принципиально меняет алгоритмические свойства топологического комплекса и его семантические возможности. Двумерный топологический комплекс становится сопоставимым по своей гибкости и выразительности с естественным языком.

Важным преимуществом семантической топологии является ее наглядность, конструктивность и высокая степень соответствия геометрических описаний лексическим единицам и правилам грамматики естественного языка. В системе принятых математических формализмов существительному соответствует точка, глаголу – ребро, прилагательному – грань (рис. 6).

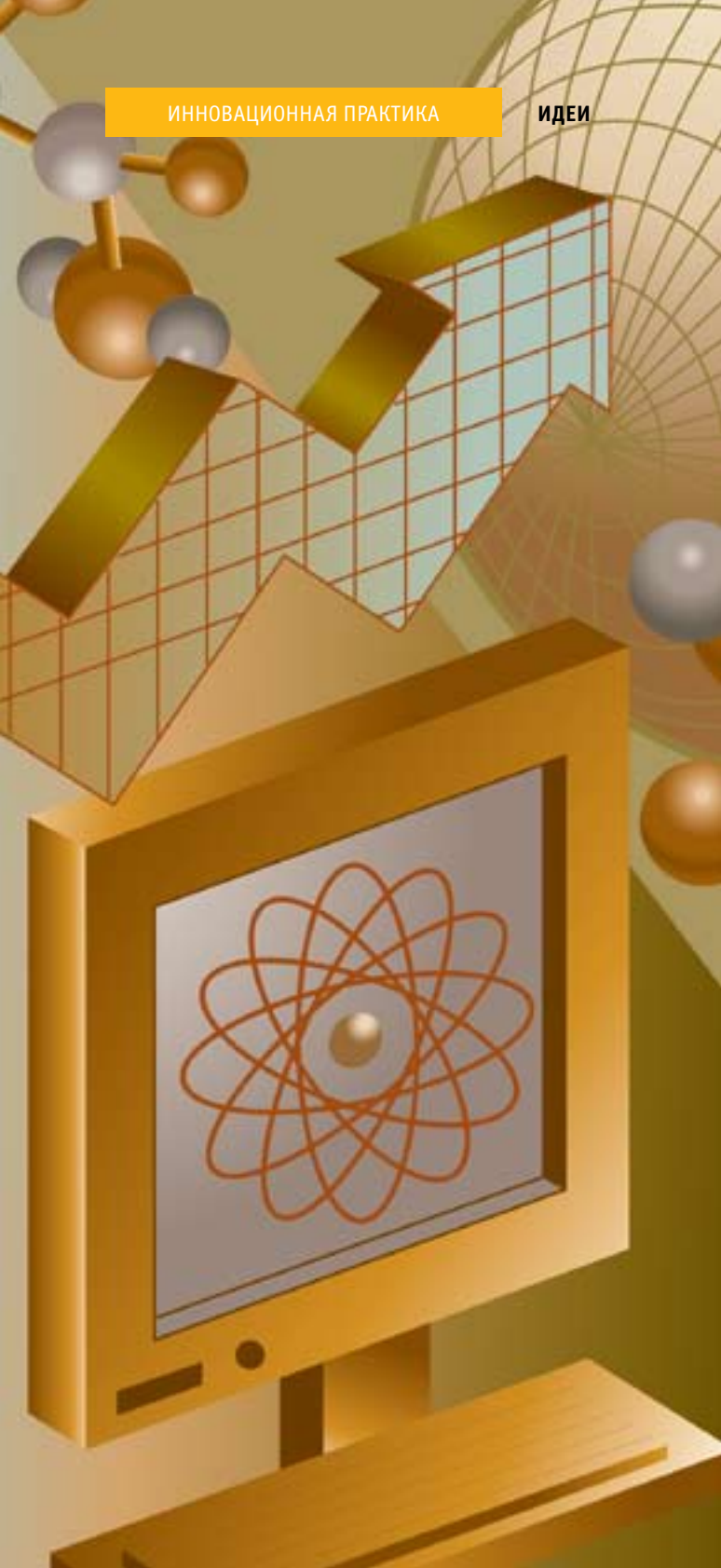


Применение определенных последовательностей топологических объектов и их конструкций позволяет отобразить практически любую логическую операцию, излагаемую на естественном языке, придать ассоциативным логикам математическую строгость (рис. 5).

Проблему разработки механизма соотнесения текста с контекстом (а именно это и является целью формализации семантического пространства) также необходимо выразить с помощью конструктивных объектов и топологических преобразований. Математическая сущность такой топологической операции заключается в следующем. Двумерная поверхность, избранная для разметки семантического пространства, представляет собой так называемый двойственный комплекс Пуанкаре<sup>18</sup>.

Двойственный комплекс позволяет представить двумерную поверхность с помощью двух, двойственных по отношению друг к другу графов, являющихся одномерными топологическими комплексами. Хотя в каждом из этих комплексов семантически размеченными являются только вершины и ребра, но в их совокупности вершины графа, двойственного к исходному графу, выступают инструментами разметки соответствующих граней. В результате этого в двойственном комплексе оказываются семантически размеченными не только вершины и ребра, но и грани, ограниченные этими вершинами и ребрами. Отношения между одномерными топологическими комплексами в едином двумерном комплексе можно интерпретировать как взаимосвязь между текстом и контекстом. ▶

<sup>18</sup> С.П. Новиков. *Топология. Москва – Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2002.*



► Двойственный комплекс Пуанкаре как двумерный топологический объект становится «жесткой» логической конструкцией, удерживающей смыслы в операциях выделения контекста из текста или использования контекста (ансамбля конструктивных объектов Колмогорова) в качестве логической основы для создания текстов. В соответствии с излагаемой схемой может быть сконструирован любой семантически размеченный двойственный комплекс многогранников<sup>19</sup>. Это и есть модель алгоритмического процесса в предметной области семантической топологии.

В разработке «механизмов» семантической топологии могут быть использованы симметрии кристаллографических групп Федорова-Шенфлиса<sup>20</sup> в качестве инструмента построения гармонизированных смысловых рядов плоского семантического орнамента (регулярной плоской структуры). Такие семантические механизмы и создаваемые на их основе конструкции позволяют перейти к смысловой «кристаллизации» языка в виде «жестких» смысловых схем. Идея «смысловой кристаллизации» языка лежит в русле теоретических разработок Р. Тома<sup>21</sup> по созданию топологической модели языка. Существование «глубинной» структуры языка в дополнение к его поверхностной структуре, доступной для всех участников общения, вытекает и из представлений Н. Хомского о существовании универсальной грамматики в его теории генеративных грамматик<sup>22</sup>.

Поскольку глубинный слой языка по отношению к поверхностному слою находится в определенном состоянии двойственности, то реализация идеи «поднятия на поверхность» семантического пространства «глубинного смысла» языка может быть представлена операцией отображения на двойственный комплекс Пуанкаре. Решение данной задачи аналогично задаче совмещения текста с контекстом, также находящимся между собой в двойственном отношении, что позволяет довести фундаментальные идеи Р. Тома и Н. Хомского до прикладного применения.

## Сферы применения семантической топологии

Разработка математического аппарата и понятийного базиса семантической топологии изначально ориентирована на решение сложных информационно-аналитических задач. Ее логический аппарат и набор технических приемов работы со смыслами позволяют ставить и решать такие практические задачи, как составление когнитивных и стратегических (дорожных) карт, алгоритмизировать управление сложными объектами, разрабатывать архитектуру хранилищ и систем управления знаниями.

Создание и применение семантической топологии для решения названных задач может иметь существенное значение для формирования отечественной школы управленческого консультирования и формирования собственных коллективов, обладающих технологиями и навыками алгоритмизации управленческих задач для государственных органов, госкорпораций и крупных национальных компаний.

<sup>19</sup> *Пространство таких двойственных конструктивных объектов аналогично, с учетом принципа неопределенности Гейзенберга, двум дополнительным друг другу по принципу Бора представлениям квантово-механических систем: координатному и импульсному – и конструктивно реализует идею единства физической реальности и топологии.*  
Источники: Дирак П. Принципы квантовой механики. М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1979.

<sup>20</sup> *Природа, 1991, № 12. Федоровские группы – универсальный закон природы. Правильные системы. Статья д. ф.-м. н. Р.В. Галиулина.*

<sup>21</sup> *Том Р. – известный французский математик, основатель теории катастроф.*

<sup>22</sup> *Иванов В.В. Чет и нечет. Асимметрия мозга и знаковых систем. «Кибернетика». М.: Сов. радио. 1978.*

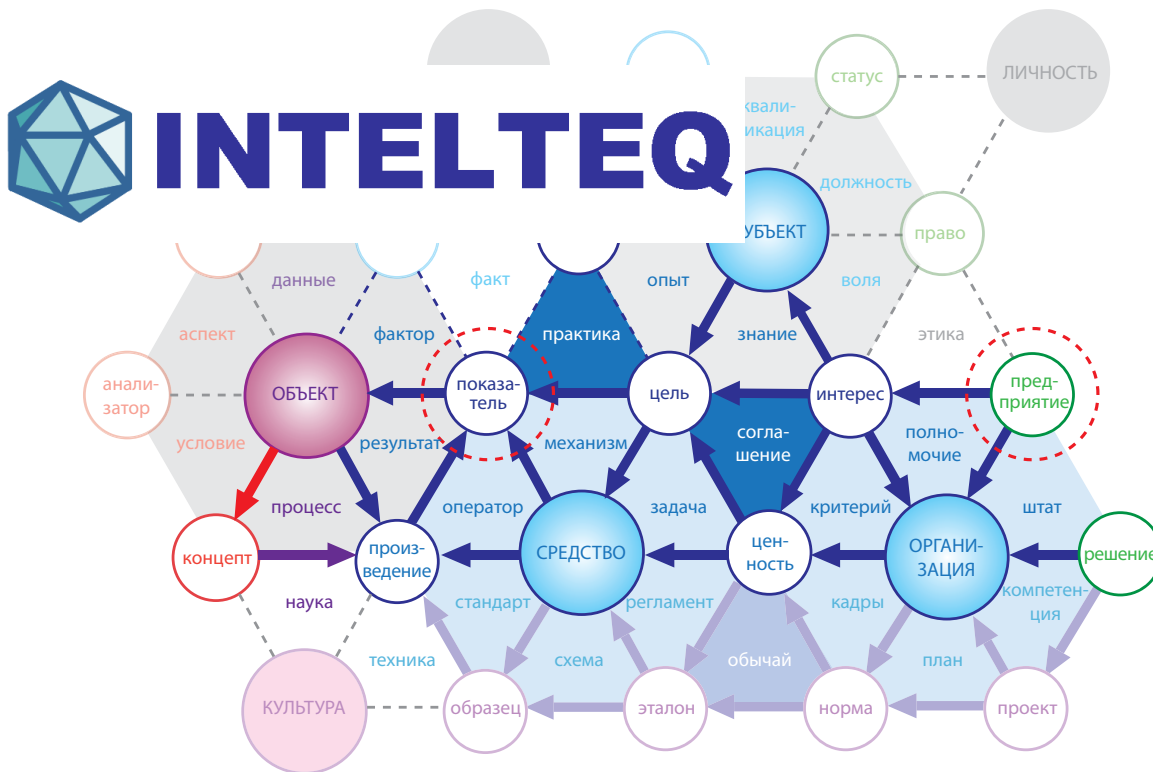


Рисунок 8. Пример использования семантической топологии для разработки стратегии достижения заданных показателей

Семантическая топология подводит теоретическую базу под постановку и решение задач увязывания текста с контекстом в информационных системах, создание механизмов смысловой навигации в глобальных и локальных сетях, автоматизацию процессов управления знаниями и аналитического обеспечения управленческой деятельности (рис. 8). На этой теоретической основе могут быть построены алгоритмы и концепты аппаратной архитектуры трехмерной логики, созданы принципиально новые системы производства, хранения, поиска и интерпретации информации.

Семантическая топология создает предпосылки разработки принципов моделирования структур и процессов квантово-оптических ЭВМ. Данное обстоятельство основано на сходстве теоретических основ семантической топологии и законов распространения световых волн в сплошных средах. Такое сходство неслучайно, так как принцип симметрии, топология кристаллов и геометрия света представляют собой взаимосвязанные реальности. В вариационной задаче, которую решает свет при обходе препятствий по принципу наименьшего пути, «работают» волновые фронты и каустики. Включения гиперповерхностей и их канонических проекций в симплектическое многообразие образуют шестиугольную коммутативную (симметричную) диаграмму<sup>23</sup> (рис. 9).

Такая техника построения диаграмм используется при моделировании и изучении особенностей систем световых лучей и фронтов, представляет собой аппарат математического описания оптических процессов. Очевидно внешнее сходство диаграмм теории особенностей волновых фронтов со схемами семантической топологии и возможность их согласования при

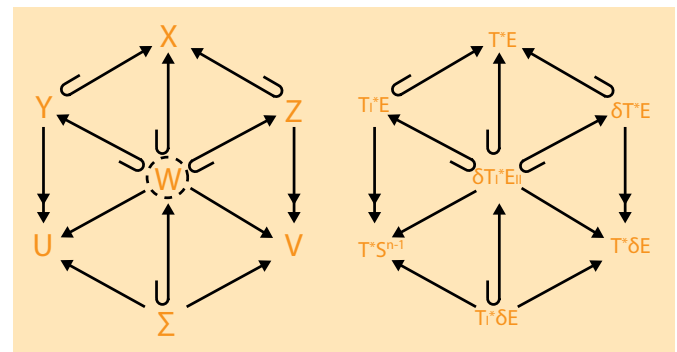


Рисунок 9. Диаграмма, порожденная двумя гиперповерхностями в симплектическом пространстве

постановке и решению задач создания квантово-оптического компьютера.

Новое понимание сущности и процессов алгоритмизации ассоциативных логик может придать новый импульс фундаментальным исследованиям по искусственному интеллекту и создать дополнительные предпосылки к установлению междисциплинарных связей в области научного знания, имеющего принципиальное значение для развития теории и практики программного обеспечения.

Концентрация интеллектуальных усилий вокруг идей и принципов семантической топологии может способствовать формированию собственной научной школы интеллектуальных информационных систем и генерирования массива инноваций для отечественного и мирового рынка в сфере информационных технологий и организации управления. ■

<sup>23</sup> Арнольд В.И. Особенности каустик и волновых фронтов. М.: ФАЗИС, 1996.