

АНАЛОГИЯ И ГОМОЛОГИЯ В ФОРМАЛЬНЫХ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЯХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

А.К.Черкашин

*Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, д.1, г. Иркутск, Россия
cherk@mail.icc.ru*

Аннотация. *Исследуются научные модели представления знаний, основанные на отображении гомологии и аналогии систем разного рода. Каждая онтология формируется как локальная система координат организации знаний: матричная (декартовая), полярная и сферическая модель знаний. Все знания индивидуализированы по критериям их расслоения на непересекающиеся области и упорядочены логическими и функциональными связями в слое (гомологическая категория) и между слоями (аналогический функтор). Примером полярной модели знаний является матрица основных понятий и законов сквозных содержательных теорий со специальным инвариантом существования (начало координат).*

Ключевые слова: гомология аналогия, структура онтологий, системы координат представления знаний, процедура расслоения знаний.

1 Введение

Область искусственного интеллекта, связанная с разработкой баз знаний, - инженерия знаний, как всякий инженерный подход интересен своей конкретностью, комплексностью и конструктивностью и важен не только для создания экспертных систем, но и методического совершенствования самого процесса научных исследований с ориентацией на конечный результат в виде структурированного знания. Овладение учеными методами и средствами извлечения, представления, структурирования и использования знаний – залог эффективности организации исследовательского процесса и быстрого внедрения результатов в практику. Вместе с тем, приходится констатировать несоответствие требований, предъявляемых к результатам научных работ, и их методического обеспечения со стороны инженерии знаний, поскольку создаваемые модели знаний в основном имеют тривиальный характер, фиксируя неструктурированные представления экспертов или слабо упорядоченные схемы автоматического распознавания связи наборов данных.

2 Теоретические проблемы

2.1 Расслоение пространства знаний

Каждый ученый понимает, что создание содержательной модели знаний в своей области находится на грани фундаментального научного открытия. Своеобразным эталоном в этом смысле давно стала периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева – оптимальным образом организованная реляционная модель, которая упорядочивает известные сведения о свойствах элементов, позволяет объяснить их происхождение и делать выводы о существовании новых элементов и свойств. Формализованная модель системы базируется на объективных законах квантовой физики. Такие системы в науке называются естественными классификациями, положение объектов в которой определяется их существенными свойствами. Первый критерий естественности классификации был предложен еще в середине XIX века В.Уэвелем и имеет прямое отношение к работе экспертных систем: чем больше общих утверждений об объектах даст возможность сделать классификация, тем она более естественна [4]. По этой причине наиболее совершенной моделью представлений знаний является такая

классификация, в которой все признаки объекта определяются координатами его положением в классификационной системе [7]. Делаются попытки использовать представления об естественных классификациях при формировании моделей знаний - онтологий [2].

По формальному определению, онтологией называется тройка $O = \langle X, R, F \rangle$, включающая конечные множества понятий предметной области X , отношений между понятиями R и функций интерпретации F . Под это определение попадает система любого уровня организации информации: данные, знания, модели, теории и др. Например, чтобы создать научную теорию, необходимо ввести множество базовых понятий X и законов – аксиом R , а также определить логику оперирования понятиями и законами.

По этой причине исследование и использование уже имеющегося опыта формирования онтологий в различных науках имеет большое значение для понимания принципов моделирования систем знаний. В данном отношении много примеров накоплено в географической науке, где давно разрабатываются схемы представления знаний. Аннотированный анализ географических концептуальных построений удобно проводить с помощью процедур полисистемной методологии [10-12], рассматривающей любой объект в качестве полисистемы – системы систем разного рода. Это достаточно распространенный научный подход, позволяющий с разных сторон исследовать явления, предложить для всякой системной интерпретации свою онтологию знаний в виде теории и набора моделей, построенных на специальной понятийной и аксиоматической базе.

В основе метода лежит процедура расслоения, понимаемая в математическом смысле как прямое $\pi: X \rightarrow B$ и обратное $\pi^{-1}(d) = f: B \rightarrow X, b \in B$ отображение пространства расслоения X на элементы b базы расслоения B и элементов базы B на X , в результате чего пространство X разбивается на непересекающиеся части X_b , полностью покрывающие $X = \bigcup_b X_b$. Это стандартный прием сортировки или типологии (разбиения на классы

эквивалентности $X|B = \{X_b\}$) объектов по их сходству со множеством эталонов B или их описаниями. В географии база расслоения B часто отображена в картографической легенде, сопоставляющей при чтении карты каждой точке ее пространства значение b .

Структура $\sigma(B)$, определенная на B , называется классификацией слоев (типов). Она задает порядок на множестве элементов типологии B , например, в виде иерархической системы, а в ландшафтной карте, в частности, отражает закономерности высотной поясности природных комплексов. Понятно, что при создании онтологии $O = \langle X, R, F \rangle$ в качестве X удобно принять как исходное пространство расслоения, так и расслоенное пространство, представленное множеством слоев $X|B = \{X_b\}$. Кроме того, в качестве понятий онтологии необходимо рассматривать и все множество комбинаций слоев – полиморфных модификаций пространства X , куда в качестве элемента естественно входит X .

Процедура расслоения позволяет внести некоторый порядок в определение разных видов информации [13]. Например, знания можно интерпретировать как расслоение данных, т.е. всякое знание есть тип данных в смысле, принятом в географии при формировании объема того или иного понятия. Например, географический ландшафт – это генетически единый район с однотипным рельефом, геологическим строением, климатом, общим характером поверхностных и подземных вод, закономерным сочетанием почв, растительных и животных сообществ. Здесь учитываются интервалы изменчивости физико-географических характеристик, в пределах которых ландшафт существует как некоторая сущность, которую можно выделить из среды и типизировать. Задав интервалы значений данных, исследователь выделяет ландшафт как некоторую географическую систему, с набором свойственных только ему природных режимов, что позволяет по совокупности признаков делать выводы о природных процессах и последствиях влияния хозяйственной деятельности. Эти связи используются при географической экспертизе.

Расслоение знаний порождает модели – тип знаний, т.е. конструкцию связей элементов территориальной системы, которую имеет смысл использовать в разных географических средах для решения определенного класса задач. Знания о данной местности приносят в моделирование пространственную конкретность, превращает абстрактную модель в инженерную схему расчета. Иными словами знания определяют однозначность решения уравнений модели. Расслоение моделей воспринимается как множество теорий, каждая из которых на своем системном языке описывает территориальные объекты, использует специальный набор законов и особый математический аппарат моделирования.

2.2 Модели представления знаний

В онтологии $O=\langle X, R, F \rangle$ в качестве отношений R рассматриваются разные формы $\{\sigma_i\}$ упорядочения слоев, куда входит и процедура их комбинирования. Структуры порядка многочисленны, и результат работы онтологии во многом зависит от их выбора. Правило интерпретации определяется выбранной формальной моделью представления знаний, но так или иначе замыкается на правила вывода, теоретически внешние по отношению к множеству понятий-слоев и множеству их структурных схем связей. Более того, аналогично и генерация понятий и производство структур задаются внешними правилами по отношению к онтологии, т.е. отдельно должны постулироваться принцип возможности расслоения реальности и ее частей и принцип потенциального существования классификационных структур порядка, и конечно, принцип выводимости нового знания из системы структурированных понятий. Без определения этих принципов, следующих из соответствующих теорий, онтология неработоспособна.

Принципы структурирования удобно проиллюстрировать на примере развития в науке представлений о гомологии и аналогии. Эти понятия имеют философский, системный, общенаучный и математический статус, отражая разнообразие и подобие разных сторон действительности: соответственно различие сходного (полиморфизм) и сходство различного (изоморфизм) [9]. Это два типа независимых упорядоченных множеств X и Y строения, развития и познания, произведение $X \times Y$ которых порождает матричную и полярную структуру и их объединенную сферическую конструкцию представления знаний (рис.1). Матричная модель получается из сферической в результате цилиндрической проекции сферы, полярная – полярной картографической проекции.

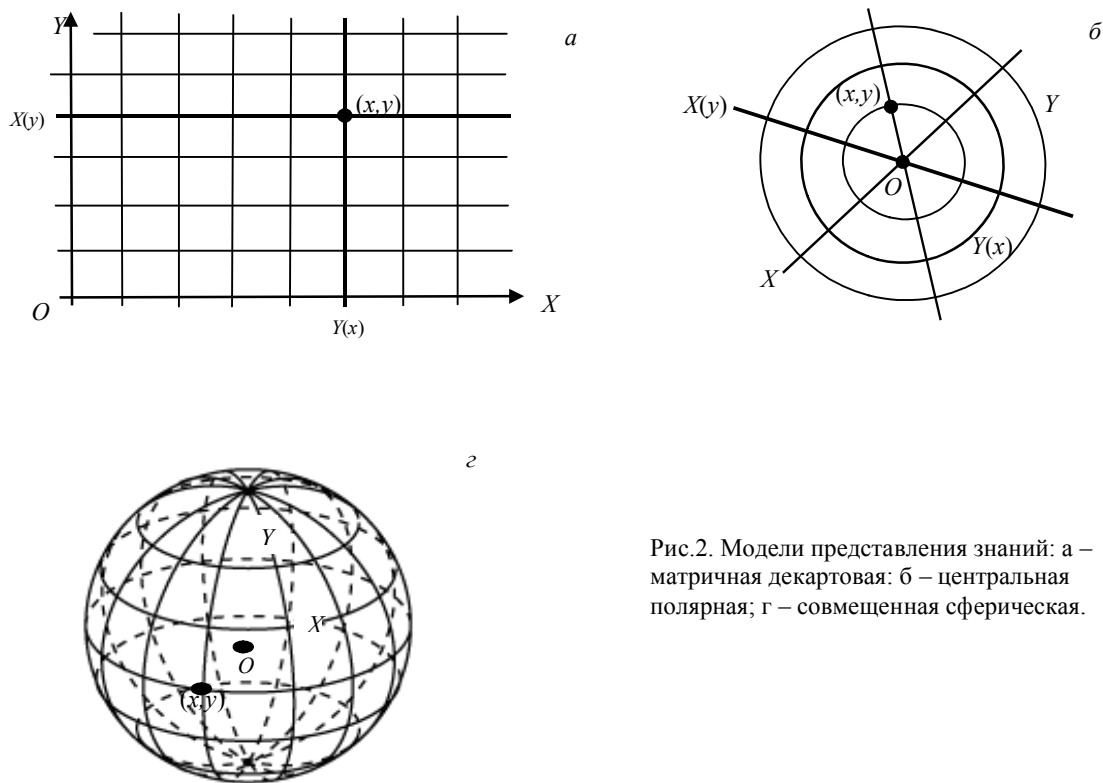


Рис.2. Модели представления знаний: а – матричная декартова; б – центральная полярная; г – совмещенная сферическая.

На рис.1. представлены три вида координатных систем: декартова (а), полярная (б) и сферическая (г). В соответствие с ними называются модели знаний. Начало координат обозначено т. O . На рис. 1а гомологические ряды соответствуют множеству горизонтальных линий X , ряды аналогов Y – вертикальным линиям. Для формализации отношений здесь можно использовать понятия теории категорий, когда гомологический ряд рассматривается как категория последовательных элементов и их морфизмов $x \leftrightarrow x$, а морфизмы-анalogии параллельных рядов $X \leftrightarrow X$ считаются функтором.

Конкретный гомологический ряд $X(y)$ задается фиксацией элемента ряда аналогов $y \in Y$, а аналогический ряд $Y(x)$ – элементом ряда гомологов $x \in X$. Точка (x, y) – элементарное понятие системы знаний, принадлежащей к соответствующим рядам гомологов и аналогов. Ряд

гомологов объединяет генетически связанные элементы, имеющие общие происхождение, что наглядно иллюстрируется законом гомологических рядов Н.И.Вавилова [1]. Согласно этому закону генетически близкие виды и роды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости (полиморфизма) с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Такая возможность открывается вследствие существования рядов аналогов, объединяющих разные по происхождению, но сходные по свойствам, элементы. Это позволяет переносить знания из одного параллельного ряда гомологий в другие $X \leftrightarrow X$. Знания можно переносить и внутри ряда гомологов, поскольку элементы ряда однородны по происхождению, что имеет место в гомологических рядах органических соединений. Знание свойств одного члена гомологического ряда позволяет делать логические выводы о характеристиках других представителей этого ряда, предсказывать существование и свойства неизвестных членов гомологических рядов. В итоге гомологические и аналогические ряды обладают индуктивными свойствами.

Наглядно матричная декартова схема проявляется в периодической таблице химических элементов, где ряд гомологов соответствует горизонтальным периодам, а ряд аналогов – группам элементов. Элементы одной группы из главной подгруппы обладают сходными химическими свойствами. Многочисленны другие матричные модели представления знаний. Например, в теории и практике организации деятельности используется матричная система управления [8], которая создается путем совмещения структур двух типов: линейно-функциональной и программно-целевой. В линейной структуре управления по вертикали Y строится управление по отдельным видам деятельности. В соответствии с программно-целевой структурой по горизонтали X организуется управление программами. Например, реализуются проекты X создания разных марок машин, для чего необходим полный набор комплектующих изделий и соответствующих подразделений Y их разработки, изготовления и сборки. По этой причине в программно-целевую организацию проекта $X(y)$ включаются группы исполнителей $y \in Y$ из различных функциональных подразделений Y фирмы, отвечающих за y -й блок работы; $Y(x)$ – ряд линейной организации группы создания изделий определенного типа x для всех проектов X . Соотношение $X(y) = Y(x)$ означает условие (x,y) конкретного участия специалистов линейной группы $Y(x)$ в проекте $X(y)$. В рамках проекта $X(y)$ между специалистами $Y(x)$ организуется согласованная деятельность $X(y) \leftrightarrow X(y)$ по изготовлению структурно и функционально подогнанных изделий для конкретной марки машины $X(y)$. В линейной группе при изготовлении нового изделия (x,y) используется опыт работы в других проектах X : $Y(x) \leftrightarrow Y(x)$. В данном случае ряд аналогов выстраивается по горизонтали и состоит из групп разной специализации в проекте, а ряд гомологов – по вертикали и отражает взаимодействие групп разработчиков в пределах функционального подразделения.

В техническом знании Y – это технические системы (объекты $Y(X)$), состоящие из конструктивно согласованных частей – агрегатов или устройств $X(Y)$. Все многообразие частей X распределяется по техническим системам $Y(X)$ и типизируется $X(Y)$ – устройства одного типа, используемые в разных машинах Y . Тип устройств $X(Y)$ представлен изделиями разнообразной формы и функций, имеющими общее происхождение от первичного образца и образующими гомологический ряд. В географии и геологии X рассматривается как множество хронологических, а Y – хронологических рядов. Тогда $Y(x)$ – отражает разные местоположения в фиксированный момент времени x , а $X(y)$ – совокупность процессов, происходящих в данном месте y в разные моменты времени. Например, $Y(x)$ – пространственный ряд географических фаций в ландшафте, $X(y)$ – природный режим конкретного участка фации, (x,y) – переменное состояние фации. Гомология $X(y) \leftrightarrow X(y)$ означает временную связь различных переменных состояний фаций (динамику), аналогия $Y(x) \leftrightarrow Y(x)$ – пространственные связи фаций в ландшафте. В периодической системе (X,Y) географической зональности [3] функция $X(y)$ соответствует конкретному широтно-климатическому поясу y с полным набором природных зон от лесов до пустынь, а $Y(x)$ включает все зоны-аналоги, например, леса x разных поясов.

Приведенные примеры позволяют использовать матричную схему для типологии и классификации. Пусть Y – множество исследуемых объектов, а X – множество типов объектов. Тогда $Y(x)$ – все объекты типа x , $X(y)$ – множество типов, свойственных данному объекту y . Выражение $X(y)$ обозначает систему типов (полисистему) объекта y , например, набор видов географических фаций, встречающихся на местности. Формула $Y(x)$ выделяет множество объектов типа x , например, совокупность участков местности, относящихся к ареалу конкретного вида фации. Если Y – объекты, а X – предметы исследования, то $X(y)$ – множество предметов исследования конкретного объекта y , $Y(x)$ – сквозное направление (предмет) исследования x в разных объектах. Такая модель близка по форме к реляционной модели представления данных и знаний. Отношения задаются в виде таблицы $X \times Y$ атрибутов X

(гомологические ряды $X(y)$) и значений Y (ряды аналогов $Y(x)$). Поиск необходимых данных и знаний (x, y) состоит в решении уравнения $X(y) = Y(x)$.

В полярной модели представления знаний на рис. 1б гомологические ряды $X(y)$ соответствуют линиям пучка с центром в т. O . Ряды аналогов $Y(x)$ – это окружности с центром в этой точке. Линии имеют разную ориентацию y , а окружности – разный радиус x . При повороте линий $X(y) \leftrightarrow X(y)$ относительно центра осуществляется калибровка (сравнение) гомологических рядов, а при изменении диаметра окружностей – сопоставление аналогических рядов $Y(x) \leftrightarrow Y(x)$. Процесс $Y(x) \leftrightarrow Y(x)$ задает некоторую иерархию элементов системы, их изменение от центра к периферии. Например, если сравнивать окружность большого радиуса с первоначальными описательными стадиями развития науки, то уменьшение радиуса $Y(x) \rightarrow Y(0)$ можно трактовать как процесс концентрации знаний, выявление фундаментальных законов жизни природы и общества. Каждая линия $X(y)$ в такой интерпретации представляет определенное научное направление. Точка (x, y) символизирует уровень x развития науки y . Такие модели ближе по форме к распространенным в информационных приложениях семантическим сетям.

Линии $X(y)$ можно интерпретировать как координаты некоторого ординационного пространства представления данных и знаний. В этом случае окружности $Y(x)$ – сопоставимые значения координат. Например, в ландшафтоведении есть модель факторально-динамических рядов фаций [6], в которой геосистемы зональной нормы $Y(0)$ видоизменяются по разным факторам влияния $X(y)$ с различной интенсивностью $Y(x)$. Факторами y являются показатели обводненности, теплообеспеченности, механического состава почвы и ее плодородия и др. В коренных геосистемах на выложенных участках местности с развитым почвенным покровом влияние факторов сбалансировано, а в других местоположениях в ландшафте воздействие факторов в разной степени $Y(x)$ отклонено от нормы. При большом значении x облик зональной геосистемы сильно изменен относительно зональной нормы $Y(0)$. Гомологический ряд $X(y)$ соответствует классу фаций, а $Y(x)$ собирает фации одной степени x видоизмененности (серийности) разных классов. Положение (x, y) означает группу фаций в составе определенного факторального ряда $X(y)$ конкретной серийности $Y(x)$: $X(y) = Y(x)$. В данном случае полярная схема отражает классификационную структуру знаний о всем множестве фаций ландшафта (эпифации в составе геома).

Сферическую модель представления знаний (см. рис. 1 г) удобно рассмотреть на примере схемы А.Г.Исаченко [5], связывающей явление географической секторности (рис. 1б) с периодическим законом зональности (рис. 1 а). Такая схема позволяет сопоставлять природные зоны и устанавливать аналогии по двум направлениям: 1) широтная полоса представляет систему зон - гомологов (долготных вариантов одной и той же зоны), сменяющихся при переходе из сектора в сектор (леса умеренного или континентального сектора); 2) сектор выделяет систему зон-аналогов (широтных вариантов одной и той же группы зон), характерной для каждого пояса (тропические и субтропические леса). Долготные варианты зон относятся к разным типам, например, к лесам и степям одного широтного пояса. Деление планеты на широтные и долготные зоны (секторы) формально осуществляются параллелями и меридианами, когда между двумя меридианами заключен сектор, а двумя параллелями – широтный пояс (полоса). Природную зону можно сопоставить узлу их пересечения. Таким образом, на поверхности земной сферы естественно реализует общая модель представления знаний.

«Глобус» знаний справедлив для отображения не только географических знаний. В матричных схемах организации фирм подразумевается наличие центра управления разработками и проектами (генеральный директор и генеральный конструктор), т.е. иерархического подчинения, что передается полярной схемой (рис. 1 б) и замкнутостью меридианов на полюсах в сферической модели (рис. 1 г). В объектно-предметной декартовой схеме соответствия в рамках сферической модели предполагается, что специальные знания по предметам исследования по мере развития науки должны стягиваться к общему центру-полюсу, указывающему на единые принципы организации разнокачественного знания и существование иерархии знаний в пространстве сквозных научных направлений. Развитие сферической модели может идти по аналогии с полярной структурой, т.е. путем введения множества вложенных сфер и пространственного пучка линий с центром в т. O . Так моделируется многослойное геологическое строение планеты и выделяются на ее поверхности регулярные структуры в виде узлов регматической сети (разломов) земной коры. В теории организаций многослойность отображает этапы расширения сферы бизнеса, рост мощности предприятия и соответственно диверсификацию производства – увеличение разнообразия линий–векторов деятельности. Не исключен процесс взаимодействия, поглощения и рождения новых сфер, которые как элементы вписываются в гомологическое пространство более высокого порядка.

Модельные схемы на рис. 1 обладают рядом особенностей, выделяющих их из множества других схем и связывающих с некоторыми общими принципами организации знаний.

Каждая схема состоит из системы двойственных линий: горизонтальных и вертикальных, пучка прямых и окружностей, меридианов и параллелей. Все эти структуры обладают разного рода симметрией: осевой, центральной, сферической. Все линии допускают калибровку, т.е. преобразование одной линии в другую с поворотом, растяжением и переносом. Двойственные линии являются экстремальными вариантами обобщенного типа линий, для сферы соответствующих локсодроме, для полярной системы – логарифмической спирали, для матричной схемы – линии произвольного угла наклона. Через обобщенные линии двойственные линии схем преобразуются друг в друга: горизонтали поворотом в вертикали, линии пучка в окружности через серию логарифмических спиралей, параллели в меридианы через систему разнонаправленных локсодром. Все обобщенные линии, а, следовательно, их экстремальные варианты, самоподобны, т.е. часть линии из одного места без искажений переносится в другое место, например, отрезок прямой по всей прямой линии, хорда – по всей окружности. Все линии схем самоподобны, т.е. путем изменения масштаба переходят в себя, например, длинная линия в короткую, большой круг или шар в малый, спираль в свою начальную часть. Сами схемы также обладают самоподобием, а именно, начальные небольшие схемы являются частью, копией разросшихся схем.

Матричная структура обладает свойством фрактальности, т.е. при переносе начала координат в любую точку пересечения линий (x,y) получаем эквивалентную структуру $X \times Y$ не только при сохранении масштаба изображения, но и при его уменьшении. Можно предположить, что и перенос центра полярной и сферических схем в соответствующие узлы (x,y) сохраняют подобие систем разного масштаба. Это свойство вводит иерархию в организацию моделей знаний. Иными словами, каждый элемент таких моделей может быть представлен как самостоятельная модель, в частности, в иерархическом управлении каждый уровень порождает свою иерархию подчинения.

Другое интересное свойство рассматриваемых моделей представления знаний – дополнительность линий как баз и расслоения. Несложно заметить, что точки каждой отдельной линии схем на рис.1 являются элементами расслоения всего множества двойственных линий, например, одна горизонтальная линия (рис.1а) соответствует всему множеству вертикальных линий, одна линия пучка – множеству окружностей разного радиуса (рис. 1б), одна параллель – множеству меридианов, и напротив, один меридиан – множеству параллелей. Кроме того, обобщающие линии также являются базами расслоения для остальных линий, как, например, наклонная линия – для множеств горизонтальных и вертикальных линий, логарифмическая спираль – линий пучка и всех окружностей, локсодрома – множеств параллелей и меридианов. В целом каждая обобщенная линия с разными параметрами наклона является базой расслоения для всех других множеств линий с другими параметрами. В таком случае схемы на рис. 1 не являются единственными, а могут быть дополнены множеством других линий с постоянными углами наклона. В частности, в матричную структуру (рис.1а) можно ввести два множества диагональных линий противоположной направленности.

Такие возможности интерпретируются следующим образом. При расслоении происходит удвоение пространства анализа, например, на линии формируется множество линий, покрывающих плоскость, а на окружности – множество линий пучка, также покрывающих плоскость (см. рис. 1 б). На каждой линии покрытия воспроизводится свое множество линий расслоения плоскости, ортогональной этой линии. Проекция этих линий с одной плоскости в исходную, приводит к удвоению числа линий, т.е. на сеть из двух типов линий (рис. 1а) накладывается еще такая же сеть, повернутая, например, на 45° . Аналогичное имеет место в полярной и сферической модели с введением спиралевидной и локсодромной сетей. Дальнейшее удвоение происходит путем поворота имеющейся сети на некоторый угол так, чтобы линии новой сети не совпадали с линиями прежней. Так на плоскости моделируется последовательное расслоение пространства. При этом появляются новые структуры, например, структуры триангуляции пространства, обладающие всеми перечисленным выше свойствами, в том числе фрактальной топологией. В логической модели новым линиям соответствуют новые связи элементов, новые формы периодичности. Процедуры расслоения и удвоения определяют потенциал развития моделей представления знаний.

2.3 Принципы формирования онтологий

Для выделения онтологий $O = \langle X, R, F \rangle$ необходимо определить принципы расслоения знаний на слои X , существования классификационной структуры слоев R и функций

интерпретации F . Принципы задаются аксиоматически по аналогии с общей структурой организации теоретического знания (рис.2). Она построена по полярной схеме, где начало координат O соответствует инварианту системы, линии AB , BC , AC образуют пучок, а окружность моделируется треугольником ABC . Стрелки обозначают отношение изоморфизма. Дальнейшее развитие треугольной модели идет по направлениям линий пучка (меридианов) по схеме построения дерева Брюа-Титса. Каждый уровень триадного ветвления оконтуривается треугольником (параллелью) большего размера.

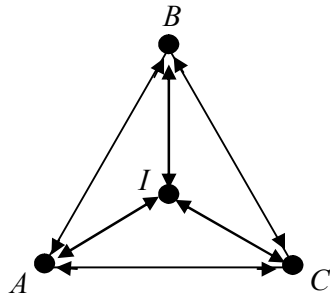


Рис.2. Элементарная структура организации научного знания

Основная интерпретация схемы на рис. 2 имеет диалектико-логический смысл: A – тезис, B – антитезис, C – синтез (A и B одновременно). Символ I в данном случае означает истину. Вся структура выражает мысль, что тезис, антитезис и синтез могут быть одновременно истинны и через это отождествляются как противоположности. Формально-логический подход выбирает в качестве истинного пути исследований только одну ветвь схемы. В развивающейся системе (рис.2) происходит трансляция истины по каждому направлению. Истина соответствует логическому инварианту и началу координат построения полярной логической схемы.

Всякая специальная интерпретация логической схемы предполагает придание понятиям A - B - C конкретного смысла. В общесистемной трактовке [11-12] используются представления о структурах (системах) S_i , их изменениях ΔS_i и действиях D_i , определяющих изменения. Символ I трактуется как инвариантное существование: нечто существует – значит истинно суждение о нем. Универсальные системы (универсумы) объединяют все системы, их изменения и действия (S , ΔS , D). Справедливо сопоставление $A \rightarrow S$, $B \rightarrow \Delta S$, $C \rightarrow D$. В этом случае схема (рис.2) постулирует существование и тождественность через существование универсумов: $S \leftrightarrow \Delta S \leftrightarrow D \leftrightarrow I$. Для всех систем выполняется только тождество $B \leftrightarrow C$, а именно, $\Delta S_i \equiv D_i$.

Тетраэдр отношений $S \leftrightarrow \Delta S \leftrightarrow D \leftrightarrow I$ задает общую схему соответствия между инвариантом и структурой универсумов. Инвариант генерирует в них структуру и свойства определенного и неповторимого универсального качества, например, истины или существования, инвариантного постоянства величин во всех системах отсчета в физике. Например, первый принцип онтологии о существовании системы определенных понятий (слоев) раскрывается через соотношение $C \rightarrow D$ двух миров: гипотетического (мнимого) информационного $A \rightarrow S^-$ и действительного материального $B \rightarrow S$. Инвариантом в данном случае выступает универсальная база расслоения I , свойственная информационному миру $S^- \leftrightarrow I$ и определяющая его индивидуальное состояние. На этой базе расслаиваются все явления материального мира $S \leftrightarrow I$, в результате чего мир S может быть представлен как расслоенное пространство $\bar{S} : S \leftrightarrow I \leftrightarrow \bar{S}$.

Второй принцип R структурированности базы расслоения вытекает из следующей интерпретации: A – база расслоения, B – часть базы расслоения, C – соотношение подобия частей, I – свойство фрактальности (эталон сравнения). Понятно, что в этом случае постулируется фрактальная структура базы расслоения, причем фрактальность понимается в широком смысле, т.е. предполагается, что структура базы расслоения имеет разное фрактальное строение, и все они эквивалентно представляют эту структуру. Этот факт выше проиллюстрирован на примере моделей представления знаний со свойствами аналогии и гомологии. Фрактальность моделируется в форме мультиструктур (мультилиний, мультициклов, мультиспиралей и т.д.).

Наконец, интерпретационная сущность онтологии F определяется истинностью логических операций отождествления (подобия, изоморфизма) A , отрицания (перехода к

противоположному элементу) B и опосредования (синтеза из противоположных элементов нового) C . Изоморфизм $A \leftrightarrow B \leftrightarrow C \leftrightarrow I$ лежит в основе принципов интерпретации знаний в онтологии, представленных истинными операциями сравнения A , индукции элементов и множеств с противоположными свойствами B и синтеза C . Совокупность таких операций формируют правила вывода онтологии. Примером реализации таких правил является разного типа калибровка линий и анализ их пересечений в схемах знаний (рис.1).

Существует множество других специальных интерпретаций организации научного знания по принципам треугольной схемы (рис.2), каждая из которых в соответствии с предметом своего исследования предлагает новые понятия, законы и методы в онтологию исследования. Принципы расслоения, фрактальности и синтеза выражают некоторую методологическую базу формирования онтологии. Заменяя общие понятия и законы на специальные, получаем теоретическую конструкцию для решения новых задач. Например, вопросы комбинирования слоев и их функциональной связи рассматриваются в рамках теории комплексов, формулируемой в терминах математической теории категорий. Комбинации элементов (слоев) формируют системы связей (молекулы из атомов, ландшафты из фаций), которые в гомологических рядах между собой сравниваются отношениями морфизмов и в совокупности образуют гомологическую категорию (комплекс). Гомологические ряды сравниваются по аналогии и формируют функтор взаимосвязей и т.д. В комплексном анализе участвуют элементы, системы и комплексы A , их изменения (отличия) B и морфизмы сравнений C . Инвариантом служит отрезок оси действительных значений $I = [0,1]$. Отношения $A \leftrightarrow B \leftrightarrow C \leftrightarrow I$ означают, что совокупность всех комплексов, их различий и морфизмов линейно упорядочено и измеримо, т.е. для всякого $A_i = A(I_i)$ существует I_i . Кроме того, реализуется принцип гомотопических преобразований $A(I_i) \rightarrow A(I_j)$, обеспечивающий сравнение и индукцию одной структуры из другой. Аксиома $A \leftrightarrow B \leftrightarrow C \leftrightarrow I$ в данном случае означает существование рядов сравнения разного типа – гомологов и аналогов (категорий и функторов), обладающих гомотопическими свойствами, т.е. являющихся топосами.

3 Заключение

Концептуальные модели представления знаний, основанные на анализе гомологии и аналогии структур и функций систем разного рода, имеют большой содержательный потенциал и перспективу развития для формулировки фундаментальных законов и создания на их основе экспертных систем. Различаются два основных типа таких моделей - матричная (декартова) и полярная, представленные в науке. Их обобщением является сферическая модель знаний, в которой двойственные линии (параллели и меридианы) отражают разного рода гомологические и аналогические ряды систем. Точки каждой линии являются элементами базы расслоения множества двойственных линий, поэтому структуры гомологической модели представления знаний – это проекции на двумерную поверхность расслоенного пространства большей размерности. Все элементы гомологических рядов должны быть линейно упорядочены, как химические элементы в периодической системе. Любая из многочисленных гомологических моделей представления знаний должна быть фрактально устроена, и все фрактальные модели должны быть эквивалентны и в конечном итоге представимы в виде структур линейного порядка.

Принципы строения и работы онтологий возникают в результате разной системной интерпретации полярной семантической модели представления знаний в виде треугольной схемы, центр которой соответствует специальному понятию инварианта, а ближайшая периферия включает универсумы систем, их изменений и действий. Инвариант существования однозначно регламентирует строение и свойства универсальных образований и включенных в них систем. Ряды гомологии и аналогии являются проявлением комплексности объектов, моделируемой в терминах теорий категорий, функторов и топосов.

Литература

- [1] Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости// Докл. III Всерос. селекц. съезда. – Саратов : Губполиграфотдел, 1920. – 16 с.
- [2] Витяев Е.Е., Костин В.С. Естественная классификация, систематика, онтология // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях. - Новосибирск: Институт археологии и этнографии СО РАН, 2009. - Вып. 13. - С. 65-75.

- [3] Григорьев А.А., Бudyко М.И. О периодическом законе географической зональности//ДАН СССР, т.110, №1, 1956.- С.129-132.
- [4] Забродин В.Н. К проблеме естественности классификаций: классификация и закон // Проблемы системных исследований. - Новосибирск: НГУ, 1985.- С. 59-72.
- [5] Исаченко А.Г. Системы и ритмы зональности // Известия ВГО, т. 103, вып. 1., 1971. – С. 10-28.
- [6] Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. – Новосибирск: Наука, 1979. – 233 с.
- [7] Любищев А.А. О форме естественной системы организмов // Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М.: Наука, 1982. - С.24-36.- http://www.molbiol.edu.ru/review/02_03.html
- [8] Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление. - М.: Сов. Радио, 1976. - 440 с.
- [9] Урманцев Ю.А. Поли- и изоморфизм в живой и неживой природе // Вопросы философии, № 12, 1968. - с.77- 88.
- [10] Черкашин А.К. Логические аспекты в решении теоретических проблем в географии //Методологические проблемы конкретных наук. Новосибирск: Наука, 1984.- С.149-160.
- [11] Черкашин А.К. Полисистемное моделирование - Новосибирск: Наука, 2005. – 280с.
- [12] Черкашин А.К. Полисистемный анализ и синтез. Приложение в географии. - Новосибирск: Наука, 1997. - 502 с.
- [13] Черкашин А.К. Полисистемные исследования развития теоретической географии // География и природные ресурсы, №3, 2007. – с. 27-37.