

УДК 003:81-13:51-7

DOI:10.38028/ESI.2022.26.2.001

Метатеоретическое семиотическое моделирование в науке и технике

Черкашин Александр Константинович

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,

Россия, Иркутск, *akcherk@irnok.net*

Аннотация. Разрабатываются математические модели интертеории знаковых систем в терминах векторного расслоения признаков пространств методами дифференциальной геометрии в составе общей теории комплексов, используя системно-семиотические представления лингвистических знаний. Исследовано проявление метатеоретических (МТ) законов от уравнений формирования отдельных знаков к анализу и синтезу научных текстов и системных теорий. Предложено универсальное уравнение позволяет сравнивать различные объекты и явления и использовать его в качестве аппарата для количественного и качественного анализа. Интертеория семиотики изучает свойства линейного порядка в форме чистого знания о законах, абстрагированных от контекста. В аксиомах семиотики постулируется существование разных форм знаковых систем расслоения с линейно-упорядоченной структурой: признакового пространства расслоения, базы расслоения, расслоенного векторного пространства и комплекса связности слоев-знаков. Используя процедуры векторизации и их обобщения, производятся знаковые системы разной сложности, проводится аналогия структуры текста с картографическими и техническими схемами. Знаковые изменения происходят средствами геометрических преобразований в различных системах координат с сохранением узнаваемости. Свойства простых знаков распространяются на свойства знаковых систем и МТ-модели географической и технической реальности. Триадиическая форма организации МТ-знаний позволяет считать означаемый объект обобщенной суммой предмета (концепта) исследования и означающих знаков, что логически связывается с моделью трансцендентальной аргументации. Структуры порядка моделируются единичным отрезком $[0,1]$, что позволяет перенести известные свойства действительных и гипердействительных чисел на сложные знаковые системы (комплексы) семиотики, лингвистики и других наук о сложных явлениях и представить научные тексты естественного языка в терминах формального метаязыка преобразований и отношений алгебраических систем. В итоге знаками (схемами) является все то, что воспроизводит и сохраняет линейный порядок, т.е. ограничено, индексировано, фрактально-иерархически организовано, гомотопически подобно и т.д.

Ключевые слова: метатеория и интертеория знаковых систем, многообразия знаковых систем, общая теория сложных систем, расслоенное признаковое пространство, математическое моделирование, географические и технические схемы

Цитирование: Черкашин А.К. Метатеоретическое семиотическое моделирование в науке и технике / А.К.Черкашин // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – № 2(26). – С. 05-23. – DOI:10.38028/ESI.2022.26.2.001.

Введение. В современной теоретической лингвистике одновременно сосуществуют и независимо развиваются противоречащие друг другу теории языка, различающиеся по разным вопросам: о роли языка в мышлении, о модульности языка, структуре его выражения, природе языковых значений и др. [1]. Эти вопросы и наличие множества естественных, искусственных и формальных языков и разнообразия иных знаковых систем делают необходимым проведение междисциплинарных исследований с использованием методов высокого уровня – семиотики, системологии, философии и математики – в познании природы языка и законов коммуникации [2, 3, 4, 5, 6], а с другой стороны, служат основанием для выявления новых метатеоретических (МТ) знаний теоретической информатики для применения в других областях науки [7, 8] в процессе внедрения методов математической технологии решения сложных задач. К такой технологии, например, относят автоматизированное проектирование инженерных конструкций средствами математического моделирования с использованием ЭВМ параллельного действия [9].

МТ-мышление локализовано на границе между логикой языка специальных содержательных системных теорий и математических формализмов метанауки и позволяет переводить формальные языки выражения знаний в естественно-языковые модели истинного содержания. Выражения метатеории соответствуют уровню искусственных и формальных языков (метаязыков) философско-методологических оснований науки о языке в его широком понимании как знаковых систем разного рода, включая тематические модели языка представления географических описаний и языка карт [10], способных служить наглядной иллюстрацией МТ-принципов анализа и синтеза данных и знаний [11]. Принимать это во внимание полезно, как в случае сопоставления языка с шахматами или дорожными знаками [12], так и в варианте сравнения с другими естественными и искусственными конструкциями.

Необходимо исходить из понимания, что язык – не просто инструмент для отражения реальности, но он «творит» реальность, является конструктором реальности [13]. Проблема соотношения языка и реальности связана с системными представлениями и формированием семиотики как общей теории знаков и знаковых систем, а также семиотического моделирования. Выделяются разные семиотические описания (эко-, био- социо-, геосемиотика), включая техносемиотику, проявляющуюся в рисунках, схемах, чертежах, макетах технических конструкций [14]. Семиотический подход применяется в различных областях знаний, например, в информатике это тексты на естественном языке, искусственные языки, алгоритмы обработки информации, создание картографических изображений, специальных схем и планов, причем отмечается недостаточное использование семиотики в технических областях [15]. Д. А. Поспеловым дано определение семиотической модели и моделирования, детализированное в работах Г. С. Осипова [16].

В лингвистике, как в географии или технике, существенна оппозиция общего и индивидуального в познании, что выражается в различении в науке номотетической (генерализующей) методологии установления объективных законов на основе обобщения сведений о разных, например, физических процессах, и идеографической методологии, задачей которой является описание индивидуальных, уникальных географических, исторических и технических явлений [17]. Описание индивидуального достигается путем сравнения его с общими ценностями вневременного и сверхиндивидуального характера (инвариантами, образцами, эталонами, стандартами). Аналогичное направление в лингвистике родственно индивидуализированному взгляду на язык (В. фон Гумбольдт, А.А. Потебня, Л.В. Щерба, А.А. Шахматов, Р.О. Якобсон, Н.В. Крушевский, Р. Дж. Коллингвуд и др.).

Один из основоположников лингвистики как науки В. фон Гумбольдт развил учение о языке как непрерывном творческом процессе и о «внутренней форме языка» как выражения индивидуального мирозерцания народа. Он стремился конкретизировать и развивать трансцендентальное учение И. Канта на материале общественной истории, которая – результат деятельности духовной силы, лежащей за пределами познания, непонятной с причинно-следственной точки зрения и проявляющейся через творческие способности и личные усилия отдельных индивидов [18]. Его младший брат Александр фон Гумбольдт – один из основателей географии как самостоятельной науки – представлял свои научные труды в форме, имеющей высокое литературное достоинство, поскольку, по его мнению, сведение результатов наблюдений в ряды одних общих выводов лишает их «дыхания жизни». Ему принадлежит положение: «Для разумного созерцания, природа есть единство во множестве, соединение разнообразного по форме и составу, есть понятие о совокупности естественных явлений и естественных сил, как о живом целом» [19, с. 3] – природном комплексе в современном понимании.

Н.Крушевский [20] писал о необходимости создания «более общей науки», которую он определил, как своего рода «феноменологию языка». Цель трансцендентальной (ТЦ) феноме-

нологии - построение универсальной науки, относящейся к «всеобъемлющему единству сущего», которая имела бы строгое аналитическое основание и служила обоснованием другим наукам [21]. Идеалы аналитической философии требуют ясности, точности и логической строгости мышления, в котором и интеллектуальная система ТЦ-аргументации И.Канта стала бы одним из основных приемов рассуждения и доказательства. Строгость изложения знаний подразумевает широкое использование в лингвистике методов математического моделирования, системного подхода, применения в рассуждениях различных графиков, схем, чертежей и формул [22, 23].

Ставится задача на основе существующих логико-философских и системно-семиотических представлений разработать макет «более общей науки», содержательно реализующей формальные модели дифференциальной геометрии и топологии в терминах векторного расслоения признаков пространств знаковых систем как графических комплексов в составе общей теории комплексирования. Необходимо проследить проявление метатеоретических (МТ) закономерностей от формирования отдельных знаков к анализу и синтезу текстовых конструкций и системной теории специального содержания с использованием семиотических моделей.

1. Основные понятия. Знаки являются обязательными атрибутами различных областей культуры и видов деятельности в природе и обществе, т.е. сквозным образом проявляются в интердисциплинарном исследовании знаковых систем. Знаки рисуются, в частности, картографируются или изображаются в рукописных текстах. Особенность знаковостроения, на что мало обращают внимание, – наличие координатного пространства, в котором знаки и системы знаков дискретно или непрерывно воспроизводятся разными средствами, порождая структуру и организацию пространства. Примерами являются буквы школьных прописей на разлиновке тетрадного листа, знак скрипичного ключа на нотном стане, написание цифр почтового индекса на индексной сетке, личная подпись в соответствующем месте документа, расположение фигур на шахматной доске, изолинии высот, линии рек, дорог, границ контуров топоосновы карты с географическими координатами, размещение текста на страницах трехмерного пространства книги или атласа карт. Личная подпись обладает базовыми свойствами знака: узнаваема, не имеет аналога, не зависит от масштаба, постоянно воспроизводится в разных местах и в разные моменты времени.

Другая особенность графического знака – линейность построения: знак начинается в одной точке и безотрывно продолжается в линейном порядке в локально заданном направлении. При необходимости простые знаки смыкаются (сшиваются) с другими знаками, образуя знаковые системы. Наглядно это проявляется в «языке карты» [10] – лингвистической интерпретации картографических знаковых систем сквозного отображения Земли и Космоса. Основы семиотической теории разработал Ч.Пирс – математик с опытом работы геодезиста [24].

Система S – это множества элементов $v \in V$ и связей $u \in U = V \times V$, образующих целостность $S = V \times U$. В генеративной грамматике Н.Хомского [25] правильные тексты языка, представляют систему $S = V \times U$, где V – конечные множества алфавитов, U – конечное множество правил грамматики. Схематично система изображается в виде графа из вершин (элементов) V и ребер (связей) U (рис.1).

В математической лингвистике с использованием ориентированных графов разработан формальный аппарат для описания синтаксической структуры правильных предложений [26]. Например, в графе для каждого слова (вершины) указываются слова, которые ему подчинены – формируется дерево синтаксического подчинения (рис.1а), или строится граф линейно упорядоченных составляющих предложения (рис.1б). Корнем правильного дерева подчинения обычно служит сказуемое (рис.1а). В верхней части графов показаны глубинные синтаксические структуры предложения, несущие основное семантическое содержание в форме триплета

<субъект, предикат, объект> модели для представления данных и метаданных. В структуре предложений обычно прослеживается триангуляция текста по коммутативной схеме (см. далее рис.3), что отдаленно напоминает геодезическую триангуляцию местности по опорным пунктам (высотам рельефа).

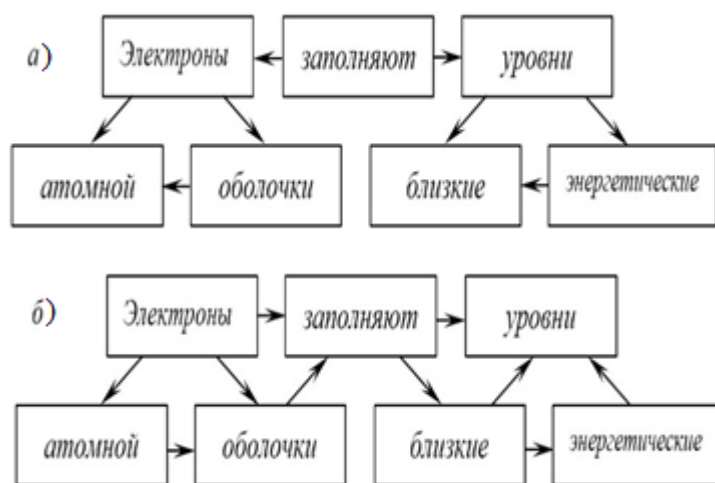


Рис.1. Ориентированные графы синтаксической структуры предложения «Электроны атомной оболочки заполняют близкие энергетические уровни»: а) – дерево синтаксического подчинения; б) – система линейно упорядоченных составляющих (пояснения в тексте). Стрелки указывают на отношения и порядок следования слов

Считается [22], что один и тот же объект должен изучаться с разных системных сторон (аспектов, срезов). Д. Ферс [27] рассматривал лингвистику как системную дисциплину, но отрицал существование единой суперсистемы, справедливо признавая язык полисистемным образованием. Он выделял специальные системы, такие, как поле локативности или падежная система. Допускается типология систем по разным основаниям; для каждого рода систем создается своя понятийно-терминологическая база и определяется набор аксиом связи понятий – формируется системная интертеория [28]. Интертеория сквозным образом описывает объекты и явления в природе и обществе как системы особого рода, например, как знаковые системы естественного и искусственного происхождения.

Распространены два инструмента изображения знаков, карт, схем и чертежей – векторный и растровый. Векторное начертание знака осуществляется переходом от точки к точке. Векторизация и упорядочение знаков в знаковые системы, слов в предложении, предложений в тексте – явления одного порядка. По этой причине векторный системный анализ в его количественном и качественном выражении заслуживает особого внимания. В лингвистике понятием «вектор» отражаются связи, влияния, сравнения, движения и изменения в системах языка, что в простейшей форме использовалось в трудах У. Булла, Г. Гийома, Л.М. Скрединой, З.Я. Тураевой и др. [22]. В модели У. Булла [29] рассматривается вектор бесконечно длящегося времени, в котором всякое явление имеет начало и конец. У Г.Гийома [30, 31] стрелки используются в схемах механизмов развертывания речевой деятельности и отображения изменений в системе систем языка. Он приходит к выводу, что «надлежащее применение математики к науке о языке потребовало бы полной ее переработки в виде предматематики...», что позволит «ухватить живой механизм языковых операций» [30, с. 156]. «Предматематика» - это и есть МТ-уровень обобщения знаний в контексте теоретической информатики и реализации математических технологий.

2. Математическая модель. Вектор-стрелка – это отрезок направленной линии, имеющий начало и конец (вершину), связывающий эти позиции в систему типа ориентированного графа (см. рис.1) или векторного поля, что позволяет при исследовании языка привлекать методы расслоения дифференциальной геометрии и топологии. Вектор r – математический объект, характеризуемый величиной $r = |r|$ и направлением α (рис.2).

Рассматривается пространство R^n дифференциальных признаков объектов в системе X независимых координат $X = \{X_i\}$, $i=1,2,3,\dots,n$ («пучка» различительных признаков), в которой каждая точка $x \in X$ координируется последовательным набором значений координат $x = \{x_i\}$, $x_i \in X_i$ или радиус-вектором $x = (x_i)$ с началом в начале координат $r=0$, движение которого с изменением длины $x = |x|$ и направления α вектора порождает знаки любого вида и их последовательности (рис.2). Прямое произведение координат $T = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ задает пространство значений координат $x = \{x_i\}$ (множество мест) в пространстве признаков $T \subset R^n$. В информатике векторная модель (Vector Space Model) представлена векторами коллекции документов из общего векторного пространства термов для решения задач информационного поиска и семантической классификации текстов. Модель сопоставляет каждому документу частотный спектр слов $x = \{x_i\}$ и соответствующий радиус-вектор в лексическом пространстве; по сходству векторов определяются релевантные документы [32, 33]. Разрабатываются методы векторизации текстовых данных для создания современных разговорных агентов взаимодействия пользователей с компьютером на естественном языке [34].

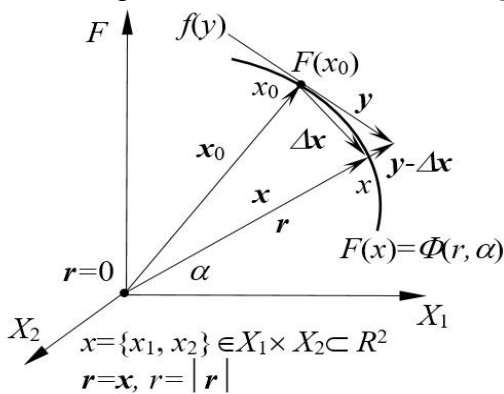


Рис. 2. Схема изображения линии $F(x) = \Phi(r, \alpha)$ в прямоугольных $x = (x_1, x_2) \in X_1 \times X_2$ и полярных (r, α) координатах движением вектора $x_0 \rightarrow x$. Линия $f(y)$ - касательная к кривой $F(x)$ в точке $F(x_0)$ (пояснения в тексте)

Направление и скорость движения вектора x задается разностью векторов начального x_0 и конечного x положения: $\Delta x = x - x_0$. При $\Delta x \rightarrow 0$ вектор Δx приближается к касательному вектору y , описывающему одномоментный процесс начертания. Таким образом, порядок изображения знака задает вектор y действия (силы), т.е. за каждым знаком стоит векторное поле размещения точек, огибающая которых $F(x)$ воспринимается как знак или система знаков.

В общем случае вычерчиваемые вектором линии или поверхности $F(x)$ – это многоместный предикат, предложение как функция входящих в него переменных $x = \{x_i\}$, семиотическая модель реальности. В локальных координатах $y = \{y_i\}$, $y_i = x_i - x_{0i}$ в разных точках касания $[x_0, F(x_0)]$ функция $F(x)$ удовлетворяет универсальному уравнению касательной [29] (см. рис. 2)

$$f(y) = \sum_{i=1}^n a_i y_i = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial y_i} y_i, a_i = \frac{\partial f}{\partial y_i}, f(y) = F(x) - F(x_0), \quad (1)$$

где $a = \{a_i\}$ – переменные компоненты ковектора градиента функции поверхности $F(x)$, определяющие условный вес (цену) относительных признаков $y = \{y_i\}$ и направление движения тангенциального вектора y производства знака. Функция $F(x_0)$ рассматривается как входная характеристика (терминал) системы связи $F(x) = F(x_0) + f(y)$, например, начальная позиция изображения (состояние), входной сигнал для преобразования, среда реализации семиотического или иного конструктивного процесса. Парное сравнение $a_{ij} = a_i/a_j$ соответствует норме замещения одной величины y_i на другую y_j при условии, что функция $f(y)$ не изменится. Функция $f(y)$ выполняет роль метрической оценочной функции, в частности, равна среднему значению произведений $a_i y_i$:

$$f(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i y_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i = v, v_i = v = const$$

В теории механизмов [2] рассматривается линейная схема многоступенчатых зубчатых передач. Несколько n сцепленных зубчатых колеса радиуса y_i передают усилия, вращаясь с угловой скоростью (частотой вращения) a_i каждый. В данном случае соотношение $a_{ij} = a_i/a_j$ означает передаточное отношение соседней или удаленной пары колес. Для обеспечения синхронности движения линейная скорость точек окружности колеса $v_i = a_i y_i$ должна быть постоянной $v_i = v$. Отсюда среднее значение $f(y) = v$ не должно изменяться, а передаточное значение a_{ij} соответствовать норме замещения колес в механизме для получения неизменного эффекта. Аналогично буквы и слова в тексте выстраиваются в линейную схему, встречаются с частотой (вероятностью) a_i и следуют друг за другом с переходной вероятностью a_{ij} (нормой замещения). Величина y_i характеризует i -й знак, например, положением буквы на клавиатуре или слова в словаре так, чтобы в идеальном случае оценка текста $f(y)$ была постоянной, чтобы знаки рациональным образом «цеплялись» друг за друга (см. рис. 1б).

Решения уравнения (1) соответствует бесконечному множеству знаков со свойствами симметрии, сохраняющей связи типа (1). Согласно (1) знаки-символы определяются масштабом проявления $tf(y)=f(ty)$ признаков, симметричны относительно аффинного смещения, растяжения, вращения, благодаря чему всякий знак может быть видоизменен без утраты формы и узнаваемости.

На рис. 3 представлены кривые разных функций (финслеровых метрик) решения уравнения (1): а) евклидовое расстояние; б) производственная степенная; в) линейная функции:

$$\text{а) } f(y) = \pm\sqrt{y_1^2 + y_2^2}; \text{ б) } f(y) = cy_1^{\alpha_1} y_2^{\alpha_2}; \text{ в) } f(y) = \beta_1 y_1 + \beta_2 y_2, \quad (2)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, c$ – константы интегрирования (1). Линии соответствуют сечениям (слоениям) функций $f(y)=\text{const}$ на разных уровнях и выглядят как изолинии типа изогипс высот рельефа. Наглядно прослеживаются центральная и осевая симметрия знаков. Просто формулы знаков записываются в полярных координатах (r, α) , например, для (2а) $r(\alpha)=\text{const}$, для (2в) - $\alpha = \text{const}$. Сложный знак «полярной розы» задается формулой $r(\alpha)=c\sin(4\alpha)$. Спираль $r(\alpha)=c\alpha$ определяет линейный порядок, например, «напечатанный» 45 различными знаками Фестского диска.

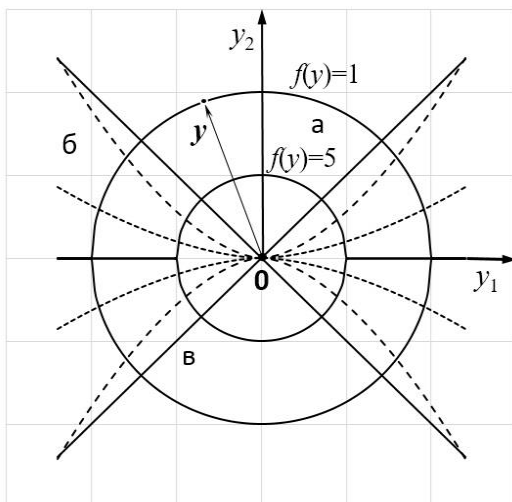


Рис. 3. Кривые изображения символов согласно уравнению (1) вектором y в прямоугольной системе локальных координат $y=(y_1, y_2)$ по формулам (2-а, б, в). Показана сетка координат признакового пространства

В технической науке важную роль играют аналогичные теоретические схемы (фигуры, конфигурации), выражающие графически своеобразный «внутренний скелет» объектов теории и ориентированные на применение математического аппарата или проведение мысленного эксперимента для моделирования и проектирования возможных ситуаций. Они отражают семиотическое видение мира под определённым углом зрения (срезом, слоем) данной теории и служат средствами для идеализированного представления объектов для выработки технических решений [35]. Такие схемы-чертежи (рис. 3), в частности, изображают

способы соединения двух звеньев механизмов (композиции) в кинематическую пару передачи усилий – определяют «семантические» условия связи в каждой паре [36].

Для дальнейшей формализации подобных представлений применяются понятия и соотношения дифференциальной геометрии, в частности, теории расслоения на многообразиях. Многообразия $M \sim F(x)$ – это рельефные поверхности, которые локально сходны с евклидовым линейным пространством (см. рис. 2), т.е. в достаточно широкой окрестности Δx точки касания x_0 в касательной плоскости $f(y)$ и на многообразии $F(x)$ действуют одни и те же законы, благодаря чему свойства многообразия однозначно передаются множеством касательных плоскостей, как это получается при топографическом картографировании земной поверхности: поверхность сферы превращается в атлас карт. Подобные модельные представления составляют основу МТ-мышления [11].

Расслоением $s=(X, \pi, B)$ называется отображение π пространства X на пространство B : $\pi: X \rightarrow B$. Пространство X называется пространством (множеством, объектом) расслоения, а B – базой расслоения, состоящей из набора элементов b_i этой базы. Обратное отображение $\sigma = \pi^{-1}$ такое, что $\sigma: B \rightarrow X$ сечет пространство X и превращает его в расслоенное векторное пространство $Y = \{Y_j\}$ независимых слоев Y_j . Для любого элемента базы расслоения $B = \{b_j\}$ прообраз $Y_j = \sigma(b_j)$ называется слоем расслоения σ над элементом $b_j \in B$. Тривиальным расслоением называется расслоенное пространство, которое может быть представлено прямым произведением $Y \times B$, т.е. как система слоев Y_j , организуемых на базе элементов B . Отображение $Y \times B \rightarrow B$ есть сечение $Y_j = \sigma(b_j)$, что выделяет из множества Y слой Y_j . Всякая система $S = V \times U$ может рассматриваться как своего рода расслоение объектов и явлений по разным основаниям на элементы V и их связи U . Чтение текста или карты есть их расслоение на соответствующих базах.

Расслоение разбивает множество на непересекающиеся подмножества Y_j , каждый из которых связан с конкретным элементом базы расслоения b_j , причем считается $b_j \in Y_j$. Непересекающиеся части слоев, связанные с b_j , составляют ядро слоя. Расслоение (стратификация, дифференциация) напоминает процедуры типизации и классификации объектов по элементам базы (образцам). Основными видами классификации языков являются генетическая, типологическая, географическая (ареальная), социальная, стилистическая, основанные на различных принципах. Каждому слою соответствует локальная система координат (СК) разного вида, в которой формируются и используются знаки. Примером являются конфигурации знаков дорожного движения: прямоугольные информационные и сервисные (прямоугольная СК); круглые запрещающие и предписывающие (полярная СК); треугольные предупреждающие (барицентрическая СК). Получается, что не только изменение формы знака, но и преобразование системы координат имеет значение в семиотическом моделировании.

Иллюстрацией пространства расслоения X является текст, который расслаивается на разных базах типа алфавита (по буквам) или словаря (по словам). Расслоенными пространствами в данном случае будет множество результатов идентификации одинаковых букв разных положений или группы слов, близких в некотором отношении, например, множество лексем, объединяющих разные словоформы одного слова. Т. Фитч [37, с.1], ссылаясь на известную притчу, уподобляет лингвистов людям, которые в темном сарае ощупывают разные части тела слона и выносят отличающиеся суждения, что локально (послойно) обрисовывают животное, а для получения целостного представления необходима интеграция частных взглядов.

Наглядной реализацией методологии расслоения можно считать интегральную метатеорию К. Уилбера, состоящую из парадигматической и мета-парадигматической частей и формально выраженную в виде схем языка перспектив [38]. Утверждается, что все существующее можно представить в виде «холонов», аналогов слоев – целых, частей других целых, активных единиц с разными тенденциями развития, обладающих эмерджентными качествами, которые

нельзя вывести из свойств элементов, на основе которых возникают холоны подобно тому, как слова формируются из букв, тексты из слов, ткани из клеток, органы из тканей и т.д.

В технической теории выделяются несколько теоретических слоёв, ориентированных на различные реализации технической системы, и заданы правила соответствия функциональных, поточных и структурных схем-слоев, их эквивалентные преобразования друг в друга, а также правила преобразования абстрактных объектов в рамках каждого такого слоя теоретических схем [35].

Гладкие многообразия M являются базой касательных расслоений $\pi: X \rightarrow M$ с формированием на точках $b_j \sim x_{0j} = \{x_{0ij}\}$, $x_{0j} \in M$ расслоенного пространства $TM = \{TM_j\} \subset X$, состоящего из касательных плоскостей TM_j , среди которых выделяется типовой слой TM_0 сравнения [39]. Размерность расслоенного пространства TM из n координат $x = \{x_i\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) равна удвоенной размерности пространства многообразия M с увеличенной степенью свободы $2n$ представления знаний $TM = TM_0 \times M$. Расслоение-произведение $TM_0 \times M \rightarrow M$ на многообразии M выделяет множество слоев $TM = \{TM_j\} \subset X$, касательных в точках $x_{0j} \in M$. Поскольку точка x_{0i} принадлежит также конкретному слою $x_{0j} \in TM_j$, она индивидуализирует этот слой и формирует систему локальных координат $y = \{y_i\}$ создания конфигурации $f(y)$ согласно универсальному уравнению (1). В этом смысле все функции $f(y)$, удовлетворяющие (1), эквивалентны (слои функционально тождественны). Декартово произведение $TM_0 \times M$ формально означает приложение сходных законов TM_0 к многообразию M различных ситуаций x_{0j} . В силу этого существует отображение слоев $TM_j \rightarrow TM_k$, позволяющих заменять слой на слой, как слова в предложении, – перемещать слой $x_{0j} \rightarrow x_{0k}$ по многообразию M , функционально связывать разные слои $TM_j \leftrightarrow TM_k$ в последовательности линейных композиций-комплексов (коммуникаций), начиная с типового слоя $TM_0 \leftrightarrow TM_1$. Этим обеспечивается системная интеграция слоев, когда расслоенное пространство в точности «есть единство во множестве» по А.Гумбольдту.

Другая иллюстрация – движение фигуры по шахматной доске из клетки в клетку, начиная с исходной позиции TM_0 с сохранением или изменением силы и ценности фигуры $f(y)$ в зависимости от общей композиции относительно центрального положения $x_{0j} \in TM_j$. Все слои разные, но в глубинном смысле это одно и то же (тождество противоположностей). По Н.Хомскому [25] всякая грамматика определяется конечными множествами начальных цепочек TM_j знаков Σ и «формул-команд» F вида $TM_j \rightarrow TM_k$, означающих «подставить TM_k вместо TM_j », «заменить TM_j на TM_k ». Грамматикой (Σ, F) определяется деривация – конечная последовательность $TM_0 \rightarrow \dots \rightarrow TM_j \rightarrow \dots \rightarrow TM_k$, начиная с исходного TM_0 , определяемая формулами F . В итоге порождаются грамматически правильные последовательности морфем конкретного языка. Это напоминает алгоритмическую работу машины Тьюринга.

Посредством расслоения пространства X на точках многообразия $M \subset X$ формируется расслоенное пространство $TM = TM_0 \times M$ и как членение базового пространства $TM \subset X$, или как самостоятельное $2n$ -мерное пространство $TM = TM_0 \times M \rightarrow M$ различающихся слоев, гомотопически организованных многообразием M . Получается, что в случае локального сходства M и TM пространства X , M , TM подобны, что позволяет использовать их свойства для исследования и понимания особенностей иных пространств: $TM \rightarrow M$ (послойный анализ), $TM \rightarrow X$ (послойный синтез), $TM \rightarrow TM$ (деривация, комплексирование, сравнение). Для тонкого исследования проблемы применяется логика векторного анализа и уравнения связи переменных $f(y)$ в локальных координатах $y = x - x_0$. Функция $f(y)$ имеет смысл различных мер расстояния между точками x и x_0 , что удобно использовать для сравнения явлений и оценки изменений. Это позволяет перейти на более высокий МТ-уровень обобщения знаний.

3. Метатеоретическое описание. Осуществляется МТ-переход от векторной суммы $x=x_0+y$ к сумме $X=X_0+Y$ или произведению $X=Y \times X_0$ произвольного содержания (рис.4), удовлетворяющих свойствам теории групп G отображения множеств в себя $G: X \times X \rightarrow X$, как в справедливом суждении Ф.Соссюра [12]: единственным и истинным объектом лингвистики в собственном смысле является язык, рассматриваемый в самом себе и для себя. Каждая деталь (X, Y, X_0) в подобных тройственных композициях (триплетях, трихотомиях) имеет определенный философский и математический смысл.

Согласно Пирсу [40], трихотомия - это искусство трехкратного деления. По его мнению, образовать тройку путем модификации пары без формального введения иного элемента невозможно, в то время как из триады всегда можно собрать более сложное образование из четырех и более элементов (см. рис.1). Он использовал триаду в своей семиотической модели из объекта X , знака Y , обозначающего объект, и интерпретанта X_0 .

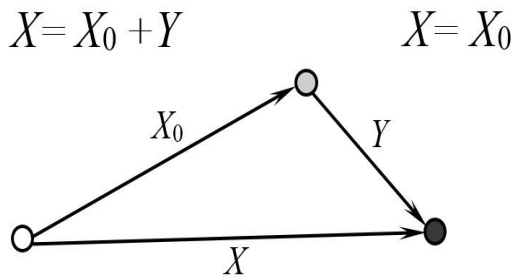


Рис. 4. Схема векторного изображения треугольных коммутативных связей $X=X_0+Y$ терминалов X_0 , слоев Y и явлений X в МТ-анализе

Категория Y имеет смысл сравнения-изменения $Y=X-X_0$, $X=Y \times X_0 \rightarrow X_0$, т.е. того, что надо добавить, убрать или заменить, чтобы перейти к новому качеству $X_0 \rightarrow X$. Например, при смене словоформ (метаграмм) $map \rightarrow men$ изменения определяются замещением $a \rightarrow e$, когда $Y=e-a$. Ю.А.Шрейдер [26] приводит образный пример, как в результате применения такого отношения можно получить из "мухи" "слона", т.е. через цепочку превращений, меняя на каждом шаге одну букву и получая значимые по смыслу слова, превратить слово "муха" в слово "слон", демонстрируя при этом линии отношений рефлексивности, симметричности и транзитивности преобразований, связанных с оборачиванием и объединением стрелок в рядах (см. рис. 1 и 4).

Сумма $X=X_0+Y$ обычно применяется при формулировке единичных, интенциональных связей явлений, произведение $X=Y \times X_0$ – при множественных, экстенциональных связей понятий; отображение $X=Y \times X_0 \rightarrow X_0$ определяет переход от общей формулировки к индивидуальному вектору или слою Y с $x_0 \in X_0$, $x_0 \in Y$. Под символом X_0 понимается соответственно либо опорная точка $x_0 \in X_0$ (терминал) касания слоем Y многообразия, либо само многообразие. Содержательный смысл соотношений в МТ-анализе воспроизводится в соответствии с решаемой системной задачей. Стрелка в схеме-графе помечена символом (рис. 4), который соответствует вектору, началу вектора или его концу (вершине графа).

Бинарная оппозиция X и X_0 недостаточна для МТ-анализа, и всегда необходим третий элемент Y , замыкающий объяснение связей. Классическая оппозиция Соссюра - Означающее, или Обозначаемое (объект, денотат) и Означающее, или Обозначющее (знак) – выражает способность языкового знака Y выступать в качестве неполного заместителя обозначаемого X . Полнота связей обеспечивается введением в схему концепта, который содержит информацию о возможных детонатах, определяет место в некоторой знаковой системе. Треугольник Фреге выражает отношение знака $Y=X-X_0$ к своему концепту X_0 и денотату $X=X_0+Y$, в частности, связь слова Y , понятия X_0 и обозначаемой вещи X . Аналогично естественный язык складывается из понятий искусственного X_0 и системообразующего формального языка Y (чистой формы $Y=X-X_0$).

Треугольно-триадная организация информационно-теоретических основ характерна для семиотики [6]. Обобщенная трактовка вектора-стрелки в процедурах МТ-расслоения позволяет понять причины триадичности известных семиотических соотношений, допускающих широкую интерпретацию. Например, в работе В.Матезиуса [41] противопоставляются «актуальное» и «формальное» членение предложения. Первое выясняет способ включения предложения X в контекст X_0 , второе – разлагает предложение на формальные грамматические единицы. Для включения предложения в контекст в нем по ситуации выделяется «исходная точка» (тема) X_0 , известная читающему, и «ядро высказывания» (рема) с новой информацией Y предложения. В географической интерпретации геокомплекс $X=X_0+Y$ складывается из изменчивой части Y и инварианта X_0 , знаменующего географическую среду, от особенностей которой зависят свойства местного геокомплекса X . Также типовые технические схемы Y должны быть скорректированы в соответствии с различными инженерными, социальными, экологическими и иными требованиями, что делает необходимым ввести новые элементы X_0 в состав схем, которые рассматриваются как коннотации (дополнительные сопутствующие признаки) этих схем и как ограничения их конкретной реализации.

Необходимость учета X_0 в МТ-анализе называется средовой относительностью. В познавательном смысле $Y=X-X_0$ характеризует чистое знание об объектах природы. Разница $X_0=X-Y$ на карте X при исключении тематического слоя Y соответствует картографической основе X_0 (сети координатных и рельефных линий). В картографическом процессе или литературном творчестве функция Y интерпретируется как раскрытие темы, введение в текст нового содержания. Позицию X_0 Й.Бар-Хиллел [42] называет "общими предварительными данными (фоном) информации", которая остается за пределами естественного языка X и поэтому не подлежит переводу на логический язык Y исчисления высказываний или предикатов. В таких случаях лингвисты говорят о внеязыковом контексте, который корректирует по содержанию, позволяет понять фразу Y .

Перечисленные зависимости могут быть осмыслены в терминах аналитической философии, восходящей к трансцендентальной (ТЦ) аргументации И.Канта [43, 44]. ТЦ-аналитика предназначена для вычленения первичных теоретических понятий интеллектуальной системы чистого разума $Y=X-X_0$ исключением из наблюдаемого феномена X ТЦ-аргументов (ноумена) X_0 – исследование знаний, которые имеют источник в самом рассудке (априорных структурах рассудка, формах проявления законов). Ноумен X_0 – скрытая сущность явления, постигаемая в процессе его глубокого осмысления, синтеза многообразия знаний, ТЦ-условия действия законов чистого знания. У Ф. де Соссюра речевая деятельность есть синтез собственно языка и речи – индивидуального явления. Язык выступает как «система чисто лингвистических отношений», и только он должен изучаться языковедами. Чистое знание Y в семиотической предметной области моделирования проявляется в форме теории знаковых систем.

4. Аксиомы моделирования семиотического комплекса. Исходим из полисистемной трактовки объекта, когда содержание любого объекта считается многосторонним и системно исследуется по отдельности соответствующими теоретическими средствами [28], в частности, рассматривается как система знаков, чем отличается от незнаковых, например, политических систем деятельности [7]. Теоретический уровень научно-технического знания включает три основных слоя теоретических схем: функциональные, поточные и структурные [35].

Функциональные модели отражают функции элементов – специальную роль или операцию, что они выполняют в технической системе в целом для достижения общей цели. Реализации такой схемы зависит от свойств каждого из функциональных элементов. С помощью функциональной схемы строится алгоритм функционирования системы и задается её конфигурация (внутренняя структура). Поточные схемы отражают физические процессы преобразования продукции от одной стадии технологического цикла к другой подобно тому, как это происходит в

природе при реализации динамических процессов сезонного развития или формирования стока, когда объект под воздействием внешних сил (операций) переходит от одной стадии существования к другой (смена состояний). Ведущая в технической теории структурная, или конструктивная схема технической системы описывает соединение деталей, единиц оборудования и др. в технические комплексы разного масштаба. Структурная схема фиксирует конструктивное расположение элементов и связи (структуру комплекса) данного типа технической системы. Такие схемы являются результатом идеализации технической системы; для элементов идеализированных структурных теоретических схем вводятся специальные условные изображения (знаки, символы) [35].

Объекты технической теории являются «однородными» в том смысле, что собраны из некоторого фиксированного набора блоков (алфавита) по определённым правилам «сборки», как это делается при наборе текста. Ф. Рело [см. 35] разработал техническую теорию, которая объясняет принципы создания новых механизмов, в основе которых лежит представление о кинематической паре. Несколько пар образуют звено, несколько звеньев – кинематическую цепь механизма принуждённого движения. В итоге все механизмы оказываются собранными из одного и того же набора типовых элементов, и необходимо задать лишь определённый способ их соединения из идеальных цепей, звеньев и пар элементов, что соответствуют знаковым конструктивным элементам реальных технических комплексов.

Знаковость становится сквозным фундаментальным качеством каждого объекта, когда все в мире подлежит семиотизации [45]. Системная теория знаков должна учитывать особенности изучения и использования любых объектов реальности как знаков - средств изображения и сигнализации: текстом может быть все, что угодно [3]. Например, геотехнические системы (дороги, мосты, плотины гидроэлектростанций, линии электропередач, производственные здания и промышленные комплексы). При движении в гору окружающие пейзажи постепенно меняются и считываются как текст, что отражается в ландшафтных описаниях и базах данных.

В МТ-триаде (X_0, Y, X) (рис. 4) позиция Y символизирует очищенное от частных теоретическое знание, которое МТ-интерпретируется в конкретной среде X_0 ($X=Y+X_0$) из многообразия возможных сред. Семиотика рассматривается Ч.Моррисом [46] как метанаука и инструмент научных исследований. Интертеория семиотики представляется как аксиоматическая дедуктивная система с исходными понятиями и предложениями, что позволяют делать выводы.

Формирование сквозной интертеории системы знаков основывается на интерпретации понятий типовой интертеории Y_0 (образца представления знаний, эталона сравнения, языка-посредника) – общей теории систем (ОТС) [28]. Последовательности символов ОТС образуют аксиоматические формулы, которые интерпретируются в иные формулы с другой системной трактовкой. Аксиомы ОТС представлены следующей последовательностью знаков [28]:

$$1) S \equiv C, 2) \Delta S \equiv C, 3) \Delta S_i \equiv D_i. \quad (3)$$

Символ \equiv в любой интерпретации соответствует отношению тождества \leftrightarrow (изоморфизма), символ S – универсальной системе (универсуму), объединяющей системы S_i разного рода, символ ΔS – универсальному изменению S , включающему все изменения ΔS_i , символ D – действию всех действий D_i систем S_i . Наконец, символ C означает качество объективного инвариантного существования, сохранения свойств при преобразованиях, например, истинности суждений в доказательствах. За это качество в традиционных культурах борются со временем – за неизменность текстов [3].

Первая аксиома ОТС (3) выражает онтологический закон объективного существования мира и равных ему по свойствам универсальных систем (слоев). Вторая аксиома постулирует наличие постоянного, ограниченного по величине послойного изменения универсальных систем. Третья аксиома тождественно связывает всякое изменение с порождающим его действием

(силой). При интерпретации символы аксиом ОТС заменяются на символы, например, интертеории знаковых систем, или их можно напрямую трактовать в семиотическом смысле.

Существующий мир знаков $S \equiv C$ включает полную систему (инвентарь, тезаурус, лексикон) знаков разной формы и происхождения как объективную реальность, сквозной системный аспект существования естественных, искусственных и формальных объектов действительности. Так, национальный корпус языка – совокупность основных неповторяющихся выражений. Для формирования основ МТ-анализа предлагается S трактовать как многоаспектную структуру расслоения – единства пространства расслоения, базы расслоения, расслоенного пространства и комплекса связности слоев-знаков (сложных символов, см. рис. 1 и 2). Универсум S включает все мыслимые и немыслимые знаки и их сочетания, но прежде всего универсальные знаки, соответствующие базе расслоения: многообразию коренных знаков и опорных точек касания слоями-знаками многообразий (см. рис. 3). Знаковые системы последовательно векторизуются или «печатаются» в признаковом пространстве.

По второй аксиоме (3) все новые знаки берутся из того же универсального ограниченно-го по мощности множества знаков $\Delta S \equiv C$, например, генеральной легенды атласа или клавиатуры пишущего устройства, предполагая существование разных вариантов картознаков и шрифтов в локальном слое элементарного знака (опорной точки изображения). Третья аксиома $\Delta S_i \equiv D_i$ связывает всякое изменение с порождающим его действием (силой) и в количественном выражении соответствует уравнению (1), в качественном – позиции Y (рис. 3). В языке этот постулат отражен в многочисленных пословицах – грамматически законченных предложениях, в которых в поучительной форме выражена народная мудрость, обращающая внимание на необходимость деятельности для получения результата.

Фундаментальное качество существования C сохраняется при разного рода преобразованиях. По мнению Г. Фреге [47], оно является целью познания – для этики это постижение понятия «благо», для эстетики – понятия «красота», а для логики – понятия «истина». Содержания теорий отличаются по данным качествам (идеям), поэтому логика и эстетика не являются знаковыми теориями, но лишь похожи на теорию знаковых систем через интерпретацию понятий.

Основы семиотического моделирования интеллектуальных систем управления техническими комплексами в России заложены в работах Д. А. Поспелова и развито Г. С. Осиповым [18]. Состав семиотической модели напоминает схему (3) аксиом ОТС и представляет собой две пары $W = \langle S, \Delta S \rangle$ четверки множеств $S = \langle T, R, A, P \rangle$ и $\Delta S = \langle \Delta T, \Delta R, \Delta A, \Delta P \rangle$, где T – множество элементарных символов, R – множество синтаксических правил, A – множество знаний о предметной области, P – множество прагматических правил вывода решений и $\Delta T, \Delta R, \Delta A, \Delta P$ – правила изменения этих множеств. Тогда T – элементы, $T \times R$ – знаковые системы (язык системы), $T \times R \times A$ – их описания, $F = T \times R \times A \times P$ – их преобразования (функции, действия). Многоместный предикат (функция поверхности многообразия) $F(x)$ соответствует описанию, а $f(y) = a \cdot y$ уравнения (1) – преобразованию $F(x_0) \rightarrow F(x)$ начальной $F(x_0)$ в конечную $F(x)$ ситуацию. Для всех этих функций F допускаются изменения. Дж. Маккарти [48] для исчисления ситуаций предложил логический формализм для представления и рассуждения о динамических явлениях, основанный на понятиях, в данном случае выраженных в терминах расслоения: ситуация $F(x)$ – логическая формула, что описывает полное моментальное состояние универсальной системы (многообразия); флюента $f(y) = f(x - x_0)$ – предикаты или функции, частный вид и значения которых изменяются от одной ситуации x_0 к другой; $f(y) = a \cdot y$ – переход $F(x_0) \rightarrow F(x)$ осуществляется с помощью специальной флюенты – оператором действия $a \cdot y$ с результатом изменения $f(y)$. Полезно было бы эти соответствия связать с положениями метатеории исчисления ситуаций [49] для рассмотрения с общих позиций векторной логики (см. рис. 4).

В множество A в качестве подмножеств включаются параметры пространственно-временной определенности данных H , так важных для географических исследований, и инвариан-

антного качества I – аналога C в аксиоматике (3): $X \times N$ – пространственно-распределенные ξ и изменяющиеся во времени t данные $x(\xi, t)$ и $X \times I$ – линейно-упорядоченные по направлению I знания типа дорожных знаков, операций технологического процесса, частей конструкции механизма или машинописного текста. Отмечается [16], что к знаниям относятся законы и факты предметной области, не подверженные сомнениям и изменениям типа аксиом, игнорирующих пространственно-временную распределенность.

В теории знаковых систем идеальное качество относится к вопросам семиотической истинности как выражения правильного способа репрезентации объектов в форме знаков и текстов – закона морфологии знаков. Предполагается, что таким инвариантным качеством является сохранение линейного порядка $C=I=[0,1]$ знаков: в текстах, на картах или технических схемах – их относительного положения в координатной системе признакового пространства независимо от выбора системы координат. Отображение вида $S \leftrightarrow I$ в понятиях У. Уилбера [50] соответствует формуле нахождения «адреса объекта», т.е. по существу, определяет «формулу существования объекта».

Для картографии математическая строгость соблюдения порядка взаимного размещения знаков в соответствии с реально существующим порядком территориальных объектов является абсолютным законом [51]. Это означает, что все знаки обладают проективными и гомотопическими свойствами $B \times A \rightarrow A \rightarrow [0,1]$, имеют начало и конец вектора направления D_i , дифференцируются на части $B(A)$, складываются и перемножаются, разворачиваются в пространстве, расслаиваются на многообразии универсальных знаков, образуют цепи связности (комплексы), кодируются (гипер)действительным числом I из отрезка $I=[0,1]$ [39]. Правильно сконструированный знак и система знаков имеют структуру $\Delta S \times S \leftrightarrow S \leftrightarrow \Delta S \leftrightarrow I$, по частям удовлетворяющую аксиомам (3) в семиотической интерпретации:

$$1) S \leftrightarrow I; 2) \Delta S \leftrightarrow I; 3) \Delta S_i \leftrightarrow D_i. \quad (4)$$

Например, речная сеть $\Delta S \times S$ на карте состоит из линии $S \leftrightarrow I$ основного русла и линий $\Delta S \leftrightarrow I$ притоков первого порядка, упорядоченных $\Delta S \leftrightarrow S$ вдоль основного русла по их устьевому местоположению S – относительному расстоянию от истока $I=[0,1]$ ($I=0$ – исток, $I=1$ – устье главного водотока). Расслоение речной сети $\Delta S \times S \leftrightarrow S$ на линии притоков ΔS осуществляется на базе расслоения S в точках касания $S_0 \in S$ (в местах впадения притоков). По аналогии строится синтаксическая структура предложения (рис.1), с выделением глубинно-синтаксического «русла» и поверхностных «притоков» слов, или механическая система из совокупности неподвижных и подвижных звеньев [36].

Независимо построенная аксиоматика (4), отражающая основные понятия и правила семиотики, оказалась по форме и содержанию сходна с теорией географических комплексов и технических конструкций, где системы слагаются из элементов, их конфигураций и комбинаций; перевод конфигураций в композицию комплекса выражает форму сравнения (подобия) конфигураций безотносительно к их пространственно-временной определенности [28]. Общая теория географических комплексов не содержит понятия пространства и времени, что подчеркивает специфику географического знания как учения о комплексах, а их порядок связывается только с их адресным положением на множестве индексов $I=[0,1]$. Идеи комплексирования также иллюстрируются линейно упорядоченным движением и вращением физических тел. По формальным признакам общая теория комплексов восходит к метанаучным, математическим положениям алгебраических систем – объекту, состоящему из трёх множеств: непустого множества элементов A , множества алгебраических операций $A \times A \times \dots \times A \rightarrow A$ и множества отношений $A \rightarrow \dots \rightarrow A \rightarrow A$, в частности отношений порядка, особенности которого задаются эталоном сравнения $I=[0,1]$. Интертеория комплексов является классом алгебраических систем, что удовлетворяют некоторой системе аксиом (4). Семиотика – подкласс теории комплексов с частным слоем универсума из знаковых систем, лингвистика – подкласс семиотики текстов разных тео-

рий языка, что не относятся к МТ-уровню познания и не касаются МТ-проблем контекстного определения значений символов.

Заключение. Семиотические лингвистические знания содержат многочисленные примеры для иллюстрации методов МТ-моделирования, направленного на формирование базовых принципов и уравнений тематического анализа научной информации средствами дифференциальной геометрии с использованием арсенала математической науки. Универсальное уравнение (1) в разной тематической интерпретации позволяет сравнивать различные объекты и явления между собой и использовать его в качестве аппарата количественных и качественных исследований. Частная задача – дать трактовку полученным формулам в терминах знаковых систем для объяснения их выявленных свойств. Интертеория семиотики создается как самостоятельное сквозное направление теории сложных систем – комплексов, изучающей свойства линейного порядка в форме чистого знания о законах, абстрагированных от средового окружения. Выявленные языковые законы требуют МТ-интерпретации знаковых систем с учетом особенностей культурной среды (контекста) их проявления как многообразия условий речевой и иной деятельности. Следует различать теоретический уровень семиотического моделирования комплексов-текстов и МТ-анализ, который позволяет объяснить закономерности, не учтенные в теории чистого знания о сложных системах.

Используя процедуры векторизации и их обобщения для формирования рядов знаков, производятся знаковые системы разной сложности. Простые знаки (конфигурации) изображаются в локальных признаковых координатах каждого слоя по схеме трассировки радиус-векторами в направлении касательных векторов действия. Знаковые изменения происходят средствами геометрических преобразований в разных системах координат с сохранением узнаваемости. Эти свойства простых знаков распространяются на свойства знаковых систем и иные семиотические модели реальности (конструкции).

В аксиомах семиотики постулируется существование разных эквивалентных форм знаковых систем расслоения с линейно-упорядоченной структурой: признакового пространства расслоения, базы расслоения, расслоенного векторного пространства и комплекса связности слоев-знаков (композиции сложных символов). Через МТ-знание технологически вводятся в науку математические истины. В аспекте расслоения, основой конструктивной организации текста являются свойства членимости, подобия и системной связности. МТ-подход – более высокий уровень научного познания, чем теоретический, качественно обобщающий модели и методы векторизации, и с этих позиций он выступает как вспомогательное средство конкретного описания знаковых систем. Особенно важна триадическая форма организация МТ-знаний, позволяющая считать означаемый объект суммой предмета (концепта) исследования и означающих знаков, что логически связывается с философской моделью трансцендентальной аргументации.

Структуры порядка моделируются единичным отрезком $[0,1]$, что позволяет перенести известные свойства (гипер)действительных чисел на сложные знаковые системы (комплексы) семиотики и лингвистики и представить научные тексты естественного языка в терминах формального метаязыка преобразований и отношений алгебраических систем. В широком смысле знаками является все то, что воспроизводит и сохраняет линейный порядок, т.е. ограничено, индексировано, фрактально-иерархически организовано, гомотопически подобно и т.д.

МТ-концепция объединяет разные схемы представления и анализа данных и знаний и позволит создавать типовые модели в науке и технике, проводить конкретные проектные расчеты. Она дает возможность с единых позиций рассматривать результаты разных направлений семиотического моделирования для дополнения знаний различных областей исследования и конструирования механизмов или культурных ландшафтов в виде «текстов» со своеобразным внешним проявлением и внутренней структурой. Прослеживается полезная аналогия между естественным и картографическим языком, семиотическими, географическими и техническими

схемами и конструкциями. Векторная триадная информационная методология расслоения на многообразиях объединяет математику, философию и практику семиотического моделирования и может служить МТ-основой для дальнейших системных исследований в разных науках.

Благодарности. Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы: АААА-А21-121012190056-4).

Список источников

1. Кошелев А. Д. Современная теоретическая лингвистика как Вавилонская башня (о “мирном” сосуществовании множества несовместимых теорий языка) / А. Д. Кошелев // Известия РАН. Серия литературы и языка, 2013. – Т. 72. – № 6. – С. 3–22.
2. Зверев Г.Н. Теоретическая информатика и ее основания / Г.Н. Зверев. – М.: Физматлит, 2007. – Т.1. – 592 с.
3. Мамардашвили М.К. Символ и сознание. Метафизические рассуждения о сознании, символике и языке / М.К. Мамардашвили, А.М. Пятигорский. – М.: Школа "Языки русской культуры", 1997. – 224 с.
4. Тимофеева М.К. Язык с позиций философии, психологии, математики / М.К. Тимофеева. – М.: ФЛИНТА, 2013. – 176 с.
5. Kempson R., Fernando T., Asher N Philosophy of linguistics. Amsterdam, London, New York: Elsevier, 2012, 574 p.
6. Trifonas P.P. International Handbook of Semiotics. London, New York: Springer, 2015, 1325 p.
7. Черкашин А.К. Метатеоретические модели политической науки об устойчивом развитии в концепции расслоенных пространств деятельности / А.К. Черкашин // Известия Иркутского государственного университета. Серия Политология. Религиоведение, 2018. – Т. 25. – С. 5–23.
8. Черкашин А.К. Метатеоретическое моделирование правовых норм и отношений / А.К. Черкашин // Мониторинг правоприменения, 2020. – №3 (36). – С. 59-69.
9. Шокин Ю.И. Математическое моделирование и информационные технологии в Сибирском отделении РАН. Традиции и современность / Ю.И. Шокин, Л.Б. Чубаров // Вычислительные технологии, 2007. – № 3(12). – С. 8-23.
10. Лютый А.А. Язык карты: сущность, система, функции / А.А. Лютый. М.: ИГ АН СССР, 1988. – 292 с.
11. Черкашин А.К. Геокартографическое мышление в современной науке / А.К. Черкашин // Геодезия и картография, 2020. – №7. – С. 27-36.
12. Соссюр Ф. Труды по языкознанию / Ф. Соссюр. – М.: Прогресс, 1977. – 695 с.
13. Ляшенко Д.Н. Семиотическое моделирование реальности / Д.Н. Ляшенко. Одесса: Печатный дом, 2015. – 168 с.
14. Повилейко Р.П. Архитектура машины. Художественное конструирование. Проблемы и практика / Р.П. Повилейко. Новосибирск: Западно-Сибирское кн. из-во, 1974. – 143 с.
15. Массель Л. В. Ситуационное исчисление как развитие семиотического подхода к построению интеллектуальной системы поддержки принятия решений / Л. В. Массель, В. Р. Кузьмин // Вестн. НГУ. Серия: Информационные технологии, 2017. – Т. 15. – № 4. – С. 43–52.
16. Осипов Г. С. От ситуационного управления к прикладной семиотике / Г. С. Осипов // Новости интеллектуального интеллекта, 2002. – № 6 (54). – С. 2–12.
17. Кузнецов В.Г. Словарь философских терминов / В.Г. Кузнецов. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 731 с.
18. Humboldt W. On Language: On the diversity of human language construction and its influence on the mental development of the human species. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, 342 p.
19. Гумбольдт А. Космос. Опыт физического мироописания / А. Гумбольдт. – М.: Тип. А. Семена, 1862-1863. – Ч.1. – 410 с.
20. Крушевский Н.В. Предмет, деление и метод науки о языке / Н.В. Крушевский //Хрестоматия по истории русского языкознания. – М.: Высшая школа, 1973. – С. 412-417.
21. Husserl E. Cartesian Meditations: An Introduction to Phenomenology. Springer, 2012, 174 p.
22. Арнольд И.В. Основы научных исследований в лингвистике / И.В. Арнольд. – М.: Высш. шк., 1991. – 140 с.
23. Anderson M., Merrell F. On Semiotic Modeling. Berlin, New York, Mouton de Gruyter, 1991, 632 p.
24. Kiryushchenko V. Maps, diagrams, and signs: visual experience in Peirce’s semiotics . International Handbook of Semiotics, P.P.Trifonas. London, New York, Springer, 2015, pp. 115-123.
25. Хомский Н. Синтаксические структуры / Н. Хомский // Новое в лингвистике. – Вып. 2. – М., 1962. – С.412–527.

26. Шрейдер Ю. А. Равенство, сходство, порядок / Ю. А. Шрейдер – М.: Наука, 1971. – 254 с.
27. Firth J.R. Papers in linguistics, 1934-1951. London, Oxford university Press, 1958, 233 p.
28. Cherkashin A. K. Polysystem modelling of geographical processes and phenomena in nature and society . Mathematical modelling of natural phenomena, 2009, vol. 4, no. 5, pp. 4–20.
29. Bull W. E. Time, Tense and the Verb: A Study in Theoretical and Applied Linguistics with Particular Reference to Spanish, University of California Press, 1971, 120 p.
30. Гийом Г. Принципы теоретической лингвистики. – М.: Прогресс, 1992. – 224 с.
31. Guillaume G. Foundations for a science of language. Series IV, Current Issues in Linguistic Theory, vol. 31, Amsterdam, John Benjamins, 1984, xxiv+175 p.
32. Deerwester S., Dumais S.T., Furnas G.W., Landauer T.K., Harshman R. Indexing by latent semantic analysis . Journal of the American society for Information Science, September, 1990, pp. 391-407.
33. Salton G., Allan J., Buckley C. Automatic structuring and retrieval of large text files. Electronic publishing, 1992, vol. 5, no.1. pp. 1–17.
34. Жеребцова Ю. А. Сравнение моделей векторного представления текстов в задаче создания чат-бота / Ю. А. Жеребцова, А. В. Чижик // Вестник НГУ. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация, 2020. – Т. 18. – № 3. – С. 16–34.
35. Стёпин В. С. Философия науки и техники / В. С. Стёпин, В. Г. Горохов, М. А. Розов. – М.: Гардарика, 1999. – 400 с.
36. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
37. Fitch W.T. The Evolution of Language. N.Y.: Cambridge University Press, 2010, 611 p.
38. Уилбер К. Интегральная психология: сознание, дух, психология, терапия / К. Уилбер. – М.: ООО АСТ и др., 2004. – 412 с.
39. Черкашин А.К. Инновационная математика: поиск оснований и ограничений моделирования реальности / А.К. Черкашин // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2019. – № 2 (14). – С. 69-87.
40. Peirce C.S. The essential Peirce. N. Houser & C. Kloesel, vol. 1, Bloomington: Indiana University Press, 1992, 448 p.
41. Матезиус В. О так называемом актуальном членении предложения / В. О. Матезиус // Пражский лингвистический кружок. – М.: Прогресс, 1967. – С.239-245.
42. Bar-Hillel Y. Language and information: Selected essays on their theory and application // Foundations of Language. 1966, vol. 2, no.2, pp. 192-199.
43. Bieri P., Krüger L., Horstmann R.-P. Transcendental arguments and science: essays in epistemology. Dordrecht, Boston, London, Springer, 1979, 334 p.
44. Stern, R. Transcendental Arguments: Problems and Prospects. Oxford, Oxford University Press, 2000, 344 p.
45. Лотман Ю.М. Динамическая модель семиотической системы / Ю.М. Лотман // Избранные статьи в трех томах. – Т.1. Статьи по семиотике и топологии культуры. – Таллин: Из-во «Александра», 1992. –UML: http://yanko.lib.ru/books/cultur/lotman-selection.htm#_Точ509600928 (дата обращения 18.04.2020).
46. Моррис Ч.У. Основания теории знаков / Ч.У. Моррис // Семиотика: Антология. – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2001. – С. 45–95. –UML: <https://www.google.ru/url>
47. Фреге Г. Логико-философские труды / Г. Фреге. – Новосибирск: Сиб. универс. изд-во, 2008. –283 с.
48. McCarthy J. Situations, actions and causal laws. Technical Report Memo 2, Stanford, Stanford University Artificial Intelligence Laboratory, CA, 1963, pp. 1-11.
49. Pirri F., Reiter R. Some contributions to the metatheory of the Situation Calculus . Journal of the ACM, 1999, vol. 46, no 3. pp. 325–361.
50. Wilber K. Integral post-metaphysics. Integral spirituality: A startling new role for religion in the modern and postmodern world. Boston&London, Integral Books, 2007, pp. 231-274.
51. Асланикашвили А.Ф. Метакартография: Основные проблемы / А.Ф. Асланикашвили. –Тбилиси: Мецниереба, 1974. – 125 с.

Черкашин Александр Константинович, доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией теоретической географии Института географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, ORCID 0000-0002-7596-7780, WoS K-2418-2017, РИНЦ 58425, akcherk@irnok.net, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская 1.

Metatheoretical semiotic modeling in science and technology

Aleksander K. Cherkashin

V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS,

Russia, Irkutsk, *akcherk@irnok.net*

Abstract. Mathematical models of the intertheory of sign systems are developed in terms of the vector fiber bundle (stratification) of feature spaces of differential geometry as part of the general complexes theory, using philosophical and system-semiotic representations of linguistic knowledge. The manifestation of metatheoretic (MT) laws from the equations of the individual signs formation to the analysis and synthesis of scientific texts and system theories is investigated. The universal equation proposed allows us to compare various objects and phenomena and use it as a device for quantitative and qualitative analysis. For each kind of sign and non-sign systems, specific conceptual and terminological base is created and a set of axioms of the connection of concepts is determined, i.e. a special system intertheory is formed. The semiotic intertheory studies the properties of linear order in the form of pure knowledge on laws abstracted from the contextual environment. The axioms of semiotics postulate the existence of different forms of sign systems of fiber bundles with a linearly ordered structure: the feature space for fibration, the base of fiber bundle, the vector space of bundle with fiber, and the connectedness of signs (symbols complex). Using the vectorization procedures and their generalization to a signs series, sign systems of different complexity are produced. An analogy of the text structure with cartographic and technical reality constructions is made. Sign changes occur with geometric transformations in various coordinate systems with the preservation of recognition capacity. The properties of simple signs extend to the properties of sign systems and MT-models of geographical and technical reality. The triadic form of the organization of MT-knowledge allows us to consider the signified object as the sum of the subject (concept) of research and signifier, which is logical connected with the philosophical model of transcendental argumentation. Order structures are modeled by a unit interval $[0,1]$, which allows us to transfer the known properties of real and hyper-real numbers to complex sign systems (complexes) on complex sign systems (complexes) of semiotics, linguistics and other sciences of complex phenomena, and to present scientific texts of natural language in terms of the formal meta-language of transformations and relations of algebraic systems. As a result, signs (schemes) are everything that reproduces and preserves linear order, that they are bounded, indexed, fractal and hierarchical organized, homotopical similar, etc.

Keywords: metatheory and intertheory of sign systems, manifolds of sign systems, general theory of complex systems, feature space of bundle with fiber, mathematical modeling, geographical and technical models

Acknowledgements: The study was carried out at the expense of the state task (state registration number of the topic: AAAA-A21-121012190056-4)

References

1. Koshelev A. D. *Sovremennaya teoreticheskaya lingvistika kak Vavilonskaya bashnya (o "mirnom" sosushchestvovanii mnozhestva nesovmestimyh teorij yazyka)* [Modern theoretical linguistics as the Tower of Babel (on the "peaceful" coexistence of many incompatible theories of language)]. *Izvestiya RAN. Seriya literatury i yazyka*, 2013. vol. 72, no. 6, pp. 3-22. (in Russian).
2. Zverev, G. N. *Teoreticheskaya informatika i ee osnovaniya* [Theoretical informatics and its foundations], Moscow, Fizmatlit, 2007, vol. 1, 592 p. (in Russian).
3. Mamardashvili M.K., Pyatigorsky A.M. *Simvol i soznanie. Metafizicheskie rassuzhdeniya o soznanii, simbolike i yazyke* [Symbol and consciousness. Metaphysical reasoning about consciousness, symbolism and language]. Moscow, Shkola "Yazyki russkoj kul'tury, 1997, 224 p. (in Russian).
4. Timofeeva, M. K. *Yazyk s pozicij filosofii, psihologii, matematiki* [Language from the standpoint of philosophy, psychology, mathematics]. Moscow, FLINTA, 2013, 176 p. (in Russian)
5. Kempson R., Fernando T., Asher N. *Philosophy of linguistics*. Amsterdam, London, New York, Elsevier, 2012, 574 p.
6. Trifonas P.P. *International Handbook of Semiotics*. London, New York, Springer, 2015, 1325 p
7. Cherkashin A. K. *Metateoreticheskie modeli politicheskoy nauki ob ustojchivom razviti v koncepcii rassloennyh prostranstv deyatelnosti* [Metatheoretical models of political science on sustainable development in the concept of stratified spaces of activity]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Politologiya*.

- Religiovedenie [Bulletin of Irkutsk State University. Political Science and Religious Studies series], 2018, vol. 25, pp. 5-23 (in Russian).
8. Cherkashin A. K. Metateoreticheskoe modelirovanie pravovyh norm i otnoshenij [Metatheoretic modeling of legal norms and relations]. Monitoring pravoprimeneniya [Monitoring of law enforcement], 2020, vol. 36, no. 3, pp. 59-69. (in Russian).
 9. Shokin Yu.I., Chubarov L.B. Matematicheskoe modelirovanie i informacionnye tekhnologii v Sibirskom otdelenii RAN. Tradicii i sovremennost' [Mathematical modeling and information technologies in the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Traditions and modernity]. Vychislitel'nye tekhnologii [Computing technologies], 2007, no. 3(12), pp. 8-23.
 10. Lyuty A. A. Yazyk karty: sushchnost', sistema, funkcii [The language of the map: essence, system, functions]. Moscow, IG AN SSSR, 1988, 292 p. (in Russian).
 11. Cherkashin A. K. Geokartograficheskoe myshlenie v sovremennoj nauke [Geocartographic thinking in modern science]. Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]. 2020, no. 7, pp. 27-36. (in Russian).
 12. Saussure F. Trudy po yazykoznaniyu [Proceedings on linguistics]. Moscow, Progress, 1977, 695 p. (in Russian).
 13. Lyashenko D. N. Semioticheskoe modelirovanie real'nosti [Semiotic modeling of reality: monograph]. Odessa: Pechatnyj dom [Odessa: Printing House]. 2015, 168 p.
 14. Povileyko R.P. Arhitektura mashiny. Hudozhestvennoe konstruirovaniye. Problemy i praktika [Architecture of the machine. Artistic design. Problems and practice]. Novosibirsk: Zapadno-Sibirskoe kn. iz-vo, Novosibirsk [West Siberian Book Publishing House], 1974, 143 p.
 15. Massel L. V., Kuzmin V. R. Situacionnoe ischislenie kak razvitie semioticheskogo podhoda k postroeniyu intellektual'noj sistemy podderzhki prinyatiya reshenij [Situational calculus as the development of a semiotic approach to the construction of an intelligent decision support system]. Vestn. NGU. Seriya: Informacionnye tekhnologii [Vestn. NSU. Series: Information Technology], 2017, vol. 15, no. 4, pp. 43-52.
 16. Osipov G. S. Ot situacionnogo upravleniya k prikladnoj semiotike [From situational management to applied semiotics]. Novosti iskusstvennogo intellekta, 2002, no. 6 (54), pp. 2-12
 17. Kuznetsov V. G. (ed.) Slovar' filosofskih terminov [Dictionary of philosophical terms]. Moscow, INFRA-M [Moscow, INFRA-M], 2005, 731 p. (in Russian).
 18. Humboldt W. On Language: On the diversity of human language construction and its influence on the mental development of the human species. Cambridge, Cambridge University Press, 1999, 342 p.
 19. Humboldt, A. Kosmos. Draft of a physical description of the world, edited and provided with an afterword by Ottmar Ette and Oliver Lubrich. Berlin, Die Andere Bibliothek, 2014, 572 p.
 20. Kruszewski N.V. Predmet, delenie i metod nauki o yazyke [The subject matter, the division and the method of science about language]. Hrestomatiya po istorii russkogo yazykoznaniya. Vysshaya shkola [The reader on the history of Russian linguistics]. Moscow, Vysshaya shkola, 1973, pp. 412-417. (in Russian).
 21. Husserl E. Cartesian Meditations: An Introduction to Phenomenology, Springer, 2012. 174 p.
 22. Arnold I. V. Osnovy nauchnyh issledovanij v lingvistike [Fundamentals of scientific research in linguistics]. Moscow, Vysshaya shkola, 1991, 140 p. (in Russian).
 23. Anderson M., Merrell F. On Semiotic Modeling. Berlin, New York, Mouton de Gruyter, 1991, 632 p.
 24. Kiryushchenko, V. Maps, diagrams, and signs: visual experience in Peirce's semiotics. International Handbook of Semiotics, P.P.Trifonas (ed.). London, New York, Springer, 2015, pp. 115-123.
 25. Chomsky N. Sintaksicheskie struktury [Syntactic structures]. Novoe v lingvistike [New progress in linguistics], Moscow, 1962, vyp. 2, Issue 2, pp. 412-527. (in Russian).
 26. Schreyder Yu. A. Ravenstvo, skhodstvo, poryadok [Equality, similarity, order]. Moscow, Nauka, 1971, 254 p. (in Russian).
 27. Firth J.R. Papers in linguistics, 1934-1951. London: Oxford university Press, 1958, 233 p.
 28. Cherkashin A. K. Polysystem modelling of geographical processes and phenomena in nature and society. Mathematical modelling of natural phenomena, 2009, vol. 4, no. 5, pp. 4-20.
 29. Bull W. E. Time, Tense and the Verb: A Study in Theoretical and Applied Linguistics with Particular Reference to Spanish, University of California Press, 1971, 120 p.
 30. Guillaume G. Principy teoreticheskoy lingvistiki [Principes de Linguistique théorique]. Moscow, Progress, 1973, 276 p.
 31. Guillaume G. Foundations for a science of language. Series IV, Current Issues in Linguistic Theory, vol. 31, Amsterdam, John Benjamins, 1984, xxiv+175 p.
 32. Deerwester S., Dumais S.T., Furnas G.W., Landauer T.K., Harshman R. Indexing by latent semantic analysis. Journal of the American society for Information Science, September, 1990, pp. 391-407.
 33. Salton G., Allan J., Buckley C. Automatic structuring and retrieval of large text files. Electronic publishing, 1992, vol. 5, no.1. pp. 1-17.

34. Zherebtsova Yu. A., Chizhik A.V. Sravnenie modelej vektornogo predstavleniya tekstov v zadache sozdaniya chat-bota [Text vectorization methods for retrieval-based chatbot]. Vestnik NGU. Seriya: Lingvistika i mezhkul'turnaya kommunikaciya [Bulletin of the NSU. Series: Linguistics and intercultural communication], 2020, vol. 18, no. 3, pp. 16-34. (in Russian).
35. Stepin V. S., Gorokhov V. G., Rozov M. A. Filosofiya nauki i tekhniki. [Philosophy of Science and Technology]. Moscow, Gardarika, 1999, 400 p.
36. Artobolevsky I.I. Teoriya mekhanizmov i mashin [Theory of mechanisms and machines]. Moscow, Nauka, 1988, 640 p.
37. Fitch W.T. The Evolution of Language. N.Y.: Cambridge University Press, 2010, 611 p.
38. Wilber K. Integral'naya psikhologiya: soznaniye, dukh, psikhologiya, terapiya [Integral Psychology: Consciousness, Spirit, Psychology], Moscow, OOO AST, 2000, 320 p.
39. Cherkashin A.K. Innovacionnaya matematika: poisk osnovanij i ogranichenij modelirovaniya real'nosti [Innovative mathematics: the search for the foundations and limitations of modeling reality]. Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii [Information and mathematical technologies in science and management], 2019, no. 2, (14). pp. 69-87.
40. Peirce C.S. The essential Peirce. N. Houser & C. Kloesel, vol. 1, Bloomington, Indiana University Press, 1992, 448 p.
41. Matezius V. O tak nazyvaemom aktual'nom chlenenii predlozheniya [On so-called actual division of the sentence]. Prazhskij lingvisticheskij kruzhok [Prague linguistic circle], Moscow, Progress, 1967, pp. 239-245. (in Russian).
42. Bar-Hillel Y. Language and information: Selected essays on their theory and application. Foundations of Language, 1966, vol. 2, no.2, pp. 192-199.
43. Bieri P., Krüger L., Horstmann R.-P. Transcendental arguments and science: essays in epistemology. Dordrecht, Boston, London, Springer, 1979, 334 p.
44. Stern R. Transcendental Arguments: Problems and Prospects. Oxford, Oxford University Press, 2000, 344 p.
45. Lotman Yu. M. Dinamicheskaya model' semioticheskoy sistemy [Dynamic model of the semiotic system]. Stat'i po semiotike i topologii kul'tury. Izbrannye stat'i v trekh tomah [Stat'i po semiotike i topologii kul'tury. Izbrannye stat'i v trekh tomah], Tallin, Iz-vo Aleksandra, 1992, vol. 1, available at : http://yanko.lib.ru/books/cultur/lotman-selection.htm#_Toc509600928 (in Russian).
46. Morris Ch. U. Osnovaniya teorii znakov [Foundations of the theory of signs]. Semiotika: Antologiya [Semiotics: An Anthology]. Moscow, Akademicheskij proekt, Ekaterinburg, Delovaya kniga, 2001, pp. 45-95, available at : <https://www.google.ru/url> (in Russian).
47. Frege G. Logiko-filosofskie trudy [Logical and philosophical work]. Novosibirsk, Sib. univers. izd-vo, 2008, 283 p. (in Russian).
48. McCarthy J. Situations, actions and causal laws. Technical Report Memo 2, Stanford, Stanford University Artificial Intelligence Laboratory, CA, 1963, pp. 1-11.
49. Pirri F., Reiter R. Some contributions to the metatheory of the Situation Calculus. Journal of the ACM, 1999, vol. 46, no 3, pp. 325–361.
50. Wilber K. Integral post-metaphysics. Integral spirituality: A startling new role for religion in the modern and postmodern world. Boston&London, Integral Books, 2007, pp. 231-274.
51. Aslanikashvili A. F. Metakartografiya: Osnovnye problemy. [Metacartography: the main problems]. Tbilisi: Mecniereba, 1974, 125 p. (in Russian).

Alexander K. Cherkashin, *Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Theoretical Geography of V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS, ORCID 0000-0002-7596-7780, WoS K-2418-2017, AuthorID:58425, akcherk@irnok.net, 664033, Irkutsk, st. Ulaanbaatar 1.*

Статья поступила в редакцию 27.04.2022; одобрена после рецензирования 23.05.2022; принята к публикации 10.06.2022.

The article was submitted 04/27/2022; approved after reviewing 05/23/2022; accepted for publication 06/10/2022.