

Микони Станислав Витальевич,
ведущий научный сотрудник,
д-р техн. наук, профессор

ЯЗЫК КАК МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ

Россия, Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук, smikoni@mail.ru

Аннотация. Системность мира проявляется в человеческом знании о нём. Знание представляется на естественных (национальных) и искусственных языках. В работе рассматриваются системные свойства естественного (ЕЯ) и математического (МЯ) языка. С применением модели исчисления предикатов показывается переход от единичного к общему в ЕЯ и МЯ. Реляционная форма предиката используется для обоснования общности логических связей по отношению к предметным. Отмечается роль связей в многоуровневых моделях различного назначения. Неопределённость знания связывается с размытостью границ между сущностями. На модели формальной системы показываются предельные возможности развития замкнутой и открытой системы. Утверждается, что знание и правильное применение системных свойств естественных и искусственных языков позволяет повысить качество научных исследований и публикаций.

Ключевые слова: модель, естественный язык, математический язык, закономерности системного анализа, обобщение, связность, предельная возможность.

Stanislav V. Mikoni,
Leading Researcher, Ph.D., Dr. Sci., Full Professor

LANGUAGE AS A SYSTEM MODEL

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
St. Petersburg, Russia, smikoni@mail.ru

Abstract. The systematic nature of the world is manifested in human knowledge about it. Knowledge is presented in natural (national) and artificial languages. The work examines the systemic properties of natural (NL) and mathematical (ML) languages. Using the model of predicate calculus, the transition from the individual to the general in NL and ML is shown. The relational form of the predicate is used to justify the generality of logical connections in relation to subject ones. The role of connections in multi-level models for various purposes is noted. The uncertainty of knowledge is associated with the blurring of boundaries between entities. The model of a formal system shows the limiting possibilities for the development of a closed and open system. It is argued that knowledge and correct application of the systemic properties of natural and artificial languages can improve the quality of scientific research and publications.

Keywords: model, natural language, mathematical language, patterns of system analysis, generalization, coherence, limiting possibility.

Введение

Несмотря на сравнительно недавнее оформление системологии в научную дисциплину системный взгляд на вещи имеет давнюю историю. Ключевым понятием системы является взаимосвязь предметов и явлений. Так, например, античным мыслителем Птолемеем была предложена геоцентрическая система мира с Землёй в центре Вселенной.

Системность всего сущего не могла ни отразиться на его описании. Способ восприятия мира человеком основан на синергизме образного (правополушарного) и знакового (левополушарного) мышления. Взаимодействие с внешним миром требует от человека различать его составляющие.

Выделение некоторой составляющей мира от остальных требует охарактеризовать её особенности и на этой основе присвоить уникальное имя. Формальной моделью этого процесса является треугольник Фреге [1]. Его вершинами являются: обозначаемая сущность (denotat), отражающее её понятие (consept) и его имя (designat). Дугами связываются отношения между ними.

Сущность воспринимается органами чувств человека как некоторый образ. Понимание этого образа осуществляется путём формулирования определения понятия, включающего набор существенных признаков, которые выделяют этот образ среди ему подобных. Поскольку смысл существенных признаков должен быть понятен познающему субъекту, можно считать, что понимание достигается с применением правила подстановки [2]. Понятие обозначается уникальным знаком, отражающим особенности соответствующего этноса.

На основе «инвентаризации» всех сущностей, окружающих этнос, естественным путём складывается его язык. По этой причине он и называется естественным языком (ЕЯ), обозначающим национальные языки народов [3]. В процессе создания искусственной среды обитания возникает необходимость создания искусственных языков (ИЯ). В науке к ним относится язык математики, характеризуемый максимальной отвлечённостью от предметного смысла. Предметом рассмотрения настоящей работы является анализ системных свойств, отражаемых национальным языком и языком математики.

1. Обобщение

Углубление знания об объекте предполагает выявление присущих ему свойств. Например, на русском языке мнение о лидирующих качествах Петрова выражается фразой: «Петров — лидер». Знак «—» заменяет слово «есть»: «Петров есть лидер». В исчислении предикатов первого порядка свойство Петрова формализуется в виде логической функции.

Она описывается как Лидер (Петров). Функция истинна, если Петров действительно обладает качествами лидера и ложна в противном случае.

По мере накопления опыта выясняется, что лидирующими качествами обладают многие люди, и не только люди. Их можно объединить в класс одушевлённых существ X_0 . Суждение об обладании ими лидирующими качествами записывается как Лидер (x), $x \in X_0$. Это выражение означает *обобщение* по аргументам функции.

Помимо качества лидера человеку присущи многие другие свойства, которые обозначим через множество P . Обладание одним из них формализуется выражением $Pr(x)$. $x \in X$, $Pr \in P$. Это выражение означает *обобщение*, как по аргументам, так и по логическим функциям. Обобщение описывается отношением «элемент-класс».

Другим важным знанием об окружающем мире являются отношения между сущностями. Фраза «Я работаю в институте информатики» формализуется как двухместный предикат: Работать (я, институт информатики).

Двухместный предикат подобно одноместному предикату обобщается следующим образом: $Pr(x, y)$, $y \in Y$, где Y — множество институтов. Первый аргумент этого выражения является активной, а второй — пассивной сущностью. Взаимодействие активных сущностей имеет такую же запись. Преобладание активности одной из сущностей определяется смыслом предиката. Например, «Согласовать (x, y)» означает равную активность сторон.

Самых общих предикатов всего два: *быть* (to be) и *делать* (to do) [4]. Недаром эти два глагола играют роль вспомогательных в английском языке. Они и приходят на помощь при формировании любых предложений независимо от их смысла.

Отметим два важных свойства этих глаголов. На основе глагола *Быть* формируются атрибутивные отношения (объект *есть* быстрый, экономичный и т. п.). На основе переходного глагола *делать* формируется субъект-объектное отношение (кто *делает* что). Отсюда следуют одноместный предикат *Быть* (x) и двухместный предикат *Делать* (x, y). Предикат *Быть* (x) обладает только унарной связью — рефлексией на себя, а предикат *Делать* (x, y) — бинарной связью (Субъект, Объект).

2. Связность

Как отмечено выше, связность является одним из ключевых понятий системы. Формальной моделью связей между элементами системы является бинарное отношение $R^{(2)}$. Оно представляет собой матричную форму представления двухместного предиката. Каждая пара (x_i, x_j) бинарного отношения моделирует связь между сущностями x_i и x_j .

Связи делятся на логические и предметные. Логические связи общезначимы по отношению к любой предметной области (ПрО). К ним относятся [5]: *связь-обобщение* (вид-род), *связь-присоединение* (часть-агрегат), *связь-композиция* (часть-целое), *связь-принадлежность* (элемент-класс), *связь-влияние* (аргумент-функция), *инструментальная связь* (средство-цель). Любая предметная связь принадлежит одному из видов логических связей. Например, слова «прийти», «уйти» реализуют связь-принадлежность как вхождение в класс «ходить» и выхода из него.

Вертикальные связи между сущностями реализуют закономерность *иерархичности* системы. Примерами многоуровневых систем являются дерево целей (инструментальная связь) и дерево решений (связь-принадлежность). Многоуровневое представление знания в отношении *общее/частное* приведено в таблице 1.

Таблица 1

Многоуровневое представление знания

<i>Уровни представления знания</i>	<i>Степень общности</i>
Математика	отвлечение от предметных смыслов
Философия	отвлечение от подробностей
Междисциплинарный	над дисциплинами
Узкодисциплинарный	над задачами
Предметный (обыденный)	над фактами

Через связность всех частей системы определяется её *целостность*, связанная с понятием *целесолагания* [6].

3. Нечёткость границ

В процессе обобщения человек переходит от единичного к общему. В математике общность формулируется как класс сущностей, обладающих некоторой совокупностью свойств:

$$A = \left\{ x : \bigwedge_{j=1}^n Pr_j(x) \right\} \quad (1)$$

Формула (1) предлагает выполнение n логических правил формирования множества A . Границы смежных классов условны в зависимости от того, какое свойство принято за наиболее существенное для деления на классы. Размытость границ между смежными классами моделируется нечёткой логикой принадлежности классам. На рисунке 1 показаны простейшие функции принадлежности трём классам, из которых средний класс принят условно за норму (Н), а смежные с ним именованы *Меньше* (МН) и *Больше* (БН) нормы.

Размытость границ между классами влечёт неоднозначность слов, применяемых для их обозначения. В языкознании неоднозначность проявляется в синонимии и омонимии значений слов. Примеры этих вариантов неоднозначности показаны на рисунке 2.

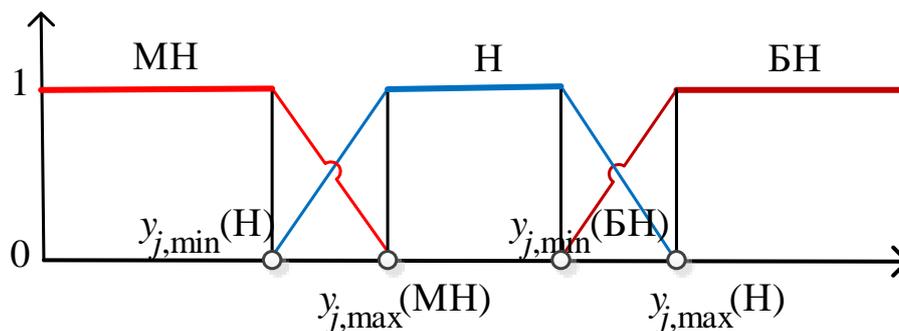


Рис. 1. Функции принадлежности классам по j -му показателю

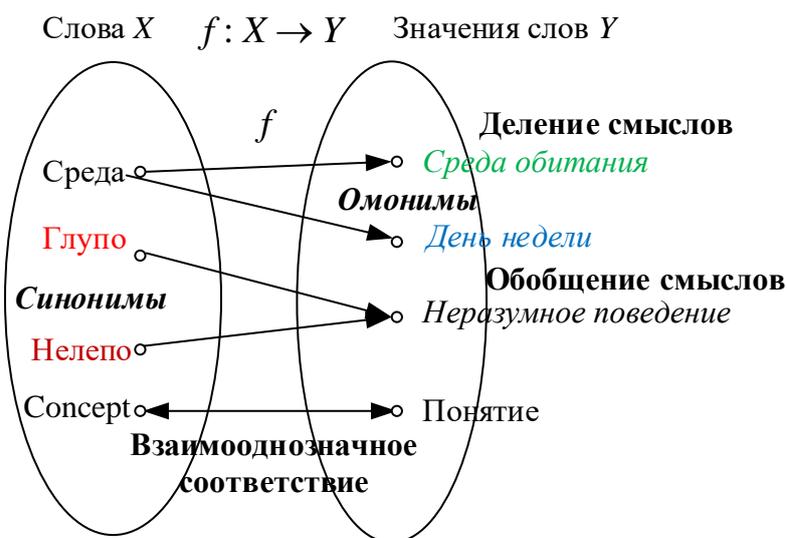


Рис. 2. Функциональная модель значений слов

Множества слов и их значений приняты соответственно за области определения и значений функции f назначения значений слов.

4. Генеративность

Генеративность, как способность породить новое, моделируется формальной системой (ФС). Формальная система представляется четвёркой символов $\langle T, P, A, B \rangle$ [2]. Её символы интерпретируются соответственно как множества базовых элементов, синтаксических правил, аксиом и правил вывода (семантических правил).

Базовые элементы T задают алфавит ПрО (логический, словарный, предметный и т. д.). Принадлежность элемента x алфавиту T устанавливается за конечное число шагов с помощью процедуры $\Pi(T)$.

Синтаксические правила P задают ограничения на построение синтаксически правильных совокупностей — цепочек символов (формул, слов и предложений языка). Синтаксическая правильность цепочек должна устанавливаться за конечное число шагов с помощью процедуры $\Pi(P)$.

Аксиомы A представляют собой подмножество синтаксически правильных совокупностей (формул), общезначимых в ПрО. Для проверки общезначимости должна существовать конечная процедура $\Pi(A)$. В качестве таковой используется построение таблиц истинности для соответствующей формулы.

С помощью правил вывода B порождаются новые семантически правильные совокупности. *Разрешимость* системы определяется наличием процедуры $\Pi(B)$ сопоставления порождаемых формул с известными их *образцами* и разделения их на семантически правильные и неправильные. С этой целью заранее известные ограничения вариантов генерации задаются запрещёнными формулами, либо их признаками. Соответствующие им формулы признаются неправильными и исключаются из рассмотрения в процессе порождения.

Результатом генерации являются семантически правильные формулы или иначе, правильно построенные формулы (ППФ), образующие перечислимое множество допустимых вариантов.

Формальная система является, в свою очередь, моделью аксиоматической теории (АТ), порождающей утверждения на основе аксиом и правил вывода. Исходя из этого, они играют роль базиса АТ.

Свойствам формальной системы отвечают свойства всех уровней русского языка (частицы, слова, предложения, тексты). На уровне словообразования примером является словообразовательное гнездо [7]. Его аксиомами являются все частицы (морфы) слова, начиная с корня, а правилами вывода — правила их компоновки. На рисунке 3 показана часть словообразовательного гнезда с корнем «стой», отражающая различные состояния покоя.

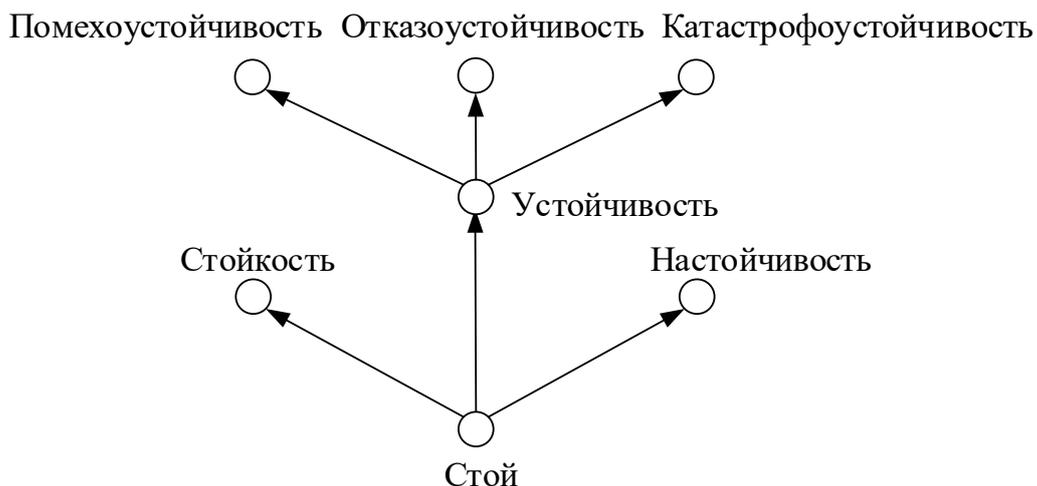


Рис. 3. Часть словообразовательного гнезда с корнем стой

Наличие многочисленных словообразовательных гнезд в русском языке объясняется большим по сравнению с английским языком количестве частиц, участвующих в словообразовании. На уровне слов это придаёт большую системность русскому языку. Так, например, слово *позна-*

ние логично порождается на основе слова *знание*. В отличие от них английские слова *cognition* и *knowledge* не имеют грамматической связи.

5. Стабильность и развитие

Эти два противоречивых свойства также моделируются формальной системой. Стабильность (неизменность) системы характеризуется постоянством символов ФС. В этом смысле она моделирует замкнутую систему. Её внутреннее развитие осуществляется за счёт реализации неиспользованных сочетаний аксиом и правил вывода. Их полный перебор характеризует предельные возможности замкнутой системы, её потенциальную осуществимость.

Взаимодействие ФС с внешней средой требует приспособления к ней. Адаптационные свойства ФС реализуются за счёт допустимых изменений её базовых множеств:

$$\langle T, P, A, B, \Delta(T), \Delta(P), \Delta(A), \Delta(B) \rangle.$$

Пределы изменения базовых составляющих системы различны. Язык ФС (алфавит и синтаксические правила) более консервативен, чем построенная на нём теория (аксиомы и правила вывода). Он может быть использован для построения ряда аксиоматических теорий. Допустимые изменения базовых множеств ФС характеризует предельные возможности открытой системы.

Согласно закону диалектики развитие есть результат единства и борьбы противоположностей.

6. Противоборство и равновесие

Весь мир соткан из противоположностей. Ему присуща двойственность и дополнительность. Противоположности дополняют друг друга и одновременно являются источником противоречий. Они измеряются в полярной шкале: (свет, тьма), (день, ночь) и т. п. К противоположностям относятся также противоборствующие субъекты, а в более широком смысле — исследуемая система и воздействующая на неё среда.

В математике противоборство и равновесие исследуется в теории игр. Равновесие противоборствующих сторон характеризуется точкой Нэша [8]. В условиях изменчивого влияния среды на противоборствующие стороны требуются дополнительные внутренние или внешние ресурсы для поддержания динамического равновесия [9].

Заключение

Мир системен и системно отражающее его знание. Системность реализуется в языках представления знания — естественном и искусственном. Системные свойства этих языков взаимосвязаны. Более сложная грамматика русского языка по сравнению с английским в большей степени отражает системность ЕЯ. Знание и правильное применение системных свойств естественного и математического языка позволяет повысить качество научных исследований и публикаций.

Благодарности

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились в рамках бюджетной темы FFZF–2022–0004.

Список литературы

1. Frege G. Über Sinn und Bedeutung // Zeitschrift für Philosophie und Philosophische Kritik. – 1892. – Pp. 25–50.
2. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 232 с.
3. Норман Б.Ю. Теория языка. Вводный курс. – 3-е изд. – М.: Флинта; Наука, 2009. – 296 с.
4. Микони С.В., Соколов Б.В. Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. – М.: РАН, 2018. – 314 с.
5. Микони С.В. Формализация определения связей показателей в модели оценивания качества сложных объектов // International Journal of Open Information Technologies, ISSN 2307-8162. – 2018. – Vol. 6, no.12. – С 28–34.
6. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.
7. Тихонов А.Н. Новый словообразовательный словарь русского языка для всех, кто хочет быть грамотным. – М.: АСТ, 2014 – 639 с.
8. Васин А. А., Морозов В. В. Теория игр и модели математической экономики. – М.: МГУ, 2005. – 272 с.
9. Реймерс Н. Ф. Системные основы природопользования // Философские проблемы глобальной экологии. – М.: Наука, 1983. – С. 121–161.

УДК 330.1

doi:10.18720/SPVPU/2/id24-30

Мокий Михаил Стефанович,
профессор, д-р экон. наук, профессор

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ СИСТЕМНО-ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНОЙ КОНЦЕПЦИИ

Россия, Москва, Государственный университет управления,
Российская академия народного хозяйства и государственной службы,
moki2000@yandex.ru

Аннотация. Анализ является очень важной функцией управления. Аналитическая работа предполагает работу с информацией. В статье на основе понимания единства человека и природы обосновывается новая трактовка информации и ее взаимосвязь с терминами «сведения» и «данные». На основе системной трактовки системы как порядка обосновано применение модели единицы порядка. Показано каким образом модели порядка позволяют систематизировать информацию. Показано как подобная систематизация позволяет повысить достоверность аналитики и усилить ее эвристическую функцию.

Ключевые слова: информация, данные, аналитика, система, системно-трансдисциплинарный подход.