УДК 597.97 DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-20-34

Понятность онтологической модели как характеристика её качества

С.В. Микони

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН),
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Отмечается тенденция к объединению профессиональных знаний в рамках создания киберфизических систем. Это побуждает сделать их доступными для широкого круга заинтересованных лиц. Рассматриваются различные модели представления знаний с позиций историзма и уровней общности. К трём уровням представления знания по степени его общности – философскому, узкодисциплинарному (профессиональному) и предметному (базы знаний) – предлагается добавить междисциплинарный (общенаучный) уровень. Утверждается, что в основе любой модели представления знаний лежит модель формальной системы и её дочерняя модель – исчисление предикатов. Наглядной моделью представления знаний является помеченный граф. Предложена обобщённая модель, отражающая соотношение знания и познания. Понимание онтологической модели трактуется как средство познания. Вводится термин «понятность» онтологической модели, как свойство, в наибольшей степени характеризующее её качество. Понятность онтологической модели подразделяется на вербальную и системную. Обсуждаются факторы, влияющие на эти составляющие понятности модели. Предлагаются показатели для измерения понятности онтологической модели.

Ключевые слова: *модель представления знаний, база знаний, онтологическая модель, формальная система, исчисление предикатов, знание, познание, понимание, понятность модели.*

Цитирование: *Микони, С.В.* Понятность онтологической модели как характеристика её качества / С.В. Микони // Онтология проектирования. – 2021. – Т.11, №1(39). – С.20-34. – DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-20-34.

Введение

Долгий период раздельной автоматизации физического и умственного труда человека привёл к естественному объединению объектов автоматизации в рамках киберфизических систем [1]. Это потребовало объединения усилий специалистов и учёных, работающих в различных областях знания. Убедительным примером необходимости интеграции знаний, накопленных в области функционирования мозга, явился I-й Конгресс CAISC-2020[1], состоявшийся в удалённом формате в октябре 2020 года. В нём приняли участие представители когнитивной науки[2] и специалисты по автоматизации умственной деятельности, развиваемой в рамках искусственного интеллекта (ИИ). В настоящее время это научное направление представляет собой набор технологий по автоматизации различных функций умственной деятельности. Объединение их в инструмент, сравнимый с функциями мозга, требует применения системного подхода. Поскольку центральным понятием в изучении мозга является знание, взаимодействие учёных, изучающих функционирование мозга, и специалистов, автоматизирующих умственные функции, требует согласованного понимания процессов познания.

[1] I Национальный Конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике. 10 - 16 октября 2020. https://caics.ru/.

[2] Когнитивная наука (англ. cognitive science — наука о процессах познания) — область междисциплинарных исследований, изучающая познание и высшие мыслительные процессы.

Для обобщения узкодисциплинарных подходов к формализации представления знания необходимо обратиться к их истокам. К ним следует отнести работы, начатые во второй половине XX-го века. Вместе с успехами в автоматизации решения вычислительных задач первыми вычислительными машинами учёные задались целью автоматизации умозаключений [2]. Предпосылкой такой автоматизации являлась общность машинного языка для реализации вычислительных операций в двоичной системе счисления и логических операций двоичной логики [3]. К одной из первых практических задач в этом направлении следует отнести автоматическое доказательство теорем [4].

Формализация представления знаний осуществлялась по двум направлениям – программно-прагматическому и бионическому. Теоретической основой первого направления была математическая логика. В частности, на основе метода резолюций, использованного для доказательства теорем, был разработан язык Пролог [5]. За основу второго направления принималась нейросетевая структура мозга. Было предложено два типа представления знаний – декларативное (описательное) и процедурное. Описательное знание отвечает на вопрос: «Как устроено?», а процедурное (операционное) знание отвечает на вопрос: «Как действует?» [6]. Этому делению соответствуют разделы объявлений (*Declare*) и операторов (*Procedure*) в процедурном программировании.

Разработка моделей представления знаний сопровождалась программной реализацией баз знаний (БЗ). По первичности описания связываемых элементов знания (ЭЗ) к БЗ декларативного типа были отнесены сетевая и фреймовая модели представления знаний, а к БЗ процедурного типа – исчисление высказываний и продукционные БЗ [7]. Одним из первых применений БЗ были экспертные системы [8]. Для их проектирования стали создаваться программные оболочки, такие как *Prolog, Guru* и др. Примером программной оболочки для сетевого представления знаний, разработанной в СССР под руководством Г.С. Осипова, является система *Simer+Mir* [9].

Объединение БЗ в систему потребовало для их взаимодействия обращения к знаниям более общего типа. Для их обозначения в инженерии знаний был заимствован из философии термин «онтология». Предложивший его Т. Грубер, решавший инженерную задачу создания механизма взаимодействия программных систем БЗ, определил онтологию как «спецификацию концептуализации» [10]. Концептуализацию он объяснил как «абстрактный, упрощённый взгляд на мир, который используется людьми для осуществления некоторой цели» [11]. Однако такое определение концептуализации выглядит слишком общим, поскольку любая модель представляет собой «абстрактный, упрощённый взгляд на мир» и реализует «некоторую цель». Вопрос в том, какой «мир» моделирует онтологическая модель (ОМ) и какую цель она преследует. Термин «концептуализация» использовался Грубером также не только как «взгляд на мир», но и для обозначения *процесса* построения онтологии.

С развитием информационных технологий развивался и язык их описания. В связи с применением в России импортных информационных систем, разработанных на английском языке, многие используемые в них термины в русскоязычном переводе стали употреблять в оригинале с записью на кириллице. При этом англицизмами стали именоваться даже те понятия, которые уже имели русские обозначения. Например, в русскоязычном описании языка *OWL*[3] английское слово *concept* не заменили русским синонимом «понятие», а просто перевели на кириллицу как «концепт». Люди, изучающие язык *OWL* и незнакомые с системологией, принимают этот термин за исходный.

Влияние профессионального языка инженерии знаний не ограничилось введением своих терминов для обозначения известных общенаучных понятий. Само восприятие онтологии породило проблему её соотношения с БЗ и общенаучными ОМ, на что стали высказываться

[3] Web Ontology Language – язык описания онтологий в семантической сети.

различные точки зрения. Согласно [12] онтология вместе с набором экземпляров классов *образует БЗ*. «В действительности, трудно определить, *где кончается онтология и где начинается БЗ*» [13]. По мнению В.А. Лапшина следует различать три уровня знаний [14]:

1) Общие или абстрактные знания, описанные в онтологии верхнего уровня (top-level ontologies).
2) Знания о конкретной предметной области (ПрО), например, знания по географии, политологии или медицине.
3) Конкретные знания, добавляемые в БЗ пользователями или программными агентами.

К третьему уровню знаний отнесены ОМ конкретных задач, решаемых в рамках выделенной ПрО [14], т.е. деление на уровни осуществляется по степени конкретности языка описания знания. Если принять знания о конкретных ПрО за узкодисциплинарные знания, то их объединение логично отнести к *междисциплинарному* (общенаучному) знанию. Оно образует промежуточный уровень между философским и математическим (абстрактным) знанием и узкодисциплинарным знанием.

В то время, как язык БЗ ориентирован непосредственно на машинную реализацию, ОМ верхних уровней предназначены для человеческого понимания идеи или поставленной задачи. Отсюда первична их познавательная ценность. Иными словами, такая модель должна дать человеку знание о новом для него объекте моделирования либо согласовать его знание со знаниями других заинтересованных лиц. При этом для понимания ОМ мозг человека должен проделать определённый объём работы. Для изучения этой проблемы необходимо установить связь понимания с познанием. В свою очередь, познание связано с существующим знанием. Практической целью изучения этой проблемы является разработка методики оценивания понятности ОМ с применением количественных показателей. Её решению посвящена настоящая работа.

1 Формальная система как прамодель представления знания

Для решения поставленной задачи нужно предложить обобщённую модель знания, охватывающую все уровни его представления, начиная с БЗ, которая может быть определена как «база данных, содержащая *правила вывода* и информацию о человеческом опыте и знаниях в некоторой ПрО» [15]. Это определение согласуется с точкой зрения Н.Г. Загоруйко о первичности данных: «знания представляют собой краткое обобщённое описание основного содержания информации, представленной в данных» [16]. Определение знания через данные не могло не отразиться на размывании грани между ними на уровне информационных технологий.

Принципиальное различие между знанием и данными следует из философского определения факта. Факт (лат. factum) — *событие* (результат); реальное, а не вымышленное; конкретное и единичное в противоположность общему и абстрактному [17]. Из этого определения следует, что информация о том, что *может* или *должно* случиться с рассматриваемым объектом является *знанием*, а о том, что *случилось – фактом* (данными). Например, высказывание «человек смертен» свидетельствует о знании одного из законов живой природы. Эта информация «общая и абстрактная». Высказывание «человек (имярек) умер» – эта информация «конкретная и единичная», поскольку речь идёт о состоянии конкретного индивида, что позволяет называть её фактом.

Другим существенным признаком, отличающим знание от факта, являются правила вывода. Они позволяют вывести один факт из другого. Применительно к приведённому примеру из высказывания «человек смертен» следует, что «если *X* есть человек, то *X* умрёт». Нали-

чие правил вывода в любой модели представления знания позволяет утверждать, что все они представляют собой интерпретации формальной системы $F = <T, P, A, B>$ [18].

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 П(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 П(P).

Аксиомы A представляют собой подмножество синтаксически правильных совокупностей (формул), общезначимых в ПрО. Для проверки общезначимости должна существовать конечная процедура П(A). В качестве таковой используется построение таблиц истинности для соответствующей формулы. С помощью правил вывода B порождаются новые семантически правильные совокупности, к которым также применимы правила вывода. Таким образом формируется множество выводимых в формальной системе совокупностей (формул), свойственное любой аксиоматической теории.

Различие аксиоматических теорий задаётся трактовкой множеств T, P, A, B. В каждой ПрО определяются свои исходные понятия (аксиомы). Например, к наиболее общим аксиомам в системе понятий относятся неопределяемые слова (пространство, время, отношение и др.). К аксиоматической теории относится исчисление предикатов, лежащее в основе всех моделей представления знания. Всякая формула, выводимая в исчислении предикатов, является общезначимой.

Различие связей между ЭЗ обуславливается различием правил вывода в каждой аксиоматической теории. В исчислении высказываний к ним относятся правила подстановки и *Modus ponens*. В БЗ продукционного типа правилом вывода является условие ЕСЛИ ТО. Правилом вывода дочернего понятия в системах, основанных на отношении наследования, является теоретико-множественная операция объединения существенных признаков понятий-родителей. К правилам вывода в языкознании относятся грамматические правила.

Правила вывода устанавливают связь между ЭЗ, отражая определённые закономерности ПрО. По связности ЭЗ через правила вывода все они представимы помеченным графом. Направленный (ориентированный) граф реализует отношение антисимметрии. Этим свойством обладают следующие виды связей, используемые в системном анализе: связь-обобщение (вид-род), часть-агрегат и связь-композиция (часть-целое), связь-принадлежность (элемент-класс), инструментальная связь (средство-цель), функциональная связь (связь-влияние). К разновидностям функциональной связи относятся причинно-следственная, суммирующая, альтернативная и транзитивная связи [19]. Связи соответствия и аналогии между ЭЗ обладают свойством симметрии.

Сеть со связями, имеющими предметный смысл, называется семантической сетью [20]. Метки вершин семантической сети представляют собой имена понятий. Дуги сети помечаются переходным глаголом и его производными, рёбра сети – непереходным глаголом. Переходный глагол требует присоединения объекта действия (на что направлено действие субъекта). В общем случае связи семантической сети неоднородны, т.е. содержат различные глаголы. Дугам (рёбрам) нагруженной (взвешенной) сети ставится в соответствие интенсивность влияния одной сущности на другую. Таким образом, граф является универсальной и наглядной моделью представления знаний. Это позволяет предложить общую модель «Знание-Познание».

2 Модель «Знание-Познание»

С точки зрения субъекта знание делится на *известное* ему и *неизвестное*. Таким образом, модель знания должна сочетать имеющееся знание со знанием, получаемым извне. Процесс получения внешнего (нового) знания относится к познавательной деятельности. Познание может быть определено как «постижение чего-либо, приобретение знаний о чём-либо; постижение закономерностей некоих явлений, процессов и пр.» [21]. Ключевыми словами в этом определении являются «приобретение знаний».

В русском языке слова «знание» и «познание» связаны общим корнем, причём второе из них является производным от первого. А это означает, что модель познания невозможно рассматривать в отрыве от модели знания. В упрощённой трактовке, *познать – это узнать что-то новое для себя*. При этом у субъекта, потребляющего знание, предполагается наличие некоторого начального знания, к которому можно прирастить новое знание. Более того, это начальное знание должно быть достаточным для того, чтобы понять новое для субъекта знание.

В получении нового знания участвуют два процесса: *конкретизация* и *обобщение*. Конкретизация представляет собой углубление знания в некотором направлении, а обобщение связано с объединением близких областей знания. Конкретизация и обобщение знания осуществляется в двух отношениях: «общее-частное» и «целое-часть». Представленная на рисунке 1 в виде помеченного графа многоуровневая модель знания отображает отношение «общее-частное».

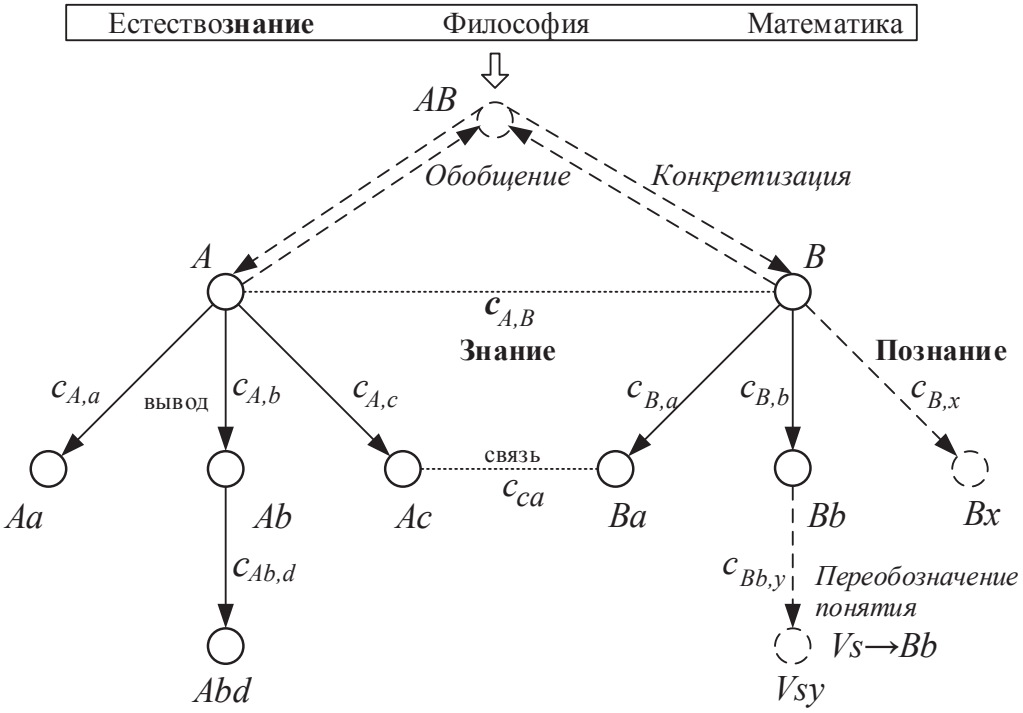

Рисунок 1 – Многоуровневая модель знания

Вершины графа помечены ЭЗ, а связи между ними отражают правила вывода одного элемента из другого. Сплошными линиями помечено имеющееся знание индивида, а пунктирными линиями – приобретаемое им новое знание. Выводимый ЭЗ помечается идентификатором правила вывода, например ЭЗ *Aa* с применением правила c_a выводится из ЭЗ *A*: $c_{A,a}$: $A \rightarrow Aa$. Рёбра, связывающие ЭЗ *A* и *B*, соответствуют двунаправленным правилам вывода. Они используются, в частности, при выявлении аналогии понятий.

Модель познания базируется на основе имеющегося знания, подлежащего пополнению в результате процесса познания. Объектами познания на рисунке 1 являются новые ЭЗ *Bx* и *Vsy*, а также связи ЭЗ *B* и *A*. Связь ЭЗ *Bx* с ЭЗ *B* устанавливается с применением правила вывода c_x. Установление связи ЭЗ *Vsy* с ЭЗ *Bb* с применением правила вывода c_y осуществляется после определения тождественности ЭЗ *Vs* и *Bb*. Операция $Vs \rightarrow Bb$ представляет собой переобозначение знака *Vs* на принятый в модели знания индивида знак *Bb***.** В силу синонимии знаков *Vs* и *Bb* обозначаемое ими понятие не принимается за новое знание.

К процессу познания отнесено также обобщение ЭЗ *A* и *B*. Обобщение этих понятий выполняется с применением правил вывода – пересечения содержаний понятий *A* и *B*: $C(AB) = C(A) \cap C(B)$ и объединения их объёмов: $V(AB) = V(A) \cup V(B)$. При конкретизации обобщённого понятия эти теоретико-множественные операции меняются местами. В верхней части рисунка 1 приведены привлекаемые для формирования понятий такие области знания, как философия, математика и естествознание.

Конкретизация понятий в отношении «целое-часть» выполняется переходом к другому уровню детальности через определения понятий. Этому уровню соответствует своя сеть понятий. Приобретение нового знания осуществляется через его понимание.

3 Понимание

Проблема понимания возникает при любом общении людей [22]. В значительной степени она связана с выбором слов, применяемых для выражения мысли [23, 24]. Смысл слова «понимание» проще всего соотнести с исходным глаголом «понять» и другим производным от него словом «понятие». Понять – значит выразить мысль через известные субъекту понятия. Процесс понимания представляется как связывание сообщения со смысловой единицей индивидуального опыта адресата [25]. Под известными понятиями (смысловыми единицами) понимаются связи обозначающих их терминов «с отображённым в сознании миром» [26]. В определении понятия, обозначенного незнакомым субъекту термином, связи играют роль существенных признаков.

Присоединение нового понятия к существующему знанию осуществляется с привлечением понятия более общей категории. Если не все определяющие понятия знакомы субъекту, он вынужден обращаться к внешнему источнику знания (словарю, специалисту и пр.) за их определениями. Число операций по узнаванию смысла этих понятий определяет трудоёмкость понимания. Потребитель (реципиент) принимает новое знание, включая его в свою систему, если оно выводимо из его субъективной аксиоматики. При выявлении противоречий субъект либо отвергает новое для него знание, либо изменяет свою систему понятий.

Понимание речи (текста) заключается в *расшифровывании* сообщения [26]. В этом смысле источник сообщения шифрует (кодирует) свою мысль некоторыми словами, погружаемыми в выбранную им грамматическую форму, а получатель сообщения расшифровывает (перекодирует) сообщение в те слова и структуры, которые соответствуют его представлению передаваемой ему мысли. Иными словами, он перекодирует сообщение, изложенное на языке источника, в привычный ему язык. Элементарной перекодировкой является замена слова на привычный для него синоним. Например, англицизм «концепт» русскоязычный читатель заменит близким ему по смыслу русским словом «понятие». На рисунке 1 такая замена обозначена через $\boldsymbol{Vs \rightarrow Bb}$.

Более сложно осуществить перекодировку современного определения термина «онтология». В словаре [27] термин «спецификация» определён как «определение и *перечень* специфических особенностей чего-либо, уточнённая классификация чего-либо». В философском

словаре термин «концептуализация» определён как «процедура введения онтологических представлений в накопленный массив эмпирических данных» [28].

Если заменить слова «спецификация» и «концептуализация» их определениями, данными в цитированных словарях, то получается: *онтология* – это «перечень… процедур введения *онтологических* представлений в накопленный массив эмпирических данных». Во-первых, в определении имеет место порочный цикл, помеченный курсивом. Во-вторых, непонятно, что авторы определения имеют в виду под онтологическим представлением. Таким образом, формальное использование словарей, подобно «испорченному телефону», ещё больше запутало смысл анализируемого словосочетания.

В [12] онтология определена как «спецификация концептуальной модели – концептуализация». В этом определении поставлен знак равенства между разными категориями понятий – предмет (перечень особенностей…) и процесс (концептуализация). Авторы поясняют концептуализацию как «структуру реальности, рассматриваемую независимо от словаря ПрО и конкретной ситуации» и поясняют её «набором возможных положений кубиков».

Концептуализацию можно характеризовать как «процесс построения модели» [14]: «Следует отметить, что английский термин *concept* означает ничто иное, как понятие. Отсюда можно вывести значение термина концептуализация, как построение системы понятий, отражающей данную ПрО». Иными словами, ОМ – это отношения на множестве понятий. Но понятия используются и в моделях представления знаний и данных, и в концептуальных схемах. Если все они принадлежат классу ОМ, то ОМ обобщают любые модели представления знаний. Это согласуется с определением в [14]: «онтологии представляют собой описания знаний».

В пояснении термина «*conceptualization*» в переводчике Google[4] приводится «*the action or process of forming a concept or idea of something*», что означает *процесс формирования понятия или идеи чего-либо*. Однако смысл понятия следует не из слов, а из того, что ими обозначают. Слова играют роль активаторов в понимании понятия. Для понимания термина необходимо представлять себе ту предметную реальность, которая за ним стоит.

В рассматриваемом случае известно, что результатом указанного действия является некоторая модель, выраженная на языке понятий. Согласно системологии элементами этой модели являются понятия, а связи между ними выражают выбранный тип бинарного отношения. Структурно-операционная модель (СО-модель) процесса понимания термина «концептуализация» представима следующей последовательностью умозаключений [29].

1) Анализ структуры этого слова показывает его принадлежность категории «процесс».
2) Поскольку в англоязычном определении отсутствует цель действия, необходимо исходить из его результата, т.е. модели чего-либо.
3) Объектом моделирования является некоторый замысел, идея (conception).
4) Следовательно, целью процесса является создание модели этой идеи.
5) Согласно постулатам системологии делается вывод о том, что модель, как система, состоит из элементов и связей между ними.
6) Элементами модели идеи должны являться понятия, поскольку мысль формируется в понятиях (concepts) и образах (images).
7) Для связывания понятий необходимо выбрать тип бинарного отношения.

По сравнению с термином «концепт» трудоёмкость перекодировки термина «концептуализация» увеличилась в 7 раз. Результатом семи шагов рассуждения является его трактовка как *формирование модели идеи на языке понятий*. А результатом формирования модели идеи является *концептуальная схема* [14].

[4] https://translate.google.ru/?sl=en&tl=ru&text=conceptualization&op=translate.

В отличие от концептуализации термин «онтология», как учение о сущем, относится к категории предмета, а не процесса. А к сущему относится всё то, что существует и может существовать. Следовательно, в онтологии первичны сущности, выраженные в понятиях. Набор соответствующих понятий формируется в тезаурусе ПрО, а связанные между собой понятия образуют систему понятий.

Математики представляют логическую онтологию ориентированным графом [30]. С этой точки зрения тезаурус представляет собой нуль-граф, а система понятий ПрО и концептуальная схема – связанные графы. Отсюда можно также сделать вывод о том, что логическая онтология представляет собой скелет семантических и вычислительных сетей, связывая между собой элементы знания разного типа правилами вывода.

4 Понятность ОМ

Понятность ОМ вбирает в себя практически все требования, предъявляемые к её качеству [31]. ОМ понятна, если при ознакомлении с ней не возникают вопросы. Поскольку наглядным представлением любой ОМ является граф, вопросы возникают к обозначению вершин графа и связей между ними. Следовательно, степень понятности ОМ можно определять по количеству возникших вопросов.

Наиболее просто проблема понимания обозначений (знаков) путём их стандартизации решена в математике из-за отсутствия в ней предметных смыслов. А абстрактных смыслов не так уж много. Неизвестные переменные обычно обозначаются через x, y и z. Кортеж переменных ($x_1,\ldots, x_i,\ldots,x_n$) обозначается через **x**. Система взаимосвязанных кортежей (векторов) обозначается через матрицу **X**. Бинарное отношение на множестве переменных X обозначается символом R (Relation): $R \subseteq X \times X$. Аналогичные соглашения используются для обозначения различного вида функций. Признание этих обозначений международным сообществом учёных определяет международный статус языка математики.

Существуют стандарты обозначений и в таких дисциплинах, как физика и химия. Например, в качестве обозначений переменных в формуле $F=m{\cdot}a$ второго закона Ньютона приняты первые буквы слов *force* (сила), *mass* (масса) и *acceleration* (ускорение), что способствует более быстрому пониманию смысла этого закона.

Поскольку предметные ОМ используют естественный язык, их понятность, прежде всего, означает понимание адресатом используемых в них слов. Зачастую выбранный термин не только не проясняет смысла обозначаемого понятия, но провоцирует ложный смысл, т.е. является ложно ориентированным. На необходимость однозначного понимания терминов обратил внимание Р. Акофф[5]: «Многие разногласия и конфликты происходят вследствие того, что стороны употребляют один термин в разных смыслах» [32]. Эта проблема ещё более актуальна для современного русского языка, вобравшего много иностранных терминов.

Автор давно пытается понять причины пристрастия людей к словам иностранного происхождения [33]. Ссылки на международный характер науки не имеют отношения к передаче знаний носителям русского языка в русскоязычной литературе.

Одним из основных требований к научному языку является *однозначное описание фактов и причинно-следственных зависимостей*. Это требование не касается происхождения применяемых слов. Профессиональная терминология в значительной степени зависит от языка тех исследователей, которые ввели новые понятия. В области информатики передовые позиции заняли носители английского языка. Проблема состоит в замене иностранных слов на русские синонимы.

[5] Справедливости ради стоит вспомнить Рене Декарта, которому принадлежит ставшая очевидной мысль: «Определяйте значения слов - и вы избавите свет от половины его заблуждений». *Прим. ред.*

Например, русское слово «понятие» даже в количестве букв не уступает англицизму «концепт». По сравнению с понятием слово «концепт» не вносит никакой новизны в научный лексикон. И, тем не менее, это слово продвигается в числе других англицизмов (интенсионал, экстенсионал, контент, паттерн и др.) в русский язык. При таком упорстве любителей иностранных слов через некоторое время стараниями статистиков из корпусной лингвистики концепт признают за основное слово русского языка, а понятие – за его устаревший вариант.

Первопричина предпочтительного применения иностранных слов лежит в использовании чужого инструментария и технологий, которыми приходится пользоваться российским учёным, за неимением своих.

Новые слова образуются на базе имеющейся производящей основы (корня слова) путём сочетания её с различными аффиксами (лат. *affixus* — «прикрепленный»), образуя словообразовательное гнездо. В русском языке используются следующие аффиксы: префиксы (приставки), суффиксы, постфиксы (-то, ся), интерфиксы (соединительные гласные), флексии (окончания). Поскольку каждая часть слова что-то выражает, несёт какой-то смысл, общий смысл слова складывается из значений всех его составных элементов.

Русский язык, как и языки других развитых наций, представляет собой универсальную знаковую систему для отображения любых действий и действительности. Как известно, «недостатки являются продолжением достоинств» и наоборот. К таким преимуществом русского языка следует отнести развитость правил грамматики. В естественном языке они играют роль правил вывода. В этом смысле морфологический способ словообразования в русском языке более богат, чем в английском языке, благодаря обилию суффиксов, приставок и окончаний. Приведём примеры словообразования, показывающие преимущества русского языка над английским в преемственности смыслов.

Слово *понятие* является производным от близкого по смыслу производящего слова *понять*: *поня*(ть) → *поня-ти-е* [34]. В английском языке цепочка вывода между словами *to understand* и *concept* отсутствует. Для определения этой связи требуется двукратное обращение к англо-русскому словарю. Для обыденного знания термин «понятие» не требует пояснения, поскольку органически выводится из общеизвестного слова «понять».

Другим примером словообразования является цепочка вывода: *знать* → *по-знать* → *по-знани*[*е*]. В слове *познание* приставка «по» имеет смысл *пополнения* знания. Такая привязка к слову «знание» позволяет понять смысл слова «познание» в отсутствие его определения. Для сравнения в английском языке грамматическая связь между соответствующими словами *knowledge* и *cognition* отсутствует. Вывод смысла слова *cognition* на основе базового понятия *knowledge* требует нахождения их смысла через определения. Для носителя русского языка связь между этими словами устанавливается через перевод: *knowledge* → *знание* и *cognition* → *познание*. Из связи *знание* → *познание* следует связь: *knowledge* → *cognition*. По числу стрелок – четыре против одной – в 4 раза увеличивается количество операций для установления связи *knowledge* → *cognition* при восприятии этих слов русскоязычным читателем.

Понимание связи между двумя вершинами A и B помеченного графа обусловлено соответствием смысла понятий связывающему их правилу $c_{A,B}$: $A \to B$. Пример. Пусть требуется установить инструментальную (цель-средство) связь между таким свойством транспортного средства (ТС), как *манёвренность*, и *целью* его реализации.

Альтернативами целевых свойств для понятия *манёвренность* являются *безопасность* и *устойчивость*. Были предложены следующие содержания этих понятий [35]:

С(*безопасность*) = {***уйти***, *укрыться*, *защититься*, *устранить* (опасность)}.

С(*устойчивость*) = {*устранить* (отклонение)}.

В широком смысле *манёвренность* представляет собой способность ТС ***обходить*** *препятствия движению*. Общность существенных признаков *уйти* и *обходить*, выявленную через глагол *ходить*, позволяет отнести *манёвренность* в качестве одного из средств обеспечения *безопасности* ТС. Таким образом, сомнение в справедливости связи между двумя вершинами A и B по правилу $c_{A,B}$: $A \to B$ требует выделения и сопоставления существенных признаков из определений понятий A и B.

5 Показатели понятности ОМ

Для оценивания понятности ОМ можно использовать число вопросов, возникших у адресата модели при ознакомлении с нею, и число операций, которое может потребоваться для нахождения ответов на эти вопросы.

Степень понимания адресатом ОМ смысла используемых в ней слов (знаков) можно назвать *вербальной* (словесной) понятностью ОМ. Степень понимания связей между понятиями модели можно назвать *системной* понятностью ОМ.

Для установления показателей понятности представим ОМ помеченным графом $G = (V, E, C)$, где V – множество вершин графа, E – множество дуг, а C – множество меток вершин C_v и дуг C_e: $C = C_v \cup C_e$. Роль меток в ОМ играют слова и специальные знаки.

Число вершин и дуг в графе G равны соответственно $|V| = n$ и $|E| = m$. Число слов (меток) $|C_v|$, обозначающих вершины графа, равно $|C_v| = n$ при условии отсутствия повторения понятий в модели (вершин с одинаковыми обозначениями).

Число слов (меток) $|C_e|$, обозначающих дуги графа, равно $|C_e| = 1$ при наличии одного правила вывода любого понятия и равно $|C_e| = m$ при разных правилах вывода каждого понятия: $1 \le |C_e| \le m$. Число слов в ОМ обозначено через N: $n + 1 \le N \le n + m$. Тогда количественно вербальную понятность ОМ можно оценить показателем $П_в$:

$$П_в = \frac{N - N_{нп}}{N} \quad . \tag{1}$$

В формуле (1) через $N_{нп}$ обозначено число слов, не понятых адресатом модели. В том случае, если смысл всех слов модели понятен её адресату, $П_в = 1$. Очевидно, что значение показателя вербальной понятности модели зависит как от её создателя, так и от её пользователя. На этапе разработки модели её разработчик формирует список обозначений понятий, задействованных в модели. На выбор обозначений влияет категория усреднённого адресата модели, определяемая степенью его образованности (студент, практик, учёный, администратор, любознательный читатель и т.п.). Чем удачнее выбраны обозначения, тем ближе значение $П_в$ к единице.

С другой стороны, понятность ОМ зависит от словарного запаса индивидуального пользователя и от его предпочтений. Например, любитель русской словесности будет заменять иностранные слова более понятными ему русскими синонимами. Работа мозга по перекодировке непонятных или неприятных слов модели оценивается l-мерным кортежем типовых операций,: $\mathbf{a}_1 = (a_{11},\ldots,a_{1j},\ldots,a_{1l})$. Среди слов, участвующих в трактовке термина 1, может встретиться i-е слово с непонятым смыслом, разъяснение которого потребует i-го кортежа операций: $\mathbf{a}_i = (a_{i1},\ldots,a_{ij},\ldots,a_{il})$ и т.д.: $\mathbf{a}_k = (a_{k1},\ldots,a_{kj},\ldots,a_{kl})$. Итоговая совокупность операций, потребная для понимания термина 1, описывается матрицей $\mathbf{A}_1$.

$$\mathbf{A}_1 = \begin{array}{c} \\ a_1 \\ a_i \\ a_k \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} a_1 & \ldots & a_j & \ldots & a_l \end{array} \\ \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1l} \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{il} \\ a_{k1} & \cdots & a_{kj} & \cdots & a_{kl} \end{pmatrix} \end{array}$$

Элементы матрицы $\mathbf{A}$ формируются по правилу: $a_{ij} = 1$, если j-я операция применяется для трактовки i-го термина, иначе = 0.

Выяснение смысла $N_{нп}$ терминов требует формирования $N_{нп}$ матриц операций. На их основе, оценив среднюю длительность τ_j j-й операции, можно определить среднее время понимания обозначений модели:

$$T = \sum_{s=1}^{N_{нп}} \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{l} a_{jis} \cdot \tau_j \,. \tag{2}$$

Время поиска ответов на возникшие вопросы не должно превышать допустимого порога $T_{доп}$ ($T \le T_{доп}$).

Системность ОМ характеризуется числом связей между понятиями. В помеченном графе $G = (V, E, C)$ оно определяется числом дуг m:

1) $m = 0$ (нуль-граф) означает *не выводимость* понятий друг из друга по причине отсутствия связей между ними;
2) $m = n - 1$ (связный граф) означает наличие одного пути в графе G, из чего следует наличие *одной аксиомы* (вершины-истока), *одного заключения* (вершины-истока) и от 1 до $n - 1$ *правил вывода*;
3) $m = n\cdot(n - 1)/2$ (полный граф) означает выводимость любого понятия *из всех остальных*;
4) $n - 1 < m < n\cdot(n - 1)/2$ означает наличие *хотя бы одной посылки с более чем одним заключением* или *хотя бы одного заключения, сделанного на основе более чем одной посылки*.

Системная понятность ОМ оценивается показателем $П_с$, подобным показателю $П_в$:

$$П_с = \frac{m - m_{нп}}{m} \tag{3}$$

В формуле (3) через $m_{нп}$ обозначено число связей, непонятых адресатом модели. Если смысл всех связей графа понятен её адресату, $П_с = 1$. Наибольшее число операций ознакомления с ОМ имеет место для полного и пустого (нуль-) графа. Оно равно максимальному числу связей между n вершинами графа: $n\cdot(n - 1)/2$. Это число операций очевидно для анализа полного графа. Для нуль-графа оно требуется для того, чтобы убедиться в принадлежности всех n вершин группе C_v.

Выявление истинности/ложности сомнительной связи между двумя ЭЗ требует, подобно нахождению смысла непонятых адресатом слов, выполнения некоторого перечня операций. Согласно примеру, приведённому в конце предыдущего раздела, к ним относятся: поиск определений соответствующих понятий, выделение из них существенных признаков и их сопоставление. В том случае, если перечень этих операций определён, можно воспользоваться формулой (2), чтобы оценить среднее время понимания связей между ЭЗ ОМ.

Предложенные формулы могут быть положены в основу методики оценивания понятности ОМ. Использование формулы (2) требует типизации операций, потребных для нахождения ответов на возникшие вопросы по модели, а также оценивания среднего времени выполнения этих операций.

Заключение

Содержательный и формальный анализ ОМ показывает, что в основе всех их разновидностей лежит модель формальной системы и язык исчисления предикатов. Универсальной моделью представления знаний является помеченный граф, отражающий логические связи между ЭЗ различного уровня общности.

К трём уровням представления знания по степени его общности – философскому, узкодисциплинарному (профессиональному) и предметному (базы знаний) – следует добавить

междисциплинарный (общенаучный) уровень. ОМ этого уровня должны быть доступны для понимания специалистами различных профилей.

Представление знания в форме логической сети удобно для анализа проблем познания и понимания. Как приращение знания, модель познания представима фрагментом логической сети, присоединяемым к модели имеющегося знания. Понимание выступает в роли средства приращения знания. Оно реализуется путём перекодировки языка внешнего знания на язык представления имеющегося знания.

В понимании предметного знания существенную роль играет национальный язык, опирающийся на специфическое для нации образное представление знания. Различия в образном представлении знания являются одной из причин неоднозначного перевода (перекодировки) с одного языка на другой. Лучшему пониманию моделей способствует преимущественное применение слов национального языка в обозначениях понятий.

ОМ можно оценивать свойством её понятности, которое является важнейшей характеристикой качества ОМ. В работе предложено разделить его на вербальную (словесную) и системную понятность ОМ и приведены количественные показатели этих свойств.

Благодарности

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-08-00989-а, № 20-08-01046 в рамках бюджетной темы № 0073–2019–0004.

Список источников

[1] ***Lee, E.A.*** Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach / E.A. Lee, S.A. Seshia // Second Edition, MIT Press, 2017. 564 p.

[2] ***Тьюринг, А.М***. Может ли машина мыслить? / А.М. Тьюринг // Пер. с англ. Под ред. С.А. Яновской. – М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры. 1960. 66 с.

[3] ***Бир, С***. Кибернетика и менеджмент / С. Бир // Пер. с англ. Под ред. А.Б. Челюсткина. Изд. 2-е. – М.: Комкнига. 2006. 280 с.

[4] ***Чень, Ч.*** Математическая логика и автоматическое доказательство теорем / Ч. Чень, Р. Ли. – М.: Наука. 1983. 360 с.

[5] ***Маллас, Дж.*** Реляционный язык Пролог и его применение / Дж. Маллас. – М.: Наука, 1990. 464 с.

[6] ***Поспелов, Д.А.*** Фантазия или наука: на пути к искусственному интеллекту / Д.А. Поспелов. – М.: Наука. 1982. 224 с.

[7] ***Микони, С.В.*** Модели и базы знаний / С.В. Микони. – СПб.: ПГУПС. 2000. 155 с.

[8] Экспертные системы : Принципы работы и примеры / [А. Брукинг, П. Джонс, Ф. Кокс и др.]; Под ред. Р. Форсайта; Пер. с англ. С. И. Рудаковой; Под ред. В. Л. Стефанюка. - М. : Радио и связь, 1987. 224 с.

[9] ***Осипов, Г.С.*** Инструментарий для экспертных систем. Технология Simer+Mir / Г.С. Осипов // Программные продукты и системы, 1990. № 3. - http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=1420.

[10] ***Gruber, T.R.*** The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases / T.R. Gruber // In J. A. Allen, R.Fikes, and E. Sandewell, editors, Principles of Knowledge Representation and Reasoning – Proceedings of the Second International Conference, pp. 601-602. Morgan Kaufmann (1991).

[11] ***Gruber, T.R.*** Ontolingua: A mechanism to support portable ontologies / T.R. Gruber // Stanford University, Knowledge Systems Laboratory, Technical Report KSL-91-66, March 1992.

[12] ***Добров, Б.В.*** Онтологии и тезаурусы. Модели, инструменты, приложения / Б.В. Добров, В.В. Иванов, Н.В. Лукашевич, В.Д. Соловьев. – М:. Бином, 2009. – 173 с.

[13] ***Ной, Н.Ф.*** Разработка онтологий 101: руководство по созданию Вашей первой онтологии / Н.Ф. Ной, Л. Дэбора. 2001. ifets.ieee.org/russian/depository/ontology101_rus.doc.

[14] ***Лапшин, В.А.*** Онтологии в современных системах. Информационный подход / В.А. Лапшин. – М.: 2009. – 247 с. http://isdwiki.rsuh.ru/moodle/pluginfile.php/128/course/section/36/bookLapshin.pdf.

[15] ISO/IEC/IEEE 24765-2010, Systems and software engineering –Vocabulary.

[16] ***Загоруйко, Н.Г.*** Прикладные методы анализа данных и знаний / Н.Г. Загоруйко. – Новосибирск: Изд-во ин-та математики, 1999. 270 с.
[17] Новая философская энциклопедия в 4-х томах/ Научно-ред. совет: В.С. Стёпин, А.А. Гусейнов, Г.Ю. Семигин, А.П. Огурцов. - М.: Мысль, 2010. Т.1-4. 2816 с.
[18] ***Смальян, Р.М.*** Теория формальных систем / Р.М. Смальян. – М.: Наука. 1981. 207 с.
[19] ***Микони, С.В.*** Формализованный подход к установлению связи и роли понятий / С.В. Микони // Труды XXI Международной объединенной конференции "Интернет и современное общество, IMS-2018. СПб. 30.05-2.06.2018. Сборник научных статей. - СПб.: Университет ИТМО. 2018. - С.77-86.
[20] ***Roussopoulos, N.D.*** A semantic network model of data bases / N.D. Roussopoulos // Department of Computer Science, University of Toronto, 1976. TR No 104. p.105-140.
[21] ***Головин, С.Ю.*** Словарь практического психолога / С.Ю. Головин. – Минск: Харвест. 1998. 626 с.
[22] ***Lee, I.J.*** Why Discussions Go Astray / Language, meaning and maturity; selections from Ets., a rewiew of general semantics, 1943-1953 / Ed. By S.I. Hayakawa. New-York, 1954. P.42-49.
[23] ***Shands, H.C.*** War with words, Structure and Transcedence. The Hague, Mouton, 1971. P.22-23.
[24] ***Бахтин, М.М.*** Эстетика словесного творчества. – М.: Искусство, 1986. 445 с.
[25] ***Никифоров, А.Л.*** Семантическая концепция понимания // Загадка человеческого понимания. – М.: Изд-во полит. лит-ры, 1991. 351 с.
[26] ***Полонников, Р.И.*** Избранные труды в двух томах. Том 1. СПб: "Анатолия". 2013. 495 с.
[27] Словарь русского языка: В 4-х т. / РАН, Ин-т лингвистич. исследований; Под ред. А.П. Евгеньевой. – 4-е изд., стер. – М.: Полиграфресурсы, 1999.
[28] Новейший философский словарь. https://gufo.me/dict/philosophy/КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ.
[29] ***Микони, С.В.*** Улучшение познавательной функции понятий технической диагностики с применением системного подхода и собственных свойств модели / С.В. Микони // Онтология проектирования. – 2020. – Т.10, № 2(36). – С.163-175.
[30] ***Kosovskaya, T.M.*** Isomorphism of predicate formulas as the base of logic ontology construction / T.M. Kosovskaya // International Journal "Information Theory and Applications". 2020. 27(3). P.248-254.
[31] ***Микони, С.В.*** О качестве онтологических моделей / С.В. Микони // Онтология проектирования. – 2017. – Т.7, №3(25). – С.347-360. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-347-360.
[32] ***Акофф, Р.Л.*** Различия, которые имеют значение: Аннотированный глоссарий различий, важных для менеджмента / науч. ред. и пер. с англ. Ф.П. Тарасенко. - Томск : Изд. Дом Том. гос. ун-та, 2016. 216 с.
[33] ***Микони, С.В.*** Проблемы современной русской терминологии / С.В. Микони // Онтология проектирования. - 2015. Т.5. №4(18). – С.472-484. – DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-472-484.
[34] ***Тихонов, А. Н.*** Новый словообразовательный словарь русского языка для всех, кто хочет быть грамотным / А.Н. Тихонов. – М.: АСТ, 2014. 639 с.
[35] ***Микони, С.В.*** Связывание показателей в модели оценивания качества сложных объектов на основе определений понятий / С.В. Микони // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162. vol.8, no. 2, 2020. P.21-26.

Сведения об авторе

Микони Станислав Витальевич, 1936 г. рождения. Окончил Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта им. Образцова в 1963 г., д.т.н. (1992), профессор (1994), ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. Член Российской ассоциации искусственного интеллекта (1998). В списке публикаций более 320 работ, из них 3 монографии и 7 учебных пособий в области технической диагностики, дискретной математики, системного анализа, теории принятия решений, искусственного интеллекта, квалиметрии. AuthorID (РИНЦ): 100261; Author ID (Scopus): 57192370467; Researcher ID (WoS): W-3236-2019; ORCID: 0000-0001-7153-6804. *smikoni@mail.ru.*

Поступила в редакцию 02.02.2021, после рецензирования 18.02.2021. Принята к публикации 6.03.2021.

Comprehensibility of the ontological model as a characteristic of its quality

S.V. Mikoni

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Abstract

There is a tendency to combine professional knowledge within the framework of the creation of cyber-physical systems. This encourages making them available to a wide range of stakeholders. Various models of knowledge representation are considered from the standpoint of historicism and levels of community. It is proposed to add an interdisciplinary (general scientific) level to the three levels of knowledge representation according to the degree of its generality – philosophical, narrowly disciplinary (professional) and subject level (knowledge base). It is argued that any model of knowledge representation is based on the model of a formal system and its child model, the predicate calculus. A labeled graph is a visual model for representing knowledge. A generalized model that reflects the relationship between knowledge and cognition is proposed. Understanding the model of knowledge is interpreted as a means of cognition. The term of comprehensibility of the ontological model is introduced as a property that most characterizes its quality. The comprehensibility of the ontological model is divided into verbal and systemic ones. The factors influencing these components of model comprehensibility are discussed. Indicators for measureing the clarity of the ontological model are proposed.

Key words: *knowledge representation model, knowledge base, ontological model, formal system, predicate calculus, knowledge, cognition, understanding, comprehensibility of the model.*

Citation: *Mikoni SV*. Comprehensibility of an ontological model as a characteristic of its quality [In Russian]. *Ontology of designing*. 2021; 11(1): 20-34. DOI: 10.18287/2223-9537-2021-11-1-20-34.

Acknowledgment: The studies carried out on this subject were carried out with the financial support of the RFBR grants No. 19-08-00989-a, 20-08-01046 within the framework of the budget theme 0073-2019-0004.

List of figures

Figure 1 - Multilevel knowledge model

References

[1] ***Lee EA, Seshia SA.*** Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach, Second Edition, MIT Press, 2017. 564 p.
[2] ***Turing AM.*** Can a machine think? Per. from English. / Ed. S.A. Yanovskaya [In Russian]. Moscaw. Publishing house of physics and mathematics literatury. 1960. 66 p.
[3] ***Beer S.*** Cybernetics and Management: Per. from English. / Ed. A.B. Chelyustkina. Ed. 2nd. [In Russian]. Moscaw. Komkniga. 2006. 280 p.
[4] ***Chen Ch, Li R.*** Mathematical logic and automatic theorem proving [In Russian]. Moscaw. Nauka. 1983. 360 p.
[5] ***Mallas J.*** The Relational Language Prolog and Its Applications [In Russian]. Moscaw. Nauka. 1990. 464 p.
[6] ***Pospelov D.A.*** Fantasy or Science: Towards Artificial Intelligence [In Russian]. Moscaw. Nauka. 1982. 224 p.
[7] ***Mikoni SV.*** Models and knowledge bases. Tutorial [In Russian]. St. Petersburg. PGUPS. 2000. 155 p.
[8] Expert systems. Operating principles and examples [In Russian]. Trans. from English. Ed. V.L. Stefanyuk. Moscaw. Radio and svyaz. 1987. 224 p.
[9] ***Osipov GS.*** Toolkit for expert systems. Simer + Mir technology [In Russian]. Software products and systems, 1990. No.3. http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=1420.
[10] ***Gruber TR.*** The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. In J.A. Allen, R.Fikes, and E. Sandewell, editors, Principles of Knowledge Representation and Reasoning – Proceedings of the Second International Conference, pp. 601-602. Morgan Kaufmann (1991).
[11] ***Gruber TR.*** Ontolingua: A mechanism to support portable ontologies. Stanford University, Knowledge Systems Laboratory, Technical Report KSL-91-66, March 1992.

[12] ***Dobrov BV, Ivanov VV, Lukashevich NV, Soloviev VD.*** Ontologies and thesauri. Models, Tools, Applications. Tutorial. [In Russian]. Moscaw. Binom, 2009. 173 p.
[13] ***Noy NF, McGuinness DL.*** Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford University. Stanford. CA, 94305.
[14] ***Lapshin VA.*** Ontologies in modern systems. Informational approach [In Russian]. Moscaw. 2009. 247 p. http://isdwiki.rsuh.ru/moodle/pluginfile.php/128/course/section/36/bookLapshin.pdf .
[15] ISO/IEC/IEEE 24765-2010, Systems and software engineering – Vocabulary.
[16] ***Zagoruiko NG.*** Applied methods of data and knowledge analysis [In Russian]. Novosibirsk. Publishing house of the Institute of Mathematics. 1999. 270 p.
[17] New philosophical encyclopedia in 4 volumes / Nauchno.-Ed. sovet: VS Stepin, AA Guseinov, GYu Semigin, AP Ogurtsov. - M .: 2nd ed., Rev. and add. [In Russian]. Moscaw. Mysl, 2010. T. 1-4. 2816 p.
[18] ***Smalyan RM.*** The theory of formal systems [In Russian]. Moscaw. Nauka. 1981. 207 p.
[19] ***Mikoni SV.*** A formalized approach to defining connection and role of concepts [In Russian]. Proceedings of the XXI International Joint Conference "Internet and Modern Society, IMS-2018. St. Petersburg. 30.05-2.06.2018. Collection of scientific articles. St. Petersburg ITMO University. 2018. P.77-86.
[20] ***Roussopoulos ND.*** (1976) A semantic network model of data bases. Department of Computer Science, University of Toronto, TR No 104. pp. 105-140.
[21] ***Golovin SYu.*** Dictionary of the Practical Psychologist. [In Russian]. Minsk. Harvest. 1998. 626 p.
[22] ***Lee I.J***. Why Discussions Go Astray / Language, meaning and maturity; selections from Ets., a rewiew of general semantics, 1943-1953 / Ed. By S.I. Hayakawa. New-York, 1954, pp.42-49.
[23] ***Shands HC.*** War with words, Structure and Transcedence. The Hague, Mouton, 1971, pp.22-23.
[24] ***Bakhtin MM.*** Aesthetics of verbal creativity [In Russian]. Moscaw. Iskusstvo, 1986. 445 p.
[25] ***Nikiforov AL.*** Semantic Concept of Understanding // The Riddle of Human Understanding [In Russian]. Moscow. Izd-vo polit. lit-ri, 1991. 351 p.
[26] ***Polonnikov RI.*** Selected works in two volumes [In Russian]. Volume 1. St. Petersburg ITMO University. Anatolia. 2013. 495 p.
[27] Dictionary of the Russian language: In 4 volumes / RAS, Institute of linguistic. research; Ed. A.P. Evgenieva. - 4th ed., Erased. [In Russian]. Moscaw. Polygraphresursy, 1999.
[28] The latest philosophical dictionary [In Russian]. https://gufo.me/dict/philosophy/КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ.
[29] ***Mikoni SV***. Improving the cognitive function of the concepts of technical diagnostics using the system approach and the model's own properties [In Russian]. *Ontology of designing*. 2018; 8(1): 163-175. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-1-35-48.
[30] ***Kosovskaya TM.*** Isomorphism of predicate formulas as the base of logic ontology construction. // International Journal "Information Theory and Applications" 27(3) pp. 248-254. 2020.
[31] ***Mikoni SV.*** On the quality of ontological models [In Russian]. *Ontology of designing*. 2017; 7(3): 347-360. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-347-360.
[32] ***Ackoff RL.*** Differences That Make a Difference, An Annotated Glossary of Distinctions Important in Management. Devon. Triarchy Press. 2010.
[33] ***Mikoni SV.*** Problems of modern Russian terminology [In Russian]. *Ontology of designing*. 2015; 5(4): 472-484. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-4-472-484.
[34] ***Tikhonov AN.*** A new word-formation dictionary of the Russian language for everyone who wants to be literate [In Russian]. Moscow. AST, 2014. 639 p.
[35] ***Mikoni SV.*** Linking indicators in a model for assessing the quality of complex objects based on definitions of concepts [In Russian]. International *Journal of Open Information Technologies*. 2020; 8(2): 21-26.

About the author

Stanislav Vitalievich Mikoni (b. 1936) graduated from the Obraztsov Institute of Engineers of Railway Transport (Leningrad) in 1963, D. Sc. Eng. (1992), Professor (1994). He is a member of the Russian Association of Artificial Intelligence (1998). He is the author and a co-author of more than 320 publications in the field of technical diagnostic, discrete mathematic, system analyses, artificial intelligence, decision making theory, qualimetry. AuthorID (RSCI): 100261; Author ID (Scopus): 57192370467; Researcher ID (WoS): W-3236-2019; ORCID: 0000-0001-7153-6804. *smikoni@mail.ru.*

Received February 02, 2021. Revised February 18, 2021. Accepted March 6, 2021.