

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 004.92+004.94
ГРНТИ 20:97

**Электронные библиотеки экономико-математических моделей:
экономико-математические и информационные модели**

М.Р. Коголовский, к.т.н., доцент
e-mail: *kogalov@gmail.com*

Аннотация

В ряде исследовательских организаций, применяющих в своей деятельности инструментарий экономико-математического моделирования, а также в крупных федеральных и отраслевых центрах, имеющих ситуационные комнаты, поддерживаются и используются электронные библиотеки экономико-математических моделей или математических моделей для других областей применения. Спецификация экономико-математической и любой иной математической модели состоит из формальной части, описанной на математическом языке, и неформальной, определяющей обозначения, используемые в формальной ее части. В статье показано, что формальная часть модели представляет собой формальную концептуальную модель моделируемого объекта, а неформальная часть является ничем иным как неформально описанной его онтологической моделью (онтологией). Таким образом, экономико-математические и иные математические модели представляют собой двухуровневую иерархию информационных моделей. Понятие информационной модели является одним из ключевых в информатике. На информационных моделях базируются информационные системы любого назначения. На таких моделях основаны в связи с указанным и системы экономико-математического моделирования.

Статья подготовлена в рамках государственного задания ИПР РАН, тема НИР «Исследование, разработка и поддержка веб-инфраструктуры научных информационных ресурсов с открытым доступом».

Ключевые слова: *информационная модель, математическая модель, экономико-математическая модель, концептуальная модель, онтологическая модель, даталогическая модель, формальный язык, математический язык, электронная библиотека*

DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2018-4-89-97>

Введение

Уже на протяжении четверти века во многих странах разрабатываются и используются в различных сферах деятельности электронные библиотеки как систематизированный источник информации, обеспечивающий глобальный доступ в среде Веба и эффективные средства поиска в нем требуемых ресурсов. Начало было положено национальной инициативой Соединенных штатов [1], стимулировавшей активный интерес специалистов в области информационных технологий к этому актуальному направлению в области информационных систем, развитие исследований и разработок таких систем. В разработках электронных библиотек нашли применения новые достижения в области онтологического моделирования, семантических технологий представления, обработки и поиска текстовых ресурсов, в частности благодаря созданию консорциумом W3C стандартов семантического Веба [2], в технологиях больших данных и мультимедийных технологиях.

Широкое распространение получили научные электронные библиотеки, оперирующие не только текстовыми, но и разнообразными неоднородными информационными ресурсами, ресурсами, специфическими для различных областей научных исследований таких, например, как астрономия, биология, математика, медицина. В условиях, когда в научных исследованиях стала доминировать четвертая парадигма [3], интенсивное использование данных становится основой научных исследований в различных областях знаний.

В 2007 г. крупнейший специалист в области управления данными и технологий баз данных Джим Грей, работавший в последние годы своей жизни в исследовательском центре компании Microsoft, высказал мнение о том, что наряду с теоретическим, экспериментальным и

вычислительными подходами к научным исследованиям, ключевую роль начала играть новая парадигма, заключающаяся в поиске закономерностей в огромных массивах данных, и это привело к формированию нового направления в науке, называемого Data Science и Big Data. При этом научные электронные библиотеки стали одним из важных инструментов обеспечения таких возможностей. В этих условиях научные электронные библиотеки стали играть важную роль в организации и обработке научных данных.

Научные электронные библиотеки оперируют информационными ресурсами различного рода. Наиболее распространенные системы имеют дело с текстовыми документами на естественных языках: статьями, научными отчетами, монографиями. Вместе с тем, существуют библиотеки, контент которых составляют коллекции фотографий или иных изображений, аудио или видео-ресурсы.

В экономических исследованиях, в области управления экономикой и в экономическом образовании актуальны электронные библиотеки экономико-математических моделей. Такие библиотеки содержат спецификацию каждой представленной в них модели и ее метаданные, систематизируют модели в виде коллекций, группируя их по критериям характера используемого математического аппарата, сферы применения, авторству и т.п., обладают пользовательским интерфейсом, обеспечивающим поиск нужной модели. Вместе с тем, в ряде случаев электронные библиотеки экономико-математических моделей входят в состав модельных комплексов, обладающих исполнительным механизмом, который позволяет осуществить процесс моделирования с использованием той или иной выбранной пользователем модели и конкретных вводимых исходных данных и/или данных, содержащихся в коллекциях самой электронной библиотеки. Это могут быть, например, разнообразные нормативно-справочные данные.

Такие модельные комплексы с электронными библиотеками различного рода управленческих моделей, позволяющими решать конкретные задачи, стали основой так называемых ситуационных комнат или ситуационных центров, существующих в ряде организаций федерального, отраслевого или регионального уровня, а также НИИ и образовательных учреждений. Ситуационные центры обеспечивают мониторинг функционирования, сбор, обработку и анализ оперативной информации о функционировании крупных технических или социальных объектов и принятие управленческих решений, а также служат для модельных экспериментов в исследовательских или образовательных целях, для подготовки квалифицированных кадров. Ситуационные центры существуют, например, в МЧС России, Московском метрополитене, Академии народного хозяйства и государственной службы при президенте РФ. Ситуационная комната была создана в ЦЭМИ РАН [4].

Электронные библиотеки в зависимости от их функциональных возможностей базируются на различного рода информационных моделях. Вместе с тем, как уже отмечалось, контент рассматриваемых электронных библиотек включает экономико-математические модели, т.е. математические модели, представляющие экономические реалии или гипотетические ситуации. Естественно возникает вопрос, как соотносятся экономико-математические и информационных моделей. Аналогичный вопрос вполне правомерен и по отношению к математическим моделям вообще. В данной статье обсуждается точка зрения автора на эти вопросы.

Следует отметить, что дальнейшее обсуждение в полной мере относится не только к экономико-математическим моделям, но и к математическим моделям, применяемым в любой сфере. Поэтому в статье далее термин *математическая модель* используется как родовый. В ситуациях, где проявляется специфика экономико-математических моделей, это будет специально оговариваться.

Контент электронной библиотеки

Прежде всего, уточним, что представляет собой контент электронной библиотеки. Контент электронной библиотеки – это набор коллекций информационных ресурсов. Коллекция информационных ресурсов, в свою очередь, представляет собой *систематизированную совокупность* объединенных по какому-либо критерию информационных объектов, например, по общности содержания, источников, назначения, авторства, круга пользователей, по способу доступа и т.д. [5]. Систематизированный характер коллекции означает, что она сформирована с учетом некоторых принятых критериев и что в явном виде представлены в электронной библиотеке описания свойств коллекции в целом и составляющих ее информационных объектов.

Информационные ресурсы электронных библиотек различаются *уровнем абстракции* и с этой точки зрения подразделяются на данные и метаданные. Ресурсы первого вида (информационные объекты) представляют интересующие пользователей сведения о реалиях предметной области этой коллекции (сущностях, процессах, явлениях и т.п., а также об отношениях между ними). В свою очередь, метаданные коллекции характеризуют свойства самой коллекции в целом и принадлежащих ей информационных объектов. Метаданные последнего вида также представляются в электронной библиотеке в виде информационных объектов, которые будем называть *метаобъектами*. Метаданные используются средствами управления электронной библиотеки и/или ее пользователями для корректной интерпретации и применения ее информационных ресурсов. Конкретные функции метаданных и их состав могут значительно различаться в зависимости от специфики электронной библиотеки, конкретной коллекции и природы составляющих ее информационных объектов.

Свойства коллекций, определяемые их метаданными, играют существенную роль в управлении коллекциями и их использовании. Можно выделить несколько категорий свойств коллекций, которые во многих случаях определяются следующими метаданными:

- идентифицирующие свойства,
- свойства содержания,
- прагматические свойства,
- характеристики генезиса,
- организационные свойства,
- технологические свойства,
- правовые свойства.

Идентифицирующие свойства коллекции – это ее название и/или другие уникальные идентификаторы. *Свойства содержания* могут представлять общее описание содержания коллекции какими-либо средствами, например, с помощью аннотации и/или ключевых слов; состав информационных объектов коллекции путем явной или неявной его спецификации; описание связей данной коллекции с другими коллекциями; степень ее полноты; оценки непротиворечивости, достоверности информационных ресурсов; ограничения целостности. *Прагматические свойства* коллекции могут представлять ее назначение; область использования; социальную значимость; круг пользователей; условия доступа; допустимые географические, административные и/или временные рамки применения этой коллекции. *Характеристики генезиса* определяют источники, методы и процессы создания; историю возникновения и использования коллекции. *Организационные свойства* характеризуют способ задания состава коллекции; методы систематизации ее информационных ресурсов; принципы их именования; структуру; характеристики объема и динамики; среду хранения, местонахождение. *Технологические свойства* коллекции определяют базовые технологии ее использования; стандарты, которым она соответствует; методологию и инструментарий разработки; инструментальные средства поддержки; архитектуру коллекции; ее представление - среда, актуальная/виртуальная коллекция, однородные/неоднородные ресурсы, связь с источниками, формат, кодирование, единицы измерения значений, язык или языки представления; способы, протоколы и средства доступа. Наконец, *правовые свойства* – это, в частности, авторские права; права владения, пользования; издательские права.

Особенности экономико-математической модели как информационного объекта коллекции информационных ресурсов электронной библиотеки рассматриваются далее в разделе «Экономико-математические модели».

Информационные модели

Организация контента электронной библиотеки, как и информационной системы любого другого типа, строится на основе информационных моделей.

Информационная модель – это совокупность информационных ресурсов, которые характеризуют структуру и другие свойства моделируемой реальной либо гипотетической сущности, процесса или явления (далее в качестве обобщающего будем условно использовать термин *объект*), представляют их с требуемой степенью абстрактности и детализации и используются для исследовательских или прикладных целей.

Существуют разнообразные классы информационных моделей. Они различаются уровнем абстракции, как следует из приведенного определения, используемыми для их представления выразительными средствами, степенью формализованности этих выразительных средств, характером моделируемого объекта, предметной областью модели, ее назначением и т.п. Некоторые классы информационных моделей рассмотрим далее несколько подробнее.

Прежде всего, существуют *статические* и *динамические* информационные модели. Статические модели характеризуют состояние моделируемого объекта, например, его текущую структуру, его общие атрибуты и атрибуты ее компонентов и т.п. Динамические модели используются для описания процессов, например, это модели бизнес-процессов различного рода такие как потоки работ.

Различаются *неформальные* и *формальные* информационные модели. Неформальные информационные модели специфицируются на естественном языке или средствами других не определенных строго выразительных средств – блок-схем, таблиц и др. Для спецификации формальных информационных моделей служат специально разработанные искусственные языки с четко определенной грамматикой. Неформальные модели по большей части служат для использования человеком. Напротив, формальные модели ориентированы на квалифицированного эксперта, а также на автоматизированное использование средствами программного обеспечения.

В электронных библиотеках и в иных информационных системах обычно используется *иерархия информационных моделей*, различающихся *степенью абстракции*. Модели более высоких уровней более абстрактны по отношению к моделям более низких уровней модельной иерархии. В развитых системах модели всех уровней поддерживаются системными механизмами, и они доступны для пользователей таких систем на стадии функционирования. В более простых системах модели верхних уровней могут использоваться только на стадии разработки системы, и они предназначены для ее разработчиков. Системные механизмы их не поддерживают.

К моделям верхних уровней относятся концептуальные и онтологические модели (онтологии). Эти модели описывают общие свойства предметной области системы, моделируемого объекта и, возможно, некоторый дополнительный контекст. Модели нижнего уровня называют *даталогическими* [6], и они характеризуют конкретное состояние моделируемого объекта.

Концептуальная модель предметной области (моделируемого объекта) - это абстрактное ее (его) описание, независимое от технологии, выбранной для реализации информационной системы, в рамках которой оно используется. Такая модель определяет концептуальную структуру и поведение сущностей предметной области различных типов в терминах их типов, а также налагаемые на нее ограничения. В системах, основанных на технологиях баз данных концептуальная модель предметной области воплощается в *концептуальной схеме* (терминология отчета ANSI/X3/SPARC [7]). Как отмечалось выше, концептуальная модель может поддерживаться либо не поддерживаться системными механизмами.

Концептуальные модели могут в разной степени отображать *семантику* предметной области и моделируемого объекта в зависимости от свойств выразительных средств, используемых для ее представления. Для этой цели может использоваться, в частности, *естественный язык*. Естественно-языковые модели удобны для восприятия человеком, однако, их описание не структурировано. Поэтому они плохо приспособлены для использования в компьютерной среде. В связи с этим в массовых приложениях информационных технологий для представления концептуальных моделей чаще используются различные более структурированные выразительные инструментальные средства – от графических диаграмм до формальных языков представления знаний. Так, на практике в качестве средств концептуального моделирования широко используются ER-диаграммы [8], язык UML [9] в сочетании с языком объектных ограничений OCL (составная часть спецификаций стандарта UML консорциума OMG), язык описания объектов ODL стандарта ODMG [10], средства описания данных языка SQL и др.

Концептуальная модель предметной области в системе с повышенным уровнем семантики используется совместно с явным образом представленной в системе онтологической моделью (онтологией). Благодаря спецификации отображения между ними появляется возможность оперировать доступными в системе информационными ресурсами на семантическом уровне (в терминах онтологии). В иных случаях семантика предметной области в явном виде не определяется в компьютерной среде, однако пользователь системы имеет о ней представление.

Среди онтологических моделей различаются общие онтологии и онтологии предметной области. *Общая онтология* определяет какую-либо совокупность понятий, не характерных для отдельной конкретной предметной области и используемых во множестве предметных областей, а также взаимосвязи этих понятий. Такой является, например, онтология времени. *Онтология предметной области* (формальная или неформальная) определяет понятия этой конкретной предметной области, а также отношения между ними.

Более строгое определение онтологии было предложено Т. Грубером [11], который рассматривал онтологию как *как явную спецификацию концептуализации предметной области*. Нетрудно видеть, что в этом определении ключевую роль играет понятие *концептуализации*. К сожалению, иногда онтологию предметной области ошибочно рассматривают как результат ее концептуального моделирования. Причиной заблуждения является омонимия термина *концептуальный*. В онтологическом моделировании концептуализация понимается как выявление *концептов* (понятий) предметной области и их взаимосвязей. В то же время в концептуальном моделировании имеют дело с типами сущностей предметной области, их атрибутами и связями. И именно в этих терминах строится концептуальная схема предметной области. Онтология предметной области, в свою очередь, обогащает ее семантикой. Отсюда ясно, что средства представления онтологических и концептуальных моделей - языки концептуального моделирования и онтологического моделирования – абстрактные языки различного назначения.

Более детально проблемы концептуального и онтологического моделирования обсуждаются в работе [12].

Обратимся теперь к даталогическим моделям. Это модели, представленные средствами конкретной технологии, избранной для реализации информационной системы – технологии баз данных, веб-технологии, технологии текстовых систем и др.

Существуют даталогические модели, по крайней мере, двух уровней. Модель верхнего уровня может быть условно названа *логической*. В технологиях баз данных – это схема базы данных, описанная в языке описания данных используемой системы управления базами данных (СУБД). Это может быть, например, подмножество языка SQL реляционной СУБД или язык ODL объектной СУБД. В веб-технологиях это может быть представление страниц Веб как их видит пользователь. Модель нижнего даталогического уровня в базах данных (можно назвать ее *физической* моделью) - это модель представления хранимых данных, которое в современных СУБД строится их механизмами по умолчанию на основе схемы базы данных. В ранних СУБД модель хранения данных определялась средствами специальных языков. В веб-технологиях такая модель выражается средствами языков HTML или XML. Хранимые данные представляют текущее состояние предметной области системы.

Аналогичная ситуация имеет место и в текстовых информационных системах, в том числе, в текстовых электронных библиотеках. Пользовательский интерфейс предоставляет пользователю видение ресурсов в виде естественным образом представленного текста. В то же время, в среде хранения текстовые ресурсы могут быть представлены совершенно иным образом, например, в сжатом виде. И для быстрого доступа используется, как и в системах баз данных, техника индексирования.

Следует отметить, что более абстрактные модели – модели верхних уровней - отображаются в таких системах с многоуровневой информационной архитектурой в модели более низких уровней. В результате пользовательский интерфейс может, например, обеспечить доступ к системе базы данных не только в терминах схемы базы данных, например, на языке SQL в реляционной системе, но и в терминах онтологии [13].

Заметим также, что наполнение (контент) базы данных или внутреннее представление веб-сайта, в свою очередь, также представляют собой модели предметной области, представленную конкретными значениями данных. Можно назвать такую модель «данной».

Математические модели и их метаданные

Обратимся теперь к математическим моделям и их частному случаю – экономико-математическим моделям.

Математическая модель – это абстрактная знаковая модель, описывающая в форме совокупности (системы) математических выражений свойства объекта моделирования и их взаимосвязи. Такая модель является абстрактной, поскольку она не отображает конкретных значе-

ний свойств конкретных объектов. В этом отношении она универсальна. Объект моделирования в математической модели может являться множеством составляющих его объектов.

Используемые для представления математической модели математические выражения могут быть, в частности, уравнениями (алгебраическими, дифференциальными, интегральными), неравенствами, логическими выражениями, критериальными выражениями (критериальной функцией, функционалом) в оптимизационных моделях.

Корректно определенная математическая модель обычно состоит из двух частей – *формальной и неформальной*. Формальная часть модели – это ее представление на математическом языке. Неформальную часть можно назвать легендой или описанием смысла переменных и констант, используемых в модели, т.е. описанием их семантики. Для некоторых моделей эта вторая семантическая часть может отсутствовать, если такая модель является «универсальной» в семантическом отношении относительно моделируемой предметной области.

Математический язык, в отличие от естественных языков, является строго определенным формальным языком со своим алфавитом и своей грамматикой. Точнее говоря, существует множество математических языков – общеупотребительные языки и языки некоторых специфических областей математики. Математический язык является открытым в том смысле, что автор математического текста может предложить свой язык или некоторый диалект известного языка либо некоторое расширение его алфавита с декларацией семантики новых символов. К числу общеупотребительных языков относятся, например, язык алгебраических выражений и язык булевой алгебры, язык дифференциального исчисления и т.д.

Алфавиты математических языков включают символы констант, алгебраических и булевых переменных, идентификаторы функций и знаки математических операций, символы кванторов, дифференциалов, интегралов, радикалов, сумм, скобки всевозможных видов и другие разделители (точки, запятые, многоточия, точки с запятыми), символы, определяемые автором математического текста или некоторой математической модели, и др. Константы и переменные обозначают количественные или иные (например, булевы) свойства моделируемых объектов. В случае множеств объектов для идентификации конкретных объектов и их свойств используются верхние и/или нижние индексы соответствующих переменных или констант.

Абстрактная математическая модель для решения конкретных задач отображается в соответствующую даталогическую модель. Некоторые авторы называют процесс такого отображения «наполнением модели информацией» [14, с. 15]. Даталогическая модель конкретизирует абстрактную математическую модель, специфицируя конкретную задачу из класса задач, решение которых обеспечивает эта модель. Например, задавая конкретные числовые значения коэффициентам неравенств и в критериальной функции, а также ограничениям в модели линейного программирования, пользователь модели формулирует тем самым конкретную оптимизационную задачу. С математической моделью обычно ассоциируется некоторый метод или набор методов, которые позволяют решать такие конкретные задачи.

Таким образом, можно сказать, что существует двухуровневая иерархия математических моделей. Верхний ее уровень – абстрактная модель, представленная на математическом языке, описывающая возможное множество объектов моделирования. Нижний уровень – соответствующая ей даталогическая модель, описывающая конкретный моделируемый объект, свойства которого эта модель позволяет исследовать.

В электронных библиотеках математических моделей содержатся спецификации каждой представленной в них модели и ее метаданные, модели систематизируются в виде коллекций, в которые они группируются по различным критериям, например, по авторству, по характеру используемого математического аппарата, сферы применения и т.п. Для каждой модели, представленной в коллекции, содержится ее описатель – совокупность метаданных, характеризующих свойства данной модели. Конкретный состав метаданных в описателе может быть разным в разных коллекциях библиотеки. Например, он может включать: идентификатор модели, ее текстовое наименование, указание авторов, представление модели на математическом языке, легенду (описание принятых в модели переменных и констант), описание способов применения модели, характеристику свойств исходных данных, литературные источники, содержащие описание данной модели, описание методов, которые могут быть использованы для решения задач на основе этой модели, описание пользовательского интерфейса для каждого из этих методов.

Математические модели активно используются в экономической науке и управлении экономикой. Такие модели называют экономико-математическими [15]. Можно сказать, что это математическая модель, предназначенная для исследования и/или управления экономической реальностью или гипотетическим экономическим объектом, процессом либо явлением. В экономико-математическом словаре Л.И. Лопатникова [16] экономико-математическая модель – это «математическое описание экономического процесса или объекта, произведенное в целях исследования и управления ими». Такая модель позволяет (как и математическая модель вообще) исследовать свойства реального или гипотетического моделируемого объекта путем исследования свойств самой модели. Используя аналитические методы, например, методы компьютерной алгебры, можно решать с помощью модели классы задач, получая общее решение. Конкретные прикладные задачи решаются методами, разработанными для используемой абстрактной модели, но оперируя при этом соответствующей ей даталогической моделью.

Сопоставление информационных и математических моделей

Рассмотренные выше трактовки и свойства информационных и математических моделей позволяют теперь провести их сопоставление, установить соотношение между ними.

Прежде всего, сопоставим функции этих моделей. Если обратиться к формальной концептуальной модели предметной области информационной системы, то она описывает на некотором формальном языке типы сущностей этой предметной области, их атрибуты и взаимосвязи, определяемые на используемом языке. Но такую же функцию выполняет математическая модель. Она также описывает на используемом математическом языке типы сущностей, их атрибуты и взаимосвязи, представимые средствами этого языка.

Семантику используемых в концептуальной модели типов объектов и связей определяет онтология предметной области системы. Онтология может быть, в свою очередь описана на формальном языке или неформальными средствами (контролируемые словари, таксономии и т.п.). Аналогичным образом может существовать и средство описания семантики для формальной части математической модели. Это – неформальная ее часть (легенда) – совокупность обозначений, используемых в математической записи модели. Однако ничто не препятствует существованию таких математических моделей, в которых легенда тоже определяется на каком-либо формальном языке.

Наконец, в информационной системе концептуальная модель материализуется в виде наборов данных, соответствующих конкретной предметной области. Например, это может быть база данных в информационной системе, основанной на технологиях баз данных. В свою очередь, существует и даталогическая материализация математической модели, когда она используется для решения конкретной задачи, описываемой данной моделью.

Таким образом, как в случае с формальной концептуальной моделью, так и в случае математической модели в реализованных системах мы имеем дело уже с *трехуровневой иерархией информационных моделей*. В обоих случаях центральным звеном является формальное описание структуры моделируемой предметной области. В обоих случаях могут использоваться средства, позволяющие явным образом описывать семантику. Для информационных моделей в общем случае эти средства (онтология) могут быть описаны на формальном языке или в неформальном виде. В математической модели, описываемой в математических текстах, это описание по традиции является неформальным.

Следует также обратить внимание на прагматику математических моделей и концептуальных моделей общего вида. Модели обоих классов могут использоваться как для получения количественных значений свойств сущностей моделируемой предметной области и информации об их связях, так и для исследования свойств самих этих моделей. Методы исследования свойств математических моделей зависят от конкретного их вида и области математики, средствами которой они представляются. Методы исследования концептуальных моделей общего вида зависят от языка их описания.

Что же касается получения количественных значений свойств предметной области с помощью математической модели, то для этой цели используется один из численных методов, разработанных для рассматриваемой математической модели в ее даталогической форме. Концептуальные модели, в свою очередь, позволяют решать эту проблему с помощью пользовательских запросов в их терминах либо в терминах соответствующей онтологии.

Итак, в результате проведенного выше сопоставления можно констатировать, что математическая модель является частным случаем информационных моделей, а именно, формальной концептуальной моделью. Описание обозначений, используемых в этой модели, может рассматриваться как неформальная онтология, и оно обогащает формальную модель семантикой. Специфика этого частного случая информационных моделей заключается в том, что для описания формальной концептуальной модели используется какой-либо подходящий для нее математический язык. Для описания формальных концептуальных моделей общего вида используются чаще всего разнообразные широко распространенные языки, например, объектные языки, языки логики.

Заключение

Написать эту статью побудила работа [17], авторы которой, рассматривая соотношение экономико-математических и информационных моделей, не усмотрели их близости, того факта, что экономико-математические модели, как и математические модели вообще, являются специфическими частными случаями информационных моделей, выполняют ту же функцию, что и информационные модели. Более конкретно, экономико-математическая (математическая) модель – это разновидность формальных концептуальных моделей. Ее специфика заключается в использовании подходящего математического языка для спецификации модели, и вследствие этого в конструировании модели могут использоваться только связи между составными ее компонентами, которые выражаются отношениями, представимыми в используемом математическом языке. Такая точка зрения была ранее высказана автором в кратких тезисах [18]. В данной статье она представлена более детально и аргументировано.

Литература

1. Когаловский М.Р., Новиков Б.А. Электронные библиотеки - новый класс информационных систем. Программирование. МАИК “Наука”/Интерпериодика.. 2000. № 3. С. 3-8.
2. W3C Semantic Web Activity. [Электронный ресурс] URL: <https://www.w3.org/2001/sw/> (Дата обращения: 15.11.2018).
3. Clifford Lynch. Jim Gray’s fourth paradigm and the construction of the scientific record. In: The Fourth Paradigm. Data-Intensive Scientific Discovery. Ed. by Tony Hey, Stewart Tansley, and Kristin Tolle. Microsoft Research. Redmond, Washington, 2009. P. 177-184.
4. ЦЭМИ. Ситуационная комната. [Электронный ресурс] URL: <http://www.cemi.rssi.ru/situatsionnyy-tsentr/> (Дата обращения: 15 ноября 2018 г.)
5. Когаловский М.Р. Систематика коллекций информационных ресурсов в электронных библиотеках //Программирование. 2000. № 3. С. 31-59.
6. Sundgren B. An Infological Approach to Data bases. Urval № 7. National Central Bureau of Statistics, Stockholm, Sweden. 1973.
7. ANSI/X3/SPARC Study Group on Data Base Management Systems. Interim Report. SIGFDT Bull, ACM, v. 7, no. 2 (1975).
8. Chen P.P. The Entity-Relationship Model. Toward a Unified View of Data. ACM TODS, 1(1): 1976. Есть русск. пер.: Питер Пин-Шен Чен. Модель «сущность-связь» – шаг к единому представлению данных. СУБД, 3/1995.
9. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя: Пер. с англ. – М.: ДМК, 2000. – 432 с.
10. The Object Data Standard: ODMG 3.0 / Edited by R.G.G. Cattell et al. Morgan Kaufmann Publishers. Academic Press, 2000. – 280 p.
11. Gruber T.B. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In: Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation. Ed. by N. Guarino and R. Poll. Kluwer Academic Publishers. Proc. of Intern. Workshop on Formal Ontology, March 1993, Padova, Italy.
12. Kogalovsky M.R., Kalinichenko L.A. Conceptual and ontological modeling in information systems //Programming and Computer Software, 2009, Vol. 35, No. 5, pp. 241–256.
13. Когаловский М.Р. Системы доступа к данным, основанные на онтологиях //Программирование, МАИК/Наука «Интерпериодика». 2012. Т. 38, № 4. С. 55-77.

14. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике: Учебник/Под общ. Ред. д.э.н., проф. А.В. Сидоровича; МГУ им. М.В. Ломоносова. – 3-е изд., перераб. - М.: Издательство «Дело и сервис», 2001. – 368 с. – (Серия «Учебники МГУ им. М.В. Ломоносова).

15. Экономико-математический энциклопедический словарь /Гл. ред. В.И. Данилов-Данильян. М.: Большая Российская энциклопедия, Издательский дом «ИНФРА-М», 2003. – 688 с.

16. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. Под ред. Г.Б. Клейнера, доктора экономических наук, профессора. 5-е издание, переработанное и дополненное. Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации. М.: Изд. Дело, 2003. – 520 с.

17. Липунцов Ю.П., Серебряков В.А. Соотношение информационных и экономико-математических моделей. В сб. Научный сервис в сети Интернет: труды XVII Всероссийской научной конференции (21-26 сентября 2015 г., г. Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2015. С. 219-231. [Электронный ресурс] URL: <http://keldysh.ru/abrau/2015/proc.pdf> (Дата обращения: 15.11.2018).

18. Коголовский М.Р. Информационные и экономико-математические модели в информационных системах. В кн.: Международная научная конференция «Ломоносовские чтения-2016». «Экономическая наука и развитие университетских научных школ» (к 75-летию экономического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова): Сборник тезисов выступлений. — М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2015. С. 237-238.

Digital Libraries of Economic-Mathematical Models: Economic-Mathematical and Information Models

Mikhail R. Kogalovsky, Cand. of Sci. (Tech.), Associate Professor
e-mail: kogalov@gmail.com

Abstract

In a number of research organizations that used in its activities the tools of economic and mathematical modeling, as well as in large Federal and sectoral centers, having the situation room, digital libraries of economic and mathematical models or other mathematical models are supported and used. The specification of economic-mathematical and any other mathematical model consists of the formal part described by mathematical language, and informal, defining designations used in its formal part. The article shows that the formal part of the model is a formal conceptual model of the modelled object, and the informal part is nothing other than its informally described ontological model (ontology). Thus, economic-mathematical and other mathematical models are a two-level hierarchy of information models. The information model is one of the key concept in computer science. Information systems for any purpose are based on information models. Also the systems of economic and mathematical modeling are based on such models.

The article is prepared in accordance with the state task for the MEI RAS, the research theme is "Research, development and support of web infrastructure of scientific information resources with open access".

Keywords: *information model, mathematical model, economic-mathematical model, conceptual model, ontological model, ontology, datalogical model, formal language, mathematical language, digital library*

Об авторе

Коголовский Михаил Рувимович, к.т.н., доцент, заведующий лабораторией, Институт проблем рынка РАН, Москва.

About author

Mikhail R. Kogalovsky, Cand. of Sci. (Tech.), Associate Professor, Head of Laboratory, Market Economy Institute of RAS, Moscow.