

УДК 004.82

ПОДХОД К ФОРМАЛИЗАЦИИ ОПИСАНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Ильин Борис Васильевич

кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО "Керченский государственный морской технологический университет", Керчь,
Россия

Email: bor_vas@rambler.ru

Аннотация

В статье рассматривается подход к формированию описания предметной области при проектировании автоматизированной информационной системы в виде информационной модели предикатного типа. Процесс моделирования предметной области, неотделимый от речемыслительной деятельности человека, рассматривается в виде последовательности этапов отображения: "предметная область" → "мысленная модель" → "языковая модель" → "письменная модель". Рассмотрены основные понятия, используемые для формирования соответствующего вида модели на каждом этапе. Повышение семантической выразительности информационной модели реализуется за счёт введения в её состав многоуровневых понятийных конструкций. Результатом моделирования предметной области является информационная модель, представленная в текстовой форме ограниченного подмножества естественного языка с использованием языка логики предикатов первого порядка.

Ключевые слова: предметная область, информационное моделирование, объект, свойство, отношение, сущность, атрибут, предикат.

AN APPROACH TO FORMALIZING THE DESCRIPTION OF THE SUBJECT AREA IN AN AUTOMATED INFORMATION SYSTEM

Boris V. Ilyin

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kerch State Marine Technological University, Kerch, Russia

Email: bor_vas@rambler.ru

ABSTRACT

The article considers an approach to the formation of a domain description in the design of an automated information system in the form of a predicate-type information model. The process of modeling the subject area, inseparable from human speech-thinking activity, is considered as a sequence of display stages: "subject area" → "mental model" → "language model" → "written

model". The basic concepts used to form the appropriate type of model at each stage are considered. Increasing the semantic expressiveness of the information model is realized by introducing multilevel conceptual constructions into its composition. The result of domain modeling is an information model presented in the text form of a limited subset of natural language using the language of first-order predicate logic.

Keywords: subject area, information modeling, object, property, relation, entity, attribute, predicate.

Введение

Важным фактором успешного функционирования любой организации в разных сферах деятельности является наличие в ней эффективно функционирующей автоматизированной информационной системы (АИС), ориентированной на использование технологии баз данных (БД) для организации хранения данных с целью удовлетворения информационных потребностей пользователей при решении задач различной профессиональной направленности.

Основное назначение БД – быть достоверным отображением соответствующей предметной области (вернее, представлений о ней пользователей) в совокупности хранимых данных.

Существуют различные трактовки понятия "предметная область" (ПрО). Однако проведенный анализ содержания этого понятия в разных источниках показывает, что при всех различиях в его трактовке общим является то, что под предметной областью обычно понимается выделенный по определённым соображениям фрагмент внешнего мира, информация о предметных реалиях которого (их свойствах и взаимосвязях между ними) подлежит хранению в БД. В такой формулировке понятие предметной реалии трактуется достаточно широко (объект, материальный или абстрактный, процесс, действие, событие).

Знание о любой ПрО может быть настолько многоплановым, что требуется некоторый критерий, который может помочь в отборе только важных её компонент для своего представления в БД. В качестве такого критерия целесообразно, очевидно, использовать ту цель, которую ставит перед собой проектировщик БД. Например, если БД создаётся для обеспечения решения задач анализа эффективности пассажироперевозок автопредприятием, то в ней целесообразно хранить данные о вместимости автобусов, протяжённости маршрутов, количестве выполненных рейсов, цене билетов, полученной выручке за смену и др., но нет нужды в информации о модели и номере двигателя, давлении в шинах, наличии видеокамер в салоне и т.п. (хотя в задачах контроля технического состояния подвижного состава она будет актуальной). Вопросы, связанные с определением границ ПрО, глубины детализации её состава и структуры, достаточно полно описаны в [1].

Как отмечается в [2], базы данных в настоящее время сами по себе обладают весьма ограниченными сведениями о смысле хранящихся в них данных (т.е. о семантике ПрО), поскольку интерпретация смыслового содержания данных возлагается на пользователя БД. Поэтому обязательной компонентой современных АИС становится представленное в них в том или ином виде описание предметной области, являющаяся, по сути, базой знаний о ней, адекватно отражающей её семантику [3].

В общем случае результат отображения ПрО в БД можно рассматривать на двух уровнях: экстенциональном и интенциональном. Первый уровень определяет экстенционал ПрО, т.е. собственно БД, содержащую данные - значения характеристик индивидуальных

объектов из выбранной ПрО. Второй - определяет интенционал, т.е. структуру ПрО, определяемую вне зависимости от времени. Он строится на обобщении и выделении системных свойств классов предметных реалий ПрО.

В настоящем исследовании под описанием ПрО понимается знаковая система, адекватно отображающая её на интенциональном уровне представления, т.е. по сути - информационная модель предметной области (ИМПрО). Она ориентирована на пользователя БД и, адекватно описывая семантику ПрО в терминах и понятиях, привычных для него, независима от модели данных, которая в дальнейшем может быть использована при проектировании схемы БД. В то же время, она должна, очевидно, обладать достаточной степенью формализованности, обеспечивающей однозначное описание состава и структуры ПрО. ИМПрО можно рассматривать как некий "информационный каркас" [4], обеспечивающий последующее структурирование и связность данных в БД.

Помимо отражения семантики ПрО, такая модель позволит организовать интерфейс пользователя с БД на уровне представлений о предметной области, а не на уровне структур данных, что повысит интеллектуальность АИС в целом. В силу этого современные технологии проектирования БД всё в большей степени основываются на использовании методологии информационного моделирования ПрО [2, 3], как первого этапа проектирования.

К информационному моделированию предметных областей в БД применяются различные подходы: "инфологический" [5], "концептуальный" [1], "семантический" [2], "онтологический" [6] и др., использующие различные средства представления самой модели.

Цель исследования

В настоящей работе в рамках концепции инфологического моделирования предлагается подход к формализованному описанию ПрО, сохраняющему её семантику и обеспечивающему адекватное отображение её в виде структурированных текстов на ограниченном подмножестве естественного языка с использованием средств логики предикатов первого порядка. Вопросы, связанные с представлением информационной модели в памяти ЭВМ, не являются предметом рассмотрения в данной работе.

Материалы и методы исследования

В исследовании применены общенаучные методы системно-структурного анализа и информационного моделирования, типизации, классификации и абстрагирования, а также описания, использованного при рассмотрении материала по проблематике исследования.

Результаты и их обсуждение

В настоящем исследовании в качестве категориального базиса при информационном моделировании используется наиболее общая и непротиворечивая логическая система, необходимая и достаточная для описания любых предметных областей [7], основанная на триаде категорий: объект, свойство и отношение.

Понятие объекта здесь трактуется достаточно широко: в качестве объектов могут рассматриваться реальные (или абстрактные) предметы, явления, процессы, события. Например, если в БД требуется хранить сведения о перевозках пассажиров городским автотранспортом, то в качестве объектов ПрО могут быть выделены: а) материальные объекты типа АВТОБУС со свойствами Госномер, Модель, Вместимость и др., б) абстрактные объекты типа МАРШРУТ (заранее намеченный путь следования с указанием пунктов остановок) со свойствами Название, Протяжённость, Цена билета и др., в) процессы типа РЕЙС (перевозка пассажиров автобусом по определённому маршруту) со свойствами Дата, Время выезда, Название маршрута и др.

Анализ содержания процесса информационного моделирования ПрО [8] показывает, что в его ходе исследователь обычно имеет дело с предметами различной природы:

- объектами, выделенными в ПрО, их свойствами и отношениями между ними,
- отображающими их понятиями в мышлении человека,
- соответствующими понятиями именами в речевом представлении.

При этом важно понимать, что понятия, используемые при моделировании ПрО, с одной стороны, указывают на реальные объекты и их взаимосвязи, а с другой - выражаются словами языка. Т.е. в информационной модели образы объектов ПрО представляются понятиями, которые в свою очередь воплощаются в слова – произнесённые или написанные с использованием определённого набора знаков.

Поэтому информационное моделирование ПрО как процесс, неотделимый от речемыслительной деятельности человека, можно рассматривать в виде последовательности следующих этапов отображения (рис.1):

- 1) ПрО → мысленная модель ПрО,
- 2) мысленная модель ПрО → языковая модель ПрО,
- 3) языковая модель ПрО → письменная модель ПрО.



Рисунок 1 – Этапность отображения предметной области при информационном моделировании.

На первом этапе отображения под мысленной моделью понимается представление описываемой ПрО в мышлении человека с использованием определенной системы понятий (план содержания). Исследуя ПрО, человек выделяет в ней индивидуальные объекты, причём в основе такого выделения лежит стремление адекватно отобразить существующее в ПрО их состояние.

Как отмечается в [2] реальный мир практически бесконечен, из чего следует, что ПрО потенциально может содержать огромное число индивидуальных объектов, которые могут находиться в потенциально бесконечном множестве взаимосвязей. Отсюда следует, что прямолинейный подход к моделированию ПрО через описание всех индивидуальных объектов, их свойств и взаимосвязей между ними практически не реализуем.

Решить проблему может использование метода типизации, позволяющего множество индивидуальных объектов $\{kr\}$, выделенных в процессе исследования ПрО, свести к конечному числу классов объектов K_1, K_2, \dots, K_n , ($kri \in Ki$), сделав тем самым обозримым их многообразие. Здесь под классом K_i понимается множество однотипных индивидуальных объектов $\{kri\}$, обладающих одинаковыми значениями свойств, выбранных в качестве признаков типовости. Например, если в качестве ПрО выбрана сфера пассажирских перевозок автотранспортом, то в множестве учитываемых объектов по признаку выполняемой роли в процессе пассажироперевозок можно выделить следующие типы объектов, порождающие соответствующие классы: ВОДИТЕЛЬ, АВТОБУС, МАРШРУТ и др.

В этом случае при информационном моделировании осуществляется переход от необходимости фиксации многообразия свойств множества индивидуальных объектов

ПрО и их связей с другими объектами, к регистрации ограниченного набора свойств (выбранных исходя из прагматических соображений), "присваиваемых" соответствующим классам.

В мысленной модели для отображения класса объектов K_i , фиксируемых в ПрО (значения выбранных свойств которых в виде данных должны храниться в БД), будем использовать понятие сущность. В этом случае сущность S_i , будучи результатом абстрагирования класса реальных объектов K_i путем выделения и фиксации общего набора характеризующих его свойств, является информационным объектом - компонентой мысленной модели.

Свойство C_{ji} , определенное на множестве индивидуальных объектов $\{k_{pi}\}$ класса K_i в описываемой ПрО, в мысленной модели будет отображаться атрибутом соответствующей сущности S_i . В общем случае атрибут рассматривается как поименованная характеристика сущности S_i , принимающая значения из некоторого множества Q_i однотипных значений $\{q_{ij}\}$. Например, для описания сущности МАРШРУТ могут быть использованы такие атрибуты, как Название, Протяжённость, Цена билета и др.

Помимо описания свойств сущности атрибуты используются для идентификации её экземпляров, значения свойств которых в виде данных хранятся в БД. Поэтому при выборе состава атрибутов $\langle C_{ji} \rangle$, значения которых характеризуют сущность S_i , необходимо следить за тем, чтобы в него были включены атрибуты, значения которых позволят идентифицировать каждый конкретный её экземпляр. Например, для сущности ВОДИТЕЛЬ в качестве идентифицирующего атрибута может быть выбран атрибут Табельный номер, для сущности РЕЙС - атрибуты Дата, Время выезда, Название маршрута.

Как отмечалось выше, объекты, выделяемые в ПрО, не существуют независимо друг от друга - между ними наблюдаются различные реальные отношения, наиболее значимые из которых должны быть отражены в мысленной модели [2]. Под отношением здесь понимается фиксируемая взаимосвязь, ассоциация между объектами (объектами и свойствами, между свойствами объектов). Например, между объектами класса ВОДИТЕЛЬ и объектами класса АВТОБУС наблюдается отношение управляет; между объектами класса ВОДИТЕЛЬ и свойством Дата рождения наблюдается отношение имеет; между свойствами Дата рождения и Дата принятия на работу объектов класса ВОДИТЕЛЬ наблюдается отношение предшествовать. Поскольку отношения различных арностей, наблюдаемые в ПрО, можно свести к бинарным отношениям [2], то в модели будем отображать именно эти отношения.

При отображении ПрО в мысленной модели осуществляется переход от отношений, наблюдаемых между объектами и свойствами, к отношениям между представляющими их сущностями и их атрибутами. Для обеспечения логической полноты представления в модели отношений, наблюдаемых в ПрО, в случае необходимости, следует учитывать не только "прямые", но и "обратные" в содержательном плане отношения. Например, если между сущностями ВОДИТЕЛЬ и АВТОБУС наблюдается отношение управляет, то обратным ему будет отношение управляется.

Исходя из вышеизложенного, следует понимать, что если в БД подлежат хранению данные, представляющие собой значения фиксируемых свойств индивидуальных объектов, наблюдаемых в ПрО, то в мысленной модели представляются сведения о атрибутах соответствующих сущностей и отношениях между ними, т.е. информация о семантике ПрО.

Однако здесь необходимо отметить, что представление в модели атрибутов сущностей, отображающих единожды выделенные при анализе конкретной ПрО классы объектов, является семантически "обеднённым". С целью повышения семантической выразительности информационных моделей ПрО значительное внимание

проектировщиков уделяется разработке методов и средств формирования многоуровневых понятийных структур, включаемых в состав моделей [9]. В этом плане особый интерес представляют два вида отношений:

- "обобщение" (generalization is-a, является), подчеркивает общую природу объектов, позволяя образовывать многоуровневую иерархию обобщений;

- "агрегирование" (aggregation, part of, быть частью), характеризует отношение между целым и частью, позволяя рассматривать взаимосвязь между разнотипными объектами как новый объект, т.е. создавать составной объект.

Метод обобщающей абстракции позволяет формировать понятийные конструкции, т.е. "порождать" сущности более высокого уровня, производные по отношению к определённым подмножествам исходных сущностей. Получаемая в результате обобщения абстракция рассматривается как новая сущность, обобщающая в себе общие признаки множества исходных сущностей. Так, например, при анализе ранее обозначенной ПрО в состав мысленной модели обычно включается сущность АВТОБУС, обобщающая признаки всех типов пассажирского автотранспорта. Но на автопредприятии кроме автобусов обычно используется и другие типы автомобилей, которые могут "порождать" (если это целесообразно) сущности САМОСВАЛ, ТЯГАЧ, ПЕРЕДВИЖНАЯ МАСТЕРСКАЯ и др. Используя метод обобщения указанных сущностей можно перейти к представлению в мысленной модели сущности более высокого уровня обобщения – ГРУЗОВОЙ АВТОТРАНСПОРТ. Сущности АВТОБУС и ГРУЗОВОЙ АВТОТРАНСПОРТ могут быть, в свою очередь, обобщены в сущность более высокого уровня – АВТОТРАНСПОРТ.

Осуществляя обобщение, мы игнорируем индивидуальные различия между исходными сущностями, подчёркивая, вместе с тем, определённую их содержательную общность. В этом случае сущности нижнего уровня могут "делегируют" одноимённые свойства сущности более высокого уровня. В [12] отмечается, что выстраивание понятий в иерархию «is-a» и поддержка механизма "наследования" свойств по иерархии "сверху-вниз", позволяют, с одной стороны, повысить семантическую выразительность информационной модели, а с другой - обеспечить уменьшение объёма её представления языковыми средствами. Действительно, в приведенном выше примере вместо указания для каждой из исходных сущностей АВТОБУС, САМОСВАЛ, ТЯГАЧ, ПЕРЕДВИЖНАЯ МАСТЕРСКАЯ свойств: Госномер, Дата ввода в эксплуатацию, Мощность двигателя, Марка топлива, Расход топлива на 100 км и др., их можно указать один раз для обобщающей сущности АВТОТРАНСПОРТ.

Наряду с этим, если все сущности нижнего уровня связываются одним и тем же отношением с какой-либо сущностью, то это отношение с выбранной сущностью может быть "делегировано" обобщающей сущности, что также способствует уменьшению объёма описания ПрО. Например, поскольку все виды автотранспорта работает под управлением водителя, достаточно один раз указать отношение "управляет" между сущностями ВОДИТЕЛЬ и АВТОТРАНСПОРТ, чтобы оно было реализовано для обобщаемых сущностей АВТОБУС, САМОСВАЛ, ТЯГАЧ, ПЕРЕДВИЖНАЯ МАСТЕРСКАЯ.

Агрегирование обычно рассматривается как связывание, ассоциирование разнотипных сущностей в новую сущность-агрегат по принципу либо включения их в качестве его составных частей, либо совместного их участия в некотором процессе. Сущность-агрегат в этом случае обладает не только внешней целостностью, но и внутренним единством. Внутреннее единство проявляется в нацеленности составляющих частей объекта-агрегата на реализацию его функции. Проявлением внешней целостности объекта-агрегата является наличие у него новых, характеризующих его свойств, которые отсутствуют у агрегируемых сущностей. Например, сущности АВТОБУС, ВОДИТЕЛЬ, МАРШРУТ, будучи агрегированы по роли участия в общем процессе – перевозке

пассажиры, порождают сущность-агрегат СМЕНА (перевозка пассажиров в течение смены определённым автобусом по определённому маршруту) с атрибутами: Дата, Время начала, ФИО водителя, Название маршрута, Количество рейсов, Выручка и др., которые в большинстве своём не свойственны сущностям, составляющим агрегат.

На втором этапе отображения осуществляется материальное воплощение сформированной на первом этапе мысленной модели ПрО (существующей в мышлении человека) в её словесное выражение в виде языковой модели. Т.е., моделируя объекты ПрО, мы отображаем их в мысленной модели соответствующими понятиями, которые в языковой модели представляются словами. Здесь решается проблема выбора языка представления, в качестве которого предлагается использовать грамматические и семантические средства естественного языка, необходимые и достаточные для описания ПрО любой природы [10,11].

Процесс "трансформирования" класса индивидуальных объектов ПрО в некоторую абстракцию - сущность, находит своё отражение в языке: в наименованиях сущностей употребляют не множественное число, а единственное. Это объясняется тем, что имя сущности и наименование соответствующего понятия, которое является единичным, совпадают. Таким образом, сущность получает уникальное в пределах языковой модели имя, выражаемое обычно существительным в единственном числе.

Наименование атрибута также выражается существительным в единственном числе (возможно с добавлением характеризующего прилагательного). Отношения, фиксируемые в языковой модели, обычно обозначаются глаголами или глагольными фразами.

На третьем этапе отображения в качестве предметной основы языковой модели ПрО предлагается использовать привычную форму представления письменной модели в виде совокупности текстов на естественном языке (различаясь с операционной точки зрения, эти модели адекватны по смысловой сути).

Результаты конкретных актов отображения ПрО на уровне выражения в сфере письменного предлагается фиксировать в виде высказываний, имеющих единый шаблон записи следующего вида: $V = \langle gi, rk, gj \rangle$, где gi, gj - имена сущностей или атрибутов, rk - имя связывающего их отношения.

Формализовать представление письменной модели ПрО можно следующим образом. Пусть $\{S\}$ - множество сущностей и $\{C\}$ - множество характеризующих их атрибутов, отображаемых в мысленной модели, между которыми наблюдаются отношения из множества $\{R\}$. На выделенных множествах зададим следующие отображения:

- $\{S\} \rightarrow \{IS\}$, где $\{IS\}$ - множество имён сущностей $\{S\}$,
- $\{C\} \rightarrow \{IC\}$, где $\{IC\}$ - множество имён атрибутов $\{C\}$,
- $\{R\} \rightarrow \{IR\}$, где $\{IR\}$ - множество имён отношений $\{R\}$.

В этом случае письменная модель ПрО может рассматриваться как знаковая система: $M = \{ \langle IS, IR, IC \rangle, \langle IS, IR, IS \rangle, \langle IC, IR, IC \rangle \}$, которая находит своё выражение в виде однородного текста на ограниченном подмножестве естественного языка, предложения (т.е. высказывания) которого выстроены по единому шаблону, указанному выше.

Для различения компонентов высказываний, представленных в письменной модели (хотя это не принципиально), имена сущностей будем представлять прописными буквами (АВТОБУС, ВОДИТЕЛЬ, ...), имена отношений - строчными буквами (управлять, иметь, ...), а имена атрибутов - курсивом, где первое слово будет начинаться с прописной буквы (Табельный номер, Дата рождения, Госномер, ...). Интерпретация высказывания, представленного по единому шаблону $V = \langle gi, rk, gj \rangle$, может быть разной (в зависимости от значений компонентов gi, gj или rk), например:

- "ВОДИТЕЛЬ управляет АВТОТРАНСПОРТОМ",
- "АВТОБУС является АВТОТРАНСПОРТОМ",

"СМЕНА имеет частью ВОДИТЕЛЬ"

"СМЕНА имеет частью АВТОБУС"

"АВТОТРАНСПОРТ имеет Госномер"

"АВТОБУС имеет Вместимость"

"ВОДИТЕЛЬ имеет Дату рождения",

"Дата рождения предшествует Дате приёма на работу" и т.п.

В [12] автором был предложен подход к формализации текстового представления письменной модели ПрО с использованием исчисления предикатов первого порядка. В основе исчисления лежит понятие предметной переменной с определенной для нее областью допустимых значений, понятие предиката как функции с множеством значений {истина, ложь}, определенной на множестве переменных, и понятие правильно построенной формулы, опирающейся на переменные, предикаты и кванторы [13].

В общем случае под n -местным предикатом $P(g_1, g_2, \dots, g_n)$ понимается функция, определенная на множестве переменных $G = G_1 \times G_2 \times \dots \times G_n$, принимающая значение либо "истина", либо "ложь". Утверждение, характеризующее взаимосвязь переменных из множества $\{G\}$ и выражаемое предикатом, воспринимается либо как «истинное», либо как «ложное» в зависимости от значений, принимаемых переменными (в качестве переменных выступают имена сущностей и атрибутов).

Поскольку нами ранее для использования при информационном моделировании ПрО был выбран бинарный тип отношений между сущностями и атрибутами, то в ИМПРО будем использовать двухместные атомарные предикаты, записываемые в следующей форме: $P(g_i, g_j) = \{0, 1\}$, где P – имя предиката, g_i, g_j – предметные переменные. Атомарные предикаты соответствуют нераспространенным предложениям естественного языка, содержащим только один глагол или другую часть речи, выполняющую ту же функцию.

Высказывания из письменной модели, приведенные выше и выраженные по единому шаблону, с помощью атомарных предикатов в ИМПРО можно представить, как это принято [14], следующим образом:

- управлять (ВОДИТЕЛЬ, АВТОТРАНСПОРТ)
- являться (АВТОБУС, АВТОТРАНСПОРТ)
- иметь частью (СМЕНА, ВОДИТЕЛЬ,)
- иметь частью (СМЕНА, АВТОБУС)
- иметь (АВТОБУС, Вместимость)
- иметь (ВОДИТЕЛЬ, Дата рождения)
- предшествовать (Дата рождения, Дата приёма на работу) и т.п.

Если каждому высказыванию, выраженному в письменной модели на естественном языке в соответствии с шаблоном $V = \langle g_i \text{ rk } g_j \rangle$, поставить в соответствие предикат $Pr(g_i, g_j)$, определенный на множестве переменных $G = G_i \times G_j$, то ИМПРО может быть представлена в виде знаковой системы как множество истинных предикатов $MPrO = \{Pr(g_i, g_j)\}$.

Переход к использованию логики предикатов для представления знаний о предметной области в информационной модели имеет, по сравнению с другими способами, преимущество в том, что он обладает хорошо развитым и понятным математическим аппаратом, а сама логика предикатов всесторонне исследована как формальная система [15]. В последующем предикатная ИМПРО может использоваться в качестве основы для проектирования схемы БД (данный вопрос выходит за рамки настоящего исследования), а также повышения уровня интеллектуальности АИС в целом.

Заключение

Предложенная ИМПРО является однородно структурированным текстовым описанием, достаточно формализованным с использованием языка логики предикатов первого порядка, объективно отражает семантику предметной области, и, в то же время,

независима от способа последующего отображения её на пространство памяти ЭВМ с использованием какой-либо модели данных. Помимо отражения семантики ПрО, такая модель позволит организовать интерфейс пользователя с БД на уровне представлений о предметной области, а не на уровне структур данных, повышая тем самым интеллектуальность АИС.

Список литературы:

1. Никаноров С. П. Концептуализация предметных областей. Серия "Концептуальный анализ и проектирование". Методология и технология. – М.: Концепт, 2009. – 268 с.
2. Цаленко М. Ш. Моделирование семантики в базах данных. – М.: Наука, 1989. - 287 с.
3. Маслеников К. Ю., Ревунков Г. И., Сатова М. В. Описание предметной области как неотъемлемый элемент процесса проектирования автоматизированной информационной системы // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/55TVN617.pdf> (доступ свободный).
4. Цветков В. Я. Модели в информационных технологиях. М.: Макс Пресс, 2006. 104 с.
5. Langefors V. Infological Model and Information User Views // Inform. Systems, no. 5, 1980, p. 17-32.
6. Верхотурова Ю. С. Модель предметной области на языке описания онтологий. Вестник Бурятского государственного университета, 2013, 9, С. 63–68.
7. Уёмов А. И. Вещи, свойства и отношения. - М.: Изд. АН СССР, 1963. - 230 с
8. Ильин Б. В. Моделирование предметных областей в информационных системах. Актуальные направления научных исследований: перспективы развития : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2020. – С. 125-128.
9. Smith J. M., Smith D. S. P. Database Abstractions: Aggregation and Generalization // ACM Trans. On Database Systems. – 1977. - V.2, № 2. – P.77-96.
10. Зайцев Н. Г. Технология обработки данных в языковой форме. – Киев: Техника, 1989. -180 с.
11. Попов Э. В. Общение с ЭВМ на естественном языке. - М. : Наука, 1982. -360 с.
12. Ильин Б. В. Повышение семантической выразительности информационной модели предметной области // Современная наука и образование: достижения и перспективы развития : сборник трудов по материалам II Национальной научно-практической конференции (1-4 июня 2022 г.) / – Керчь: ФГБОУ ВО "КГМТУ", 2022. – С. 12-17.
13. Маслеников К. Ю., Ревунков Г. И. Логико-математическая модель построения описания предметной области корпоративной автоматизированной информационной системы. // СОВРЕМЕННАЯ НАУКА И ИННОВАЦИИ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ. Выпуск #1, 2019. - С. 10-15.
14. Представление знаний в экспертных системах : учебное пособие / сост. В.А. Морозова, В. И. Паутов. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 120 с.

15. Остроух А. В. Интеллектуальные информационные системы и технологии: Монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. – 370 с.

References:

1. Nikanorov S.P. Conceptualization of subject areas. The series "Conceptual analysis and design". Methodology and technology. – M.: Concept, 2009. – 268 p.
2. Tsalenko M. S. Modeling of semantics in databases. – M.: Nauka, 1989. - 287 p.
3. Maslenikov K.Yu., Revunkov G.I., Satova M.V. Description of the subject area as an integral element of the design process of an automated information system // Online journal "Science Studies" Volume 9, No. 6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/55TVN617.pdf> (access is free).
4. Tsvetkov V. Ya. Models in information technologies. Moscow: Maks Press, 2006. 104 p.
5. Langefors B. Infological Model and Information User Views // Inform. Systems, No. 5, 1980, p. 17-32.
6. Verkhoturova Yu. S. Domain model in the language of ontology description. Bulletin of the Buryat State University, 2013, 9, pp. 63-68.
7. Uemov A. I. Things, properties and relations. - M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963. - 230 p.
8. Ilyin B. V. Modeling of subject areas in information systems. Current directions of scientific research: prospects for development: materials of the XIII International. scientific-practical. conf. – Cheboksary: CNS "Interactive Plus", 2020. – pp. 125-128.
9. Smith J.M., Smith D.S.P. Database Abstractions: Aggregation and Generalization // ACM Trans. On Database Systems. – 1977. - V.2, No. 2. – P.77-96.
10. Zaitsev N.G. Technology of data processing in language form. – Kiev: Technika, 1989. -180 p.
11. Popov E.V. Communication with computers in natural language. - M. : Nauka, 1982. -360 p.
12. Ilyin B. V. Increasing the semantic expressiveness of the information model of the subject area // Modern science and education: achievements and prospects of development : collection of works based on the materials of the II National Scientific and Practical Conference (June 1-4, 2022) / - Kerch: KSMTU, 2022. – pp. 12-17.
13. Maslenikov K. Yu., Revunkov G. I. A logical and mathematical model for constructing a description of the subject area of a corporate automated information system. // MODERN SCIENCE AND INNOVATION. TECHNICAL SCIENCES. COMPUTER SCIENCE AND COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT. Issue #1, 2019. - pp. 10-15.
14. Presentation of knowledge in expert systems: textbook / comp. V.A. Morozova, V.I. Pautov. – Yekaterinburg : Ural Publishing House. un-ta, 2017. – 120 p.
15. Ostroukh A.V. Intelligent information systems and technologies: Monograph / A.V. Ostroukh, N.E. Surkova. – Krasnoyarsk: Scientific and Innovation Center, 2015. – 370 p.