

ИНФОРМАТИКА

Авторы: В. Д. Ильин

ИНФОРМАТИКА (англ. informatics), наука об извлечении информации из сообщений, создании информационных ресурсов, программировании поведения машин и о других сущностях, связанных с построением и применением человеко-машинной среды решения задач моделирования, проектирования, взаимодействия, обучения и др. Изучает свойства информации, методы её извлечения из сообщений и представления в заданной форме; свойства, методы и средства информационного взаимодействия; свойства информационных ресурсов, методы и средства их создания, представления, сохранения, накопления, поиска, передачи и защиты; свойства, методы и средства построения и применения программируемых машин и человеко-машинной среды решения задач.

Научная продукция информатики



Рис. 1. Методологическое обеспечение построения человеко-машинной среды решения задач.

Научная продукция информатики [1] служит методологическим основанием построения человеко-машинной среды решения задач (рис. 1), относящихся к различным областям деятельности [2].

Результаты исследований сущностей (в науке обычно называемых объектами) представлены их символьными и/или физическими моделями. Символьные модели – это описания добытых знаний [см. [Символьное моделирование](#) (s-моделирование)], а физические – прототипы изучаемых объектов, отражающие их свойства, поведение и др. Научный результат –

модель системы знаний (или составляющая ранее определённой и опубликованной модели), описывающая совокупность объектов, включающую изучаемый объект, и связи между ними. Описание модели представлено в форме сообщения, рассчитанного на распознавание и интерпретацию научным сообществом. Значение результата зависит от предсказательной силы, воспроизводимости и применимости модели, а также от свойств сообщения, содержащего её описание.

Примерами результатов, сыгравших выдающуюся роль в методологическом обеспечении построения человеко-машинной среды решения задач, могут служить: изобретённая Дж. фон [Нейманом](#) модель цифровой электронной машины с хранимыми в общей памяти инструкциями программы и данными [известная как модель фон Неймана (the von Neumann model) и архитектура фон Неймана (the von Neumann architecture)] [9]; изобретённые создателем Веба (см. [Всемирная паутина](#)) Т. [Бернерс-Ли](#) протокол HTTP (англ. HyperText Transfer Protocol – протокол передачи [гипертекста](#)), являющийся протоколом прикладного уровня, определяющим правила передачи сообщений в гипермедийных (см. [Мультимедиа](#)) системах, и унифицированный идентификатор ресурса URI (англ. Uniform Resource Identifier), ставший стандартом записи адреса ресурса, размещённого в сети [Интернет](#) [6, 7]. Трудно найти в наши дни (2017) область деятельности, где бы не применялась научная продукция информатики. На её основе созданы электронная почта, Веб, поисковые системы, IP-телефония, интернет вещей и другие интернет-сервисы (см. [Интернет](#)); цифровая

аудио-, фото- и видеозапись; системы автоматизированного проектирования (САПРы); компьютерные тренажёры и роботы (см. [Компьютерное моделирование](#)), системы цифровой связи, навигационные системы, 3D-принтеры и др.

Основные понятия

Продолжающееся становление информатики сопровождается развитием её понятийного аппарата и уточнением предмета исследований. В 2006 в Институте проблем информатики Российской академии наук (ИПИ РАН) была создана новая область исследований – символьное моделирование произвольных объектов в человеко-машинной среде (сокращённо – символьное моделирование или s-моделирование). Один из первых научных проектов в этой области был посвящён методологии построения символьной модели системы знаний информатики в человеко-машинной среде. [3, 4]. В созданной в 2009 теории символьного моделирования (s-моделирования) [5] была предложена очередная версия символьной модели ядра системы понятий информатики, включающего следующие понятия.

Сообщение (англ. message) рассматривается как конечная упорядоченная совокупность символов (визуальных, аудио- и др.; см. [Символ](#) в информатике) или её код (см. [Код](#) в информатике), удовлетворяющий протоколу взаимодействия источника с получателем. Существование сообщения предполагает наличие источника сообщения, получателя, носителя, среды передачи, средства доставки, протокола взаимодействия источника с получателем. В человеко-машинной среде решения задач (s-среде) люди с помощью программируемых машин (s-машин) формируют сообщения, представляя их на языках запросов, программирования и др.; выполняют различные преобразования (напр., из аналоговой формы в цифровую и обратно; из несжатой в сжатую и обратно; из одной формы представления документа в другую); распознают, используют сообщения для конструирования новых сообщений (программ, документов и др.); интерпретируют на моделях систем понятий (которые хранятся в памяти интерпретатора также в форме сообщений); обмениваются сообщениями, используя при этом программно-аппаратно реализованные системы правил (сетевые протоколы, см. [Компьютерная сеть](#)); сохраняют и накапливают сообщения (создавая электронные библиотеки, энциклопедии и другие информационные ресурсы), решают задачи поиска и защиты сообщений.

Интерпретатор сообщения изучается как построитель выходного сообщения по входному в соответствии с заданной системой правил интерпретации. Необходимым условием построения интерпретатора сообщений является существование моделей входного и выходного языков, а также моделей систем понятий, на которых должны интерпретироваться сообщения, составленные на входном и выходном языках.

Данные (англ. data) – сообщение, необходимое для решения некоторой задачи или совокупности задач, представленное в форме, рассчитанной на распознавание, преобразование и интерпретацию решателем ([программой](#) или человеком). Человек воспринимает [данные](#) (текст, изображения и др.) в символьной форме, а программа компьютера или компьютерного устройства (смартфона, цифровой фотокамеры и др.) – в кодовой.

Информация (англ. information) изучается как результат интерпретации сообщения на модели системы понятий [см. [Символьное моделирование](#) (s-моделирование)]. Для извлечения информации из сообщения необходимо иметь принятое сообщение, представленное в форме, рассчитанной на распознавание и интерпретацию получателем сообщения; хранящиеся в памяти интерпретатора модели систем понятий, среди которых – необходимая для интерпретации принятого сообщения; механизмы поиска необходимой модели, интерпретации



Рис. 2. Извлечение информации из сообщения.

сообщения, представления результата интерпретации в виде, рассчитанном на получателя (рис. 2).

Например, результат интерпретации сообщения ma , представленного на языке a , полученный переводчиком (человеком или роботом) в виде сообщения mb на языке b , – информация, извлечённая из сообщения ma .

Программируемая задача (s -задача) рассматривается как набор $\{Formul, Rulsys, Alg, Prog\}$, где $Formul$ – постановка задачи; $Rulsys$ – множество систем обязательных и ориентирующих правил решения задачи [5], поставленных в соответствие $Formul$; Alg – объединение множеств алгоритмов, каждое из которых соответствует одному элементу из $Rulsys$; $Prog$ – объединение множеств программ, каждое из которых поставлено в соответствие одному из элементов Alg . Для каждого элемента из $Rulsys$, Alg и $Prog$ должно быть задано описание применения. Описания применения элементов $Rulsys$ включают спецификацию типа решателя задачи (автономная s -машина, сетевая кооперация s -машин, кооперация «человек – s -машина» и др.), требование к информационной безопасности и др. Описания применения элементов из Alg включают данные о допустимых режимах работы решателя задачи (автоматический

локальный, автоматический распределённый, интерактивный локальный и др.), о требованиях к полученному результату и др. Описания применения программ включают данные о языках реализации, операционных системах и др.

Алгоритм – формализованное описание конечного набора шагов решения задачи, соответствующего одному из элементов $Rulsys$ и позволяющего поставить в однозначное соответствие заданному набору входных данных результирующий набор выходных данных.

Программа – алгоритм, реализованный на языке программирования высокого уровня, машинно-ориентированном языке и/или в системе машинных команд. Представлена в форме сообщения, определяющего поведение s -машинного решателя задачи с заданными свойствами. Существует в символьном, кодовом и сигнальном воплощениях, связанных отношениями трансляции (см. [Компилятор](#) в информатике).

Символ (англ. symbol) – заменитель природного или изобретённого объекта, обозначающий этот объект и являющийся элементом определённой системы построения символьных сообщений (текстов, нотных записей и др.), рассчитанных на восприятие человеком или роботом. Например, русский алфавит – система текстовых символов; буква A в этой системе – символ, заменяющий соответствующий звук из системы речевых аудиосимволов русского языка; букве A соответствует тактильный фактурный символ (воспринимаемый осязанием пальцами рук) в системе представления текстовых сообщений для слепых, известной как система Брайля (см. [Брайлевский шрифт](#)). Множество визуальных, аудио- и других символов, выбранных для построения сообщений определённого типа, рассматривается как множество элементарных конструктивных объектов, каждый из которых наделён набором атрибутов и совокупностью допустимых операций. Создание конструкций из элементов этого множества определено системой правил построения символьных моделей

[подробнее см. в статье [Символ](#) в информатике (s-символ)].

Код (англ. code) – заменитель символа или символьного сообщения, используемый для их представления в компьютерах, смартфонах и других программируемых машинах и предназначенный для построения, сохранения, передачи и интерпретации символьных сообщений [подробнее см. в статье [Код](#) в информатике (s-код)].

Сигнал (англ. signal) – оптическое, звуковое или другое воздействие, воспринимаемое органами чувств человека или сенсорами машины, либо представление кода в виде частоты электромагнитного излучения, композиций значений электрического напряжения, либо другое, рассчитанное на восприятие аппаратными средствами машины (например, центральным процессором компьютера, [микропроцессором](#) автомобильного навигатора). Символы, коды и сигналы связаны между собой отношениями преобразования. Каждому символу и символьной конструкции, рассчитанной на восприятие человеком или роботом, могут быть поставлены в однозначное соответствие коды, предназначенные для манипулирования ими с помощью программных средств компьютеров и компьютерных устройств.

Модель системы понятий. S-модель Cons системы понятий рассматривается как пара $\{ConsSet, ConsRel\}$, где ConsSet – множество понятий; ConsRel – семейство связей, заданных на ConsSet. Определение системы понятий – описание её модели, сопровождаемое указанием области применимости. Описание представлено в форме сообщения, рассчитанного на интерпретацию получателем, представление, сохранение, распространение, накопление и поиск в человеко-машинной среде интеллектуальной деятельности. В систему понятий, считающуюся определённой, не должны входить понятия, не имеющие определений (и при этом не относящиеся к понятиям-аксиомам). Определение области применимости модели – описание типов корреспондента (кому адресовано определение), цели, в процессе достижения которой определение имеет смысл (классы задач, при изучении которых определение может быть полезно), стадии, на которой целесообразно использовать определение (концепция, методология решения и т. д.).

Модель системы знаний. Понятие «знать» в s-моделировании [см. [Символьное моделирование](#) (s-моделирование)] определено как состояние получателя сообщения, когда выходное сообщение, полученное в результате интерпретации входного, распознаётся как уже известное и не требует изменений в моделях систем понятий, хранящихся в памяти получателя сообщения. Понятие «знание» определено как комплексное умение извлекать информацию из сообщений, содержащих условия задач определённого класса (это могут быть задачи распознавания образов, перевода с одного языка на другой или иные классы задач). S-модель системы знаний рассматривается как триада $\{Cons, Lang, Interp\}$, где Cons – s-модель системы понятий; Lang – s-модель совокупности языков сообщений, интерпретируемых на Cons; Interp – s-модель совокупности интерпретаторов на Cons сообщений, составленных на языках из Lang.

Интерпретация сообщения на модели Cons включает:

- 1) построение выходного сообщения (извлечение информации) по заданному входному (сообщения представлены на языках из совокупности Lang);
- 2) анализ выходного сообщения (требуются ли изменения в модели Cons);
- 3) если требуется, то изменение модели Cons; если нет – завершение.

Например, мозговым центром современной системы автоматизированного проектирования (САПР) является система знаний. От того, насколько она удачно построена, зависит продуктивность проектирования.

Информационные ресурсы (англ. information resources) в s-среде изучаются как специфицированные документы, компьютерные программы и другие сообщения, представленные в форме, рассчитанной на хранение, накопление, поиск, передачу, защиту и применение для решения задач. Спецификация информационного ресурса – формализованное описание области его применения, места хранения и других сведений, необходимых для поиска и использования информационного ресурса. Формирование (например, объединение в библиотеки) и применение информационных ресурсов сопровождаются процессами манипулирования спецификациями информационных ресурсов и обработки их содержимого в соответствии с заданным набором правил. Извлечение информации, содержащейся в ресурсе, осуществляется с помощью средств интерпретации, описанных в спецификации. В наши дни (2017) общедоступная часть информационных ресурсов человеко-машинной среды интеллектуальной деятельности представлена в сети [Интернет](#). URI (англ. Uniform Resource Identifier) – унифицированный идентификатор ресурса представлен формализованной последовательностью текстовых символов, описывающей схему обращения к информационному ресурсу, источник, содержащий ресурс, и др. (подробнее см. в статье [Информационные ресурсы](#)).

Программируемая машина (s-машина) – программно-аппаратное сооружение для решения задач.

Суперкомпьютеры, мейнфреймы, персональные компьютеры, ноутбуки, смартфоны, навигаторы, цифровые фото- и видеокамеры – всё это s-машины. Клавиатуры, мыши, трекболы, тачпады и другие устройства ввода – составляющие s-машин, выполняющие преобразования символов в коды, воспринимаемые драйверами (см. [Драйвер](#) в информатике) соответствующих устройств. Мониторы персональных компьютеров, дисплеи ноутбуков, навигаторов и др. выполняют преобразования кодов, порождаемых видеоконтроллерами, в символьные композиции, рассчитанные на зрительный канал человека.

Компьютерная сеть (англ. Network) – система, состоящая из компьютеров и компьютерных устройств (сетевых маршрутизаторов, серверных веб-камер и др.), взаимодействующих по единым правилам, определённым сетевыми протоколами. Предназначена для совместного пользования различными электронными сервисами (электронной почтой, поисковыми системами и др.), информационными ресурсами, программами (например, программами серверов приложений) и аппаратными средствами (жёсткими дисками, принтерами и др.) компьютеров (подробнее см. в статье [Компьютерная сеть](#)).

Человеко-машинная среда решения задач (s-среда) – объединение компьютерных сетей и отдельных программируемых машин, используемых для решения различных задач. Средство [информатизации](#) различных видов деятельности. S-среда должна обеспечивать представление цифровых кодов символьных моделей и манипулирование такими кодами с помощью s-машин. В основе современных цифровых технологий связи, автоматизированного проектирования и др. лежит идея, замечательная по последствиям своей реализации, – свести всё символьное многообразие к цифровым кодам [а каждый из них – к единому коду (до сих пор им остаётся двоичный код)] и поручить работу с кодами программируемым машинам, объединённым в человеко-машинную среду решения задач.

Информационное взаимодействие в s-среде (рис. 3) изучается как совокупность интерфейсов типа «человек – человек», «человек – программа», «человек – аппаратное средство программируемой машины», «программа –



Рис. 3. Исследование обмена сообщениями в человеко-машинной среде.

программа», «программа – аппаратное средство» (см. [Интерфейс](#) в информатике), «аппаратное средство – аппаратное средство» (см. [Порт](#) в информатике). Человек воспринимает входные аналоговые сигналы (световые, звуковые и др.) с помощью зрительного, слухового и других входных устройств биоинтеллекта (биологической системы, обеспечивающей функционирование интеллекта). Интересующие его сигналы он преобразует в символьные визуальные, аудио- и другие конструкции, используемые в процессах мышления. Выходные сигналы биоинтеллекта реализуются посредством жестов (например, используемых при вводе с клавиатуры и мыши), речи и др. [5]. Входом и

выходом программ служат коды входных данных и результата (см. [Код](#) в информатике), а входом и выходом аппаратных средств – сигналы. Входные аналоговые сигналы преобразуются в цифровые с помощью [аналого-цифровых преобразователей](#) (АЦП), а выходные цифровые – в аналоговые с помощью [цифро-аналоговых преобразователей](#) (ЦАП).

В современной (2017) s-среде природные средства восприятия сигналов человеком, их обработки и сохранения дополнены изобретёнными: цифровыми фото- и видеокамерами, смартфонами и др. Широко известная часть технологий информационного взаимодействия представлена быстро развивающимися Интернет-сервисами. Для взаимодействия между людьми используются [электронная почта](#) (англ. e-mail), различные виды интернет-связи [[интернет-телефонии](#) (IP-телефония); например реализованной в интернет-сервисе Skype; мессенджеры (англ. messenger – связной); например интернет-сервис Telegram)], [социальные сети](#) (англ. social networks) и др. Для взаимодействия используемых людьми вещей (систем освещения, поддержания температуры и др.) между собой и с внешней средой применяются информационные технологии «интернета вещей» (см. [Интернет](#)).

Информационная технология (англ. information technology) рассматривается как программно-аппаратно реализуемый комплекс методов и средств, предназначенный для решения одной или нескольких задач в s-среде. Например, применение информационной технологии создания и сохранения электронных текстовых документов предполагает наличие редактора текстовых документов (Page, Word или др.) и ноутбука, планшета или другой s-машины. Информационные технологии реализуются на основе s-машин (суперкомпьютеров, десктопов и др.) и s-машинных устройств (АЦП, ЦАП, сетевых маршрутизаторов и др.). Методологическое обеспечение разработки информационных технологий представлено методологиями построения s-машин и [операционных систем](#); систем символов и кодов; языков спецификаций, запросов и программирования; трансляторов и библиотек программ; редакторов (текстовых, графических, аудио- и видео-) и инструментальных систем программирования (см. [Инструментальная система](#) в информатике); типов и структур [данных](#), систем управления базами данных (см. в статье [База данных](#)); систем памяти, накопителей и поисковых систем; сетевых архитектур (см. [Компьютерная сеть](#)) и сервисов (см. [Электронный сервис](#)), протоколов и технологий обмена сообщениями; интерфейсов (см. [Интерфейс](#) в информатике), средств обеспечения информационной безопасности и др. (подробнее смотри в статье [Информационные технологии](#)).

Информационная система (англ. information system) – человеко-машинная система, предназначенная для построения, накопления и применения информационных ресурсов. Реализуется в виде электронных сервисов, библиотек и др. (подробнее см. в статье [Информационная система](#)).

Классы базовых задач

На основании изучения свойств и закономерностей [символьного моделирования](#) (s-моделирования) определены следующие классы базовых задач информатики [1, 5].

Представление моделей произвольных объектов, рассчитанных на восприятие человеком и программируемыми машинами, связано с изобретением языков сообщений, удовлетворяющих определённым требованиям. В этом классе изучаются системы символов и кодов, используемые соответственно в человеко- и машинно-ориентированных языках. К первым отнесены языки спецификации, программирования, запросов, ко вторым – системы машинных команд. Этот класс включает также задачи представления данных. В него входят задачи представления моделей систем понятий, на которых интерпретируются сообщения. На верхнем уровне задачной иерархии этого класса находится представление моделей систем знаний.

Преобразование типов и форм представления символьных моделей позволяет устанавливать соответствия между моделями. Задачи преобразования типов (например, речевой в текстовый и обратно) и форм (например, аналоговой в цифровую и обратно; несжатой в сжатую и обратно; *.doc в *.pdf) – необходимое дополнение к задачам представления моделей.

Распознавание сообщения предполагает необходимость его представления в формате, известном получателю. При выполнении этого условия для распознавания сообщения решаются задачи сопоставления с моделями-образцами, либо сопоставления свойств распознаваемой модели со свойствами моделей-образцов. Например, в задаче биометрической идентификации человека его биометрические данные (входное сообщение) сопоставляются с биометрическим образцом из базы данных биометрической системы.

Конструирование моделей систем понятий, систем знаний, интерпретаторов сообщений на моделях систем понятий; моделей задач, технологий программирования, взаимодействия в s-среде; моделей архитектур s-машин, компьютерных сетей, сервис-ориентированных архитектур; моделей сообщений и средств их построения, документов и документооборота. На верхнем уровне иерархии этого класса находятся задачи конструирования моделей s-среды и технологий символьного моделирования.

Интерпретация сообщений (извлечение информации) предполагает существование принятого сообщения, модели системы понятий, на которой оно должно интерпретироваться, и механизма интерпретации. Решение задач в человеко-машинной среде – интерпретация исходных данных (входное сообщение) на модели системы понятий, представленной в алгоритме. Результат решения – выходное сообщение (информация, извлечённая из входного сообщения). Если интерпретатором служит исполняемая программа, то исходные данные, программа и результат решения задачи представлены соответствующими кодами (см. [Код](#) в информатике). Для микропроцессора программируемой машины сообщения, подлежащие интерпретации, и результаты интерпретации представлены сигналами, соответствующими кодам машинных команд и данных. Например, при съёмках цифровой фотокамерой сообщение (в виде светового сигнала) воздействует на светочувствительную матрицу, распознаётся ею, а затем преобразуется в цифровой код изображения, который интерпретируется программой, улучшающей качество изображения. Полученный результат преобразуется и записывается (на встроенный накопитель камеры или карту памяти) как графический [файл](#).

Обмен сообщениями: изучаются задачи построения интерфейсов типа «человек – человек», «человек –

программа», «человек – аппаратное средство программируемой машины», «программа – программа», «программа – аппаратное средство» (см. [Интерфейс](#) в информатике), «аппаратное средство – аппаратное средство» (см. [Порт](#) в информатике); задачи обмена сообщениями в человеко-машинной среде решения задач (с типизацией отправителей и получателей; средств отправки, передачи и получения сообщений; сред передачи сообщений). Изобретаются системы правил обмена сообщениями (сетевые протоколы); архитектуры сетей; системы документооборота. Например, сообщениями обмениваются процессы [операционных систем](#) (ОС), программы s-машин в компьютерной сети, пользователи электронной почты и др.

Сохранение, накопление и поиск сообщений: изучаются и типизируются память и накопители, механизмы управления ими; формы сохранения и накопления; носители, методы сохранения, накопления и поиска; базы данных и библиотеки программ. Изучаются модели предмета поиска (по образцу, по признакам, по описанию свойств) и методов поиска.

Информационная защита: изучаются задачи предотвращения и обнаружения уязвимостей, контроля доступа, защиты от вторжений, вредоносных программ, перехвата сообщений и несанкционированного применения.

Области исследований

Наиболее важные научные идеи, влияющие на развитие информатики, воплощены в методологическом обеспечении построения средств поддержки процессов познания, информационного взаимодействия и автоматизированного решения различных задач. На современном этапе (2017) развития информатики актуальными являются следующие взаимосвязанные комплексы областей исследований.

Автоматизация вычислений (вычисления с помощью программируемых машин): изучаются модели, архитектуры и системы команд программируемых машин; алгоритмизация программируемых задач [алгоритмы и структуры данных, распределённые алгоритмы (Distributed Algorithms), рандомизированные алгоритмы (Randomized Algorithms) и др.]; распределённые вычисления (Distributed Computing), облачные вычисления (Cloud Computing); сложность и ресурсоёмкость вычислений.

Программирование: изучаются системы текстовых символов и кодов; языки программирования и спецификации задач; трансляторы; библиотеки программ; системное программирование; операционные системы; инструментальные системы программирования; системы управления базами данных; технологии программирования; онлайн-сервисы решения задач и др.

Человеко-машинная среда решения задач (s-среда): изучаются модели, методы и средства построения s-среды, компьютерных сетей, сетей цифровой связи, Интернета.

Восприятие и представление сообщений, взаимодействие в s-среде: изучаются модели, методы и средства восприятия и представления визуальных, аудио, тактильных и др. сообщений; компьютерное зрение, слух и др. искусственные сенсоры; формирование аудио-, визуальных, тактильных и др. сообщений (включая комбинированные), рассчитанных на человека и робота-партнёра; распознавание аудио, визуальных и др. сообщений (речи, жестов и др.); обработка изображений, компьютерная графика, визуализация и др.; обмен сообщениями (модели сообщений, методы и средства их приёма и передачи); интерфейсы пользователя, программ, аппаратных средств, программ с аппаратными средствами; онлайн-сервисы взаимодействия (мессенджеры, социальные сети и др.).

Информационные ресурсы и системы для решения задач в s-среде: изучаются модели, методы и средства построения, представления, сохранения, накопления, поиска, передачи и защиты информационных ресурсов; электронный документооборот; электронные библиотеки и другие информационные системы; Веб (см. [Всемирная паутина](#)).

Информационная безопасность и криптография: изучаются методы предотвращения и обнаружения уязвимостей; контроля доступа; защиты информационных систем от вторжений, вредоносных программ, перехвата сообщений; несанкционированного использования информационных ресурсов, программных и аппаратных средств.

Искусственный интеллект: изучаются модели, методы и средства построения интеллектуальных роботов, используемых в качестве партнёров человека (для решения задач безопасности, ситуационного управления и др.); экспертные методы принятия решений.

Символьное моделирование: изучаются системы визуальных, аудио-, тактильных и других символов, рассматриваемых как конструктивные объекты для построения рассчитанных на человека моделей произвольных сущностей (систем понятий и систем знаний, объектов окружающей среды и объектов, изобретённых людьми); системы кодов, поставленные в соответствие системам символов, которые предназначены для построения кодовых эквивалентов символьных моделей, рассчитанных на манипулирование с помощью программ; языки описания символьных моделей; типизация символьных моделей и их кодовых эквивалентов; методы построения символьных моделей систем понятий и систем знаний (включая системы знаний о программируемых задачах) [подробнее см. в статье [Символьное моделирование](#) (s-моделирование)].

Становление информатики

Символьное моделирование изучаемых объектов издавна служит основным инструментом представления добытых знаний. Изобретение символов (жестовых, графических и др.) и построенных из них символьных моделей сообщений, представление и накопление таких моделей во внешней среде стали ключевыми средствами формирования и развития интеллектуальных способностей. Доминирующая роль символьных моделей в интеллектуальной деятельности определяется не только их компактностью и выразительностью, но и тем, что не существует ограничений на типы носителей, применяемых для их хранения. Носителями могут быть память человека, бумажный лист, матрица цифровой фотокамеры, память цифрового диктофона или ещё что-то. Затраты на построение, копирование, передачу, сохранение и накопление символьных моделей несопоставимо меньше, чем аналогичные затраты, связанные с несимвольными моделями (например, макетами судов, зданий и др.). Без инструментария символьного моделирования трудно представить развитие науки, инженерного дела и др. видов деятельности.

На ранних этапах развития моделирования разнообразие моделируемых объектов ограничивалось тем, что принято называть объектами окружающей среды, и модели этих объектов были физическими. Развитие звуковых, жестовых и других средств символьного моделирования смыслов, вызванное потребностями сообщать об опасности, размещении объектов охоты и других объектах наблюдения, способствовало совершенствованию механизмов познания, взаимопонимания и обучения. Стали формироваться языки сообщений, включающие звуковые и жестовые символы. Стремление моделировать поведение (включая собственное) поставило новые

задачи. Можно предположить, что изначально это стремление было связано с обучением рациональному поведению на охоте, в быту, при стихийных бедствиях. На определённом этапе задумались о создании таких средств моделирования, которые позволяли бы строить модели, допускающие их хранение, копирование и передачу.

Стремление повысить эффективность пояснений, сопровождающих показ, приводило к совершенствованию понятийного аппарата и средств его речевого воплощения. Развитие символьных моделей в виде графических схем и совершенствование речи привели к графической модели речи. Была создана письменность. Она стала не только важным этапом в становлении символьного моделирования, но и мощным инструментом в развитии интеллектуальной деятельности. Теперь описания объектов моделирования и связей между ними могли быть представлены композициями текстов, схем и рисунков. Был создан инструментарий для отображения наблюдений, рассуждений и планов в виде символьных моделей, которые можно было хранить и передавать. Актуальными стали задачи изобретения носителей, инструментов для письма и создания изображений, красящих средств и др. Это были первые задачи на пути построения среды символьного моделирования.

Важный этап в графическом моделировании связан с моделями схематических изображений (прародителей чертежей) – основы проектирования. Представление проектируемого трёхмерного объекта в трёх двумерных проекциях, на которых показаны размеры и наименования деталей, сыграло решающую роль в развитии инженерного дела. На пути от рукописных текстов, рисунков и схем к книгопечатанию и графическим моделям в проектировании, от звукозаписи, фотографии и радио к кино и телевидению, от компьютеров и локальных сетей к глобальной сети, виртуальным лабораториям и дистанционному образованию постоянно растёт роль символьных моделей, которые человек создаёт с помощью машин.

Продуктивность решателей задач – ключевая проблема производительности интеллектуальной деятельности, постоянно находящаяся в центре внимания изобретателей. Потребность в количественных оценках материальных объектов издавна стимулировала изобретение систем звуковых, жестовых, а затем и графических символов. Какое-то время обходились правилом: каждой величине – свой символ. Счёт с использованием камешков, палочек и других предметов (предметный счёт) предшествовал изобретению символьного счёта (на основе графического представления величин). По мере увеличения числа предметов, которые надо было применять, актуализировалась задача символьного представления величин. Формирование понятия «числа» и идея экономии символов при моделировании чисел привела к изобретению систем счисления. Особого упоминания заслуживает идея позиционных систем счисления, одной из которых (двоичной) в 20 в. суждено было сыграть ключевую роль в изобретении цифровых программируемых машин и цифровом кодировании символьных моделей. Изменение значения символа с изменением его позиции в последовательности символов – весьма продуктивная идея, обеспечившая продвижение в изобретении вычислительных устройств (от [абак](#) до [компьютера](#)) [1, 5].

Средства повышения продуктивности решателей задач. В 1622 –33 английский учёный Уильям Отред предложил вариант [логарифмической линейки](#), ставший прототипом логарифмических линеек, которыми инженеры и исследователи всего мира пользовались более 300 лет (до того, как стали доступны персональные ЭВМ). В 1642 Б. [Паскаль](#), стремясь помочь отцу в расчётах при сборе налогов, создаёт пятиразрядное суммирующее устройство («Паскалину»), построенное на основе зубчатых колёс. В последующие годы им были созданы шести- и восьмиразрядные устройства, которые были предназначены для суммирования и вычитания

десятичных чисел. В 1672 немецкий учёный Г. В. [Лейбниц](#) создаёт цифровой механический калькулятор для арифметических операций над двенадцатиразрядными десятичными числами. Это был первый калькулятор, выполнявший все арифметические операции. Механизм, названный «Колесо Лейбница», вплоть до 1970-х гг. воспроизводился в различных ручных калькуляторах. В 1821 начался промышленный выпуск арифмометров. В 1836–48 Ч. [Бэббидж](#) выполнил проект механической десятичной вычислительной машины (названной им аналитической машиной), которую можно рассматривать как механический прототип будущих вычислительных машин. Программа вычислений, данные и результат записывались на перфокартах. Автоматическое выполнение программы обеспечивало устройство управления. Машина не была построена. В 1934–38 К. [Цузе](#) создал механическую двоичную вычислительную машину (длина слова – 22 двоичных разряда; память – 64 слова; операции с плавающей запятой). Вначале программа и данные вводились вручную. Примерно через год (после начала проектирования) было сделано устройство ввода программы и данных с перфорированной киноленты, а механическое арифметическое устройство (АУ) было заменено на АУ, построенное на телефонных реле. В 1941 Цузе с участием австрийского инженера Г. Шрайера создаёт первую в мире работающую полностью релейную двоичную вычислительную машину с программным управлением (Z3). В 1942 Цузе создал также и первую в мире управляющую цифровую вычислительную машину (S2), которая использовалась для управления самолётами-снарядами. Из-за секретности работ, выполненных Цузе, об их результатах стало известно только после окончания 2-й мировой войны [13]. Первый в мире язык программирования высокого уровня Планкалкюль (нем. Plankalkül – план исчисления) был создан Цузе в 1943–45, опубликован в 1948. Первые цифровые электронные вычислительные машины, начиная с американского компьютера ЭНИАК [(ENIAC – Electronic Numerical Integrator and Computer – электронный числовой интегратор и вычислитель); начало разработки – 1943, представлен публике в 1946], создавались как средства автоматизации математических вычислений.

Создание науки о вычислениях с помощью программируемых машин. В сер. 20 в. началось производство цифровых вычислительных машин, которые в США и Великобритании были названы компьютерами (computers), а в СССР – электронными вычислительными машинами (ЭВМ). С 1950-х гг. в Великобритании и с 1960-х – в США стала развиваться наука о вычислениях с помощью программируемых машин, получившая название Computer Science (компьютерная наука). В 1953 в [Кембриджском университете](#) была сформирована программа по специальности Computer Science; в США аналогичная программа введена в 1962 в Университете Пердью (Purdue University).

В Германии Computer Science получила название Informatik (информатика). В СССР область исследований и инженерного дела, посвящённая построению и применению программируемых машин, получила название «вычислительная техника». В декабре 1948 И. С. [Брук](#) и Б. И. [Рамеев](#) получили первое в СССР авторское свидетельство на изобретение автоматической цифровой машины. В 1950-е гг. было создано первое поколение отечественных ЭВМ (элементная база – электронные лампы): 1950 – МЭСМ (первая советская электронная вычислительная машина, разработанная под руководством С. А. [Лебедева](#)); 1952 – М-1, БЭСМ (по 1953 самая быстродействующая ЭВМ в Европе); 1953 – «Стрела» (первая в СССР серийно выпускавшаяся ЭВМ); 1955 – «Урал-1» из семейства «Урал» цифровых ЭВМ общего назначения (главный конструктор Б. И. Рамеев).

Совершенствование методов и средств автоматизации. С ростом доступности ЭВМ для пользователей из различных областей деятельности, начавшимся в 1970-х гг., наблюдается убывание доли математических задач,

решаемых с помощью ЭВМ (изначально созданных как средства автоматизации математических вычислений), и рост доли нематематических задач (коммуникационных, поисковых и др.). Когда во второй половине 1960-х гг. стали производиться компьютерные терминалы с экранами, начались разработки программ экранных редакторов, предназначенных для ввода, сохранения и коррекции текста с отображением его на полном экране [одним из первых экранных редакторов стал O26, созданный в 1967 для операторов консоли компьютеров серии CDC 6000; в 1970 был разработан vi – стандартный экранный редактор для ОС Юникс (Unix) и Линукс (Linux)]. Применение экранных редакторов не только увеличило производительность труда программистов, но и создало предпосылки для существенных перемен в инструментарии автоматизированного построения символьных моделей произвольных объектов. Например, использование экранных редакторов для формирования текстов различного назначения (научных статей и книг, учебных пособий и др.) уже в 1970-е гг. позволило значительно увеличить производительность создания текстовых информационных ресурсов. В июне 1975 американский исследователь Алан Кей [создатель языка объектно-ориентированного программирования Смолток (Smalltalk) и один из авторов идеи персонального компьютера] в статье «Personal Computing» («Персональные вычисления») написал: «Представьте себя обладателем автономной машины знаний в портативном корпусе, имеющем размер и форму обычного блокнота. Как бы вы стали использовать её, если бы её сенсоры превосходили ваше зрение и слух, а память позволяла хранить и извлекать при необходимости тысячи страниц справочных материалов, стихов, писем, рецептов, а также рисунки, анимации, музыкальные произведения, графики, динамические модели и что-то ещё, что вы хотели бы создать, запомнить и изменить?» [10]. Это высказывание отражало совершившийся к тому времени поворот в подходе к построению и применению программируемых машин: от средств автоматизации в основном математических вычислений к средствам решения задач из различных областей деятельности. В 1984 компания «Kurzweil Music Systems» (KMS), созданная американским изобретателем Реймондом Курцвейлом, произвела первый в мире цифровой музыкальный синтезатор Kurzweil 250. Это был первый в мире специализированный компьютер, который жестовые символы, вводимые с клавиатуры, преобразовывал в музыкальные звуки.

Совершенствование методов и средств информационного взаимодействия. В 1962 американские исследователи Дж. Ликлайдер и У. Кларк опубликовали доклад о человеко-машинном взаимодействии в режиме онлайн [11]. В докладе содержалось обоснование целесообразности построения глобальной сети как инфраструктурной платформы, обеспечивающей доступ к информационным ресурсам, размещённым на компьютерах, подключённых к этой сети. Теоретическое обоснование пакетной коммутации при передаче сообщений в компьютерных сетях было дано опубликованной в 1961 в статье американского учёного Л. Клейнрока. В 1971 Р. Томлинсон (США) изобрёл электронную почту [12], в 1972 этот сервис был реализован. Ключевым событием в истории создания Интернета стало изобретение в 1973 американскими инженерами В. Серфом и Р. Каном протокола управления передачей – TCP [8]. В 1976 они продемонстрировали передачу сетевого пакета по протоколу TCP. В 1983 г. семейство протоколов TCP/IP было стандартизовано. В 1984 создана система доменных имён (DNS – Domain Name System) (см. [Домен](#) в информатике). В 1988 разработан протокол чата [интернет-сервиса обмена текстовыми сообщениями в реальном времени (IRC – Internet Relay Chat)]. В 1989 реализован проект Веба (см. [Всемирная паутина](#)), разработанный Т. [Бернерс-Ли](#) [6]. 6.6.2012 – знаменательный день в истории Интернета: крупные интернет-провайдеры, производители оборудования для [компьютерных сетей](#) и веб-компании стали использовать протокол IPv6 (наряду с протоколом IPv4), практически решив проблему дефицита IP-адресов (см. [Интернет](#)). Высокому темпу развития Интернета способствует то,

что со времени его зарождения профессионалы, занимающиеся научно-техническими задачами построения Интернета, без задержек обмениваются идеями и решениями, используя его возможности. Интернет стал инфраструктурной платформой человеко-машинной среды решения задач. Он служит коммуникационной инфраструктурой [электронной почты](#), Веба, поисковых систем, [интернет-телефонии](#) (IP-телефонии) и других интернет-сервисов, применяемых при [информатизации](#) образования, науки, экономики, государственного управления и других видов деятельности. Созданные на основе Интернета электронные сервисы сделали возможным успешное функционирование разнообразных коммерческих и некоммерческих интернет-образований: интернет-магазинов, социальных сетей [Фейсбук (Facebook) (**организация признана экстремистской, деятельность запрещена на территории РФ**), ВКонтакте, Твиттер (Twitter) и др.], поисковых систем [Гугл (Google), Яндекс (Yandex) и др.], энциклопедических веб-ресурсов [Википедия (Wikipedia), Webopedia и др.], электронных библиотек [Всемирная цифровая библиотека (World Digital Library), Научная электронная библиотека eLibrary и др.], корпоративных и государственных информационных порталов и др.

Начиная с 2000-х гг., интенсивно растёт число интернет-решений – «умный дом» (Smart House), «умная энергосистема» (Smart Grid) и др., воплощающих концепцию «интернета вещей» (The Internet of Things). Успешно развиваются M2M-решения (M2M – Machine-to-Machine), основанные на информационных технологиях межмашинного взаимодействия и предназначенные для мониторинга датчиков температуры, счётчиков электроэнергии, воды и др.; отслеживания местоположения подвижных объектов на основе систем ГЛОНАСС и GPS (см. [Спутниковая система позиционирования](#)); контроля доступа на охраняемые объекты и др.

Официальное оформление информатики в СССР. Официальное оформление информатики в СССР произошло в 1983, когда в составе Академии наук СССР было образовано Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации. В его состав вошли созданный в том же году Институт проблем информатики АН СССР, а также Институт прикладной математики АН СССР, Вычислительный центр АН СССР, Институт проблем передачи информации АН СССР и ряд других институтов. На первом этапе основными считались исследования в области технических и программных средств массовой вычислительной техники и систем на их основе. Полученные результаты должны были стать основанием для создания семейства отечественных персональных ЭВМ (ПЭВМ) и их применения для информатизации научной, образовательной и других актуальных видов деятельности.

Проблемы и перспективы

Методологическое обеспечение построения персональной s-среды. В ближайшие годы одно из актуальных направлений методологического обеспечения совершенствования s-среды [1, 5] будет связано с созданием персонализируемых систем решения задач, аппаратные средства которых размещаются в экипировке пользователя. Скорости передовых технологий беспроводной связи уже достаточны для решения многих задач на основе интернет-сервисов. Ожидается, что до 2025 скорости и распространённость беспроводных технологий связи достигнут таких уровней, при которых часть проводных интерфейсов наших дней будет вытеснена беспроводными. Снижение цен на интернет-сервисы также будет способствовать продвижению технологий персонализации s-среды пользователя. Актуальными проблемами, связанными с персонализацией s-среды, являются: создание более совершенных символьных и кодовых систем; программно-аппаратное преобразование аудио- и тактильных сообщений, отправляемых человеком, в графические, представленные композицией текста, гипертекста, специальных символов и изображений; технологическое совершенствование и

унификация беспроводных интерфейсов [прежде всего видео-интерфейсов (вывод по выбору пользователя: на специальные очки, экраны монитора, телевизора или другого устройства видео-вывода)].

Методологическое обеспечение построения персональной s-среды должно опираться на результаты исследований в области искусственного интеллекта, направленных на построение не машинного имитатора интеллекта человека, а интеллектуального партнёра, управляемого человеком. Развитие технологий построения персональной s-среды предполагает усовершенствование методологий дистанционного обучения, взаимодействия и др.

Литература

Лит.: Ильин В. Д. Информатика: предмет и области исследований // Системы и средства информатики, 2017. Т. 27, № 1; Ильин А. В., Ильин В. Д. Создание человеко-машинной среды решения задач // Системы и средства информатики, 2016. Т. 26, № 4; Ильин В. Д., Соколов И. А. Информация как результат интерпретации сообщений на символьных моделях систем понятий // Информационные технологии и вычислительные системы, 2006, № 4; Ильин В. Д., Соколов И. А. Символьная модель системы знаний информатики в человеко-автоматной среде // Информатика и её применение, 2007. Т. 1, № 1; Ильин А. В., Ильин В. Д. Основы теории s-моделирования. М.: ИПИ РАН, 2009; Berners-Lee T. Information Management: A Proposal. CERN, March 1989, May 1990, <https://www.w3.org/History/1989/proposal.html>; Berners-Lee T. Long live the Web // Scientific American, 2010. Vol. 303. No. 6; Cerf V., Kahn R. A Protocol for Packet Network Intercommunication // IEEE Trans on Comms, no. 5, May 1974. <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall06/cos561/papers/cerf74.pdf>; John von Neuman. First Draft of a Report on EDVAC. Moore School of Electrical Engineering University of Pennsylvania. June 30, 1945 <http://www.virtualtravelog.net/wp/wp-content/media/2003-08-TheFirstDraft.pdf>; Kay A. Personal Computing. Learning Research Group. Xerox Palo Alto Research Center. Palo Alto, California, USA, June 12, 1975. <http://www.mprove.de/diplom/gui/Kay75.pdf>; Licklider J. C. R., Clark W. E. On-line man-computer communication. In: AIEE-IRE '62 (Spring) Proceedings of the May 1-3, 1962, spring joint computer conference. P. 113-128. DOI: 10.1145/1460833.1460847; Tomlinson R. The First Network Email. <https://ds.bbn.com/~tomlinso/ra/firstemailframe.html>; Zuse K. Der Computer – Mein Lebenswerk 3. Auflage. Springer, Berlin 1993.