

Министерство образования и науки Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

ФАКУЛЬТЕТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ (ФДО)

О. И. Жуковский

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В УПРАВЛЕНИИ**

Учебное пособие

Томск
2017

УДК [005.5:004 + 004.9:005.5](075.8)

ББК 65с51.я73

Ж 864

Рецензенты:

С. Н. Колупаева, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры прикладной математики Томского государственного архитектурно-строительного университета;

В. И. Рюмкин, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры информационных технологий и бизнес-аналитики Института экономики и менеджмента Национального исследовательского Томского государственного университета

Жуковский О. И.

Ж 864 Информационные технологии в управлении : учебное пособие / О. И. Жуковский. – Томск : Эль Контент, 2017. – 169 с.

ISBN 978-5-4332-0259-7

В учебном пособии представлено описание современных методов и средств, используемых в сфере информационных технологий. Изложены основные концепции таких направлений информационных технологий, как структурная разметка документов, построение систем сбора данных и их оперативного анализа, CASE-технологии и геоинформационные системы.

Пособие подготовлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Для студентов факультета дистанционного обучения ТУСУР.

ISBN 978-5-4332-0259-7

© Жуковский О. И., 2017

© Оформление.

ООО «Эль Контент», 2017

Оглавление

Введение	5
1 Информация в современном обществе	7
1.1 Информатизация общества	7
1.2 Информация, ее представление и измерение	11
1.3 Передача сообщений, кодирование.....	16
1.4 Обработка сообщений и обработка информации	21
2 Информационные технологии	24
2.1 Определение и задачи информационной технологии	24
2.2 Базовые информационные процессы, их характеристика и модели.....	28
2.2.1 Извлечение информации.....	29
2.2.2 Транспортирование информации	31
2.2.3 Обработка информации.....	37
2.2.4 Хранение информации	43
2.2.5 Представление и использование информации.....	48
2.3 Классификация информационных технологий.....	52
3 Современные технологии обработки текстовых сообщений	61
3.1 Текст и документ.....	61
3.2 Разметка документа	64
3.3 Стандартный обобщенный язык разметки SGML.....	67
3.4 HTML	72
3.5 XML.....	75
4 Информационные системы обработки данных	83
4.1 Основные классы информационных систем	83
4.2 Особенности обработки данных в OLTP-системах.....	88
4.3 Неэффективность использования OLTP-систем для анализа данных	90
4.4 Концепция хранилища данных.....	94
4.5 Архитектура хранилищ данных	100
4.6 Организация работ по созданию хранилища данных	104
4.7 OLAP-системы	106
4.8 Обнаружение знаний в хранилищах данных	114
5 CASE-технологии	128
5.1 Истоки возникновения CASE-технологий	128
5.2 Структурный подход к проектированию ИС	133

5.3	Методология функционального моделирования SADT	135
5.4	Моделирование потоков данных (процессов).....	139
5.5	Моделирование данных.....	145
5.6	Общая характеристика и классификация CASE-средств	146
6	Геоинформационная технология	149
6.1	История появления ГИС.....	149
6.2	Общие функциональные компоненты ГИС	151
6.3	Принципы организации ГИС	154
6.4	Задачи пространственного анализа, решаемые современными ГИС	163
	Заключение.....	166
	Литература.....	167
	Глоссарий.....	168

Введение

Информатика как направление подготовки специалистов разных уровней приобретает фундаментальный характер, являясь основой изучения ряда общепрофессиональных и специальных дисциплин. Информационные технологии являются составной частью научного направления «Информатика» и базируются на ее достижениях. Информатизация как процесс перехода к информационному обществу сопровождается возникновением новых и интенсивным развитием существующих информационных технологий.

Внедрение информационных технологий требует подготовки как пользователей, так и разработчиков, но для всех обучаемых необходимо [2]:

- знать базовые информационные процессы, структуру, модели, методы и средства базовых и прикладных информационных технологий, методику создания, проектирования и сопровождения систем на базе информационной технологии;
- уметь применять информационные технологии при решении функциональных задач в различных предметных областях, а также при разработке и проектировании информационных систем;
- иметь представление об областях применения информационных технологий и их перспективах в условиях перехода к информационному обществу.

В первой главе рассмотрены понятие информации и особенности построения сообщений человеком. Во второй главе определены основные понятия и задачи информационной технологии. Раскрыты базовые информационные процессы, входящие в состав информационных технологий.

Непосредственно содержанию информационных технологий посвящены остальные главы пособия. В третьей главе рассматриваются современные технологии обработки текстовых документов, в четвертой главе затронуты вопросы построения систем обработки и анализа данных. В пятой главе рассмотрены основные понятия CASE-технологий. Шестая глава знакомит с основными понятиями и идеями, используемыми геоинформационными технологиями, дает представление о присущих им инструментах анализа пространственных данных.

Соглашения, принятые в учебном пособии

Для улучшения восприятия материала в данном учебном пособии используются пиктограммы и специальное выделение важной информации.



.....
Эта пиктограмма означает определение или новое понятие.



.....
 Эта пиктограмма означает «Внимание!». Здесь выделена важная информация, требующая акцента на ней. Автор может поделиться с читателем опытом, чтобы помочь избежать некоторых ошибок.



.....
 Пример

Эта пиктограмма означает пример. В данном блоке автор может привести практический пример для пояснения и разбора основных моментов, отраженных в теоретическом материале.



.....
 Контрольные вопросы по главе

1 Информация в современном обществе

1.1 Информатизация общества

Информация является одним из ценнейших ресурсов общества наряду с такими традиционными материальными видами ресурсов, как нефть, газ, полезные ископаемые и др. Понятие «информация» вышло на передний край науки сравнительно недавно. В старых словарях его не найти. Первые научные труды, составившие фундамент теории информации, появились примерно семьдесят лет назад. И чуть более пятидесяти лет назад академик А. Н. Колмогоров, один из наиболее известных российских математиков современности, отнес информацию к важнейшим научным понятиям и назвал ее первоосновой новых перспективных отраслей науки и техники.

В условиях современного рынка актуальным становится такое определение информации: «Информация – это те продукты или услуги, которые предназначены их производителем для передачи знаний в максимально доступной для потенциального потребителя форме» [1, с. 6].

Понятие информации – это и более широкое, и в каком-то смысле более узкое понятие, чем знание. Общий поток информации, который поступает из внешнего мира в мозг человека через его органы чувств, выражается числом 100 000 битов в секунду. Но лишь тысячная доля этого информационного массива становится фактом сознания. Один из ведущих российских философов А. Г. Спиркин утверждал: «...Знание противоположно незнанию, т. е. отсутствию проверенной информации о чем-либо...» [1, с. 6]. Знания могут появиться только после получения и переработки информации. Таким образом, знание выступает звеном в цепи: возникновение – передача – получение – переработка – дальнейшая передача трансформированной информации.

Конечно, понятия «информация» и «знание» очень близки, а знание, осведомленность играют сегодня очень важную роль в жизни людей. Для информатики понятие информации, однако, не может основываться на таких антропоцентрических понятиях, как знание, и не может опираться только на объективность фактов и свидетельств. Средства вычислительной техники обладают способностью обрабатывать информацию автоматически, без участия человека, и ни о каком знании или незнании здесь речь идти не может. Эти средства могут работать с искусственной, абстрактной и даже с ложной информацией, не

имеющей объективного отражения ни в природе, ни в обществе. «Информация – это продукт взаимодействия данных и адекватных им методов» [1, с. 7].

Можно заметить, что для различных областей науки существуют свои определения понятия «информация». Идея включения информации в цепочку производства информационного продукта принадлежит известному советскому кибернетику В. М. Глушкову. В своей книге «Основы безбумажной информатики» он дал следующее определение: «Информационные технологии – процессы, где основной перерабатываемой продукцией является информация» (Цит. по: [1, с. 7]). Отсюда вытекает положение о том, что информационные технологии использовались всегда, так как задачи накопления, обработки и распространения информации стояли перед человечеством на всех этапах его развития.

В истории человеческого общества несколько раз происходили радикальные изменения и в информационной области, которые можно назвать информационными революциями.

Первая информационная революция была связана с изобретением письменности. Письменность создала возможность накопления и распространения знаний для передачи знаний будущим поколениям. Цивилизации, освоившие письменность, развивались быстрее других, достигали более высокого культурного и экономического уровня. Примерами могут служить Древний Египет, страны Междуречья, Китай. Позднее переход от пиктографического и идеографического письма к алфавитному, сделавший письменность более доступной, в значительной степени способствовал смещению центров цивилизации в Европу (Греция, Рим).

Вторая информационная революция (середина XVI в.) была связана с изобретением книгопечатания. Стало возможным не только сохранять информацию, но и сделать ее массово-доступной. Грамотность становится массовым явлением. Все это ускорило рост науки и техники, помогло промышленной революции. Книги перешагнули границы стран, что способствовало началу создания общечеловеческой цивилизации.

Третья информационная революция (конец XIX в.) была обусловлена прогрессом средств связи. Телеграф, телефон, радио позволили оперативно передавать информацию на любые расстояния. Эта революция не случайно совпала с периодом бурного развития естествознания.

Четвертая информационная революция (70-е гг. XX в.) связана с появлением микропроцессорной техники и, в частности, персональных компьютеров.

Вскоре после этого возникли компьютерные телекоммуникации, радикально изменившие системы хранения и поиска информации. Были заложены основы преодоления информационного кризиса. Четвертая информационная революция дала толчок к столь существенным переменам в развитии общества, что для его характеристики появился новый термин «информационное общество».

Само название «информационное общество» впервые возникло в Японии. Специалисты, предложившие этот термин, разъяснили, что он определяет общество, в котором в изобилии циркулирует высокая по качеству информация, а также есть все необходимые средства для ее хранения, распределения и использования. Информация легко и быстро распространяется по требованиям заинтересованных людей и организаций и выдается им в привычной для них форме. Стоимость пользования информационными услугами настолько невысока, что они доступны каждому.

Не существует общепринятого критерия оценки полномасштабного информационного общества, однако известны его формулировки. Интересный критерий предложил академик А. П. Ершов: «О фазах продвижения к информационному обществу следует судить по совокупным пропускным способностям каналов связи» [1, с. 11]. За этим стоит простая мысль: развитие каналов связи отражает и уровень компьютеризации, и объективную потребность общества во всех видах информационного обмена, и другие проявления информатизации. Согласно этому критерию, ранняя стадия информатизации общества наступает при достижении действующей в нем совокупной пропускной способности каналов связи, обеспечивающей развертывание достаточно надежной междугородной телефонной сети. Завершающая фаза – при возможности реализации надежного и оперативного информационного контакта между членами общества по принципу «каждый с каждым». На завершающей фазе пропускная способность каналов связи должна быть в миллион раз больше, чем в первой фазе.

Сегодня все больше людей в обществе заняты работой с информацией. С помощью информации организуется совместный труд людей на предприятиях, образуются их профессиональные союзы и общества. Информация является основой деятельности органов законодательной, исполнительной и судебной власти, системы государственного управления.



Информационное общество – общество, в котором большинство работающих занято производством, хранением, перера-

боткой и реализацией информации, особенно высшей ее формы – знаний.

.....

Движущей силой развития общества должно стать производство не материального, а информационного продукта. Материальный продукт станет более информационно емким, что означает увеличение доли инноваций, дизайна и маркетинга в его стоимости.

Согласно мнению ряда специалистов, США завершат в целом переход к информационному обществу к 2020 г., Япония и большинство стран Западной Европы – к 2030–2040-м гг. Переход к информационному обществу сопровождается переносом центра тяжести в экономике с производства материальных благ (товаров) на оказание услуг, что влечет за собой значительное снижение добычи и переработки сырья и расхода энергии. Самое главное – информатизация изменила и характер труда в традиционных отраслях промышленности. Появление робототехнических систем, повсеместное внедрение элементов микро-процессорной техники являются основными причинами этого явления.



.....

Однако есть и негативная сторона процесса информатизации, суть которой заключается в том, что поток информации, хлынувший на человека, столь велик, что недоступен обработке в приемлемое время. Это так называемый *информационный кризис*. Это явление имеет место и в научных исследованиях, и в технических разработках, и в общественно-политической жизни. В нашем усложняющемся мире принятие решений становится все более ответственным делом, а оно невозможно без полноты информации.

.....

Принято считать, что информационный кризис проявляется в следующем:

- информационный поток превосходит ограниченные возможности человека по восприятию и переработке информации;
- возникает большое количество избыточной информации (так называемый «информационный шум»), которая затрудняет восприятие полезной для потребителя информации;
- возникают экономические, политические и другие барьеры, которые препятствуют распространению информации (например, по причине секретности).

Частичный выход из информационного кризиса видится в применении новых информационных технологий. Внедрение современных средств и методов хранения, обработки и передачи информации многократно снижает барьер доступа к ней и скорость поиска. Разумеется, одни лишь технологии не могут решить проблему, имеющую и экономический (информация стоит денег), и юридический (информация имеет собственника) характер. Эта проблема комплексная и решается усилиями как каждой страны, так и мирового сообщества в целом.

В основе информационной революции лежит взрывное развитие информационных и коммуникационных технологий. В этом процессе отчетливо наблюдается и обратная связь: движение к информационному обществу резко ускоряет процессы развития указанных технологий, делая их широко востребованными.

1.2 Информация, ее представление и измерение

Наверное, самый сложный вопрос в науках, связанных с информацией: «Что такое информация?». На него нет однозначного ответа. Такие понятия иногда называют «контекстными», то есть придаваемый им смысл зависит от контекста, в котором они употребляются. Информация обладает динамическим характером. Она существует только в момент взаимодействия данных и методов. Все остальное время она пребывает в состоянии данных. Таким образом, информация существует только в момент протекания информационного процесса.

Одни и те же данные могут в момент потребления поставлять разную информацию в зависимости от степени адекватности взаимодействующих с ними методов. Например, для учащегося, не владеющего каким-либо языком, текст, написанный на этом языке, дает только ту информацию, которую можно получить методом наблюдения (количество символов, наличие незнакомых символов и т. д.). Использование же более адекватных методов даст иную информацию [1].

В нашем курсе в определении информации мы будем опираться на достаточно конструктивный подход немецких ученых-информатиков Ф. Л. Бауэра и Г. Гооза, рассматривающих понятие «информация» через связь с понятием «сообщение» [2].



«Сообщение» и «информация» – это основные понятия информатики, техническое значение которых не вполне соответствует употреблению этих двух слов в обиходной речи. Необходимое в связи с этим уточнение содержания указанных понятий не может быть достигнуто с помощью определения, так как последнее лишь сводило бы эти понятия к другим неопределённым основным понятиям. Поэтому целесообразно ввести *сообщение* и *информацию* как неопределяемые основные понятия и рассмотреть их использование на ряде примеров [2].

При разграничении понятий «сообщение» и «информация» будем исходить из распространённых оборотов речи типа «это сообщение не даёт мне никакой информации», что приводит к следующему отношению между этими понятиями: *(абстрактная) информация передаётся посредством (конкретного) сообщения.*

Соответствие между сообщением и информацией не является взаимно однозначным. Для одной и той же информации могут существовать различные передающие её сообщения, например, сообщения на разных языках или сообщения, которые получаются добавлением *неважного* сообщения, не несущего никакой дополнительной информации. Сообщения, передающие одну и ту же информацию, образуют класс эквивалентных сообщений. С другой стороны, одно и то же сообщение может передавать совершенно различную информацию: сообщение о падении самолета для близких родственников погибшего имеет совсем иной смысл, нежели для авиакомпании; разные читатели из одной и той же газетной статьи черпают совершенно различную информацию, соответствующую кругу их интересов.

Таким образом, одно и то же сообщение, по-разному *интерпретированное*, может передавать разную информацию. Обобщая, можно сказать, что решающим для связи между сообщением N и информацией I является некое отображение α , представляющее собой результат договорённости между отправителем и получателем сообщения или предписанное им обоим и называемое *правилом интерпретации.*

Правило интерпретации для данного сообщения часто получается как частный случай некоторого общего правила, применимого к целому множеству сообщений, которые построены по одинаковым законам. Если мы формулируем

сообщения на некотором *языке*, то высказывание «*X* понимает язык *R*» выражает тот факт, что лицо *X* знает правило интерпретации для всех (или по крайней мере для большинства) сообщений, формулируемых на данном языке.

Иногда правило интерпретации известно лишь ограниченному кругу лиц; сюда относятся правила интерпретации для специальных языков, в частности для различных профессиональных и научных языков (жаргонов).

Связь между сообщением и информацией особенно отчётливо видна в криптографии: здесь никто посторонний не должен суметь извлечь информацию из передаваемого сообщения, иначе это означало бы, что он располагает «ключом».

Часто встречаются и такие сообщения, которые могут интерпретироваться по-разному, причём различные интерпретации основываются одна на другой. Так, сообщение «идёт дождь» может нести дополнительную информацию «нужно взять с собой зонтик». В этом случае говорят об *информациях различной степени отвлечённости*.

Для сообщений, которыми обмениваются люди, в большинстве случаев имеются соглашения относительно их формы. О таких сообщениях будем говорить, что они передаются в *языковой форме*, что они составлены на некотором *языке*. При этом слово «язык» используется в существенно более широком смысле, чем в случае связанного с ним понятия «говорить». Мы знаем разговорный и письменный языки, язык глухонемых, построенный на жестах и мимике, печать для слепых, воспринимаемую осязанием. Два последних примера показывают, что высокоразвитое языковое общение не ограничивается устной и письменной речью.

Хотя многое говорит в пользу того, что именно разговорный язык знаменует начало истории человека, всё же и в современном обществе остаётся язык жестов, дополненный специфическими звуками, такими как шипение, мычание, свист и щелчки, – хоть и примитивное, но иногда решающее вспомогательное средство, обеспечивающее взаимопонимание.

Когда мы говорим о *языковых сообщениях*, мы имеем в виду то общее, что присуще каждому из этих случаев; способ передачи – письменно, устно, посредством осязания или ещё как-то – не имеет здесь никакого значения. При этом, однако, следует иметь в виду, что, например, информация, содержащаяся в устном сообщении, не всегда полностью воспроизводится соответствующим письменным сообщением. Такие настроения, как гнев, радость, горечь, искрен-

ность, находят своё полное выражение только в устной речи. Ударения и паузы также несут информацию.

В случае, когда мы говорим о немецком, английском языке и т. д., лучше использовать термин *язык-речь*. Для различия между языком и языком-речью характерно, что внутри языка-речи можно говорить на высоком языке, на разговорном языке, на «блатном» языке (сленге) или на профессиональном языке (жаргоне). Существуют также языки, которые не принадлежат и вообще не могут быть причислены ни к какому языку-речи, например, искусственные языки вроде эсперанто или некоторые специальные языки, в том числе язык формул математики и языки программирования.

Наконец, понятие языка не ограничивается случаем общения между людьми, оно используется и в случае сравнительно высокоразвитых форм общения между другими живыми существами. Примером может служить открытый К. Фришем язык ориентации пчел.

Для нашего предмета особенно важны языки, в которых для передачи сообщений используются *долговременные носители информации*. При этом передача освобождается от гнёта реального времени, и становятся даже возможными сообщения человека самому себе, *заметки на память*, чем уменьшается нагрузка на человеческую память за счёт использования «инструмента».



.....
*Представление сообщений на долговременных носителях будет называть **письмом**, а сам долговременный носитель – **носителем письма**.*

Прежде всего следует упомянуть зрительно воспринимаемое письмо, которое создается вручную (рукопись) или механически (машинопись, типографская печать). Письмо, воспринимаемое на слух, стало реальностью после того, как Эдисон изобрел фонограф. Письмом, воспринимаемым осязанием, является письмо слепых, которое пишется вручную (посредством наколов иглой), а также механически. Фиксация изображений (например, в кино) также представляет собой письмо, как и географическая карта.

Роль органов чувств в восприятии сообщений. Выше уже были упомянуты органы чувств, которые могут служить для передачи языковых сообщений. Некоторые из воспринимающих органов чувств служат также и для односторонней неязыковой связи с окружающим миром. У высших живых существ только слуховые, зрительные и тактильные восприятия достаточно дифферен-

цированы, чтобы естественным образом служить для передачи языковых сообщений. Наряду с языками непосредственного общения: разговорной речью, призывающими и предостерегающими звуками (слуховое восприятие), языком глухонемых (зрительное восприятие) и воспринимаемым рукой языком слепых (тактильное восприятие) выступают языки, в которых используются инструменты: барабанный бой, стук, свистки, звуки рожка, трубы, сирена – сигнал тревоги (слуховое восприятие), световые сигналы и сигналы флажками (зрительное восприятие).



.....

Определенные знания о свойствах и работе органов чувств человека оказываются существенными, когда мы хотим рационально включить человека в цепочку обработки и передачи информации (в её начало или конец).

.....

Функциональная способность органов чувств лежит в определенных пределах. Здесь прежде всего следует назвать *время реакции* (латентное, или скрытое, время). Для акустических (звуковой импульс) и оптических (загорание лампочки) сигналов оно составляет для человека 140–250 мс до ответа, состоящего в том, что испытуемый нажимает кнопку. Для более сложных заданий время реакции заметно увеличивается (прочитать указанное слово: 350–550 мс, назвать указанный предмет домашнего обихода: 600–800 мс). Это уже говорит о том, что процесс восприятия – не только функция рецепторов. Сюда примыкают проведение раздражения по нервным путям, переработка его в мозге, а также проведение ответа к эффектору. При этом на глаз как на воспринимающий орган приходится около 40 мс, а на срабатывание мышц руки как передающего органа – около 50 мс.

Для того чтобы орган вообще смог что-либо воспринять, интенсивность раздражения должна превосходить определённое *пороговое значение*. Для слуха пороговое значение составляет около $2 \cdot 10^{-7}$ мбар.

Знакомство с физиологией и психологией чувств учит нас многому, прежде всего тому, что обработка информации (а не только её передача) есть обязательная составная часть нашего чувственного восприятия. Когда мы ниже говорим об искусственной, т. е. изобретённой людьми и выполняемой машинами обработке информации, это должно напоминать нам, что обработка информации не является чем-то принципиально новым. Следует отклонить как чересчур поспешные выводы, которые наивно делаются посредством (недопустимой)

редукции («человека можно объяснить с помощью законов физики», «умственная деятельность – не что иное, как приём, обработка, накопление и выдача информации»): уже сфера сенсорного восприятия говорит о столь сложных процессах в мозге, что такие утверждения не могут служить даже рабочей гипотезой [2].

1.3 Передача сообщений, кодирование

Письмо и газета относятся к самым старым и до сих пор не устаревшим примерам (случайной и регулярной) передачи сообщений посредством записи на *долговременном* носителе сообщений. В случае передачи информации с помощью *недолговременного* носителя сообщений человек также использует различные физические устройства в соответствии с уровнем развития техники на данный момент. Примерами таких устройств связи служат телефон, радио и телевидение, предназначенные как для случайной, так и для регулярной передачи сообщений.

Внешне *устройство связи*, или, точнее, «приёмо-передающее устройство», состоит из *приёмника* (получателя) и *передатчика* (отправителя). О внутреннем строении устройств связи никаких общих утверждений сделать нельзя, разве что при более внимательном рассмотрении многие из них оказываются составленными из нескольких более мелких устройств связи.

Может случиться, что для сообщений на входе и на выходе используется один и тот же носитель. Такие устройства служат лишь для возможного *усиления* или *регенерации* сообщения, связанной с устранением помех, и называются *релейными линиями*. Примерами таких устройств являются рупор, слуховая трубка, а также их современные электронные варианты – мегафон и слуховой аппарат. Если для сообщений на входе и выходе устройства используются различные физические носители, то устройство связи называют *преобразователем*.

Если устройство предназначено для связи между людьми, то сообщения на входе или выходе должны быть производимы или соответственно воспринимаемы людьми, т. е. носители должны соответствовать человеческим эффекторам и рецепторам. В качестве примеров назовём музыкальный инструмент, на котором играют, нажимая на клавиши (физический носитель на входе – давление, на выходе – звуковые волны), и осциллограф, управляемый через микрофон (на входе – звуковые волны, на выходе – световые волны).

Как уже упоминалось, два или более устройств связи можно соединить друг с другом таким образом, что результирующее устройство снова будет устройством связи. Приёмником составного устройства является приёмник первого устройства, участвующего в соединении, а передатчиком – передатчик последнего устройства. В этом случае между передатчиком одного устройства связи и приёмником другого могут использоваться и такие носители, которые недоступны человеческим эффекторам и рецепторам. Примером могут служить телефонная связь по проводам или радио.

Исходя из подобных примеров, протяжённую в пространстве среду, «через» которую носитель сообщения передаётся от передатчика к приёмнику, называют *каналом связи*.

Помимо бумаги, используемой в письме и чтении человеком, в качестве долговременных носителей текстовых сообщений в современной технике чаще всего используются намагничиваемые и светочувствительные плёнки, а также перфорируемая бумага (перфокарты, перфоленты).

Аналогии между рецепторами и эффекторами живых существ и техническими приёмно-передающими устройствами служат предметом исследований в *кибернетике*. Кибернетика занимается главным образом аспектами, общими для человека и технических устройств с точки зрения передачи и переработки сообщений.

Следует особо отметить то, что передача сообщений происходит во времени. Поэтому в качестве носителей заслуживают внимания только такие физические величины, которые могут изменяться во времени. Изменение некоторой физической величины во времени, обеспечивающее передачу сообщения (а тем самым и информации), называется *сигналом*. При этом для воспроизведения сообщения могут использоваться различные свойства сигнала. Та характеристика сигнала, которая служит для представления сообщения, называется *параметром сигнала*.

В качестве примера рассмотрим радио. Сигналами здесь являются электромагнитные колебания. В диапазоне средних волн сообщение воспроизводится амплитудой колебаний, а в диапазоне ультракоротких волн – частотой колебаний (*амплитудная* и *частотная модуляции* соответственно). Таким образом, в первом случае параметром сигнала является амплитуда, а во втором – частота колебаний.

Если для передачи сообщений используются импульсы, то параметром сигнала может быть либо амплитуда импульса, либо интервал между импуль-

сами (*амплитудно-импульсная* и *частотно-импульсная модуляции* соответственно).

Сигнал называется *дискретным*, если параметр сигнала может принимать лишь конечное число значений, и существен лишь в конечном числе моментов времени (возможно, периодически повторяющихся).

Дискретными сообщениями называются такие сообщения, которые могут быть переданы с помощью дискретных сигналов.

Языковые сообщения в письменной форме строят обычно, записывая знаки письма (*графемы*) друг за другом. Хотя длинные сообщения могут размещаться на многих строчках и страницах, это разбиение не имеет, вообще говоря, никакого значения; оно не несёт важной информации. По существу, такие сообщения являются последовательностями знаков. Это оказывается справедливым и для устных языковых сообщений, если разложить устный текст на элементарные составные части, так называемые *фонемы*, и под знаками понимать фонемы. Чтобы можно было воспроизводить фонемы и письменно, принято соглашение о международных письменных знаках для отдельных фонем. Точка зрения, что сообщение есть последовательность знаков, не ограничивается тем случаем, когда знаки – это фонемы или графемы (например, знаки букв и цифр, знаки препинания). Знаки планет или знаки зодиака и даже кивок и покачивание головой также могут пониматься как знаки. В силу этого определим понятие знака следующим образом.

Знак – это элемент некоторого конечного множества отличимых друг от друга «вещей», *набора знаков*. Набор знаков, в котором определён (линейный) порядок знаков, называется *алфавитом*.



Пример

Некоторые примеры алфавитов (порядок в них – это порядок перечисления):

а) алфавит десятичных цифр

{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};

б) алфавит заглавных кириллических букв

{А, Б, В, Г, Д, Е, Ё, Ж, З, И, Й, К, Л, М, Н, О, П, Р, С, Т, У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Ъ, Ы, Ь, Э, Ю, Я}.

Некоторые наборы знаков, для которых нет какого-либо общепринятого порядка знаков:

- а) набор знаков клавиатуры пишущей машинки;
 - б) набор знаков планет.
-

Особенно важное значение имеют наборы, состоящие всего из двух знаков. Такие наборы называют *двоичными наборами знаков*, а сами знаки – *двоичными знаками*. Вместо термина «двоичный знак» часто употребляют сокращение *бит* (от англ. *binary digit*).

Если N – предложение некоторого естественного языка, то его можно рассматривать как последовательность знаков по крайней мере тремя разными способами.

Прежде всего N представляет собой последовательность букв, цифр, знаков препинания и т. д.; далее, N – это последовательность слов, которые в другом контексте могут сами рассматриваться как знаки; наконец, и всё предложение целиком можно рассматривать как один знак.

Первое понимание используется, например, когда имеется правило для нанесения сообщения N на перфокарты; второе понимание лежит в основе стенографических сокращений; третье понимание бывает уместным при переводе на другой естественный язык, когда пословица одного языка переводится соответствующей по смыслу пословицей другого языка.

Дискретные сообщения представляют собой (конечные или бесконечные) *последовательности знаков*. При этом исходя из соображений, связанных с физиологией органов чувств, или из чисто технических соображений, их обычно разбивают на конечные последовательности знаков, называемые *словами*. На более высоком уровне каждое слово можно снова рассматривать как знак, при этом соответствующий набор знаков будет, вообще говоря, шире первоначального. Обратно, данный набор знаков можно получить с помощью составления слов, исходя из некоторого набора с меньшим числом знаков, в частности из двоичного набора знаков.

Слова над двоичным набором знаков называются *двоичными словами*. Они не обязаны иметь постоянную длину (азбука Морзе), если это всё же так, то говорят об n -разрядных двоичных знаках и n -разрядных двоичных кодах (например, 2-й международный телеграфный код (5-разрядные двоичные знаки)).

Будем пользоваться следующим определением: *кодом* называется правило, описывающее отображение одного набора знаков в другой набор знаков (или слов); кодом также называют и множество образов при этом отображении.

Помимо основного значения слова «code» – «кодекс», «свод законов» – начиная с середины XIX в. оно означало книгу, в которой словам естественного языка сопоставлены группы цифр или букв. Употребление таких кодов приобрело значение скорее в связи со стремлением сэкономить на стоимости телеграмм, чем в связи с соображениями конспиративности.

Если каждый образ при кодировании является отдельным знаком, то такое отображение мы называем *шифровкой*, а образы – *шифрами* (англ. *cipher*). Поскольку здесь имеется криптографический аспект, обращение этого отображения – когда оно однозначно – называется *декодированием* или *дешифровкой*.

В коммерческих и криптографических кодах слова, фразы и понятия естественных языков кодируются в большинстве случаев словами над некоторым буквенным или цифровым алфавитом, обычно пятерками. В технических кодах буквы, цифры и другие знаки почти всегда кодируются двоичными словами. У большинства используемых в технике кодов все слова имеют одинаковую длину. Коды со словами разной длины встречаются в технике довольно редко. Исключением является код Морзе. Грубо говоря, это двоичный код с набором знаков {точка, тире} и словами длины не более 5 для кодирования букв и цифр. Более точно, следует ещё добавить в качестве третьего знака знак «пропуск», который помечает стыки между кодовыми словами (слова нельзя отделить друг от друга по их длине).

В двоичных кодах с постоянной длиной кодовых слов слова могут следовать друг за другом непосредственно (*последовательная передача*), так что получается единая последовательность двоичных знаков. Расположение стыков и тем самым исходная группировка кодовых слов устанавливаются с помощью отсчёта, и, таким образом, сообщения, составленные из кодовых слов, однозначно декодируемы. Правда, при отсчёте кодовой длины нельзя просчитаться, нельзя «сбиться с ритма», а это ведёт к усложнению с технической точки зрения (параллельность, синхронизация).

Напротив, для кодов с переменной длиной кодовых слов расположение стыков, вообще говоря, восстановить нельзя. При определённых условиях сообщение, состоящее из нескольких кодовых слов, либо вовсе не декодируется, либо декодируется неоднозначно. Однако декодируемость будет обеспечена, если соблюдается следующее *условие Фано*. Никакое кодовое слово не является началом другого кодового слова (свойство префиксности). Тогда, очевидно, стык между кодовыми словами определяется тем моментом, когда «дальше не читается». Очевидно также, что код удовлетворяет условию Фано тогда и толь-

ко тогда, когда кодовое дерево не содержит ни одного языка во «внутренних» вершинах (*дерево с размеченными листьями*).

Условие Фано является достаточным, но не необходимым условием однозначной декодируемости. Тривиальная возможность обеспечить выполнение условия Фано состоит в том, чтобы каждое кодовое слово начинать специальным знаком (или группой знаков), называемым *разделителем*. Это, очевидно, имеет место в случае кода Морзе, а именно пропуск является разделителем для последовательности точек и тире, а группа знаков ООО – разделителем при двойном кодировании кода Морзе. С технической точки зрения при передаче по телеграфу также передается разделитель (синхронизирующий «такт разбивки»).

При *параллельной передаче*, в отличие от последовательной, мы ограничены кодами со словами постоянной длины: для n -разрядного двоичного кода используется n параллельных двоичных каналов передачи. В случае оптического, электростатического, электролитического и электромагнитного телеграфа путь технического прогресса шёл прежде всего от параллельной к последовательной передаче. Вопрос о том, какие коды являются оптимальными с точки зрения передачи, изучается в теории информации.

Следует различать собственно знак и его смысл. Знак вместе с его смыслом называется *символом*.

В соответствии с целью употребления один и тот же знак часто имеет разный смысл. Знак ♀ применяется в астрономии как символ планеты Венера, а в биологии – как символ женской особи. К несчастью, часто бывает также, что разные знаки имеют одинаковый смысл; например, знаки • и ×, а в последнее время и * понимаются как символы умножения.

Обычно всякое сообщение имеет смысл, т. е. уже является символом. Очевидно, что этот символ получается в результате присоединения к сообщению той информации, которая им передается.

1.4 Обработка сообщений и обработка информации

Всякое правило обработки сообщений можно понимать, как отображение (функцию) ν

$$\mathfrak{R} \xrightarrow{\nu} \mathfrak{R}',$$

которое сообщениям N из некоторого множества сообщений \mathfrak{R} ставит в соответствие новые сообщения N' из множества сообщений \mathfrak{R}' . Каждое из сообщений N и N' – это последовательность знаков.



Большая свобода в понимании сообщения как последовательности знаков, просматриваемая в обсуждавшихся выше примерах, позволяет констатировать: *всякую обработку сообщений можно рассматривать как кодирование.*

Конечно, это соображение является важным и для изучения процессов обработки сообщений у живых существ, но прежде всего оно лежит в основе всякой машинной обработки дискретных сообщений, являющейся основой многих информационных технологий.



Сообщения N вместе с сопоставленной им информацией J будем называть **данными**.

Примером могут служить сообщения, записываемые арабскими цифрами в позиционной системе счисления, и связанная с ними информация, которую называют «натуральными числами», а также символы.

Итак, данные есть пары типа (N, J) с $N \xrightarrow{\alpha} J$, при этом информацию J называют *значением* данных, а сообщение N – *обозначением* данных. Говорят, что обозначение N обладает значением J при интерпретации α .

Например, обозначение 4 обладает значением «четыре», обозначение 004 – значением «четыре», обозначение 3.14 – значением «три целых и четырнадцать сотых». При этом обозначение определяет значение, которым оно обладает, однозначно. Поэтому для краткости говорят просто «данные x » вместо «данные с обозначением x ».

Различные обозначения могут обладать одним и тем же значением – отображение α обычно не является обратимым [2].



Контрольные вопросы по главе 1

1. Каким образом связаны понятия «сообщение» и «информация»?
2. Что определяет информацию, которая передается конкретным сообщением?
3. Дайте характеристику роли органов чувств в восприятии сообщений человеком.

4. Чем отличается знак от символа?
5. Что называется кодом?
6. Приведите примеры наборов знаков, которые не являются алфавитом.
7. Как мы будем понимать обработку сообщений?

2 Информационные технологии

2.1 Определение и задачи информационной технологии

Термин *технология* имеет множество толкований. В широком смысле под технологией понимают науку о законах производства материальных благ, вкладывая в нее три основные части: идеологию, т. е. принципы производства; орудия труда, т. е. станки, машины, агрегаты; кадры, владеющие профессиональными навыками. Эти составляющие называют соответственно информационной, инструментальной и социальной. Для конкретного производства технологию понимают в узком смысле как совокупность приемов и методов, определяющих последовательность действий для реализации производственного процесса. Уровень технологий связан с научно-техническим прогрессом общества и влияет на его социальную структуру, культуру и идеологию [3].

Для любой технологии могут быть выделены цель, предмет и средства. Целью технологии в промышленном производстве является повышение качества продукции, сокращение сроков ее изготовления и снижение себестоимости.

Методология любой технологии включает в себя: декомпозицию производственного процесса на отдельные взаимосвязанные и подчиненные составляющие (стадии, этапы, фазы, операции); реализацию определенной последовательности выполнения операций, фаз, этапов и стадий производственного процесса в соответствии с целью технологии; технологическую документацию, формализующую выполнение всех составляющих.

Производство информации направлено на целесообразное использование информационных ресурсов и снабжение ими всех элементов организационной структуры и реализуется путем создания информационной системы. Информационные ресурсы являются исходным «сырьем» для системы управления любой организационной структурой, конечным продуктом является принятое решение.

Принятие решения в большинстве случаев осуществляется в условиях недостатка информации, поэтому степень использования информационных ресурсов во многом определяет эффективность работы организации.

В своем становлении любая отрасль, в том числе и информационная, проходила стадии от кустарного ремесленного производства к производству, основанному на высоких технологиях.

Информационные технологии обеспечивают переход к промышленным методам и средствам работы с информацией в различных сферах человеческой деятельности, обеспечивая ее рациональное и эффективное использование.

В развитии технологии выделяют два принципиально разных этапа: один характеризуется непрерывным совершенствованием установившейся базисной технологии и достижением верхнего предельного уровня, когда дальнейшее улучшение является неоправданным из-за больших экономических вложений; другой отличается отказом от существующей технологии и переходом к принципиально иной, развивающейся по законам первого этапа.



.....

Информационная технология – совокупность методов и способов получения, обработки, представления информации, направленных на изменение ее состояния, свойств, формы, содержания и осуществляемых в интересах пользователей.

.....

Выделяют три уровня рассмотрения информационных технологий:

Первый уровень – теоретический. Основная задача – создание комплекса взаимосвязанных моделей информационных процессов, совместимых параметрически и критериально.

Второй уровень – исследовательский. Основная задача – разработка методов, позволяющих автоматизированно конструировать оптимальные конкретные информационные технологии.

Третий уровень – прикладной, который целесообразно разделить на две страты: инструментальную и предметную.

Инструментальная страта (аналог – оборудование, станки, инструмент) определяет пути и средства реализации информационных технологий, которые можно разделить на методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные.

Предметная страта связана со спецификой конкретной предметной области и находит отражение в *специализированных информационных технологиях*, например, организационное управление, управление технологическими процессами, автоматизированное проектирование, обучение и другие.

Успешное внедрение информационных технологий связано с возможностью их типизации. *Конкретная информационная технология* обладает комплексным составом компонентов, поэтому целесообразно определить ее структуру и состав.

Конкретная информационная технология определяется в результате компиляции и синтеза базовых технологических операций, специализированных технологий и средств реализации.

Технологический процесс – часть информационного процесса, содержащая действия (физические, механические и др.) по изменению состояния информации.



.....

Информационная технология базируется на реализации информационных процессов, разнообразие которых требует выделения базовых, характерных для любой информационной технологии.

.....

Базовый технологический процесс основан на использовании стандартных моделей и инструментальных средств и может быть использован в качестве составной части информационной технологии.

К числу базовых технологических процессов можно отнести:

- извлечение информации;
- транспортирование информации;
- обработку информации;
- хранение информации;
- представление и использование информации.

Процесс *извлечения* информации связан с переходом от реального представления предметной области к его описанию в формальном виде и в виде данных, которые отражают это представление.

В процессе транспортирования осуществляют передачу информации на расстояние для ускоренного обмена и организации преобразования.

Процесс обработки информации состоит в получении одних «информационных объектов» из других «информационных объектов» путем выполнения некоторых алгоритмов; он является одной из основных операций, выполняемых над информацией и главным средством увеличения ее объема и разнообразия.

Процесс хранения связан с необходимостью накопления и долговременного хранения данных, обеспечением их актуальности, целостности, безопасности, доступности.

Процесс представления и использования информации направлен на решение задачи доступа к информации в удобной для пользователя форме.

Базовые информационные технологии строятся на основе базовых технологических операций, но кроме этого включают ряд специфических моделей и

инструментальных средств. Этот вид технологий ориентирован на решение определенного класса задач и используется в конкретных технологиях в виде отдельной компоненты.

Среди них можно выделить:

- мультимедиа-технологии;
- геоинформационные технологии;
- технологии обработки тестовых сообщений;
- технологии защиты информации;
- CASE-технологии;
- телекоммуникационные технологии;
- технологии искусственного интеллекта.

Специфика конкретной предметной области находит отражение в *специализированных информационных технологиях*, например организационное управление, управление технологическими процессами, автоматизированное проектирование, обучение и др. Среди них наиболее продвинутыми являются следующие информационные технологии:

- организационного управления (корпоративные информационные технологии);
- в промышленности и экономике;
- в образовании;
- автоматизированного проектирования.

Аналогом инструментальной базы (оборудование, станки, инструмент) являются средства реализации информационных технологий, которые можно разделить на *методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные*.

CASE-технология (Computer Aided Software Engineering – компьютерное автоматизированное проектирование программного обеспечения) является своеобразной «технологической оснасткой», позволяющей осуществить автоматизированное проектирование информационных технологий.

Методические средства определяют требования при разработке, внедрении и эксплуатации информационных технологий, обеспечивая информационную, программную и техническую совместимость. Наиболее важными из них являются требования по стандартизации.

Информационные средства обеспечивают эффективное представление предметной области – к их числу относятся информационные модели, системы классификации и кодирования информации (общероссийские, отраслевые) и др.

Математические средства включают в себя модели решения функциональных задач и модели организации информационных процессов, обеспечивающие эффективное принятие решения. Математические средства автоматически переходят в алгоритмические, которые обеспечивают их реализацию.

Технические и программные средства задают уровень реализации информационных технологий как при их создании, так и при их реализации.



.....

Таким образом, *конкретная информационная технология* определяется в результате компиляции и синтеза базовых технологических операций, «отраслевых технологий» и средств реализации.

.....

Эволюция информационных технологий наиболее ярко прослеживается на процессах хранения, транспортирования и обработки информации. В процессе управления данными, объединяющем задачи их получения, хранения, обработки, анализа и визуализации, выделяют шесть временных фаз (поколений).

Вначале данные обрабатывали вручную. На следующем шаге использовали оборудование с перфокартами и электромеханические машины для сортировки и табулирования миллионов записей. В третьей фазе данные хранились на магнитных лентах и сохраняемые программы выполняли пакетную обработку последовательных файлов. Четвертая фаза связана с введением понятия схемы базы данных и оперативного навигационного доступа к ним. В пятой фазе был обеспечен автоматический доступ к реляционным базам данных и была внедрена распределенная и клиент-серверная обработка.

Теперь мы находимся в сфере действия шестого поколения систем, которые хранят более разнообразные типы данных (документы, графические, звуковые и видеообразы). Эти системы шестого поколения представляют собой базовые средства хранения для приложений сетей Интернет и Интранет.

2.2 Базовые информационные процессы, их характеристика и модели

Информационные технологии основаны на реализации информационных процессов, разнообразие которых требует выделения *базовых* процессов. Как уже было сказано выше, к ним можно отнести *извлечение, транспортирование,*

обработку, хранение, представление и использование информации. На логическом уровне строятся математические модели, обеспечивающие параметрическую и критериальную совместимость информационных процессов в системе информационных технологий.

В процессе извлечения информации основной акцент сделан на формы и методы исследования данных, позволяющие формализовать и абстрагированно описать предметную область. Процесс транспортирования информации рассматривается в рамках эталонной семиуровневой модели, известной как модель OSI. Большое внимание уделено протоколам различных уровней, обеспечивающим необходимый уровень стандартизации. Процессы обработки информации излагаются в аспекте поддержки принятия решений с выделением типовых компонентов. Хранение информации представляется, с одной стороны, как совокупность моделей концептуального, логического и физического уровней, с другой – как набор методов и способов практической реализации. Большое внимание уделено эргономическим и психологическим факторам при распределении функции между человеком и техническими устройствами в процессе представления и использования информации.

2.2.1 Извлечение информации

Источниками данных в любой предметной области являются объекты и их свойства, процессы и функции, выполняемые этими объектами или для них. Любая предметная область рассматривается в виде трех представлений:

- реальное представление предметной области;
- формальное представление предметной области;
- информационное представление предметной области.

По аналогии с добычей полезных ископаемых процесс извлечения информации направлен на получение ее наибольшей концентрации. В связи с этим процесс извлечения можно представить как прохождение информации через многослойный фильтр, в котором осуществляется оценка синтаксической (правильность представления), семантической (смысловой) и прагматической (потребительской) ценности.

При извлечении информации важное место занимают различные формы и методы исследования данных:

- поиск ассоциаций, связанных с привязкой к какому-либо событию;
- обнаружение последовательностей событий во времени;

- выявление скрытых закономерностей по наборам данных путем определения причинно-следственных связей между значениями определенных косвенных параметров исследуемого объекта (ситуации, процесса);
- оценка важности (влияния) параметров на развитие ситуации;
- классификация, осуществляемая путем поиска критериев, по которым можно было бы относить объект (события, ситуации, процессы) к той или иной категории;
- кластеризация, основанная на группировании объектов по каким-либо признакам;
- прогнозирование событий и ситуаций.

Обратим внимание на неоднородность (разнородность) информационных ресурсов, характерную для многих предметных областей. Одним из путей решения данной проблемы является объектно-ориентированный подход, наиболее распространенный в настоящее время. Кратко рассмотрим его основные положения.

Декомпозиция на основе объектно-ориентированного подхода основана на выделении следующих основных понятий: объект, класс, экземпляр.

Объект – это абстракция множества предметов реального мира, обладающих одинаковыми характеристиками и законами поведения. Объект характеризует собой типичный неопределенный элемент такого множества. Основной характеристикой объекта является состав его атрибутов (свойств).

Атрибуты – это специальные объекты, посредством которых можно задать правила описания свойств других объектов.

Экземпляр объекта – это конкретный элемент множества. Например, объектом может являться государственный номер автомобиля, а экземпляром этого объекта – конкретный номер В 010 УХ.

Класс – это множество предметов реального мира, связанных общностью структуры и поведением. Например, класс регистрационных номеров автомобиля. *Элемент класса* – это конкретный элемент данного множества.

Обобщая эти определения, можно сказать, что объект – это типичный представитель класса, а термины «экземпляр объекта» и «элемент класса» равнозначны.

Важная особенность объектно-ориентированного подхода связана с понятием инкапсуляции, обозначающим сокрытие данных и методов (действий с объектом) в качестве собственных ресурсов объекта.

Понятия полиморфизма и наследования определяют эволюцию объектно-ориентированной системы, что подразумевает определение новых классов объектов на основе базовых.

Полиморфизм интерпретируется как способность объекта принадлежать более чем одному типу.

Наследование выражает возможность определения новых классов на основе существующих с возможностью добавления или переопределения данных и методов.

Для уменьшения избыточности используется процесс обогащения информации, например, при хранении в компьютере списка сотрудников организации иногда достаточно использовать первые 3–4 буквы их фамилий.

Среди методов обогащения информации различают структурное, статистическое, семантическое и прагматическое обогащения.

Структурное обогащение предполагает изменение параметров сообщения, отображающего информацию в зависимости от частотного спектра исследуемого процесса, скорости обслуживания источников информации и требуемой точности.

При статистическом обогащении осуществляют накопление статистических данных и обработку выборок из генеральных совокупностей накопленных данных.

Семантическое обогащение означает минимизацию логической формы, исчислений и высказываний, выделение и классификацию понятий, содержания информации, переход от частных понятий к более общим. В итоге семантического обогащения удается обобщенно представить обрабатываемую либо передаваемую информацию и устранить логическую противоречивость в ней.

Прагматическое обогащение является важной ступенью при использовании информации для принятия решения, при котором из полученной информации отбирается наиболее ценная, отвечающая целям и задачам пользователя [3].

2.2.2 Транспортирование информации

Основным физическим способом реализации операции транспортирования в настоящее время является использование локальных сетей и сетей передачи данных. При разработке и использовании сетей для обеспечения совместности используется ряд стандартов, объединенных в семиуровневую модель открытых систем, принятую во всем мире и определяющую правила взаимо-

действия компонентов сети на данном уровне (протокол уровня) и правила взаимодействия компонентов различных уровней (межуровневый интерфейс). Международные стандарты в области сетевого информационного обмена нашли отражение в эталонной семиуровневой модели, известной как модель OSI (Open Systems Interconnection – связь открытых систем). Данная модель разработана международной организацией по стандартизации (International Standards Organization – ISO). Большинство производителей сетевых программно-аппаратных средств стремятся придерживаться модели OSI.

В современной литературе наиболее часто принято начинать описание уровней модели OSI с 7-го уровня, называемого прикладным, на котором пользовательские приложения обращаются к сети [4]. Модель OSI заканчивается 1-м уровнем – физическим, на котором определены стандарты, предъявляемые независимыми производителями к средам передачи данных:

- тип передающей среды (медный кабель, оптоволокно, радиоэфир и др.);
- тип модуляции сигнала;
- сигнальные уровни логических дискретных состояний (нуля и единицы).

Любой протокол модели OSI должен взаимодействовать либо с протоколами своего уровня, либо с протоколами на единицу выше и/или ниже своего уровня. Взаимодействия с протоколами своего уровня называются горизонтальными, а с уровнями на единицу выше или ниже – вертикальными. Любой протокол модели OSI может выполнять только функции своего уровня и не может выполнять функций другого уровня, что не выполняется в протоколах альтернативных моделей.

Прикладной уровень (уровень приложений; англ. *application layer*) – верхний уровень модели, обеспечивающий взаимодействие пользовательских приложений с сетью:

- позволяет приложениям использовать сетевые службы: удалённый доступ к файлам и базам данных, пересылка электронной почты;
- отвечает за передачу служебной информации;
- предоставляет приложениям информацию об ошибках;
- формирует запросы к уровню представления.

Протоколы прикладного уровня: RDP (Remote Desktop Protocol), HTTP (HyperText Transfer Protocol), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), SNMP (Simple Network Management Protocol), POP3 (Post Office Protocol Version 3),

FTP (File Transfer Protocol), XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol), OSCAR (Open System for CommunicAtion in ReAltime), Modbus, SIP (Session Initiation Protocol), TELNET и другие [4].

Представительский уровень (уровень представления; англ. *presentation layer*) обеспечивает преобразование протоколов и шифрование/дешифрование данных. Запросы приложений, полученные с прикладного уровня, на уровне представления преобразуются в формат для передачи по сети, а полученные из сети данные преобразуются в формат приложений. На этом уровне может осуществляться сжатие/распаковка или кодирование/декодирование данных, а также перенаправление запросов другому сетевому ресурсу, если они не могут быть обработаны локально.

Уровень представлений обычно представляет собой промежуточный протокол для преобразования информации из соседних уровней. Это позволяет осуществлять обмен между приложениями на разнородных компьютерных системах прозрачным для приложений образом. Уровень представлений обеспечивает форматирование и преобразование кода. Форматирование кода используется для того, чтобы гарантировать приложению поступление информации для обработки, которая имела бы для него смысл. При необходимости этот уровень может выполнять перевод из одного формата данных в другой.

Уровень представлений имеет дело не только с форматами и представлением данных, он также занимается структурами данных, которые используются программами. Таким образом, уровень 6 обеспечивает организацию данных при их пересылке.

Чтобы понять, как это работает, представим, что имеются две системы. Одна использует для представления данных расширенный двоичный код обмена информацией EBCDIC, например, это может быть мейнфрейм компании IBM, а другая – американский стандартный код обмена информацией ASCII (его используют большинство других производителей компьютеров). Если этим двум системам необходимо обменяться информацией, то нужен уровень представлений, который выполнит преобразование и осуществит перевод между двумя различными форматами.

Другой функцией, выполняемой на уровне представлений, является шифрование данных, которое применяется в тех случаях, когда необходимо защитить передаваемую информацию от приема несанкционированными получателями. Чтобы решить эту задачу, процессы и коды, находящиеся на уровне представлений, должны выполнить преобразование данных. На этом уровне

существуют и другие подпрограммы, которые сжимают тексты и преобразуют графические изображения в битовые потоки, так что они могут передаваться по сети.

Стандарты уровня представлений также определяют способы представления графических изображений. Для этих целей может использоваться формат PICT – формат изображений, применяемый для передачи графики QuickDraw между программами.

Другим форматом представлений является формат файлов изображений TIFF, который обычно используется для растровых изображений с высоким разрешением. Следующим стандартом уровня представлений, который может использоваться для графических изображений, является стандарт, разработанный Объединенной экспертной группой по фотографии (Joint Photographic Expert Group); в повседневном пользовании этот стандарт называют просто JPEG.

Существует группа стандартов уровня представлений, которая определяет представление звука и кинофрагментов. Сюда входят интерфейс электронных музыкальных инструментов (англ. Musical Instrument Digital Interface, MIDI) для цифрового представления музыки; разработанный Экспертной группой по кинематографии стандарт MPEG, используемый для сжатия и кодирования видеороликов на компакт-дисках, хранения в оцифрованном виде и передачи со скоростями до 1,5 Мбит/с, и QuickTime – стандарт, описывающий звуковые и видеоэлементы для программ, выполняемых на компьютерах Macintosh и PowerPC.

Протоколы уровня представления: AFP – Apple Filing Protocol, ICA – Independent Computing Architecture, LPP – Lightweight Presentation Protocol, NCP – NetWare Core Protocol, NDR – Network Data Representation, XDR – eXternal Data Representation, X.25 PAD – Packet Assembler/Disassembler Protocol [3].

Сеансовый уровень (англ. *session layer*) модели обеспечивает поддержание сеанса связи, позволяя приложениям взаимодействовать между собой длительное время. Уровень управляет созданием/завершением сеанса, обменом информацией, синхронизацией задач, определением права на передачу данных и поддержанием сеанса в периоды неактивности приложений.

Протоколы сеансового уровня: ADSP (AppleTalk Data Stream Protocol), ASP (AppleTalk Session Protocol), H.245 (Call Control Protocol for Multimedia Communication), ISO-SP (OSI Session Layer Protocol (X.225, ISO 8327)), iSNS (Internet Storage Name Service), L2F (Layer 2 Forwarding Protocol), L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol), NetBIOS (Network Basic Input Output System), PAP (Pass-

word Authentication Protocol), ZIP (Zone Information Protocol), SDP (Sockets Direct Protocol).

Транспортный уровень (англ. *transport layer*) модели предназначен для обеспечения надёжной передачи данных от отправителя к получателю. При этом уровень надёжности может варьироваться в широких пределах. Существует множество классов протоколов транспортного уровня, начиная от протоколов, предоставляющих только основные транспортные функции (например, функции передачи данных без подтверждения приема), и заканчивая протоколами, которые гарантируют доставку в пункт назначения нескольких пакетов данных в надлежащей последовательности, мультиплексируют несколько потоков данных, обеспечивают механизм управления потоками данных и гарантируют достоверность принятых данных. Например, UDP ограничивается контролем целостности данных в рамках одной дейтаграммы и не исключает возможности потери пакета целиком или дублирования пакетов, нарушения порядка получения пакетов данных; TCP обеспечивает надёжную непрерывную передачу данных, исключаящую потерю данных или нарушение порядка их поступления или дублирования, может перераспределять данные, разбивая большие порции данных на фрагменты и, наоборот, склеивая фрагменты в один пакет.

Протоколы транспортного уровня: ATP (AppleTalk Transaction Protocol), CUDP (Cyclic UDP), DCCP (Datagram Congestion Control Protocol), FCP (Fiber Channel Protocol), IL (IL Protocol), NBF (NetBIOS Frames protocol), NCP (NetWare Core Protocol), RTP (Real-time Transport Protocol), SCTP (Stream Control Transmission Protocol), SPX (Sequenced Packet Exchange), SST (Structured Stream Transport), TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol).

Сетевой уровень (англ. *network layer*) модели предназначен для определения пути передачи данных. Отвечает за трансляцию логических адресов и имён в физические, определение кратчайших маршрутов, коммутацию и маршрутизацию, отслеживание неполадок и «заторов» в сети.

Протоколы сетевого уровня маршрутизируют данные от источника к получателю. Работающие на этом уровне устройства (маршрутизаторы) условно называют устройствами третьего уровня (по номеру уровня в модели OSI). Протоколы сетевого уровня: IP/IPv4/IPv6 (Internet Protocol), IPX (Internetwork Packet Exchange, протокол межсетевого обмена), X.25 (частично этот протокол реализован на уровне 2), CLNP (сетевой протокол без организации соедине-

ний), IPsec (Internet Protocol Security). Протоколы маршрутизации – RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First).

Канальный уровень (англ. *data link layer*) предназначен для обеспечения взаимодействия сетей по физическому уровню и контроля ошибок, которые могут возникнуть. Полученные с физического уровня данные, представленные в битах, упаковываются в кадры, проверяется их целостность, если нужно, исправляются ошибки (формируется повторный запрос поврежденного кадра), затем данные отправляются на сетевой уровень. Канальный уровень может взаимодействовать с одним или несколькими физическими уровнями, контролируя и управляя этим взаимодействием.

Спецификация IEEE 802 разделяет этот уровень на два подуровня: MAC (англ. *media access control*) регулирует доступ к разделяемой физической среде, LLC (англ. *logical link control*) обеспечивает обслуживание сетевого уровня.

На этом уровне работают коммутаторы, мосты и другие устройства. Эти устройства используют адресацию второго уровня (по номеру уровня в модели OSI).

К протоколам канального уровня относятся ARCnet, ATM, Controller Area Network (CAN), Econet, Ethernet, Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS), Fiber Distributed Data Interface (FDDI), IEEE 802.2 (provides LLC functions to IEEE 802 MAC layers), Link Access Procedures, D channel (LAPD), IEEE 802.11 wireless LAN, LocalTalk, Multiprotocol Label Switching (MPLS), Point-to-Point Protocol (PPP), Point-to-Point Protocol over Ethernet (PPPoE), Token ring, x.25 [3].

В программировании этот уровень представляет драйвер сетевой платы, в операционных системах имеется программный интерфейс взаимодействия канального и сетевого уровней между собой. Это не новый уровень, а просто реализация модели для конкретной ОС. Примеры таких интерфейсов: ODI, NDIS, UDI.

Физический уровень (англ. *physical layer*) – нижний уровень модели, который определяет метод передачи данных, представленных в двоичном виде, от одного устройства (компьютера) к другому. Составлением таких методов занимаются разные организации, в том числе Институт инженеров по электротехнике и электронике, Альянс электронной промышленности, Европейский институт телекоммуникационных стандартов и другие. Осуществляют передачу электрических или оптических сигналов в кабель или в радиоэфир и, соответственно, их приём и преобразование в биты данных в соответствии с методами кодирования цифровых сигналов.

На этом уровне также работают концентраторы, повторители сигнала и медиаконвертеры.

Функции физического уровня реализуются на всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером или последовательным портом. К физическому уровню относятся физические, электрические и механические интерфейсы между двумя системами. Физический уровень определяет такие виды сред передачи данных, как оптоволокно, витая пара, коаксиальный кабель, спутниковый канал передач данных и т. п. Стандартными типами сетевых интерфейсов, относящимися к физическому уровню, являются: V.35, RS-232, RS-485, RJ-11, RJ-45, разъемы AUI и BNC.

Протоколы физического уровня: IEEE 802.15 (Bluetooth), IRDA, EIA RS-232, EIA-422, EIA-423, RS-449, RS-485, DSL, ISDN, SONET/SDH, 802.11 Wi-Fi, Etherloop, GSM Um radio interface, ITU и ITU-T, TransferJet, G.hn/G.9960.

Каждому уровню с некоторой долей условности соответствует свой операнд – логически неделимый элемент данных, которым на отдельном уровне можно оперировать в рамках модели и используемых протоколов. На физическом уровне мельчайшая единица – это бит, на канальном уровне информация объединена в кадры, на сетевом уровне в пакеты (дейтаграммы), на транспортном уровне – в сегменты. Любой фрагмент данных, логически объединённых для передачи, – кадр, пакет, дейтаграмма – считается сообщением. Именно сообщения в общем виде являются операндами сеансового, представительского и прикладного уровней.

К базовым сетевым технологиям относятся физический и канальный уровни.

2.2.3 Обработка информации

Обработка информации состоит в получении одних «информационных объектов» из других «информационных объектов» путем выполнения некоторых алгоритмов и является одной из основных операций, осуществляемых над информацией, и главным средством увеличения ее объема и разнообразия.

На самом верхнем уровне можно выделить числовую и нечисловую обработку. В указанные виды обработки вкладывается различная трактовка содержания понятия «данные». При числовой обработке используются такие объекты, как переменные, векторы, матрицы, многомерные массивы, константы и т. д. При нечисловой обработке объектами могут быть файлы, записи, поля, ие-

рархии, сети, отношения и т. д. Другое отличие заключается в том, что при числовой обработке содержание данных не имеет большого значения, в то время как при нечисловой обработке нас интересуют непосредственные сведения об объектах, а не их совокупность в целом.

С точки зрения реализации на основе современных достижений вычислительной техники выделяют следующие виды обработки информации:

- последовательная обработка, применяемая в традиционной фоннеймановской архитектуре ЭВМ, располагающей одним процессором;
- параллельная обработка, применяемая при наличии нескольких процессоров в ЭВМ;
- конвейерная обработка, связанная с использованием в архитектуре ЭВМ одних и тех же ресурсов для решения разных задач, причем если эти задачи тождественны, то это последовательный конвейер, если задачи одинаковые – векторный конвейер.

Основные процедуры обработки данных представлены на рисунке 2.1. Создание данных как процесс обработки предусматривает их образование в результате выполнения некоторого алгоритма и дальнейшее использование для преобразований на более высоком уровне.

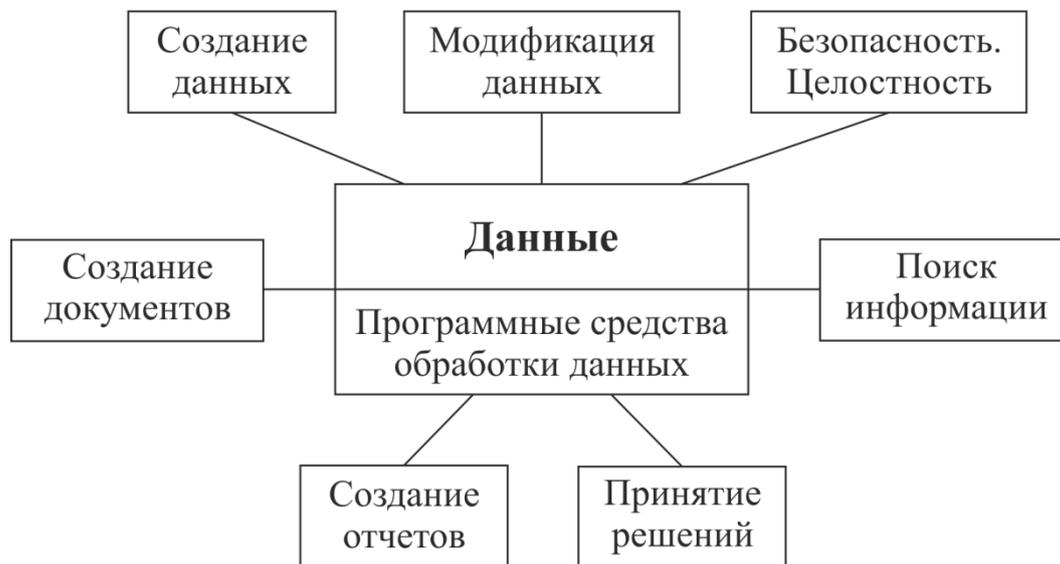


Рис. 2.1 – Основные процедуры обработки данных

Модификация данных связана с отображением изменений в реальной предметной области, осуществляемых путем включения новых данных и удаления ненужных.

Контроль, безопасность и целостность направлены на адекватное отображение реального состояния предметной области в информационной модели и

обеспечивают защиту информации от несанкционированного доступа (безопасность) и от сбоев и повреждений технических и программных средств.

Поиск информации, хранимой в памяти компьютера, осуществляется как самостоятельное действие при выполнении ответов на различные запросы и как вспомогательная операция при обработке информации.

Поддержка принятия решения является наиболее важным действием, выполняемым при обработке информации. Широкая альтернатива принимаемых решений приводит к необходимости использования разнообразных математических моделей. Создание документов, сводок, отчетов заключается в преобразовании информации в формы, пригодные для чтения как человеком, так и компьютером. С этим действием связаны и такие операции, как обработка, считывание, сканирование и сортировка документов.

При преобразовании информации осуществляется ее перевод из одной формы представления или существования в другую, что определяется потребностями, возникающими в процессе реализации информационных технологий.

Реализация всех действий, выполняемых в процессе обработки информации, осуществляется с помощью разнообразных программных средств. Наиболее распространенной областью применения технологической операции обработки информации является принятие решений.

В зависимости от степени информированности о состоянии управляемого процесса, полноты и точности моделей объекта и системы управления, взаимодействия с окружающей средой процесс принятия решения протекает в различных условиях.

Принятие решений в условиях определенности. В этой задаче модели объекта и системы управления считаются заданными, а влияние внешней среды – несущественным. Поэтому между выбранной стратегией использования ресурсов и конечным результатом существует однозначная связь, откуда следует, что в условиях определенности достаточно использовать решающее правило для оценки полезности вариантов решений, принимая в качестве оптимального то, которое приводит к наибольшему эффекту. Если таких стратегий несколько, то все они считаются эквивалентными. Для поиска решений в условиях определенности используют методы математического программирования.

Принятие решений в условиях риска. В отличие от предыдущего случая для принятия решений в условиях риска необходимо учитывать влияние внешней среды, которое не поддается точному прогнозу, известно только вероятностное распределение ее состояний. В этих условиях использование одной и

той же стратегии может привести к различным исходам, вероятности появления которых считаются заданными или могут быть определены. Оценку и выбор стратегий проводят с помощью решающего правила, учитывающего вероятность достижения конечного результата.

Принятие решений в условиях неопределенности. Как и в предыдущей задаче, между выбором стратегии и конечным результатом отсутствует однозначная связь. Кроме того, неизвестны также значения вероятностей появления конечных результатов, которые либо не могут быть определены, либо не имеют в контексте содержательного смысла. Каждой паре «стратегия – конечный результат» соответствует некоторая внешняя оценка в виде выигрыша. Наиболее распространенным является использование критерия получения максимального гарантированного выигрыша.

Принятие решений в условиях многокритериальности. В любой из перечисленных выше задач многокритериальность возникает в случае наличия нескольких самостоятельных, не сводимых одна к другой, целей. Наличие большого числа решений усложняет оценку и выбор оптимальной стратегии. Одним из возможных путей решения является использование методов моделирования.

Решение задач с помощью искусственного интеллекта заключается в сокращении перебора вариантов при поиске решения, при этом программы реализуют те же принципы, которыми пользуется в процессе мышления человек.

Экспертная система пользуется знаниями, которыми она обладает в своей узкой области, чтобы ограничить поиск на пути к решению задачи путем постепенного сужения круга вариантов.

Для решения задач в экспертных системах используют:

- метод логического вывода, основанный на технике доказательств, называемой резолюцией и использующей опровержение отрицания (доказательство «от противного»);
- метод структурной индукции, основанный на построении дерева принятия решений для определения объектов из большого числа данных на входе;
- метод эвристических правил, основанных на использовании опыта экспертов, а не на абстрактных правилах формальной логики;
- метод машинной аналогии, основанный на представлении информации о сравниваемых объектах в удобном виде, например в виде структур данных, называемых фреймами.

Источники «интеллекта», проявляющегося при решении задачи, могут оказаться бесполезными/полезными или экономичными в зависимости от определенных свойств области, в которой поставлена задача. Исходя из этого, может быть осуществлен выбор метода построения экспертной системы или использования готового программного продукта.

Процесс выработки решения на основе первичных данных, схема которого представлена на рисунке 2.2, можно разбить на два этапа: выработка допустимых вариантов решений путем математической формализации с использованием разнообразных моделей и выбор оптимального решения на основе субъективных факторов.

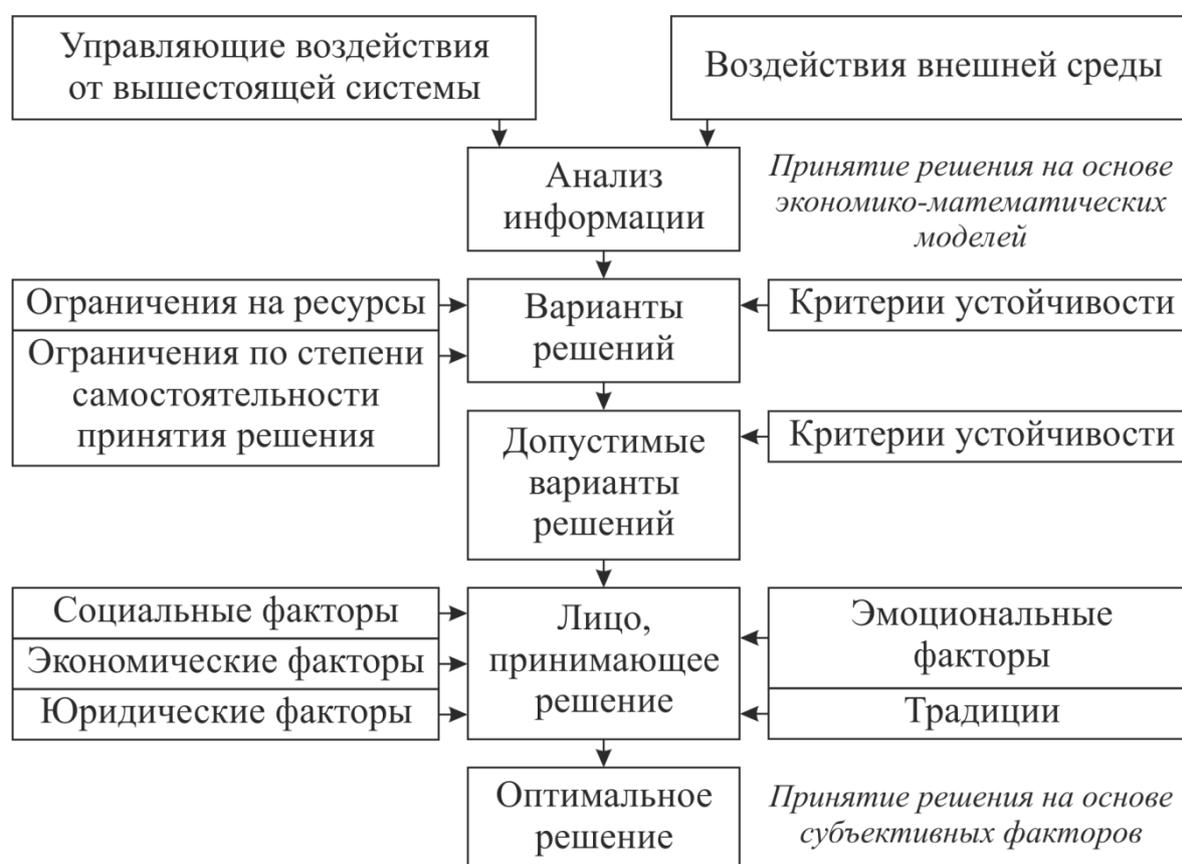


Рис. 2.2 – Процесс выработки решения на основе первичных данных

Информационные потребности лиц, принимающих решение, во многих случаях ориентированы на интегральные технико-экономические показатели, которые могут быть получены в результате обработки первичных данных, отражающих текущую деятельность предприятия. Анализируя функциональные взаимосвязи между итоговыми и первичными данными, можно построить так называемую информационную схему, которая отражает процессы агрегирования информации. Первичные данные, как правило, чрезвычайно разнообразны,

интенсивность их поступления высока, а общий объем на интересующем интервале велик. С другой стороны, состав интегральных показателей относительно мал, а требуемый период их актуализации может быть значительно короче периода изменения первичных данных – аргументов.

Для поддержки принятия решений обязательным является наличие следующих компонент:

- обобщающего анализа;
- прогнозирования;
- ситуационного моделирования.

В настоящее время принято выделять два типа информационных систем поддержки принятия решений.

Системы поддержки принятия решений DSS (Decision Support System) осуществляют отбор и анализ данных по различным характеристикам и включают средства:

- доступа к базам данных;
- извлечения данных из разнородных источников;
- моделирования правил и стратегии деловой деятельности;
- деловой графики для представления результатов анализа;
- анализа «если что»;
- искусственного интеллекта на уровне экспертных систем.

Системы оперативной аналитической обработки OLAP (Online Analysis Processing) для принятия решений используют следующие средства:

- мощную многопроцессорную вычислительную технику в виде специальных OLAP-серверов;
- специальные методы многомерного анализа;
- специальные хранилища данных Data Warehouse.

Реализация процесса принятия решений заключается в построении информационных приложений. Выделим в информационном приложении типовые функциональные компоненты, достаточные для формирования любого приложения на основе БД [3].

PS (Presentation Services) – средства представления. Обеспечиваются устройствами, принимающими ввод от пользователя и отображающими то, что сообщает ему компонент логики представления PL, плюс соответствующая программная поддержка. Может быть текстовым терминалом или X-термина-

лом, а также персональным компьютером или рабочей станцией в режиме программной эмуляции терминала или X-терминала.

PL (Presentation Logic) – логика представления. Управляет взаимодействием между пользователем и ЭВМ. Обрабатывает действия пользователя по выбору альтернативы меню, по нажатию кнопки или выбору элемента из списка.

BL (Business or Application Logic) – прикладная логика. Набор правил для принятия решений, вычислений и операций, которые должно выполнить приложение.

DL (Data Logic) – логика управления данными. Операции с базой данных (SQL-операторы SELECT, UPDATE и INSERT), которые нужно выполнить для реализации прикладной логики управления данными.

DS (Data Services) – операции с базой данных. Действия СУБД, вызываемые для выполнения логики управления данными, такие как манипулирование данными, определение данных, фиксация или откат транзакций и т. п. СУБД обычно компилирует SQL-приложения.

FS (File Services) – файловые операции. Дисковые операции чтения и записи данных для СУБД и других компонент. Обычно являются функциями ОС.

Среди средств разработки информационных приложений можно выделить следующие основные группы:

- традиционные системы программирования;
- инструменты для создания файл-серверных приложений;
- средства разработки приложений «клиент-сервер»;
- средства автоматизации делопроизводства и документооборота;
- средства разработки Интернет-/Инtranет-приложений;
- средства автоматизации проектирования приложений.

2.2.4 Хранение информации

Хранение и накопление являются одними из основных действий, осуществляемых над информацией, и главным средством обеспечения ее доступности в течение некоторого промежутка времени. В настоящее время определяющим направлением реализации этой операции является концепция базы данных, склада (хранилища) данных.

База данных (БД) может быть определена как совокупность взаимосвязанных данных, используемых несколькими пользователями и хранящихся с регулируемой избыточностью. Хранимые данные не зависят от программ поль-

зователей, для модификации и внесения изменений применяется общий управляющий метод.

Банк данных – система, представляющая определенные услуги по хранению и поиску данных определенной группе пользователей по определенной тематике.

Система баз данных – совокупность управляющей системы, прикладного программного обеспечения, базы данных, операционной системы и технических средств, обеспечивающих информационное обслуживание пользователей.

Хранилище данных (ХД) (используют также термины Data Warehouse, «склад данных», «информационное хранилище») – это база, хранящая данные, агрегированные по многим измерениям. Основные отличия ХД от БД: агрегирование данных; данные из ХД никогда не удаляются; пополнение ХД происходит на периодической основе; формирование новых агрегатов данных, зависящих от старых, – автоматическое; доступ к ХД осуществляется, как правило, на основе многомерного куба или гиперкуба.

Альтернативой хранилищу данных является концепция витрин данных (Data Mart). *Витрины данных* – множество тематических БД, содержащих информацию, относящуюся к отдельным информационным аспектам предметной области.

Еще одним важным направлением развития баз данных являются репозитории. *Репозиторий* в упрощенном виде можно рассматривать просто как базу данных, предназначенную для хранения не пользовательских, а системных данных. Технология репозиториях проистекает из словарей данных, которые по мере обогащения новыми функциями и возможностями приобретали черты инструмента для управления метаданными.

Каждый из участников действия (пользователь, группа пользователей, «физическая память») имеет свое представление об информации.

По отношению к пользователям применяют трехуровневое представление для описания предметной области: концептуальное, логическое и внутреннее (физическое).

Концептуальный уровень связан с частным представлением данных группы пользователей в виде внешней схемы, объединяемых общностью используемой информации. Каждый конкретный пользователь работает с частью БД и представляет ее в виде внешней модели. Этот уровень характеризуется разнообразием используемых моделей – модель «сущность – связь» (ER-модель, модель Чена), бинарные и инфологические модели, семантические сети.

Логический уровень является обобщенным представлением данных всех пользователей в абстрактной форме. Используются три вида моделей: иерархические, сетевые и реляционные.

Иерархическая модель является моделью объектов-связей, допускающей только бинарные связи «многие к одному» и использует для описания модель ориентированных графов.

Сетевая модель является разновидностью иерархической, являющейся совокупностью деревьев (лесом).

Реляционная модель использует представление данных в виде таблиц (реляций), в ее основе лежит математическое понятие теоретико-множественного отношения, она базируется на реляционной алгебре и теории отношений.

Физический (внутренний) уровень связан со способом фактического хранения данных в физической памяти ЭВМ. Во многом определяется конкретным методом управления. Основными компонентами физического уровня являются хранимые записи, объединяемые в блоки; указатели, необходимые для поиска данных; данные переполнения; промежутки между блоками; служебная информация.

По наиболее характерным признакам БД можно классифицировать следующим образом:

- по способу хранения информации:
 - интегрированные;
 - распределенные;
- по типу пользователя:
 - однопользовательские;
 - многопользовательские;
- по характеру использования данных:
 - прикладные;
 - предметные.

В настоящее время при проектировании БД используют два подхода. Первый из них основан на стабильности данных, что обеспечивает наибольшую гибкость и адаптируемость к используемым приложениям. Применение такого подхода целесообразно в тех случаях, когда не предъявляются жесткие требования к эффективности функционирования (объему памяти и продолжительности поиска), существует большое число разнообразных задач с изменяемыми и непредсказуемыми запросами.

Второй подход базируется на стабильности процедур запросов к БД и является предпочтительным при жестких требованиях к эффективности функционирования, особенно это касается быстродействия.

Другим важным аспектом проектирования БД является проблема интеграции и распределения данных. Господствовавшая до недавнего времени концепция интеграции данных при резком увеличении их объема оказалась несостоятельной. Этот факт, а также увеличение объемов памяти внешних запоминающих устройств при их удешевлении, широкое внедрение сетей передачи данных способствовали внедрению распределенных БД. Распределение данных по месту их использования может осуществляться различными способами:

- *копируемые данные*. Одинаковые копии данных хранятся в различных местах использования, так как это дешевле передачи данных. Модификация данных контролируется централизованно;
- *подмножество данных*. Группы данных, совместимые с исходной базой данных, хранятся отдельно для местной обработки;
- *реорганизованные данные*. Данные в системе интегрируются при передаче на более высокий уровень;
- *секционированные данные*. На различных объектах используются одинаковые структуры, но хранятся разные данные;
- *данные с отдельной подсхемой*. На различных объектах используются различные структуры данных, объединяемые в интегрированную систему;
- *несовместимые данные*. Независимые базы данных, спроектированные без координации, требующие объединения.

Важное влияние на процесс создания БД оказывает внутреннее содержание информации. Существуют два направления:

- 1) прикладные БД, ориентированные на конкретные приложения, например, может быть создана БД для учета и контроля поступления материалов;
- 2) предметные БД, ориентированные на конкретный класс данных, например, предметная БД «Материалы», которая может быть использована для различных приложений.

Конкретная реализация системы баз данных, с одной стороны, определяется спецификой данных предметной области, отраженной в концептуальной модели, а с другой стороны, типом конкретной СУБД, устанавливающей логическую и физическую организацию.

Для работы с БД используется специальный обобщенный инструментарий в виде СУБД, предназначенный для управления БД и обеспечения интерфейса пользователя.

Основные стандарты СУБД:

- независимость данных на концептуальном, логическом, физическом уровнях;
- универсальность (по отношению к концептуальному и логическому уровням, типу ЭВМ);
- совместимость, безызбыточность;
- безопасность и целостность данных;
- актуальность и управляемость.

Предназначение склада данных – информационная поддержка принятия решений, а не оперативная обработка данных. Потому база данных и склад данных не являются одинаковыми понятиями. Основные принципы организации хранилищ данных будут рассмотрены в последующих главах.

Рассмотрим кратко основные направления научных исследований в области баз данных:

- развитие теории реляционных баз данных;
- моделирование данных и разработка конкретных моделей различного назначения;
- отображение моделей данных, направленных на создание методов их преобразования и конструирования коммутативных отображений, разработку архитектурных аспектов отображения моделей данных и спецификаций определения отображений для конкретных моделей данных;
- создание СУБД с мультимодельным внешним уровнем, обеспечивающих возможности отображения широко распространенных моделей;
- разработка, выбор и оценка методов доступа;
- создание самоописываемых баз данных, позволяющих применять единые методы доступа для данных и метаданных;
- управление конкурентным доступом;
- развитие системы программирования баз данных и знаний, которые обеспечивали бы единую эффективную среду как для разработки приложений, так и для управления данными;
- совершенствование машины баз данных;

- разработка дедуктивных баз данных, основанных на применении аппарата математической логики и средств логического программирования, а также пространственно-временных баз данных;
- интеграция неоднородных информационных ресурсов.

2.2.5 Представление и использование информации

В условиях использования информационных технологий функции распределены между человеком и техническими устройствами. При анализе деятельности человека наибольшее значение имеют эргономические (инженерно-психологические) и психологические (социально-психологические) факторы.

Эргономические факторы позволяют, во-первых, определить рациональный набор функций человека, во-вторых, обеспечить рациональное сопряжение человека с техническими средствами и информационной средой.

Психологические факторы имеют большое значение, так как внедрение информационных технологий в корне изменяет деятельность человека. Наряду с положительными моментами, связанными с рационализацией деятельности, предоставлением новых возможностей, возникают и негативные явления. Это может быть вызвано различными факторами: психологическим барьером, усложнением функций, другими субъективными факторами (условиями и организацией труда, уровнем заработной платы, результативностью труда, изменением квалификации).

При работе в среде информационных технологий человек воспринимает не сам объект, а некоторую его обобщенную информационную модель, что накладывает особые требования на совместимость пользователя с различными компонентами информационных технологий.

Важным признаком, который необходимо учитывать при разработке и внедрении информационных технологий, является отношение человека к информации. Оно может быть пассивным, когда пользователю предоставляется информация по жесткому алгоритму, и активным, когда пользователь создает необходимые ему данные.

Основной задачей операции представления информации пользователю является создание эффективного интерфейса в системе «человек – компьютер». При этом осуществляется преобразование информации в форму, удобную для восприятия пользователя.

Среди существующих вариантов интерфейса в системе «человек – компьютер» можно выделить два основных типа: на основе меню («смотри и выби-рай») и на основе языка команд («вспоминай и набирай»).

Интерфейсы типа меню облегчают взаимодействие пользователя с компьютером, так как не требуют предварительного изучения языка общения с системой. На каждом шаге диалога пользователю предъявляются все возможные в данный момент команды в виде наборов пунктов меню, из которого пользователь должен выбрать нужный. Такой способ общения удобен для начинающих и непрофессиональных пользователей.

Интерфейс на основе языка команд требует знания пользователем синтаксиса языка общения с компьютером. Достоинствами командного языка являются его гибкость и мощьность.

Указанные два способа реализации интерфейса представляют собой крайние случаи, между которыми возможно существование различных промежуточных вариантов.

Технология представления информации должна давать дополнительные возможности для понимания данных пользователями, поэтому целесообразно использование графики, диаграмм, карт.

Пользовательский интерфейс целесообразно строить на основе концептуальной модели предметной области, которая представляется совокупностью взаимосвязанных объектов со своей структурой. Однако доступ к объектам и их экземплярам возможен только через систему окон различных типов. Ряд окон связан с конкретным объектом. В соответствии с этим предложением в сценарии работы пользователя при информационном наполнении понятий предметной области выделяем две фазы:

- выбор окон;
- работа с окнами.

Для упрощения работы окна можно группировать в соответствии с функциональными потребностями. С этой целью вводится механизм, который предоставляет возможность создания иерархии функционально ориентированных разделов, в каждый из которых включается необходимый набор других разделов и окон. Посредством спецификации окон для каждого из объектов возможно указать допустимые режимы работы с экземплярами и состав видимых атрибутов с режимами работы с ними. Возможно отобразить несколько разделов и несколько окон в них одновременно.

Таким образом, фаза выбора объектов должна поддерживаться следующими функциями:

- 1) работой с общим каталогом окон в главном разделе;
- 2) созданием нового раздела;
- 3) удалением раздела;
- 4) редактированием описания раздела;
- 5) передачей определений и окон между разделами;
- 6) движением по иерархии разделов;
- 7) отбором разделов для работы;
- 8) отбором окон для работы.

Позиции окон могут быть связаны с другими окнами через соответствующие команды из типового набора. По существу, спецификация окон задает сценарий работы с экземплярами.

Окно – средство взаимосвязи пользователя с системой. Окно представляется как специальный объект. Проектирование пользовательского интерфейса представляет собой процесс спецификации окон.

Примером оконного интерфейса является всем нам знакомый интерфейс MS Windows, использующий метафору рабочего стола и включающий ряд понятий, близких к естественным (окна, кнопки, меню и т. д.). Пользователь информационной системы большей частью вынужден использовать данные из самых разных источников: файлов, баз данных, электронных таблиц, электронной почты и т. д. При этом данные имеют самую различную форму: текст, таблицы, графика, аудио- и видеоданные и др. В связи с этим возникает проблема интеграции источников информации, заключающаяся в том, что, во-первых, пользователю должны предоставляться не данные, а информация в максимально удобной для восприятия форме, во-вторых, он должен использовать единственный универсальный интерфейс, позволяющий единообразно работать с подготовленной информацией.

Пассивные пользователи, называемые иногда *потребителями* (юзерами), обладают рядом специфических качеств, связанных с отсутствием времени, желания и квалификации для более глубокого изучения используемых инструментальных средств. В этом случае алгоритм общения с системой должен быть предельно простым. Другая часть пользователей требует предоставления достаточно широкого круга средств активного влияния на выполняемые информационные процессы.

Этим требованиям удовлетворяет веб-технология. Развитие средств вычислительной техники привело к ситуации, когда вместо традиционных параметров – производительность, пропускная способность, объем памяти – узким местом стал интерфейс с пользователем. Первым шагом на пути преодоления кризисной ситуации стала концепция гипертекста, впервые предложенная Теодором Хольмом Нельсоном. По своей сути *гипертекст* – это обычный текст, содержащий ссылки на собственные фрагменты и другие тексты.

Аналогом гипертекста можно считать книгу, оглавление которой по своей сути представляет ссылки на главы, разделы, страницы. Внутри книги содержатся ссылки на другие источники. Дальнейшее развитие гипертекст получил с появлением сети Интернет, позволившей размещать тексты на различных, территориально удаленных компьютерах. Гипертекст стал пониматься как набор информационных фрагментов разной природы, объединенных в сеть. При этом потребовалось дальнейшее совершенствование интерфейса, так как имеющийся не позволял представить разнообразную информацию разной природы, был ограничен и затруднен для восприятия, отсутствовал доступ множества потребителей к единому массиву структурированной информации. В результате была предложена и реализована концепция веб-браузера. Веб-сервер выступает в качестве информационного концентратора, получающего информацию из разных источников и в однородном виде представляющем ее пользователю. Средства Веб обеспечивают представление информации с нужной степенью детализации с помощью веб-браузера. Таким образом, Веб – это инфраструктурный интерфейс для пользователей различных уровней.

Несомненным преимуществом веб-технологии является удобная форма предоставления информационных услуг потребителям, имеющая следующие особенности:

- информация предоставляется потребителю в виде публикаций;
- публикация может объединять информационные источники различной природы и географического расположения;
- изменения в информационных источниках мгновенно отражаются в публикациях;
- в публикациях могут содержаться ссылки на другие публикации без ограничения на местоположение и источники последних (гипертекстовые ссылки);

- потребительские качества публикаций соответствуют современным стандартам мультимедиа (доступны текст, графика, звук, видео, анимация);
- публикатор не заботится о процессе доставки информации к потребителю;
- число потенциальных потребителей информации практически не ограничено;
- публикации отражают текущую информацию, время запаздывания определяется исключительно скоростью подготовки электронного документа;
- информация, предоставленная в публикации, легкодоступна благодаря гипертекстовым ссылкам и средствам контекстного поиска;
- информация легко усваивается потребителем благодаря широкому спектру изобразительных возможностей, предоставляемых веб-технологией;
- технология не предъявляет особых требований к типам и источникам информации;
- технология допускает масштабируемые решения: увеличение числа одновременно обслуживаемых потребителей не требует радикальной перестройки системы.

2.3 Классификация информационных технологий

Для того чтобы правильно понять, оценить, грамотно разработать и использовать информационные технологии в различных сферах жизни общества необходима их предварительная классификация.



.....

Классификация информационных технологий зависит от критерия классификации. В качестве критерия может выступать показатель или совокупность признаков, влияющих на выбор той или иной информационной технологии.

.....

Как правило, выделяют следующие классификационные признаки информационных технологий:

1. По назначению и характеру использования.
2. По пользовательскому интерфейсу.

3. По способу организации сетевого взаимодействия.
4. По принципу построения.
5. По степени охвата задач управления.
6. По характеру участия технических средств в диалоге с пользователем.
7. По способу управления производственной технологией.

По назначению выделяют следующие два основных класса информационных технологий:

- 1) обеспечивающие информационные технологии;
- 2) функциональные информационные технологии.

Обеспечивающие информационные технологии – это технологии обработки информации, которые могут использоваться как инструменты в различных предметных областях для решения специализированных задач. Они представляют собой способы организации отдельных технологических операций информационных процессов и связаны с представлением, преобразованием, хранением, обработкой или передачей определенных видов информации.

К ним относятся технологии текстовой обработки, технологии работы с базами данных, мультимедиа-технологии, технологии распознавания символов, телекоммуникационные технологии, технологии защиты информации, технологии разработки программного обеспечения, технологии искусственного интеллекта и т. д.

Функциональные информационные технологии – это технологии, реализующие типовые процедуры обработки информации в определенной предметной области. Они строятся на основе обеспечивающих информационных технологий и направлены на обеспечение автоматизированного решения задач специалистов данной области. Модификация обеспечивающих технологий в функциональную может быть произведена как профессиональным разработчиком, так и самим пользователем, это зависит от квалификации пользователя и от сложности модификации. Взаимосвязь между функциональными и обеспечивающими информационными технологиями.

К функциональным информационным технологиям относятся офисные технологии, финансовые технологии, информационные технологии в образовании, в промышленности, корпоративные информационные технологии, информационные технологии автоматизированного проектирования и т. д.

Информационные технологии можно рассматривать с точки зрения пользовательского интерфейса, т. е. возможностей доступа пользователя к ин-

формационным и вычислительным ресурсам в процессе обработки информации. По этому признаку выделяют:

- пакетные информационные технологии;
- диалоговые информационные технологии;
- сетевые информационные технологии.

Пакетные информационные технологии характеризуются тем, что операции по обработке информации производятся в заранее определенной последовательности и не требуют вмешательства пользователя. В этом случае задания или накопленные заранее данные по определенным критериям объединяются в пакет для последующей автоматической обработки в соответствии с заданными приоритетами. Пользователь не может влиять на ход выполнения заданий, пока продолжается обработка пакета, его функции ограничиваются подготовкой исходных данных по комплексу задач и передачей их в центр обработки. В настоящее время пакетный режим реализуется применительно к электронной почте и формированию отчетности.

Диалоговые информационные технологии предоставляют пользователям неограниченную возможность взаимодействовать с хранящимися в системе информационными ресурсами в режиме реального времени, получая при этом всю необходимую информацию для решения функциональных задач и принятия решений. Эти технологии предполагают отсутствие жестко закрепленной последовательности операций преобразования данных и активное участие пользователя, который анализирует промежуточные результаты и вырабатывает управляющие команды в процессе обработки информации.

Сетевые информационные технологии обеспечивают пользователю доступ к территориально распределенным информационным и вычислительным ресурсам с помощью специальных средств связи. В этом случае появляется возможность использования данных, накопленных на рабочих местах других пользователей, перераспределения вычислительных мощностей между процессами решения различных функциональных задач, а также возможность совместного решения одной задачи несколькими пользователями.

По способу организации сетевого взаимодействия выделяют:

- информационные технологии на базе локальных вычислительных сетей;
- информационные технологии на базе многоуровневых сетей;
- информационные технологии на базе распределенных сетей.

Информационные технологии на базе локальных вычислительных сетей представляют собой систему взаимосвязанных и распределенных на ограниченной территории средств передачи, хранения и обработки информации, ориентированных на коллективное использование общесетевых ресурсов – аппаратных, программных, информационных. Они позволяют перераспределять вычислительные мощности между пользователями сети в зависимости от изменения их потребностей и сложности решаемых задач и обеспечивают надежный и быстрый доступ пользователей к информационным ресурсам сети.

Построение информационных технологий на базе многоуровневых сетей заключается в представлении архитектуры создаваемой сети в виде иерархических уровней, каждый из которых решает определенные функциональные задачи. Такие технологии строятся с учетом организационно-функциональной структуры соответствующего многоуровневого экономического объекта и позволяют разграничить доступ к информационным и вычислительным ресурсам в зависимости от степени важности решаемых задач и реализуемых функций управления на каждом уровне.

Информационные технологии на базе распределенных сетей обеспечивают надежную передачу разнообразной информации между территориально удаленными узлами сети с использованием единой информационной инфраструктуры. Этот способ организации сетевого взаимодействия ориентирован на реализацию коммуникационных информационных связей между территориально удаленными пользователями и ресурсами сети.

По принципу построения информационные технологии делятся на следующие виды:

- функционально ориентированные технологии;
- объектно-ориентированные технологии.

При построении *функционально ориентированных информационных технологий* деятельность специалистов в рассматриваемой предметной области разбивается на множество иерархически подчиненных функций, выполняемых ими в процессе решения профессиональных задач. Для каждой функции разрабатывается технология ее реализации на рабочем месте пользователя, в рамках которой определяются исходные данные, процессы их преобразования в результатную информацию, а также выделяются информационные потоки, отражающие передачу данных между различными функциями.

Построение *объектно-ориентированных информационных технологий* заключается в проектировании системы в виде совокупности классов и объек-

тов предметной области. При этом иерархический характер сложной системы отражается в виде иерархии классов, ее функционирование рассматривается как совокупность взаимодействующих во времени объектов, а конкретный процесс обработки информации формируется в виде последовательности взаимодействий. В качестве объектов могут выступать пользователи, программы, клиенты, документы, базы данных и т. д. Такой подход характерен тем, что используемые процедуры и данные заменяются понятием «объект», что позволяет динамически отражать поведение моделируемой предметной области в зависимости от возникающих событий.

Сравнительная характеристика функционально ориентированных и объектно-ориентированных технологий приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнительная характеристика функционально ориентированных и объектно-ориентированных технологий

	Функционально ориентированная технология	Объектно-ориентированная технология
Рассматриваемая задача	Учет товаров на складе	
Представление системы	В виде функций: прием товара, отпуск товара, инвентарный контроль и т. д.	В форме классов объектов: товары, клиенты, поставщики, заказы и т. д.
Принцип построения	Разрабатываются технологии для каждой функции и определяются процессы передачи информации от одной функции к другой	Определяются состав и структура каждого класса объектов и процессы информационного взаимодействия этих классов друг с другом и с внешней средой

По степени охвата задач управления выделяют следующие виды:

- информационные технологии обработки данных;
- информационные технологии управления;
- информационные технологии автоматизации офисной деятельности;
- информационные технологии поддержки принятия решений;
- информационные технологии экспертных систем.

Информационные технологии обработки данных предназначены для решения функциональных задач, по которым имеются необходимые входные

данные и известны алгоритмы, а также стандартные процедуры их обработки. Эти технологии применяются в целях автоматизации некоторых рутинных, постоянно повторяющихся операций управленческой деятельности, что позволяет существенно повысить производительность труда персонала. Характерной особенностью этого класса технологий является их построение без пересмотра методологии и организации процессов управления.

Целью *информационной технологии управления* является удовлетворение информационных потребностей сотрудников, имеющих дело с принятием решений. Эти технологии ориентированы на комплексное решение функциональных задач, формирование регулярной отчетности и работы в информационно-справочном режиме для подготовки управленческих решений. Они решают следующие задачи обработки данных:

- оценка планируемого состояния объекта управления;
- оценка отклонений от планируемых состояний;
- выявление причин отклонений;
- анализ возможных решений и действий.

Информационные технологии автоматизации офисной деятельности направлены на организацию и поддержку коммуникационных процессов как внутри организации, так и с внешней средой на базе компьютерных сетей и других современных средств передачи и работы с информацией. В них реализуются типовые процедуры делопроизводства и контроля управления:

- обработка входящей и исходящей информации;
- сбор и последующее составление отчетности за определенные периоды времени в соответствии с различными критериями выбора;
- хранение поступившей информации и обеспечение быстрого доступа к информации и поиск необходимых данных.

Эти технологии предусматривают наличие интегрированных пакетов прикладных программ: текстовый процессор, табличный процессор, электронная почта, телеконференции, специализированные программы реализации электронного документооборота и т. д.

Информационные технологии поддержки принятия решений предусматривают широкое использование экономико-математических методов, моделей и пакетов прикладных программ для аналитической работы и формирования прогнозов, составления бизнес-планов и обоснованных выводов по изучаемым процессам и явлениям производственно-хозяйственной практики. Отличительными характеристиками этих технологий является ориентация на решение сла-

бо формализованных задач, генерация возможных вариантов решений, их оценка, выбор и предоставление пользователю лучшего из них и анализ последствий принятого решения. Информационные технологии поддержки принятия решений могут использоваться на любом уровне управления и обеспечивают координацию лиц, принимающих решение, как на разных уровнях управления, так и на одном уровне.

Информационные технологии экспертных систем составляют основу автоматизации труда специалистов-аналитиков. Эти работники, кроме аналитических методов и моделей для исследования складывающихся в рыночных условиях ситуаций, могут использовать накопленный и сохраняемый в системе опыт оценки ситуаций, т. е. сведения, составляющие базу знаний в конкретной предметной области. Обработанные по определенным правилам такие сведения позволяют подготавливать обоснованные решения и вырабатывать стратегии управления и развития. Отличие информационных технологий экспертных систем от технологии поддержки принятия решения состоит в том, что они предлагают пользователю принять решение, превосходящее его возможности, и способны пояснять свои рассуждения в процессе получения решения.

По характеру участия технических средств в диалоге с пользователем выделяют следующие виды:

- информационно-справочные технологии;
- информационно-советующие технологии.

Информационно-справочные (пассивные) технологии поставляют информацию пользователю после его связи с системой по соответствующему запросу. Технические средства в таких технологиях используются только для сбора и обработки информации об управляемом объекте. На основе обработанной и представленной в удобной для восприятия форме информации оператор принимает решения относительно способа управления объектом.

Информационно-советующие (активные) технологии характеризуются тем, что сами выдают абоненту предназначенную для него информацию периодически или через определенные промежутки времени. В этих системах наряду со сбором и обработкой информации выполняются следующие функции:

- определение рационального технологического режима функционирования по отдельным технологическим параметрам процесса;
- определение управляющих воздействий по всем или отдельным управляемым параметрам процесса и т. д.

По способу управления технологией промышленного производства выделяют:

- децентрализованные информационные технологии;
- централизованные информационные технологии;
- централизованные рассредоточенные информационные технологии;
- иерархические информационные технологии.

Использование *децентрализованных информационных технологий* эффективно при автоматизации технологически независимых объектов управления по материальным, энергетическим, информационным и другим ресурсам. Такая технология представляет собой совокупность нескольких независимых технологий со своей информационной и алгоритмической базой. Для выработки управляющего воздействия на каждый объект управления необходима информация о состоянии только этого объекта.

В *централизованной информационной технологии* осуществляется реализация всех процессов управления объектами в едином органе управления, который осуществляет сбор и обработку информации об управляемых объектах и на основе их анализа в соответствии с критериями системы вырабатывает управляющие сигналы. Основной особенностью *централизованной рассредоточенной информационной технологии* является сохранение принципа централизованного управления, т. е. выработка управляющих воздействий на каждый объект управления на основе информации о состоянии совокупности объектов управления, но при этом некоторые функциональные устройства технологии управления являются общими для всех каналов системы. Для реализации функции управления каждый локальный орган по мере необходимости вступает в процесс информационного взаимодействия с другими органами управления.

Иерархическая информационная технология построена по принципу разделения функций управления на несколько взаимосвязанных уровней, на каждом из которых реализуются свои процедуры обработки данных и выработка управляющих воздействий. Необходимость использования такой технологии вызвана тем, что с ростом числа задач управления в сложных системах значительно увеличивается объем переработанной информации и повышается сложность алгоритмов управления. Разделение функций управления позволяет справиться с информационными трудностями для каждого уровня управления и обеспечить согласование принимаемых этими органами решений. Иерархическая информационная технология обычно содержит три уровня:

- уровень управления работой оборудования и технологическими процессами;
- уровень оперативного управления ходом производственного процесса;
- уровень планирования работ.



Контрольные вопросы по главе 2

1. Какие информационные процессы являются базовыми?
2. В каких представлениях рассматривается предметная область?
3. Перечислите формы исследования данных.
4. Охарактеризуйте виды обработки информации.
5. Определите содержание основных процедур обработки данных.
6. Поясните особенности принятия решений в различных условиях.
7. Укажите основные компоненты поддержки принятия решений.
8. Какие существуют системы поддержки принятия решений?
9. Дайте характеристику способов организации данных.
10. Что такое интерфейс и какова его роль в процессе представления и использования информации?
11. Какие существуют виды интерфейсов?

3 Современные технологии обработки текстовых сообщений

3.1 Текст и документ

Каждый пользователь компьютера встречается с необходимостью подготовки и редактирования той или иной текстовой информации. Одними из первых программ, созданных для компьютера, были системы обработки текстов или, как их стали называть, *текстовые редакторы*.

Компьютеры, оснащенные текстовыми редакторами, должны были заменить печатные машинки. Соответственно первые подобные программы имели функции ввода символов, простейшего редактирования текста (стирания, переноса, копирования и вставки) и распечатки полученного документа. Отличие от печатной машинки состояло в возможности сохранения готового текста и его последующего многократного использования. Однако реализация функций печатной машинки не могла удовлетворить пользователей компьютеров. Развитие текстовых редакторов шло очень быстро. К тому же параллельно началась разработка полиграфических (издательских) компьютерных программ.

Идеи и находки разработчиков различных систем взаимно дополняли и «подпитывали» друг друга, в результате чего появились не только мощные полиграфические программы, но и «бытовые» текстовые редакторы, которые по своим возможностям лишь немногим уступают профессиональным. Возможности этих программ различны – от программ для подготовки небольших документов простой структуры до программ для набора, оформления и полной подготовки к типографическому изданию книг и журналов (издательские системы). Преимущества компьютера, оснащенного специальным текстовым процессором (редактором) перед печатающей машинкой были явными и заключались в том, что обеспечивали значительное повышение удобства, производительности выполнения работ и, самое главное, качества получаемых при этом документов.

Разделение во времени этапов подготовки документа, таких как ввод, редактирование, оформление, подготовка к печати и собственно сама печать, сделали процесс создания документа более простым и технологичным.

Существуют различные виды текстовых редакторов:

- редакторы, предназначенные для подготовки сообщений, содержащих только текст (например, «Блокнот»). Размер созданного в таком редакторе документа в байтах равен числу символов (букв) в документе. Такие текстовые редакторы могут использоваться для редактирования текстов программ и для подготовки HTML-документов;
- редакторы, с помощью которых можно редактировать и форматировать (оформлять) документы (например, WordPad). Документы, подготовленные в таких редакторах, содержат не только символы, но и информацию об их формате, то есть форме представления (размере, выделении курсивом и подчеркиванием и т. д.);
- редакторы, позволяющие готовить комплексные документы, то есть такие, которые содержат не только текст, но и другие объекты – картинки, диаграммы, звук и т. д. Такие редакторы часто называют текстовыми процессорами.

Редакторы текстов программ рассчитаны на редактирование программ на том или ином языке программирования и выполняют следующие функции:

- диалоговый просмотр текста;
- редактирование строк программы;
- копирование и перенос блоков текста из одного места в другое;
- копирование одной программы или её части в указанное место другой программы;
- контекстный поиск и замену подстрок текста;
- автоматический поиск строки, содержащей ошибку;
- распечатку программы или её необходимой части.



.....
Редакторы документов – программы для обработки текстов, имеющих структуру.

Такие тексты могут состоять из разделов, страниц, абзацев, предложений, слов и т. д. Следовательно, редакторы для обработки документов должны обеспечивать такие функции, как:

- возможность использования различных шрифтов символов;
- задание произвольных межстрочных промежутков;
- автоматический перенос слов на следующую строку;

- автоматическая нумерация страниц;
- обработка и нумерация строк;
- печать верхних и нижних заголовков страниц (колонтитулов);
- выравнивание краев абзаца;
- набор текста в несколько столбцов;
- создание таблиц и построение диаграмм;
- проверка правописания и подбор символов.

Редакторы текстов программ можно использовать для создания и корректуры небольших текстовых сообщений. Однако при необходимости серьезной работы с документами (текстами, имеющими определенную структуру) лучше использовать редакторы, ориентированные на работу с документами.

Современные текстовые процессоры предоставляют пользователю широкие возможности по подготовке документов: функции редактирования, допускающие возможность любого изменения, вставки, замены, копирования и перемещения фрагментов в рамках одного документа и между различными документами, контекстного поиска; функции форматирования символов, абзацев, страниц, разделов документа, верстки, проверки грамматики и орфографии; использование наряду с простыми текстовыми элементами списков, таблиц, рисунков, графиков и диаграмм.

Значительное сокращение времени подготовки документов обеспечивают такие средства автоматизации набора текста, как автотекст и автозамена, использование форм, шаблонов и мастеров типовых документов.

Наличие внешней памяти компьютера обеспечивает удобное длительное хранение подготовленных ранее документов, быстрый доступ к ним в любое время.

Существенно упрощают процедуру ввода данных сканеры и голосовые устройства. Существующие системы распознавания текстов, принимаемых со сканера, включают функцию экспорта документа в текстовые редакторы.

Широкий спектр печатающих устройств в сочетании с функциями подготовки документа к печати, предварительного просмотра, обеспечивает получение высококачественных черно-белых и цветных копий на бумаге и прозрачной пленке. Таким образом, современные программы предусматривают множество функций, позволяющих готовить текстовую часть документа на типографском уровне. Кроме того, современные программы позволяют включать в текст графические объекты: рисунки, диаграммы, фотографии.

Благодаря этим возможностям файл, представляющий собой текстовый документ, помимо алфавитно-цифровых символов может содержать обширную двоичную информацию о форматировании текста, а также графические объекты.

3.2 Разметка документа

Каждый документ имеет три составляющие – содержание (смысловое наполнение), структуру и внешнее представление. Структура документа позволяет правильно определить составляющие его части и взаимоотношения между ними. Внешнее представление направлено на повышение эффективности восприятия информации читателем, что достигается за счет выделения смысловых частей документа теми или иными средствами, доступными для данной формы представления.



.....

*В документе, помимо смыслового наполнения, должна содержаться некоторая метainформация, позволяющая определить его структуру и внешнее представление. Такая метainформация называется **разметкой документа**.*

.....

Исторически слово «разметка» (markup) использовалось для описания аннотаций или других отметок в тексте, предназначенных для указания машинистке или наборщику, как именно должна быть напечатана или набрана определенная фраза. Примеры включают волнистое подчеркивание для обозначения жирного шрифта, специальные символы для обозначения пропуска отдельных предложений или их печати определенным шрифтом и т. п. С автоматизацией форматирования и печати текстов термин был расширен, сейчас он охватывает всяческие коды разметки (markup codes), вставляемые в электронные тексты для управления форматированием, печатью или иной обработкой.

Обобщая, определим *разметку, или кодирование (encoding)*, как любой метод выявления интерпретации текста. На примитивном уровне все печатные тексты кодированы в этом смысле: знаки пунктуации, использование заглавных букв, размещение букв на странице, даже пробелы между словами можно считать своеобразной разметкой, функция которой – помочь читателю определить, где заканчивается одно слово и начинается другое, или отделить структурные элементы, например, заголовки, или элементы локальной структуры, например, подчиненные предложения.

Кодирование текста для компьютерной обработки – процесс выявления того, что неявно или предположительно, процесс указания пользователю, как интерпретировать содержимое текста.

Под *языком разметки* будем понимать набор соглашений о разметке, используемых в комплексе для кодирования текстов. Базовым средством современных технологий обработки текстовых сообщений является SGML – язык разметки текстовых сообщений.



.....

Язык разметки должен специфицировать, *какая разметка является допустимой, какая – необходимой, как различаются разметка и текст, и что разметка означает.*

.....

Разметка документа преследует следующие основные цели:

- 1) выделение смысловых частей (логических элементов) документа и связей между ними;
- 2) указание действий, которые должны быть осуществлены с этими элементами.

Для достижения первой цели предназначена *структурная разметка*. Действия, направленные на получение внешнего представления, задаются *разметкой представления*.

В качестве примеров ниже приведены два возможных способа разметки начала данного параграфа пособия.



.....

Пример 3.1

.....

```
<div1 type="Section">
  <head> Разметка документа </head>
  <p> Каждый документ имеет три составляющие...</p>
</div1>
```

.....



.....

Пример 3.2

.....

```
<font face="Arial Bold" size=16>1. Разметка документа <hspace size=20>
<tab size=5><font face="Times New Roman" size=12>
Каждый документ имеет три составляющие...
```

.....

В первом случае мы описываем раздел, который имеет заголовок и текст в виде абзаца, то есть определяем структуру документа. Структурная разметка говорит о том, как текст устроен, то есть из каких он частей состоит и как эти части друг с другом соотносятся.

Во втором случае мы показываем, каким образом данный текст должен быть отображен на бумаге или на мониторе – выделить шрифтом Arial Bold размера 16, отступить по вертикали 20, сделать табуляцию 5, выделить шрифтом Times New Roman размера 12. Здесь мы имеем дело с разметкой представления документа, которая говорит о том, что делать с текстом, как его отображать.

Исторически разметка представления появилась раньше, и в течение длительного времени разметка документа была ориентирована исключительно на внешний (бумажный) вид документа. Но в последнее время ситуация существенно меняется – быстрый рост числа документов, их создание, хранение и использование в электронном виде, автоматизированная обработка и обмен документами предъявляют новые требования к разметке. В числе этих требований – независимость от среды представления, возможность осуществления эффективного поиска и повторного использования как документа целиком, так и отдельных его элементов.

Сейчас существует большое число устройств, с помощью которых можно отображать документы. Среди таких устройств – и дисплеи от компьютерных до мобильных, и принтеры от формата A1 до встроенных в кассовые аппараты, и различные синтезаторы речи, и многое другое. Для воспроизведения некоторого документа на всех этих устройствах требуется либо наличие огромного количества вариантов одного и того же документа, только размеченного разными способами, либо существование единой универсальной разметки и программных средств для корректного преобразования в соответствующее внешнее представление «на лету».

Быстрый рост количества документов привел к тому, что поиск нужной информации стал занимать все больше и больше времени. Например, если нам необходимо найти в Интернете информацию об авторе статей по фамилии Дуров, то простой контекстный поиск даст нам огромное количество ссылок на те места, где встречается данная фамилия. После чего нам придется либо просмотреть все полученные ссылки, либо задавать дополнительную информацию для сужения области поиска. Если бы мы могли сразу указать, что фамилию следует искать только среди авторов журнальных статей технического плана,

это во много раз упростило бы поиск. Но для этого необходимо, чтобы документы, среди которых ведется поиск, были размечены должным образом с явным выделением элементов «автор», «тематика» и т. п.

Возможность повторного использования документов или отдельных его частей приводит к тому, что мы не составляем каждый раз заново отчет или деловое письмо, используем в своей работе шаблоны контрактов, изменяя лишь некоторую существенную для данного случая информацию. Но делаем мы это преимущественно вручную. Если говорить об автоматизированном формировании, связывании, повторном использовании документов, то это становится возможным только тогда, когда документы как информационные объекты являются структурированными, а используемая метainформация полно и ясно описывает характеристики каждого элемента документа.

Все перечисленные задачи можно решить, используя исключительно структурный подход при разметке документов. Именно структурная разметка позволяет выделять смысловые элементы, определять их связи с другими элементами как в рамках одного документа, так и вне этих рамок. Далеко не всякая разметка настолько формализована, что можно говорить о языке разметки. Язык разметки должен определять ряд специальных инструкций, правил и соглашений для описания структуры элементов документа и отношений между элементами этой структуры. Специальные инструкции, их еще называют маркерами или тэгами, в структурированных документах должны определенным образом кодироваться, то есть выделяться среди основного текста. Их главное назначение – служить управляющими инструкциями для программных средств обработки структурированных текстов.

В данной главе мы остановимся на истории возникновения таких языков разметки, как SGML (Standard Generalized Markup Language, стандартный обобщенный язык разметки) и HTML (HyperText Markup Language, язык разметки гипертекстов), а также рассмотрим, что собой представляет XML (eXtensible Markup Language, расширяемый язык разметки).

3.3 Стандартный обобщенный язык разметки SGML

Стандартный обобщенный язык разметки (Standard Generalized Markup Language, SGML) был утвержден международной организацией по стандартизации (International Standards Organisation, ISO) в качестве стандарта ISO 8879:1986 в 1986 г.



.....

SGML – это метаязык, то есть средство формального описания прикладных языков разметки, предназначенных для кодирования структурированных документов.

.....

Разметка, определяемая в рамках SGML, основывается на двух постулатах:

- 1) разметка должна описывать структуру документа, а не указывать, что с документом или его частями должно происходить;
- 2) разметка должна быть строгой, чтобы программы и базы данных могли быть использованы для хранения и обработки размеченных документов.

Структура документа с точки зрения SGML представляет собой граф компонентов, вершины которого являются компонентами, а ребра – связями между ними. Основным компонентом структурированного текста является элемент. Таким образом, можно сказать, что каждый структурированный документ состоит из некоторого набора семантических элементов, связанных друг с другом по определенным правилам.

Синтаксическое представление элемента документа показано на рисунке 3.1.

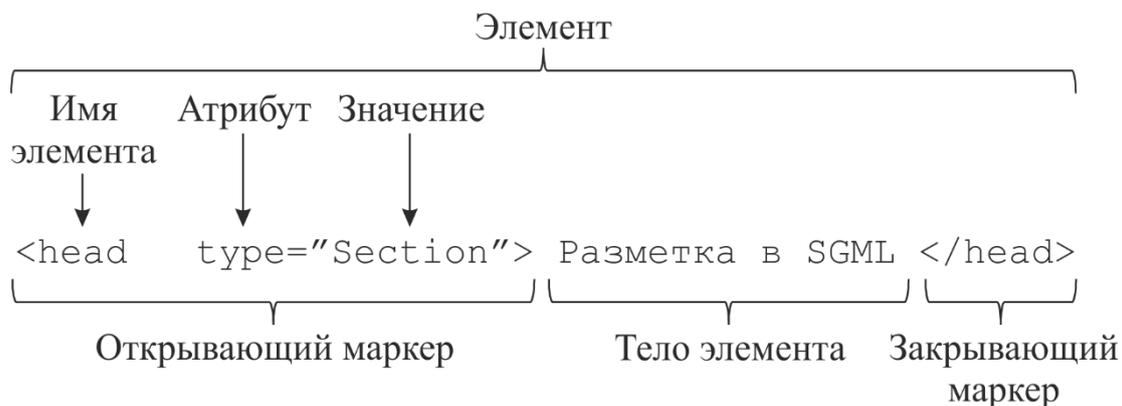


Рис. 3.1 – Пример SGML-элемента

Тело элемента (содержательный текст) обрамляется открывающим и закрывающим маркерами. Каждый маркер состоит из имени элемента, уникального для элементов одинаковой семантики, и может иметь некоторое количество атрибутов. Атрибуты предназначены для более детального описания текста среди семантически однородных элементов.

Важным достоинством SGML является то, что он не определяет имена элементов и их атрибуты заранее. Например, если автор документа считает, что семантически корректнее определить в тексте два типа списков: список фамилий и список компаний, то он может ввести два элемента: `listofpeople` и `listofcompanies`. В дальнейшем эти элементы могут обрабатываться как различные семантические единицы.

Чтобы документ являлся синтаксически корректным с точки зрения SGML, необходимо, чтобы его разметка подчинялась некоторому набору правил, определяемых стандартом ISO. Одно из правил состоит в том, что допускается лишь полная вложенность одного элемента в другой. Таким образом, в каждом документе всегда будет один корневой элемент и некоторое количество иерархически вложенных элементов. (Вообще говоря, допускается наложение на документ двух независимых разметок, элементы одной из которых могут не являться вложенными в другую, но это предмет отдельного обсуждения.) Вложенность является одним из видов связей между вершинами графа компонентов.



.....

Размеченный документ предназначен для дальнейшей обработки различными программами, каждая из которых может применять свои правила обработки к тем или иным элементам документа.

.....

Одна программа может преобразовывать текст к виду, пригодному для печати на бумаге, а другая – лишь извлекать некоторые данные (например, названия терминов) и помещать их в таблицу или базу данных.

Структурная разметка не предназначена для обеспечения удобочитаемости документов. Для этого существует разметка представления и соответствующие программные средства, преобразующие структурную разметку в разметку представления. Эти и другие программы, обрабатывающие документ, должны уметь распознавать элементы структуры и атрибуты элементов и применять необходимые операции к определенным элементам.

В SGML это достигается с помощью определений типов документов (Document Type Definition, DTD), посредством конструкций языка, называемых декларациями элементов. В то время как разметка документа занимается описанием семантических единиц, DTD определяет набор всех возможных разметок документов описываемого типа.

Тип документа формально определяется его составными частями и их структурой. Например, письмо можно определить как документ, имеющий реквизиты отправителя и получателя, заголовок, несколько абзацев и дату отправления. Если документ не имеет реквизитов отправителя, то, в соответствии с нашим определением, письмом он не является.

DTD определяет допустимые элементы для данного типа документа на любом из уровней вложенности, допустимое содержание каждого из элементов и набор допустимых атрибутов. При этом наличие DTD является обязательным для любого документа. Можно сказать, что в рамках SGML имеют право на существование информационные объекты, состоящие из размеченного документа и его DTD.

Декларация элементов в DTD определяет допустимое содержание как тела элемента, так и его атрибутов. Предположим, например, что необходимо дать определение элемента `<list>`, представляющего собой список. В этом случае декларации могут выглядеть так, как показано в примере 3.3.



Пример 3.3

```

<!-- ELEMENT MIN CONTENT (EXEPTIONS) -->
<!ELEMENT list - - (head?, item+)>
<!ELEMENT head - 0 (#PCDATA)>
<!ELEMENT item - 0 (p+)>
<!ELEMENT p - 0 (#PCDATA)>

```

Первая декларация (вторая строка листинга, так как первая является комментарием) обозначает, что список может включать необязательный заголовок, но обязательно содержит один или несколько элементов списка.

Вторая декларация говорит, что заголовок содержит некоторое количество символов (текст).

Третья декларация указывает на то, что каждый элемент списка в свою очередь состоит из одного или более абзацев.

И, наконец, последняя декларация, как и вторая, говорит, что абзацы содержат символьный текст.

Символ «0» в колонке MIN обозначает, что закрывающий маркер в данном элементе может быть опущен без нарушения структуры документа. Сле-

дующий открывающий маркер такого же элемента или маркер внешнего элемента фактически будет выполнять ту же функцию.

Возможное использование списков приведено в примере 3.4.



..... Пример 3.4

```
<list>
<head>Перечень важных дел
<item>
<p>В 11-00 переговоры
<p>Необходимо подготовить полный комплект документов
<item>
<p>В 14-00 совещание у руководства
</list>

<list>
<head>Перечень важных дел
<item>
<p>В 11-00 переговоры
<p>Необходимо подготовить полный комплект документов
<item>
<p>В 14-00 совещание у руководства
</list>
```

.....

Одним из достоинств SGML является то, что он позволяет работать не только со структурированными текстами, но и с произвольными информационными объектами. Для этого вводится понятие объекта (entity).

Объектом может быть строка символов или файл (текстовый или бинарный). Для включения его в документ используется конструкция, известная в ряде языков программирования как ссылка на объект. Например, объявление

```
<!ENTITY SGML "Standard Generalized Markup Language">
```

определяет объект, называющийся SGML, значением которого является строка "Standard Generalized Markup Language". Это пример декларации объекта (entity declaration), которая содержит внутренний объект (internal entity). Следующее объявление, напротив, вводит системный объект (system entity):

```
<!ENTITY picture SYSTEM "picture.gif">
```

В этом случае определен объект, являющийся рисунком, а не структурированным текстом. При обработке документа некоторой программой файл `picture.gif` может быть, например, выведен на экран монитора для иллюстрации соответствующего текста.

SGML представляет собой достаточно емкий и в то же время сложный метаязык. На его основе создаются языки разметки, используемые в различных областях: подготовка книг, документации, построение систем визуализации данных и т. д. Такие языки, как HTML, XML, MathML, GML, KML и многие другие, созданы на основе SGML и полностью ему соответствуют.

Широта охвата порождает вместе с тем и ряд недостатков. Так, например, создание единого DTD для подготовки документации в рамках одной организации, несомненно, имеет преимущества, такие как унификация исходного кода, возможность автоматического индексирования данных, ведение единого словаря терминов, написание стандартных средств обработки документов, получение стандартного бумажного представления и т. п. Но как только мы выходим за рамки организации, проекта или отрасли, то все упирается в утверждение данного DTD в качестве общего стандарта. Кроме того, как только принимается стандарт на некоторый DTD, сразу начинается борьба за его расширение, и так может продолжаться до бесконечности.

Другой недостаток проявляется при создании программ (например, для редактирования SGML-документов), которые должны позволять работать с любыми возможными DTD и учитывать все возможности, предоставляемые стандартом SGML. К сожалению, это возможно лишь теоретически, так как объем таких программ будет чрезвычайно велик.

Вот почему со временем возникла тенденция создания языков разметки с более простым синтаксисом, которые в то же время подчинялись бы требованиям стандарта SGML.

3.4 HTML

Язык разметки HTML родился в Лаборатории физики высоких энергий (CERN) в Женеве в 1990 г. Первоначально HTML был предназначен для разметки научных документов и их последующего совместного использования сотрудниками разных институтов и лабораторий. HTML состоял из небольшого фиксированного набора элементов – заголовков нескольких уровней, абзацев, списков и др., но главной его особенностью было использование гиперссылок и специальных меток (`anchors`) для указания точек перехода. Все вместе позволя-

ло достаточно легко размечать простые документы и устанавливать связи как между ними, так и между компонентами одного документа. Человек всегда обрабатывает и анализирует информацию нелинейным образом. Поэтому возможности нелинейного хранения информации, простота использования языка разметки и широкие возможности применения привели к тому, что популярность HTML стала быстро расти и вне академических рамок. Как это часто бывает с любыми гениальными открытиями, успех превзошел все ожидания создателей.

В 1992 г. HTML был формализован в качестве SGML DTD, при этом в его спецификацию была заложена возможность дальнейшего расширения. Простой синтаксис языка, в отличие от SGML, позволял создавать простые программы для анализа размеченного текста и его отображения. Начался бурный рост публикаций в HTML-формате и рост числа приложений, поддерживающих этот формат. Потребности пользователей, а также конкурентная борьба производителей программного обеспечения привели к тому, что в HTML стали добавляться неспецифицированные элементы разметки. Отсутствие строгих синтаксических правил и использование нестандартных элементов вынудили производителей программного обеспечения допускать использование синтаксически некорректных конструкций. Отметим, что в WWW найдется не так много документов, полностью удовлетворяющих общепринятым спецификациям.

В целях регулирования процесса роста и стандартизации предлагаемых решений для WWW в октябре 1994 г. была создана координирующая рабочая группа – World Wide Web Consortium (W3C), которая объединяет представителей более чем 370 организаций. Основными задачами W3C являются накопление информации о WWW, необходимой как разработчикам, так и пользователям, подготовка и утверждение стандартов (технических спецификаций) на технологии, связанные с WWW, и создание прототипов и образцов приложений для демонстрации использования новых технологий.

Положительная роль W3C в судьбе HTML очевидна – этот язык удалось сохранить от разделения на несколько диалектов, правда, ценой постоянного принятия все новых и новых расширенных спецификаций, которые сменяют друг друга с периодичностью раз в два года. Но нельзя же до бесконечности расширять язык, изначально предназначенный совсем для других целей! Борьба за перетягивание одеяла на свою сторону двумя крупнейшими разработчиками веб-навигаторов в конце концов привела к тому, что стандарты начали плыть, а

пользователям приходилось очень часто менять программное обеспечение. Сами же пользователи все больше и больше становились зависимыми от разработчиков программных продуктов – у них не было возможности добавлять собственные расширения в языки разметки.

За время своего существования HTML претерпел множество изменений, что весьма неприятно для создателей документов и разработчиков программ. Но гораздо большей неприятностью стало то, что изначально задуманный как язык структурной разметки в результате своего развития HTML превратился в язык разметки представления. Чего стоит, например, форматирование документа для улучшения его внешнего вида с помощью таблиц! Исходный текст таких документов становится практически нечитаемым, а доля полезной информации составляет лишь несколько процентов.

К счастью, ситуация постепенно начинает улучшаться. В версии языка HTML 4.0 содержится около 80 элементов. Темп роста их числа заметно уменьшился. Этому способствовало, прежде всего, введение атрибута CLASS во все элементы. Используя этот атрибут, можно определить новые семантические единицы без изменения синтаксиса языка в целом (рис. 3.2). Кроме того, несомненным шагом вперед по направлению к структуризации языка стало удаление ряда элементов, отвечающих только за внешнее представление, и декларирование строгой необходимости использования таблиц стилей (style sheets) для целей внешнего представления.

```
<div CLASS="author">
  <div CLASS="name"> Дуров Илья </div>
  <div CLASS="email"> durov@jet.msk.su </div>
</div>
```

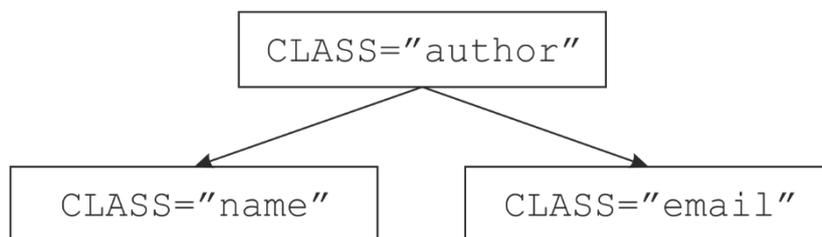


Рис. 3.2 – Пример использования атрибута CLASS

Несмотря на массовое признание и использование HTML, а также на ряд разумных шагов, предпринятых W3C, в HTML все еще имеются существенные недостатки.

Отсутствие жесткой иерархии элементов приводит к тому, что один и тот же документ может быть размечен и, соответственно, будет интерпретироваться программным обеспечением различными способами. Так, например, текст HTML-документа или любая его часть может предваряться заголовком любого уровня, что оставляет автору слишком большую свободу выбора, а читателю создает некоторые трудности при работе с документами разных авторов.

Далеко не всякая метаинформация может быть простым и корректным образом вставлена в документ, поэтому при преобразовании произвольного документа в формат HTML часть информации может быть потеряна. Использование атрибута CLASS только частично решает эту проблему.

Для некоторых областей деятельности HTML не предоставляет возможностей ни структурно размечать требуемые элементы, ни правильным образом выводить их на экран или принтер. Математикам необходима возможность работы с формулами, химикам нужно отображать структуру химических соединений, и, вместе с тем, всем разработчикам и пользователям WWW необходимы наличие единых принципов разметки документов, универсальность их обработки и отображения.

3.5 XML

С одной стороны, максималистский подход при создании SGML привел к чрезмерной сложности языка и соответствующих программных продуктов, что неприемлемо для массового потребления. С другой стороны, простота и ограниченность HTML создавали трудности при описании сложных информационных объектов, поиске необходимой информации, создании приложений, обменивающихся данными через Интернет. Поэтому в 1996 г. была сформирована рабочая группа W3C, основной задачей которой являлось создание нового языка разметки. Этот язык должен был включать в себя гораздо больше возможностей SGML, чем HTML, но в то же время оставаться подходящим для использования в WWW. Чуть позже этот язык стал известен как XML (eXtensible Markup Language, расширяемый язык разметки). Разработка нового языка разметки велась около двух лет, и в начале февраля 1998 г. W3C утвердила в качестве рекомендации первую спецификацию XML – XML версии 1.0.

За сравнительно недолгий срок с момента своего появления на свет XML сумел завоевать огромную популярность среди разработчиков интернет-технологий. Число созданных и разрабатываемых программных продуктов на основе XML, число компаний, включающих поддержку XML в свои уже гото-

вые продукты, количество публикаций в компьютерной прессе уже весьма велико и продолжает расти. Что это – дань моде или естественное желание сохранить конкурентоспособность, используя современные и прогрессивные технологии?



.....

Как и SGML, XML является метаязыком для формального описания прикладных языков разметки, предназначенных для кодирования структурированных документов. Спецификация XML определяет, как стандартным способом разметить документ, выделяя все семантически значимые компоненты.

.....

При разработке нового языка разметки учитывались достоинства и недостатки уже существующих языков, а также то, что основным местом применения XML является Интернет. Основные требования к создаваемому языку были сформулированы следующим образом:

- XML должен быть годен к непосредственному применению в Интернете;
- XML должен быть совместимым с SGML (XML-документ должен одновременно являться и SGML-документом без внесения каких-либо изменений или дополнений);
- число необязательных свойств в XML должно быть минимальным, в идеале нулевым (любая XML-программа должна уметь читать любой XML-документ);
- XML-документы должны быть легко читаемы с помощью простейших текстовых процессоров;
- XML-разметка должна быть простой для понимания.

Формальное описание нового языка разметки состоит из нескольких взаимосвязанных частей:

- спецификации eXtensible Markup Language (XML) 1.0, которая определяет синтаксис языка;
- спецификаций XML Pointer Language (XPointer) и XML Linking Language (XLink), которые определяют стандартные механизмы установления связей между компонентами XML-документов;
- спецификации eXtensible Style Language (XSL), которая определяет механизмы для внешнего представления XML-документов.

По своей структуре XML-документ очень похож на SGML- или HTML-документ. В качестве примера (3.5) приведено уже знакомое нам начало раздела.



Пример 3.5

```
<?xml version="1.0"?>
<Section>
  <head-of-section> Разметка документа </head-of-section>
  <paragraph> Каждый документ имеет три составляющие...</paragraph>
</Section>
```

Существует несколько основных правил составления XML-документа.

Каждый документ начинается с пролога. В данном случае это инструкция `<?xml version="1.0"?>`, которая является XML-декларацией. Ее наличие идентифицирует XML-документ и указывает, какой версии XML он соответствует.

В данном листинге нет указания на используемое определение типа документа (DTD), так как, в отличие от SGML, XML не требует обязательного определения DTD для каждого документа. При необходимости описание или указание на месторасположение DTD также помещается в прологе документа.

За прологом следует тело документа, которое представляет собой жесткую структуру элементов, подчиняющихся принципу вложенности. Именованные элементы либо соответствуют объявленному DTD, либо произвольно. Обязательным является наличие как открывающего, так и закрывающего маркера в каждом элементе, ибо без этого при отсутствии DTD определить структуру документа невозможно.

Каждый из элементов может по аналогии с SGML содержать атрибуты, предназначенные для более детального описания семантически однородных элементов.

Возможно наличие пустых элементов, то есть элементов без содержимого. Такие элементы обозначаются с помощью символа `'/'` перед закрывающей угловой скобкой, например:

```
<Empty-Marker/>
```

В общем случае XML-документ может иметь шесть типов компонент:

- 1) элементы;
- 2) ссылки на текстовые или бинарные объекты (entity references);

- 3) комментарии;
- 4) инструкции обработки;
- 5) отмеченные разделы данных (CDATA sections);
- 6) декларация типа документов.

Мы не будем подробно останавливаться на всех типах компонентов. Отметим лишь, что инструкции обработки в соответствии со своим названием предназначены для предоставления информации программам, которые будут в дальнейшем обрабатывать документ. Тип документа определяется тем же способом, что и в SGML, а отмеченные разделы данных позволяют передавать размещенные в них данные или текст «как есть», без анализа его структуры.

Что можно сказать про структурную и семантическую корректность разметки? Необязательность определения DTD, с одной стороны, существенно облегчает XML-разметку, но, с другой стороны, может значительно усложнить программы обработки. Каким образом определить в данном случае корректность XML-документа?

Чтобы определить класс правильно составленных (с точки зрения XML) документов, вводятся понятия структурной и синтаксической корректности. XML-документ является структурно корректным, если он отвечает следующим требованиям:

- конструкция документа должна отвечать общим правилам составления документа, определенным в спецификации. В частности, некоторые конструкции (например, инструкция `<?xml version="1.0"?>`) могут присутствовать только в определенных местах документа;
- никакой атрибут не используется более одного раза в одном маркере элемента;
- значения атрибутов не ссылаются на внешние объекты;
- все непустые элементы удовлетворяют принципу вложенности;
- все используемые объекты продекларированы;
- нет ссылок на бинарные объекты непосредственно из текста. Такие ссылки возможны лишь в момент декларации объекта;
- текстовые объекты не являются рекурсивными.

По определению, если документ не является структурно корректным, то он не является и XML-документом. При наличии у документа DTD возможна его проверка на синтаксическую корректность. При этом XML-документ считается синтаксически корректным, если он является структурно корректным и

полностью соответствует всем правилам, изложенным в соответствующем DTD.

Ссылки в XML-документах. Для языка разметки с непредопределенными названиями элементов и даже отсутствующим иногда DTD невозможно определить стандарт на механизм связывания через элементы. Напротив, ссылающиеся и указываемые объекты должны иметь специальные атрибуты, которые идентифицируют их в этом качестве.

Все элементы XML имеют специально зарезервированный атрибут XML-LINK. Присутствие этого атрибута в элементе определяет наличие ссылки, а значение атрибута указывает, какой тип ссылки в данном месте используется. В XML, в отличие от HTML, возможно создание не только однонаправленных гипертекстовых ссылок по типу «один-к-одному», но и двунаправленных ссылок. Используя HTML и перейдя по стандартной гипертекстовой ссылке на новую страницу, пользователь имеет только одну возможность перехода назад – нажатием кнопки Back в веб-браузере. При использовании двунаправленных ссылок пользователь не только может вернуться по ссылке в то место, откуда пришел, но и перейти на те страницы, которые ссылаются на указываемый объект.

То, что произойдет при переходе по ссылке, определяется атрибутом SHOW, который может иметь одно из следующих значений: EMBED, REPLACE, NEW.

В первом случае указываемый объект будет импортирован в то место, откуда идет ссылка. Это произойдет либо при показе документа, либо при его обработке. Такой подход может быть полезен при вставке некоторого текста из другого файла или для вставки картинки внутрь текста. При этом возможна как автоматическая подстановка объекта, так и ручная, требующая от пользователя некоторых действий.

Во втором случае ссылающийся объект будет заменен на указываемый. Это может быть полезным, например, при наличии двух вариантов некоторого компонента. При помощи этого механизма возможен просмотр обеих версий или обработка по выбору, в зависимости от наличия тех или иных инструкций обработки.

В последнем случае исходный объект исчезает и происходит полный переход к указываемому объекту. Такой механизм реализован в обычных гипертекстовых ссылках, когда при переходе по ссылке на экране отображается новая HTML-страница.

Механизмы ссылок и адресации в XML описываются в трех спецификациях W3C: XPath, XPointer и Xlink. Xlink описывает механизмы связывания: организацию многонаправленных и однонаправленных ссылок между ресурсами, аннотированных ссылок и внешних наборов ссылок.

Отображение документов. Используя XML, автор документа может самостоятельно определять тот набор элементов, который наиболее точным образом будет соответствовать его структурным компонентам. Но свобода выбора имеет свою цену – набор используемых элементов не обладает предопределенной семантикой. Для совместной работы с XML-документами необходим стандартный механизм получения внешнего представления. Таким механизмом для XML является XSL (eXtensible Style Language, расширяемый язык стилей).

Обычные таблицы стилей, используемые, например, для работы с HTML, содержат набор инструкций, которые говорят программе (веб-навигатору, текстовому редактору или процессору печати), каким образом преобразовывать структуру документа во внешнее представление. При этом таблицы стилей, как правило, содержат такие инструкции, как:

- отображать гипертекстовые связи синим цветом;
- начинать главу с новой страницы;
- вести сквозную нумерацию рисунков по всему документу.

Необходимо понимать, что использование или наложение стиля – это не что иное, как преобразование исходного документа к требуемому виду. Документ, отображаемый на экране, и документ, написанный и размеченный автором – это совсем не одно и то же. Степень трансформации может меняться в зависимости от презентационных целей – страница документа для публикации в Интернете и для высококачественной полноцветной полиграфической печати должна обрабатываться по-разному, но в любом случае требуется некоторое преобразование.

Использование языков разметки с предопределенной семантикой позволяет существенно упростить реализацию таблицы стилей. Программа, обрабатывающая, например, размеченную таблицу, может отобразить ее различными способами, но она заранее, даже без использования таблицы стилей, знает, что обрабатываемый объект является таблицей.

В случае использования XML-разметки XSL не только должен определять, каким образом тот или иной элемент будет отображаться, скажем, на экране, но и каким объектом он будет в итоге являться. Для того чтобы передать содержание XML-документа наиболее эффективным образом, необходимо

две вещи: стандартный язык, описывающий требуемую разметку на выходе (в XSL это форматирующие объекты – *formatting objects*), и средство для преобразования исходного документа к требуемой разметке (в XSL это язык трансформации – *transformation language*). XSL включает стандартный словарь форматирующих объектов с хорошо определенными свойствами для осуществления контроля. Эти форматирующие объекты, такие как страница, блок текста, таблица, список и другие, позволяют авторам стилей получать высококачественное внешнее представление.

Работа с XML начинается с обработки исходного текста программой-анализатором (*parser*). Эта программа проверяет структурную и синтаксическую корректность XML-документа и создает дерево элементов исходного документа. Далее вступает в действие XSL-процессор, который в качестве исходных данных берет построенное дерево и соответствующий стиль. Шаг за шагом, начиная с корневого элемента, XML-процессор по шаблону, определенному в таблице стилей, обрабатывает всю структуру документа. Получающееся в результате дерево элементов может состоять из форматирующих объектов, которые и описывают внешнее представление документа. Форматирующие объекты представляют собой описание, независимое от устройства представления, и, следовательно, конечный документ может быть использован различными устройствами вывода.

Возможна и альтернатива форматирующим объектам. Так, в случае необходимости преобразования к HTML-виду, вместо форматирующих объектов будут использованы элементы языка разметки HTML. При этом результирующий документ будет выглядеть очень похожим на HTML-документ и обрабатываться стандартными веб-навигаторами. Однако следует понимать, что любое XSL-преобразование XML-документа в результате даст тоже XML-документ.

Основными преимуществами XSL над другими механизмами наложения стилей, помимо возможности работы с элементами неопределенной семантики, являются:

- возможность изменения порядка следования элементов в результирующем документе;
- возможность сортировки и сравнения элементов текста (список используемых терминов, упомянутых авторов);

- повторная обработка некоторых элементов (например, для печати разными стилями названия главы в начале страницы, в колонтитуле, оглавлении);
- возможность генерации вспомогательного текста («Глава», «Оглавление», «Список иллюстраций» и т. п.);
- подавление вывода некоторого текста (удаление редакторских примечаний или вывод только предисловия, а не полного документа).



Контрольные вопросы по главе 3

1. Что понимается под разметкой документа?
2. Вспомните особенности структурной разметки документа.
3. Что необходимо иметь для эффективной работы с языками разметки?
4. На каких основных положениях основывается разметка, определяемая в SGML?
5. Приведите достоинства SGML.
6. Что определяет DTD?
7. Чем отличается HTML от SGML?
8. Что привело к созданию XML?
9. Чем определяется структура XML-документа?
10. Как определяются ссылки в XML-документах?
11. При решении каких задач целесообразно применять XML?

4 Информационные системы обработки данных

4.1 Основные классы информационных систем

В 60-х гг. XX в. была осознана необходимость применения средств компьютерной обработки хранимой информации там, где были накоплены значительные объемы полезных данных – в военной промышленности, в бизнесе. Появились автоматизированные информационные системы (АИС) – программно-аппаратные комплексы, предназначенные для хранения, обработки информации и обеспечения ею пользователей. Первые АИС работали преимущественно с информацией фактического характера, например, с характеристиками объектов и их связей. По мере «интеллектуализации» АИС появилась возможность обрабатывать текстовые документы на естественном языке, изображения и другие виды и форматы представления данных.

Несмотря на то что принципы хранения данных в системах обработки фактической и документальной (текстовой) информации схожи, алгоритмы обработки в них заметно различаются. Поэтому в зависимости от характера информационных ресурсов, которыми оперируют такие системы, принято различать два крупных их класса – документальные и фактографические.

Документальные системы служат для работы с документами на естественном языке – монографиями, публикациями в периодике, сообщениями пресс-агентств, текстами законодательных актов. Они обеспечивают их смысловой анализ при неполном, приближенном представлении смысла. Наиболее распространенный тип документальных систем – информационно-поисковые системы (ИПС), предназначенные для накопления и поиска по различным критериям документов на естественном языке.

Другой большой класс автоматизированных систем – фактографические системы. Они оперируют фактическими сведениями, представленными в виде специальным образом организованных совокупностей формализованных записей данных. Центральное функциональное звено фактографических информационных систем – системы управления базами данных (СУБД). Фактографические системы используются не только для реализации справочных функций, но и для решения задач обработки данных. Под обработкой данных понимается специальный класс решаемых на ЭВМ задач, связанных с вводом, хранением, сортировкой, отбором и группировкой записей данных однородной структуры.

В большинстве случаев эти задачи предусматривают предоставление пользователям итоговых результатов обработки в виде отчетов табличной формы.

Задачи, связанные с обработкой данных, широко распространены в любой деятельности. На их основе ведут учет товаров в супермаркетах и на складах, начисляют зарплату в бухгалтериях и т. д. Невозможно представить себе деятельность современного предприятия или учреждения без использования АИС. Эти системы составляют фундамент информационной деятельности во всех сферах, начиная с производства, управления финансами и телекоммуникациями и заканчивая управлением семейным бюджетом.

Массивы информации, накопленные в АИС, должны быть оптимальным образом организованы для их компьютерного хранения и обработки, должна обеспечиваться их целостность и непротиворечивость. Используя функции стандартных файловых систем, невозможно добиться нужной производительности при решении подобных задач, поэтому все автоматизированные информационные системы опираются на СУБД – системы управления базами данных.



.....

Среди фактографических систем важное место занимают два класса: системы операционной обработки данных и системы, ориентированные на анализ данных и поддержку принятия решений.

.....

Первые рассчитаны на быстрое обслуживание относительно простых запросов большого числа пользователей. Системы операционной обработки работают с данными, которые требуют защиты от несанкционированного доступа, от нарушений целостности, от аппаратных и программных сбоев. Время ожидания выполнения типичных запросов в таких системах не должно превышать нескольких секунд. Сфера применения таких систем – это системы платежей, резервирования мест в поездах, самолетах, гостиницах, банковские и биржевые системы. Логическая единица функционирования систем операционной обработки данных – транзакция. Транзакция – это некоторое законченное, с точки зрения пользователя, действие над базой данных. В современной литературе для обозначения систем операционной обработки часто используют термин OLTP (On-Line Transaction Processing – оперативная обработка транзакций, или выполнение транзакций в режиме реального времени). Ниже мы определим понятие транзакции, рассмотрим, как происходит выполнение транзакций в OLTP-системах, как в них поддерживается целостность БД и какие средства

используются для эффективного управления ресурсами в распределенных системах операционной обработки данных.

Другой класс информационных систем – системы поддержки принятия решений (аналитические системы). Эти системы ориентированы на выполнение более сложных запросов, требующих статистической обработки исторических (накопленных за некоторый промежуток времени) данных, моделирования процессов предметной области, прогнозирования развития тех или иных явлений. Аналитические системы также часто включают средства обработки информации на основе методов искусственного интеллекта, средства графического представления данных. Эти системы оперируют большими объемами исторических данных, позволяя выделить из них содержательную информацию – получить знания из данных.

Задачи систем поддержки принятия решений. Как уже было сказано, в настоящее время вычислительные системы и компьютерные сети позволяют накапливать большие массивы данных для решения задач обработки и анализа. К сожалению, сама по себе машинная форма представления данных содержит информацию, необходимую человеку, в скрытом виде, и для ее извлечения нужно использовать специальные методы анализа данных.

Большие объемы информации, с одной стороны, позволяют получить более точные расчеты и анализ, с другой – превращают поиск решений в сложную задачу. Неудивительно, что первичный анализ данных был переложен на компьютер. В результате появился целый класс программных систем, призванных облегчить работу людей, выполняющих анализ (аналитиков). Такие системы принято называть системами поддержки принятия решений – СППР (DSS, Decision Support System).

Для выполнения анализа СППР должна накапливать информацию, обладая средствами ее ввода и хранения. Можно выделить три основные задачи, решаемые в СППР: ввод данных; хранение данных; анализ данных. Таким образом, СППР – это системы, обладающие средствами ввода, хранения и анализа данных, относящихся к определенной предметной области, с целью поиска решений.

Ввод данных в СППР осуществляется либо автоматически от датчиков, характеризующих состояние среды или процесса, либо человеком-оператором. В первом случае данные накапливаются путем циклического опроса или по сигналу готовности, возникающему при появлении информации. Во втором случае СППР должны предоставлять пользователям удобные средства ввода

данных, контролирующие корректность вводимых данных и выполняющие сопутствующие вычисления. Если ввод осуществляется одновременно несколькими операторами, то система должна решать проблемы параллельного доступа и модификации одних и тех же данных разными пользователями.

Постоянное накопление данных приводит к непрерывному росту их объема. В связи с этим на СППР ложится задача обеспечить надежное хранение больших объемов данных. На СППР также могут быть возложены задачи предотвращения несанкционированного доступа, резервного хранения данных, архивирования и т. п.

Основная задача СППР – предоставить аналитикам инструмент для выполнения анализа данных. Необходимо отметить, что для эффективного использования СППР ее пользователь-аналитик должен обладать соответствующей квалификацией. Система не генерирует правильные решения, а только предоставляет аналитику данные в соответствующем виде (отчеты, таблицы, графики и т. п.) для изучения и анализа, именно поэтому такие системы обеспечивают выполнение функции поддержки принятия решений. И если, с одной стороны, качество принятых решений зависит от квалификации аналитика, то, с другой стороны, рост объемов анализируемых данных, высокая скорость обработки и анализа, а также сложность использования машинной формы представления данных стимулируют исследования и разработку интеллектуальных СППР. Для таких СППР характерно наличие функций, реализующих отдельные умственные возможности человека [4].

По степени «интеллектуальности» обработки данных при анализе выделяют три класса задач анализа:

- 1) *информационно-поисковый* – СППР осуществляет поиск необходимых данных. Характерной чертой такого анализа является выполнение заранее определенных запросов;
- 2) *оперативно-аналитический* – СППР производит группирование и обобщение данных в любом виде, необходимом аналитику. В отличие от информационно-поискового анализа в данном случае невозможно заранее предсказать необходимые аналитику запросы;
- 3) *интеллектуальный* – СППР осуществляет поиск функциональных и логических закономерностей в накопленных данных, построение моделей и правил, которые объясняют найденные закономерности и/или прогнозируют развитие некоторых процессов (с определенной вероятностью).

Обобщенная архитектура СППР представлена на рисунке 4.1.

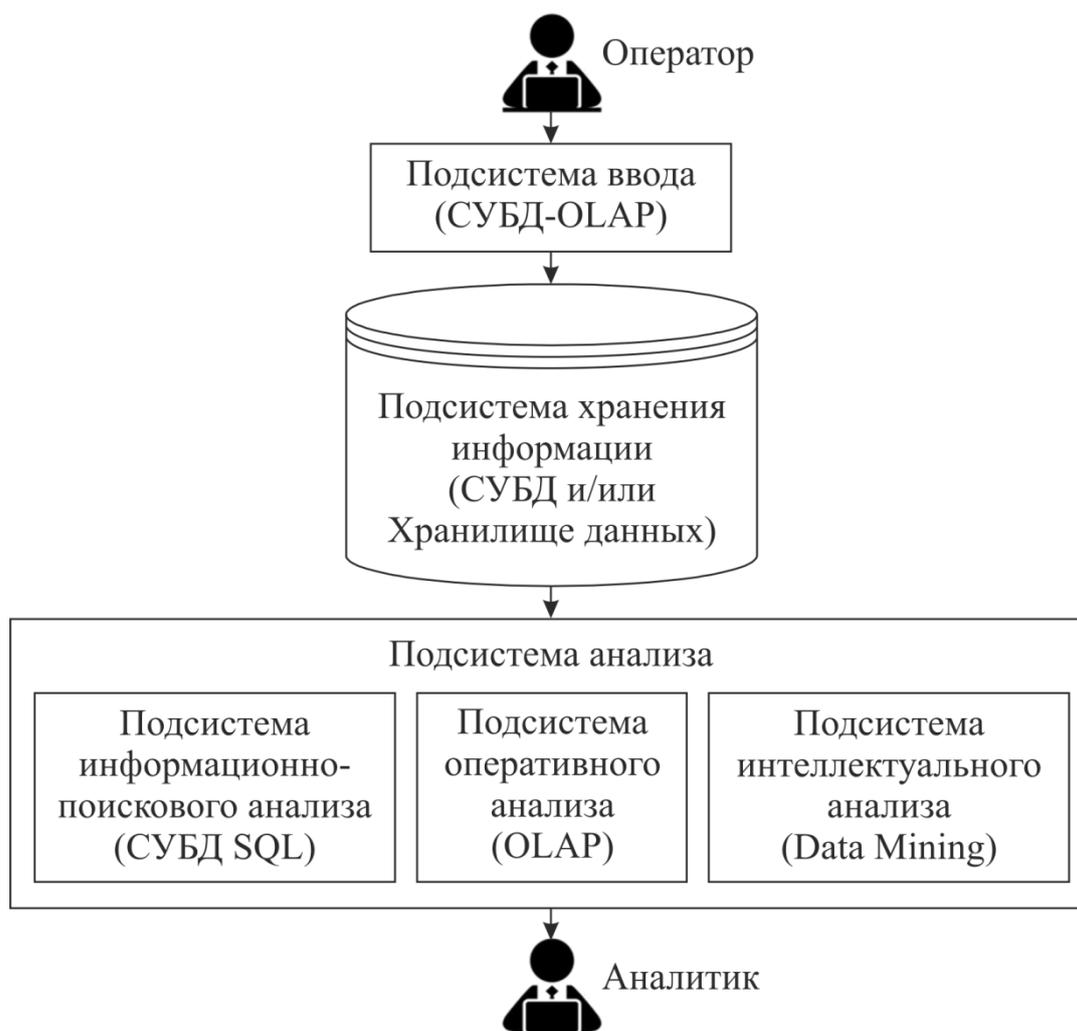


Рис. 4.1 – Обобщенная архитектура СППР

Рассмотрим отдельные подсистемы более подробно.

Подсистема ввода данных. В таких подсистемах, относящихся к классу OLTP-систем (On-line transaction processing), выполняется операционная (транзакционная) обработка данных. Для реализации этих подсистем используют обычные системы управления базами данных (СУБД).

Подсистема хранения. Для реализации данной подсистемы используют современные СУБД и системы, отвечающие концепции хранилищ данных.

Подсистема анализа. Данная подсистема может быть построена на основе:

- подсистемы информационно-поискового анализа на основе реляционных СУБД и статических запросов с использованием языка структурных запросов SQL;

- подсистемы оперативного анализа. Для реализации таких подсистем применяется технология оперативной аналитической обработки данных OLAP (On-line analytical processing), использующая концепцию многомерного представления данных;
- подсистемы интеллектуального анализа. Данная подсистема реализует методы и алгоритмы Data Mining (добыча данных).

4.2 Особенности обработки данных в OLTP-системах

OLTP-системы оперативной обработки транзакций характеризуются большим количеством изменений хранимых данных, одновременным обращением множества пользователей к одним и тем же данным для выполнения разнообразных операций, таких как чтение, запись, удаление и модификация данных. Для нормальной работы множества пользователей применяются блокировки и транзакции. Эффективная обработка транзакций и поддержка блокировок входят в число важнейших требований к системам оперативной обработки транзакций.

К этому классу систем относятся и первые СППР – информационные системы руководства (ИСП или EIS – Executive Information Systems). Такие системы, как правило, строятся на основе реляционных СУБД, включают в себя подсистемы сбора, хранения и информационно-поискового анализа информации, а также содержат в себе predetermined множество запросов для повседневной работы. Каждый новый запрос, не предусмотренный при проектировании такой системы, должен быть сначала формально описан, закодирован программистом и только затем выполнен. Время ожидания в этом случае может составлять часы и дни, что неприемлемо для оперативного принятия решений.

Как уже было сказано выше, основной логической единицей функционирования систем операционной обработки данных является транзакция.

Транзакцией называют неделимую с позиции воздействия на БД последовательность операции манипулирования данными.

Транзакция может состоять из операции чтения, удаления, вставки, модификации данных. В OLTP-системах транзакция реализует некоторое осмысленное, с точки зрения пользователя, действие, например, перевод денег со счета на счет в платежной системе банка, резервирование места в поезде системой оформления железнодорожных билетов, резервирование места в кинотеатре и т. п.

Традиционно понятие «обработка транзакций» использовалось применительно к крупномасштабным системам обработки данных – системам, осуществлявшим международные банковские операции и др. Теперь ситуация меняется. Информационные системы в различных областях человеческой деятельности становятся все более распределенными и неоднородными, в них остро стоят проблемы сохранения целостности данных и разграничения доступа. Одно из направлений решения этих проблем – использование средств обслуживания транзакций в информационных системах [4].

Чтобы использование механизмов обработки транзакций позволило обеспечить целостность данных и изолированность пользователей, транзакция должна обладать четырьмя основными свойствами: атомарности (atomicity), согласованности (consistency), изолированности (isolation), долговечности (durability). Транзакции, обладающие перечисленными свойствами, иногда называют ACID-транзакциями, по первым буквам их английских названий.

Свойство атомарности означает, что транзакция должна выполняться как единая операция доступа к БД. Она должна быть выполнена полностью либо не выполнена совсем. То есть должны быть выполнены все операции манипулирования данными, которые входят в транзакцию, либо, если по каким-то причинам выполнение части операций невозможно, ни одна из операций не должна выполняться. Свойство атомарности обычно коротко выражают фразой: «все или ничего».

Свойство согласованности гарантирует взаимную целостность данных, то есть выполнение ограничений целостности БД после окончания обработки транзакции. Следует отметить, что база данных может обладать такими ограничениями целостности, которые сложно не нарушить в случае выполнения каждый раз только одного оператора ее изменения. Например, если в отношении А хранится число кортежей отношения В, то добавить новый кортеж в отношение В, не нарушив ограничений целостности, невозможно. Поэтому такое нарушение внутри транзакции допускается, но к моменту ее завершения база данных должна быть в целостном состоянии. Несоблюдение в системах со средствами контроля целостности этого условия приводит к отмене всех операций транзакции.

В многопользовательских системах с одной БД одновременно могут работать несколько пользователей или прикладных программ. Поскольку каждая транзакция может изменять разделяемые данные, данные могут временно находиться в несогласованном состоянии. Доступ к этим данным другим транзакци-

ям должен быть запрещен, пока изменения не будут завершены. Свойство изолированности транзакций гарантирует, что они будут выполняться отдельно друг от друга.

Свойство долговечности означает, что если транзакция выполнена успешно, то произведенные в ходе ее выполнения изменения в данных не будут потеряны ни при каких обстоятельствах.

Результатом выполнения транзакции может быть ее фиксация или откат. Фиксация транзакции – это действие, обеспечивающее запись в БД всех изменений, которые были произведены в процессе ее выполнения. До того, как транзакция зафиксирована, возможна отмена всех сделанных изменений и возврат базы данных в то состояние, в котором она была до начала выполнения транзакции. Фиксация транзакции означает, что все результаты ее выполнения становятся видимыми другим транзакциям. Для фиксации транзакции необходимо успешное выполнение всех ее операторов.

Если нормальное завершение транзакции невозможно, например, нарушены ограничения целостности БД, или пользователь выдал специальную команду, происходит откат транзакции. База данных возвращается в исходное состояние, все изменения аннулируются.

Механизм корректного отката и фиксации транзакций основан на использовании журнала транзакций. Для того чтобы иметь возможность сделать откат, СУБД должна сохранять все изменения, которые транзакция внесла в БД. Однако нет необходимости каждый раз сохранять всю информацию базы данных. Реляционные операции изменяют строки отношений БД, поэтому, чтобы обеспечить возможность отката, СУБД должна хранить те строки, которые были модифицированы. При выполнении любой операции, изменяющей базу данных, СУБД автоматически сохраняет в журнале транзакций состояние модифицируемых строк до операции и после нее. Только после этого изменения вносятся в БД. Если по окончании обработки транзакция фиксируется, то в журнале делается соответствующая отметка. Если же производится откат транзакции, то СУБД по журналу восстанавливает те строки отношений, которые были модифицированы, отменяя, таким образом, все изменения.

4.3 Неэффективность использования OLTP-систем для анализа данных

Практика использования OLTP-систем показала неэффективность их применения для полноценного анализа информации. Такие системы достаточно

успешно решают задачи сбора, хранения и поиска информации, но они не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к современным СППР. Подходы, связанные с наращиванием функциональности OLTP-систем, не дали удовлетворительных результатов. Основной причиной неудачи является противоречивость требований, предъявляемых к системам OLTP и СППР. Рассмотрим основные требования, предъявляемые к системам OLTP и СППР.

Степень детализации хранимых данных. Типичный запрос в OLTP-системе, как правило, выборочно затрагивает отдельные записи в таблицах, которые эффективно извлекаются с помощью индексов. В системах анализа, наоборот, требуется выполнять запросы сразу над большим количеством данных с широким применением группировок и обобщений (суммирование, агрегирования и т. п.). Например, в стандартных системах складского учета наиболее часто выполняются операции вычисления текущего количества определенного товара на складе, продажи и оплаты товаров покупателями и т. д. В системах анализа выполняются запросы, связанные с определением общей стоимости товаров, хранящихся на складе, категорий товаров, пользующихся наибольшим и наименьшим спросом, обобщение по категориям и суммирование по всем продажам товаров и т. д.

Качество данных. OLTP-системы, как правило, хранят информацию, вводимую непосредственно пользователями систем (операторами ЭВМ). Присутствие «человеческого фактора» при вводе повышает вероятность ошибочных данных и может создать локальные проблемы в системе. При анализе ошибочные данные могут привести к неправильным выводам и принятию неверных стратегических решений. В системах анализа не допускаются ошибки в данных.

Формат хранения данных. OLTP-системы, обслуживающие различные участки работы, не связаны между собой. Они часто реализуются на разных программно-аппаратных платформах. Одни и те же данные в разных базах могут быть представлены в различном виде и могут не совпадать (например, данные о клиенте, который взаимодействовал с разными отделами компании, могут не совпадать в базах данных этих отделов). В процессе анализа такое различие форматов чрезвычайно затрудняет совместный анализ этих данных. Поэтому к системам анализа предъявляется требование единого формата. Как правило, необходимо, чтобы этот формат был оптимизирован для анализа данных (нередко за счет их избыточности).

Допущение избыточных данных. Структура базы данных, обслуживающей OLTP-систему, обычно довольно сложна. Она может содержать многие де-

сятки и даже сотни таблиц, ссылающихся друг на друга. Данные в такой БД сильно нормализованы для оптимизации занимаемых ресурсов. Аналитические запросы к БД очень трудно формулируются и крайне неэффективно выполняются, поскольку содержат в себе представления, объединяющие большое количество таблиц. При проектировании систем анализа стараются максимально упростить схему БД и уменьшить количество таблиц, участвующих в запросе. С этой целью часто допускают денормализацию (избыточность данных) БД.

Управление данными. Основное требование к OLTP-системам – обеспечить выполнение операций модификации над БД. При этом предполагается, что они должны выполняться в реальном режиме, и часто очень интенсивно. Например, при оформлении розничных продаж в систему вводятся данные о соответствующих документах. Очевидно, что интенсивность ввода зависит от интенсивности покупок и в случае ажиотажа будет очень высокой, а любое промедление ведет к потере клиента. В отличие от OLTP-систем данные в системах анализа меняются редко. Единожды попав в систему, данные уже практически не изменяются. Ввод новых данных, как правило, носит эпизодический характер и выполняется в периоды низкой активности системы (например, раз в неделю на выходных).

Количество хранимых данных. Как правило, системы анализа предназначены для анализа временных зависимостей, в то время как OLTP-системы обычно имеют дело с текущими значениями каких-либо параметров. Например, типичное складское приложение OLTP оперирует текущими остатками товара на складе, в то время как в системе анализа может потребоваться анализ динамики продаж товара. По этой причине в OLTP-системах допускается хранение данных за небольшой период времени (например, за последний квартал). Для анализа данных, наоборот, необходимы сведения за максимально большой интервал времени.

Характер запросов к данным. В OLTP-системах из-за нормализации БД составление запросов является достаточно сложной работой и требует необходимой квалификации. Поэтому для таких систем заранее составляется некоторый ограниченный набор статических запросов к БД, необходимый для работы с системой (например, наличие товара на складе, размер задолженности покупателей и т. п.). Для СППР невозможно заранее определить необходимые запросы, поэтому к ним предъявляется требование обеспечить формирование произвольных запросов к БД аналитиками.

Время обработки обращений к данным. OLTP-системы, как правило, работают в режиме реального времени, поэтому к ним предъявляются жесткие требования по обработке данных. Например, время ввода документов продажи товаров (расходных накладных) и проверки наличия продаваемого товара на складе должно быть минимально, т. к. от этого зависит время обслуживания клиента. В системах анализа, по сравнению с OLTP, обычно выдвигают значительно менее жесткие требования ко времени выполнения запроса. При анализе данных аналитик может потратить больше времени для проверки своих гипотез. Его запросы могут выполняться в диапазоне от нескольких минут до нескольких часов.

Характер вычислительной нагрузки на систему. Как уже отмечалось ранее, работа с OLTP-системами, как правило, выполняется в режиме реального времени. В связи с этим такие системы нагружены равномерно в течение всего интервала времени работы с ними. Документы продажи или прихода товара оформляются в общем случае постоянно в течение всего рабочего дня. Аналитик при работе с системой анализа обращается к ней для проверки некоторых своих гипотез и получения отчетов, графиков, диаграмм и т. п. При выполнении запросов степень загрузки системы высокая, т. к. обрабатывается большое количество данных, выполняются операции суммирования, группирования и т. п. Таким образом, характер загрузки систем анализа является пиковым.

Приоритетность характеристик системы. Для OLTP-систем приоритетным является высокая производительность и доступность данных, т. к. работа с ними ведется в режиме реального времени. Для систем анализа более приоритетными являются задачи обеспечения гибкости системы и независимости работы пользователей, т. е. то, что необходимо аналитикам для анализа данных.

Противоречивость требований к OLTP-системам и системам, ориентированным на глубокий анализ информации, усложняет задачу их интеграции как подсистем единой СППР. В настоящее время наиболее популярным решением этой проблемы является подход, ориентированный на использование концепции хранилищ данных. Общая идея хранилищ данных заключается в разделении БД для OLTP-систем и БД для выполнения анализа и последующем их проектировании с учетом соответствующих требований.

4.4 Концепция хранилища данных



Стремление объединить в одной архитектуре СППР возможности OLTP-систем и систем анализа, требования к которым во многом противоречивы, привело к появлению концепции хранилищ данных (ХД).

Концепция ХД так или иначе обсуждалась специалистами в области информационных систем достаточно давно. Первые статьи, посвященные именно ХД, появились в 1988 г., их авторами были Б. Девлин и П. Мэрфи. В 1992 г. У. Инмон подробно описал данную концепцию в своей монографии «Построение хранилищ данных» (Building the Data Warehouse. 2nd edition. QED Publishing Group, 1996).

В основе концепции ХД лежит идея разделения данных, используемых для оперативной обработки и для решения задач анализа. Это позволяет применять структуры данных, которые удовлетворяют требованиям их хранения с учетом использования в OLTP-системах и системах анализа. Такое разделение позволяет оптимизировать как структуры данных оперативного хранения (оперативные БД, файлы, электронные таблицы и т. п.) для выполнения операций ввода, модификации, удаления и поиска, так и структуры данных, используемые для анализа (для выполнения аналитических запросов). В СППР – эти два типа данных называются соответственно оперативными источниками данных (ОИД) и хранилищем данных.

В своей работе Инмон дал следующее определение ХД.



Хранилище данных – предметно-ориентированный, интегрированный, неизменяемый, поддерживающий хронологию набор данных, организованный для целей поддержки принятия решений [4].

Рассмотрим свойства ХД более подробно.

Предметная ориентация. Это фундаментальное отличие ХД от ОИД. Разные ОИД могут содержать данные, описывающие одну и ту же предметную область с разных точек зрения (например, с точки зрения бухгалтерского учета, складского учета, планового отдела и т. п.). Решение, принятое на основе только одной точки зрения, может быть неэффективным или даже неверным. ХД

позволяют интегрировать информацию, отражающую разные точки зрения на одну предметную область. Предметная ориентация позволяет также хранить в ХД только те данные, которые нужны для их анализа (например, для анализа нет смысла хранить информацию о номерах документов купли-продажи, в то время как их содержимое – количество, цена проданного товара – необходимо). Это существенно сокращает затраты на носители информации и повышает безопасность доступа к данным.

Интеграция. ОИД, как правило, разрабатываются в разное время несколькими коллективами с собственным инструментарием. Это приводит к тому, что данные, отражающие один и тот же объект реального мира в разных системах, описывают его по-разному. Обязательная интеграция данных в ХД позволяет решить эту проблему, приведя данные к единому формату.

Поддержка хронологии. Данные в ОИД необходимы для выполнения над ними операций в текущий момент времени. Поэтому они могут не иметь привязки ко времени. Для анализа данных часто бывает важно иметь возможность отслеживать хронологию изменений показателей предметной области. Поэтому все данные, хранящиеся в ХД, должны соответствовать последовательным интервалам времени.

Неизменяемость. Требования к ОИД накладывают ограничения на время хранения в них данных. Те данные, которые не нужны для оперативной обработки, как правило, удаляются из ОИД для уменьшения занимаемых ресурсов. Для анализа, наоборот, требуются данные за максимально большой период времени. Поэтому, в отличие от ОИД, данные в ХД после загрузки только читаются. Это позволяет существенно повысить скорость доступа к данным, как за счет возможной избыточности хранящейся информации, так и за счет исключения операций модификации.



.....

При реализации в СППР концепции ХД данные из различных ОИД загружаются в единое хранилище. Собранные данные приводятся к единому формату, согласовываются и обобщаются. Аналитические запросы адресуются к ХД.

.....

Такая модель неизбежно приводит к дублированию информации в ОИД и в ХД. Однако Инмон в своей работе утверждает, что избыточность данных, хранящихся в СППР, не превышает 1%! Это можно объяснить следующими причинами. При загрузке информации из ОИД в ХД данные фильтруются.

Многие из них не попадают в ХД, поскольку лишены смысла с точки зрения использования в процедурах анализа. Информация в ОИД носит, как правило, оперативный характер, и данные, потеряв актуальность, удаляются. В ХД, напротив, хранится историческая информация. С этой точки зрения дублирование содержимого ХД данными ОИД оказывается весьма незначительным. В ХД хранится обобщенная информация, которая в ОИД отсутствует. Во время загрузки в ХД данные очищаются (удаляется ненужная информация), и после такой обработки они занимают гораздо меньший объем.

Избыточность информации можно свести к нулю, используя виртуальное ХД. В данном случае в отличие от классического (физического) ХД данные из ОИД не копируются в единое хранилище. Они извлекаются, преобразуются и интегрируются непосредственно при выполнении аналитических запросов в оперативной памяти компьютера. Фактически такие запросы напрямую адресуются к ОИД. Основными достоинствами виртуального ХД являются минимизация объема памяти, занимаемой на носителе информацией и работа с текущими, детализированными данными.

Однако такой подход обладает многими недостатками. Время обработки запросов к виртуальному ХД значительно превышает соответствующие показатели для физического хранилища. Кроме того, структуры оперативных БД, рассчитанные на интенсивное обновление одиночных записей, в высокой степени нормализованы. Для выполнения же аналитического запроса требуется объединение большого числа таблиц, что также приводит к снижению быстродействия.

Интегрированный взгляд на виртуальное хранилище возможен только при выполнении условия постоянной доступности всех ОИД. Таким образом, временная недоступность хотя бы одного из источников может привести либо к невыполнению аналитического запроса, либо к неверным результатам.

Выполнение сложных аналитических запросов над ОИД требует значительных ресурсов компьютеров. Это приводит к снижению быстродействия OLTP-систем, что недопустимо, т. к. время выполнения операций в таких системах часто весьма критично.

Различные ОИД могут поддерживать разные форматы и кодировки данных. Часто на один и тот же вопрос может быть получено несколько вариантов ответа. Это может быть связано с несинхронностью моментов обновления данных в разных ОИД, отличиями в описании одинаковых объектов и событий предметной области, ошибками при вводе, утерей фрагментов архивов и т. д.

В таком случае цель – формирование единого непротиворечивого взгляда на объект управления, может быть не достигнута.

Главным же недостатком виртуального хранилища следует признать практическую невозможность получения данных за долгий период времени. При отсутствии физического хранилища доступны только те данные, которые на момент запроса есть в ОИД. Основное назначение OLTP-систем – оперативная обработка текущих данных, поэтому они не ориентированы на хранение данных за длительный период времени. По мере устаревания данные выгружаются в архив и удаляются из оперативной БД.

Несмотря на преимущества физического ХД перед виртуальным его реализация представляет собой достаточно трудоемкий процесс. Остановимся на основных проблемах создания ХД:

- необходимость интеграции данных из неоднородных источников в распределенной среде;
- потребность в эффективном хранении и обработке очень больших объемов информации;
- необходимость наличия многоуровневых справочников метаданных;
- повышенные требования к безопасности данных.

Рассмотрим эти проблемы более подробно.

Необходимость интеграции данных из неоднородных источников в распределенной среде. ХД создаются для интегрирования данных, которые могут поступать из разнородных ОИД, физически размещающихся на разных компьютерах: БД, электронных архивов, публичных и коммерческих электронных каталогов, справочников, статистических сборников, сайтов различного назначения. При создании ХД приходится решать задачу построения системы, согласованно функционирующей с неоднородными программными средствами и решениями. При выборе средств реализации ХД приходится учитывать множество факторов, включающих уровень совместимости различных программных компонентов, легкость их освоения и использования, эффективность функционирования и т. д.

Потребность в эффективном хранении и обработке очень больших объемов информации. Свойство неизменности ХД предполагает накопление в нем информации за долгий период времени, что должно поддерживаться постоянным ростом объемов дисковой памяти. Ориентация на выполнение аналитических запросов и связанная с этим денормализация данных приводят к нелинейному росту объемов памяти, занимаемой ХД при возрастании объема

данных. Исследования, проведенные на основе тестового набора TPC-D, показали, что для баз данных объемом в 100 Гбайт требуется память, в 4,87 раза большая объемом, чем нужно для хранения только полезных данных [4].

Необходимость многоуровневых справочников метаданных. Для систем анализа наличие развитых метаданных (данных о данных) и средств их предоставления конечным пользователям является одним из основных условий успешной реализации ХД. Метаданные необходимы пользователям СППР для понимания структуры информации, на основании которой принимается решение. Например, прежде чем менеджер корпорации задаст системе свой вопрос, он должен понять, какая информация имеется, насколько она актуальна, можно ли ей доверять, сколько времени может занять формирование ответа и т. д. При создании ХД необходимо решать задачи хранения и удобного представления метаданных пользователям.

Повышение требований к безопасности данных. Собранная вместе и согласованная информация об истории развития корпорации, ее успехах и неудачах, о взаимоотношениях с поставщиками и заказчиками, об истории и состоянии рынка дает возможность анализа прошлой и текущей деятельности корпорации и построения прогнозов для будущего. Очевидно, что подобная информация является конфиденциальной и доступ к ней ограничен в пределах самой компании, не говоря уже о других компаниях. Для обеспечения безопасности данных приходится решать вопросы аутентификации пользователей, защиты данных при их перемещении в хранилище данных из оперативных баз данных и внешних источников, защиты данных при их передаче по сети и т. п.

Снижения затрат на создание ХД можно добиться, создавая его упрощенный вариант – витрину данных (Data Mart).



.....
Витрина данных (ВД) – это упрощенный вариант ХД, содержащий только тематически объединенные данные.

ВД максимально приближена к конечному пользователю и содержит данные, тематически ориентированные на него (например, ВД для работников отдела маркетинга может содержать данные, необходимые для маркетингового анализа). ВД существенно меньше по объему, чем ХД, и для ее реализации не требуется больших затрат. Они могут быть реализованы как самостоятельно, так и вместе с ХД. Самостоятельные ВД часто появляются в организации исто-

рически и встречаются в крупных организациях с большим количеством независимых подразделений, решающих собственные аналитические задачи.

Достоинствами такого подхода являются:

- проектирование ВД для ответов на определенный круг вопросов;
- быстрое внедрение автономных ВД и получение отдачи;
- упрощение процедур заполнения ВД и повышение их производительности за счет учета потребностей определенного круга пользователей.

Недостатками автономных ВД являются:

- многократное хранение данных в разных ВД, что приводит к увеличению расходов на их хранение и потенциальным проблемам, связанным с необходимостью поддержания непротиворечивости данных;
- отсутствие консолидированности данных на уровне предметной области и, следовательно, отсутствие единой картины.



.....

В последнее время все более популярной становится идея совместить ХД и ВД в одной системе. В этом случае ХД используется в качестве единственного источника интегрированных данных для всех ВД.

.....

ХД представляет собой единый централизованный источник информации для всей предметной области, а ВД являются подмножествами данных из хранилища, организованными для представления информации по тематическим разделам данной области. Конечные пользователи имеют возможность доступа к детальным данным хранилища, если данных в витрине недостаточно, а также для получения более полной информационной картины. Достоинствами такого подхода являются:

- простота создания и наполнения ВД, поскольку наполнение происходит из единого стандартизованного надежного источника очищенных данных – из ХД;
- простота расширения СППР за счет добавления новых ВД;
- снижение нагрузки на основное ХД.

К недостаткам относятся:

- избыточность (данные хранятся как в ХД, так и в ВД);
- дополнительные затраты на разработку СППР с ХД и ВД.

4.5 Архитектура хранилищ данных

Одной из главных целей разработки ХД является информационное обеспечение компьютерной поддержки принятия решений по всем или основным видам деятельности организации. Каждый вид деятельности организации является отдельной задачей, решение которой может быть, а может и не быть увязано с решением других задач в рамках организации. Вид деятельности организации или направление бизнеса совместно со спектром соответствующих ему бизнес-задач определяют предметную область ХД.

Например, компания производит и продает оборудование для добычи угля, а с другой стороны, та же компания имеет подразделения, которые занимаются производством услуг в области автоматизации предприятий, в том числе и угледобывающих. Источники прибыли в этих случаях различны. Это два направления бизнеса компании (две предметные области). Общими задачами анализа данных для этих направлений бизнеса являются прибыль и бюджет.



.....

Под архитектурой ХД понимают совокупность программно-аппаратных компонент, совокупность технологических и организационных решений, предпринимаемых для создания, разработки и функционирования ХД, т. е. выбор аппаратного и программного обеспечения, выбор способов взаимодействия программно-аппаратных компонент, выбор способа решения проектной задачи по разработке и созданию ХД.

.....

Архитектуру ХД составляют следующие компоненты [4]:

- средства извлечения данных из различных БД OLTP-систем, унаследованных систем и других внешних источников данных;
- средства трансформации и очистки данных. Точность существующих данных доставляет немало хлопот организации. Поэтому перед тем как поместить данные в хранилище, их необходимо привести в порядок, иначе говоря – очистить;
- программное обеспечение БД. Как правило, это высокопроизводительная РСУБД, используемая для структуризации и хранения информации;
- средства для соединения источников данных с хранилищем и клиентов с сервером.

Кроме этого, необходимы специальные программные средства проектирования хранилища, средства работы с репозиторием метаданных и собственно средства оперативной аналитики, или OLAP-средства. Все это – сложное специальное программное обеспечение, стоимость которого также может исчисляться десятками и сотнями тысяч долларов.

Характер и масштаб решаемых задач анализа данных организации оказывают решающее влияние на выбор архитектуры ХД и методы его проектирования.

Проектировщик должен помнить, что, с одной стороны, ХД создается для решения конкретных, строго определенных задач анализа и воспроизводства новых данных, с другой – ХД должно обеспечивать корпоративную отчетность в рамках всей организации. Таким образом, определяющим моментом в построении ХД являются задачи обработки и анализа данных, производства и доставки отчетов.



.....

Желательно, чтобы выбор архитектуры ХД был сделан до начала его реализации, однако на практике не всегда следуют этому правилу. Задержка с выбором архитектуры ХД обычно приводит к пересмотру проделанной работы в свете новых принятых решений и, как правило, к увеличению объема работы.

.....

Выбор архитектуры ХД относится к сфере компетенции руководителя ИТ-проекта по созданию системы поддержки принятия решений. На такой выбор влияют несколько различных факторов: инфраструктура организации, производственная и информационная среда организации, управление и контроль, масштабы проекта, возможности аппаратно-технологического обеспечения, готовность персонала и имеющиеся ресурсы.

Выбор подхода к конкретной реализации ХД также лежит в области влияния руководителя ИТ-проекта. Правильный выбор архитектуры ХД обычно определяет успех конкретного проекта по созданию системы поддержки принятия решений.

Существует несколько факторов, влияющих на принятие решений о выборе способа реализации: время, отведенное на проект, возврат инвестиций, скорость ввода ХД в эксплуатацию, потребности пользователей, потенциальные угрозы по переделке, требования к ресурсам, необходимым в определен-

ный момент времени, выбранная архитектура ХД, совокупная стоимость владения ХД.

При проектировании ХД необходимо знать, какие возможные решения могут быть приняты по архитектуре ХД и какой объем работ по проектированию ХД они повлекут. Выбор архитектуры будет определять, где ХД и/или киоски данных будут расположены и как ими будут организационно-технологически управлять. Например, данные могут быть расположены в центральном офисе организации, т. е. будут поддерживаться централизованно. Данные могут быть распределены по офисам организации или располагаться в филиалах организации, они могут поддерживаться как централизованно, так и независимо друг от друга.

Типовыми архитектурами для систем складирования данных принято считать следующие:

- системы с глобальным ХД;
- системы с независимыми киосками данных;
- системы с интегрированными киосками данных;
- системы, разработанные на основе комбинации из вышеперечисленных архитектур.

Глобальное хранилище данных (Global data warehouse), или хранилище данных масштаба организации, – это такое ХД, в котором будут поддерживаться все данные организации или большая их часть. Это наиболее полное интегрированное ХД с высокой степенью интенсивности доступа к консолидированным данным и использованием его всеми подразделениями организации или руководством организации в рамках основных направлений деятельности организации. Таким образом, глобальное ХД проектируется и конструируется на основе потребностей аналитической информационной поддержки организации в целом. Его можно рассматривать как общий репозиторий для данных, обеспечивающих принятие решений.

Глобальное ХД необязательно должно быть реализовано физически как централизованное. Термин «глобальное» используется для отражения масштаба использования и доступа к данным в рамках всей организации. Глобальное ХД может быть физически как централизованным, так и распределенным.

Централизованное глобальное ХД характерно для организаций, расположенных территориально в одном здании. Оно поддерживается отделом информационных систем организации. *Распределенное глобальное ХД* также может быть использовано в рамках организации в целом. Оно физически распределя-

ется по подразделениям организации и также поддерживается отделом информационных систем.

Управление ХД определяет, кто решает:

- какие данные должны поступать в ХД;
- когда данные должны поступать в ХД;
- когда данные должны обновляться;
- кому разрешен доступ к данным в ХД.

Данные для ХД обычно извлекаются из OLTP-систем организации, электронных документов организации и внешних источников данных. После фильтрации, очистки и преобразования они помещаются в ХД. Затем пользователи получают доступ к этим данным в соответствии с правилами управления доступом к данным, принятыми в организации.

Преимуществом глобального ХД является предоставление конечным пользователям доступа к информации в масштабах предприятия, недостатком – высокие затраты на реализацию, в том числе затраты времени на создание ХД.

Независимые киоски данных включают в себя автономные или независимые киоски данных (Stand-alone Data Marts), которые управляются рабочими группами, отделами или направлениями бизнеса и разрабатываются исключительно для реализации аналитических потребностей последних. Вполне возможно, что при этом не существует никакой связи между ними. Например, данные для таких киосков данных могут генерироваться непосредственно в самих подразделениях организации. Данные могут извлекаться из OLTP-систем, в частности, при помощи информационных служб организации. Информационные службы могут поддерживать вычислительную среду для киосков данных, но не управляют информацией в них. Данные в киоски могут поступать и из глобального ХД [5].

Для организации независимых киосков данных требуются некоторые профессиональные и технические навыки. Как правило, для их создания выделяются ресурсы и персонал в рамках того подразделения, для которого они создаются. Такой тип реализации ХД оказывает минимальное влияние на информационные ресурсы организации и может быть выполнен очень быстро. В то же время максимальная независимость и минимальная интеграция, а также отсутствие глобального представления о данных организации могут стать ограничением такой архитектуры.

4.6 Организация работ по созданию хранилища данных

Так же, как и для реализации любых типов информационных систем с базами данных, к созданию ХД применимы следующие основные методологические подходы:

- сверху вниз (Top down design);
- снизу вверх (Bottom down design);
- из середины (Middle of design).

На выбор подхода к реализации ХД оказывают влияние следующие факторы:

- состояние текущей информационной инфраструктуры организации;
- имеющиеся в наличии ресурсы;
- требования по возврату инвестиций;
- потребности организации в интегрированном представлении данных о своей деятельности;
- скорость реализации.



.....

Выбор методологического подхода к реализации ХД влияет на объем и тщательность проектирования.

.....

Подход «сверху вниз». Подход «сверху вниз» требует детального планирования и проектирования ХД в рамках ИТ-проекта до начала выполнения проекта. Это связано с тем, что необходимо привлекать всех потенциальных пользователей ХД для выяснения их информационных потребностей в аналитической обработке данных, принимать решения об источниках данных, безопасности, структурах данных, качестве данных, стандартах данных. Все эти работы должны быть документированы и согласованы. При этом подходе модель ХД должна быть разработана до начала реализации.

Достоинством такого подхода является получение более согласованных определений данных и бизнес-правил организации в самом начале работы над созданием ХД. Стоимость начального планирования и проектирования может оказаться достаточно высокой. Для этого подхода характерны большие затраты времени, что откладывает начало реализации и задерживает возврат инвестиций. Подход «сверху вниз» хорошо применять в организациях с четко организованной информационно-вычислительной структурой, когда программно-

аппаратная платформа определена и существуют слаженно работающие источники данных.

Подход «снизу вверх». При использовании подхода «снизу вверх» начинают с планирования и проектирования киосков данных подразделений без предварительной разработки глобальной информационно-вычислительной инфраструктуры организации. Это не означает, что такая глобальная инфраструктура не будет разработана позже. Такой подход является более приемлемым во многих случаях, поскольку он быстрее приводит к конечным результатам. У него есть и недостатки: данные могут дублироваться и быть несогласованными в разных киосках данных. Чтобы избежать этого, необходимо тщательное планирование и проектирование.

Подход «проектирование из середины». Подходы «снизу вверх» и «сверху вниз» могут комбинироваться в зависимости от поставленных перед руководителем проекта по созданию ХД целей. Подход «проектирование из середины» представляет собой комбинацию вышеперечисленных подходов, которые применяются как бы по спирали. Сначала создается ядро системы (подход «сверху вниз»), а затем оно поэтапно наращивается за счет добавления новой или дополнительной функциональности (подход «снизу вверх»). Таким образом, на каждом витке спирали может быть использован каждый из двух указанных выше подходов.

Существуют и другие комбинации. Выбор подхода к реализации ХД наряду с выбором архитектуры ХД определяет тактические решения в проектировании и управлении проектом создания системы складирования данных. К таким решениям относятся планирование реализацией и управление проектом [5].



.....

Важно помнить, что концепция ХД не является законченным архитектурным решением СППР и тем более не является готовым программным продуктом.

.....

Цель концепции ХД – определить требования к данным, помещаемым в ХД, общие принципы и этапы построения ХД, основные источники данных, дать рекомендации по решению потенциальных проблем, возникающих при выгрузке, очистке, согласовании, транспортировании и загрузке данных. Концепция ХД указывает на то, какие процессы должны выполняться в системе, но не где конкретно и как они будут выполняться.

Таким образом, концепция ХД определяет лишь самые общие принципы построения аналитической системы и в первую очередь сконцентрирована на свойствах и требованиях к данным, но не на способах организации и представления данных в целевой БД и режимах их использования. Концепция ХД описывает построение аналитической системы, но не определяет характер ее использования. Она не решает ни одну из следующих проблем:

- выбор наиболее эффективного для анализа способа организации данных;
- организация доступа к данным;
- использование технологии анализа.

Проблемы использования собранных данных решают подсистемы анализа. Как отмечалось ранее, такие подсистемы используют следующие технологии:

- регламентированные запросы;
- оперативный анализ данных;
- интеллектуальный анализ данных.

Если регламентированные запросы успешно применялись еще задолго до появления концепции ХД, то оперативный и интеллектуальный анализы в последнее время все больше связывают с ХД.

4.7 OLAP-системы

Как было сказано выше, в концепции ХД нет постановки вопросов, связанных с организацией эффективного анализа данных и предоставления доступа к ним. Эти задачи решаются подсистемами анализа. Посмотрим, какой способ работы с данными наиболее подходит пользователю СППР – аналитику.

В процессе принятия решений пользователь генерирует некоторые гипотезы. Для превращения в законченные решения эти гипотезы должны быть проверены. Проверка гипотез осуществляется на основании информации об анализируемой предметной области. Как правило, наиболее удобным способом представления такой информации для человека является зависимость между некоторыми параметрами. Например, зависимость объемов продаж от региона, времени, категории товара и т. п. Другим примером может служить зависимость количества выздоравливающих пациентов от применяемых средств лечения, возраста и т. п.

В процессе анализа данных, поиска решений часто возникает необходимость в построении зависимостей между различными параметрами. Кроме того,

число таких параметров может варьироваться в широких пределах. Как уже отмечалось ранее, традиционные средства анализа, оперирующие данными, которые представлены в виде таблиц реляционной БД, не могут в полной мере удовлетворять таким требованиям. В 1993 г. Е. Кодд – основоположник реляционной модели БД – рассмотрел ее недостатки, указав в первую очередь на невозможность объединять, просматривать и анализировать данные с точки зрения множественности измерений, т. е. самым понятным для аналитиков способом [4].

Измерение – это последовательность значений одного из анализируемых параметров. Например, для параметра «время» это последовательность календарных дней, для параметра «регион» это может быть список городов. Множественность измерений предполагает представление данных в виде многомерной модели. По измерениям в многомерной модели откладывают параметры, относящиеся к анализируемой предметной области.

По Кодду, многомерное концептуальное представление (multi-dimensional conceptual view) – это множественная перспектива, состоящая из нескольких независимых измерений, вдоль которых могут быть проанализированы определенные совокупности данных.



.....
*Одновременный анализ по нескольким измерениям определяется как **многомерный анализ**.*

Каждое измерение может быть представлено в виде иерархической структуры.

Например, измерение «Исполнитель» может иметь следующие иерархические уровни: «предприятие – подразделение – отдел – служащий». Более того, некоторые измерения могут иметь несколько видов иерархического представления. Например, измерение «Время» может включать две иерархии со следующими уровнями: «год – квартал – месяц – день» и «неделя – день».

На пересечениях осей измерений (Dimensions) располагаются данные, количественно характеризующие анализируемые факты, – меры (Measures). Это могут быть объемы продаж, выраженные в единицах продукции или в денежном выражении, остатки на складе, издержки и т. п.

Таким образом, многомерную модель данных можно представить как гиперкуб (рис. 4.2) (конечно, название не очень удачное, поскольку под кубом

обычно понимают фигуру с равными ребрами, что в данном случае далеко не так). Ребрами такого гиперкуба являются измерения, а ячейками – меры.

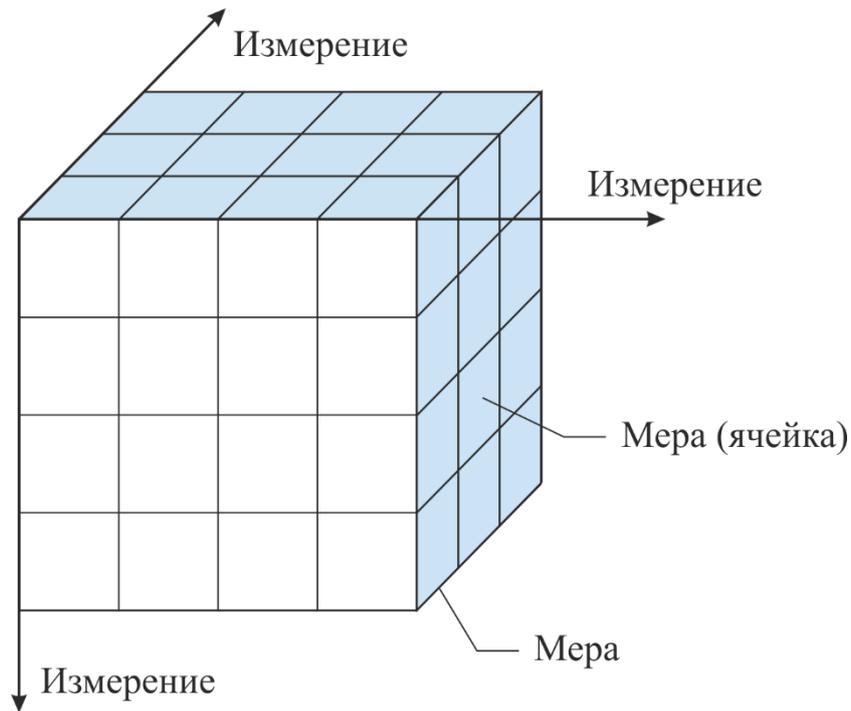


Рис. 4.2 – Представление данных в виде гиперкуба

Над таким гиперкубом могут выполняться следующие операции.

Срез (Slice) (рис. 4.3) – формирование подмножества многомерного массива данных, соответствующего единственному значению одного или нескольких элементов измерений, не входящих в это подмножество.

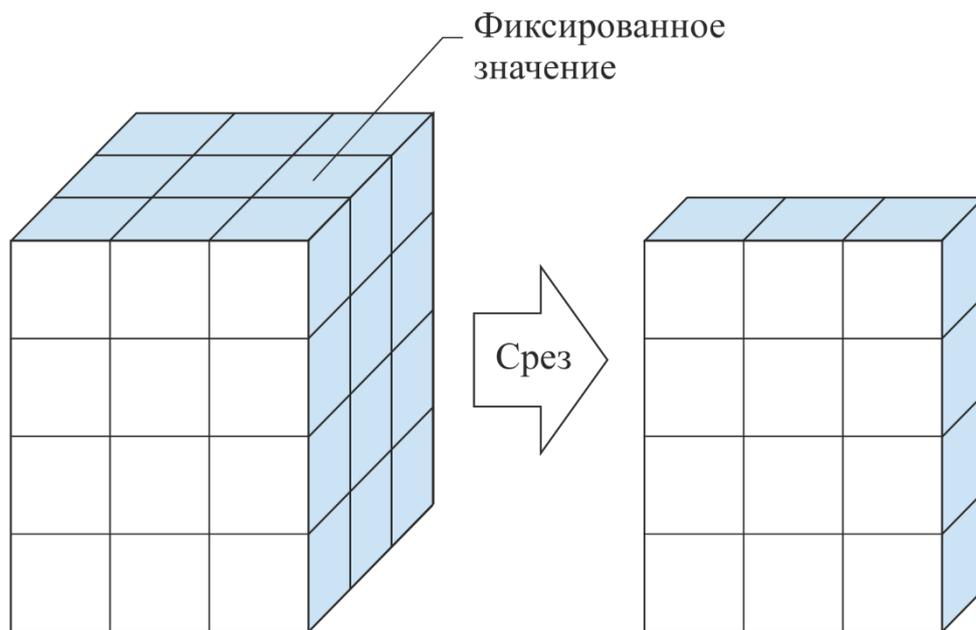


Рис. 4.3 – Операция среза

Данные, что не вошли в сформированный срез, связаны с теми элементами измерения, которые не были указаны в качестве определяющих. Если рассматривать термин «срез» с позиции конечного пользователя, то наиболее часто его роль играет двумерная проекция куба.

Вращение (Rotate) (рис. 4.4) – изменение расположения измерений, представленных в отчете или на отображаемой странице. Например, операция вращения может заключаться в перестановке местами строк и столбцов таблицы или перемещении интересующих измерений в столбцы или строки создаваемого отчета, что позволяет придавать ему желаемый вид. Кроме того, вращением куба данных является перемещение внетабличных измерений на место измерений, представленных на отображаемой странице, и наоборот (при этом внетабличное измерение становится новым измерением строки или измерением столбца).

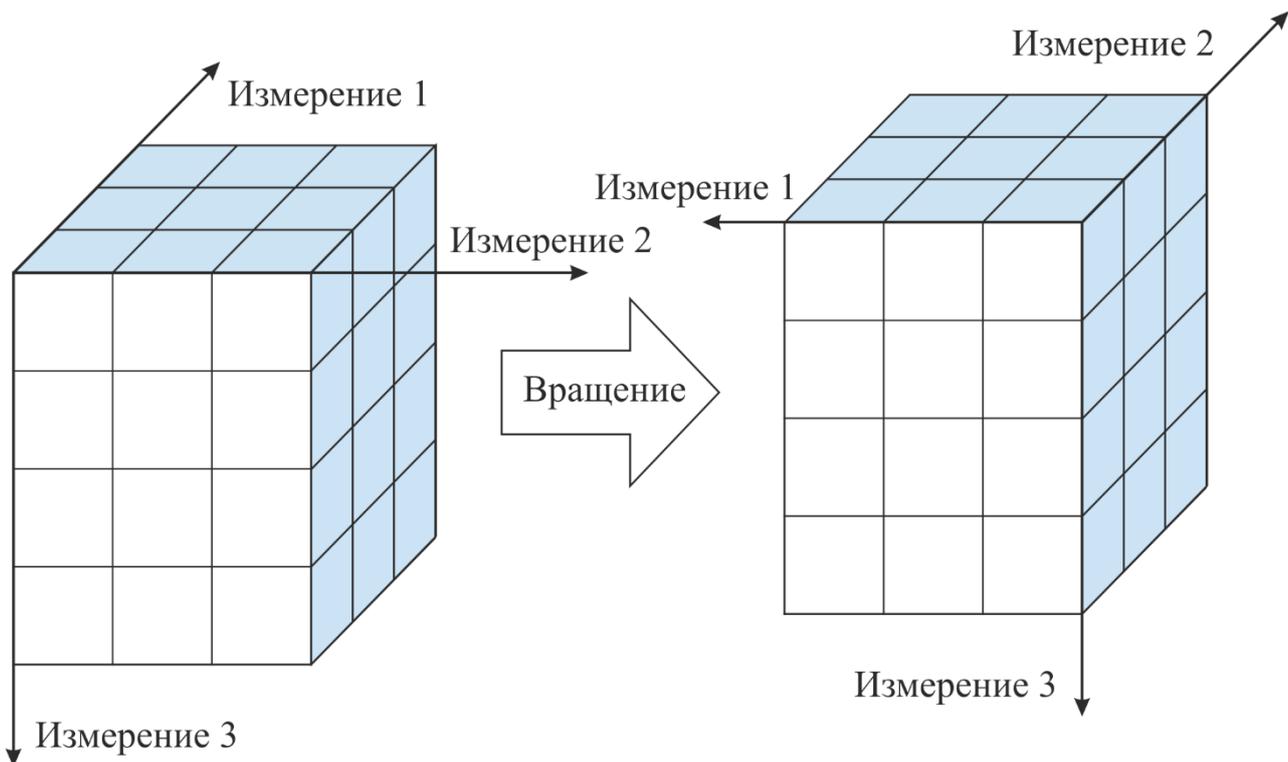


Рис. 4.4 – Операция вращения

В качестве примера первого случая может служить отчет, для которого элементы измерения «Время» располагаются поперек экрана (являются заголовками столбцов таблицы), а элементы измерения «Продукция» – вдоль экрана (заголовки строк таблицы). После применения операции вращения отчет будет иметь следующий вид: элементы измерения «Продукция» будут расположены по горизонтали, а элементы измерения «Время» – по вертикали. Приме-

ром второго случая может служить преобразование отчета с измерениями «Меры» и «Продукция», расположенными по вертикали, и измерением «Время», расположенным по горизонтали, в отчет, у которого измерение «Меры» располагается по вертикали, а измерения «Время» и «Продукция» – по горизонтали. При этом элементы измерения «Время» располагаются над элементами измерения «Продукция». Для третьего случая применения операции вращения можно привести пример преобразования отчета с расположенными по горизонтали измерением «Время» и по вертикали измерением «Продукция» в отчет, у которого по горизонтали представлено измерение «Время», а по вертикали – измерение «География».

Консолидация (Drill Up) и детализация (Drill Down) (рис. 4.5) – операции, которые определяют переход вверх по направлению от детального (down) представления данных к агрегированному (up) и наоборот, соответственно. Направление детализации (обобщения) может быть задано как по иерархии отдельных измерений, так и согласно прочим отношениям, установленным в рамках измерений или между измерениями. Например, если при анализе данных об объемах продаж в Северной Америке выполнить операцию Drill Down для измерения «Регион», то на экране будут отображены такие его элементы, как «Канада», «Восточные Штаты Америки» и «Западные Штаты Америки». В результате дальнейшей детализации элемента «Канада» будут отображены элементы «Торонто», «Ванкувер», «Монреаль» и т. д.

С концепцией многомерного анализа данных тесно связывают оперативный анализ, который выполняется средствами OLAP-систем.



.....

***OLAP (On-Line Analytical Processing)** – технология оперативной аналитической обработки данных, использующая методы и средства для сбора, хранения и анализа многомерных данных в целях поддержки процессов принятия решений.*

.....

Основное назначение OLAP-систем – поддержка аналитической деятельности, произвольных (часто используется термин ad-hoc) запросов пользователей-аналитиков. Цель OLAP-анализа – проверка возникающих гипотез.

У истоков технологии OLAP стоит основоположник реляционного подхода Э. Кодд. В 1993 г. он опубликовал статью под названием «OLAP для пользователей-аналитиков: каким он должен быть». В данной работе были изложены основные концепции оперативной аналитической обработки и определены

12 требований, которым должны удовлетворять продукты, позволяющие выполнять оперативную аналитическую обработку.

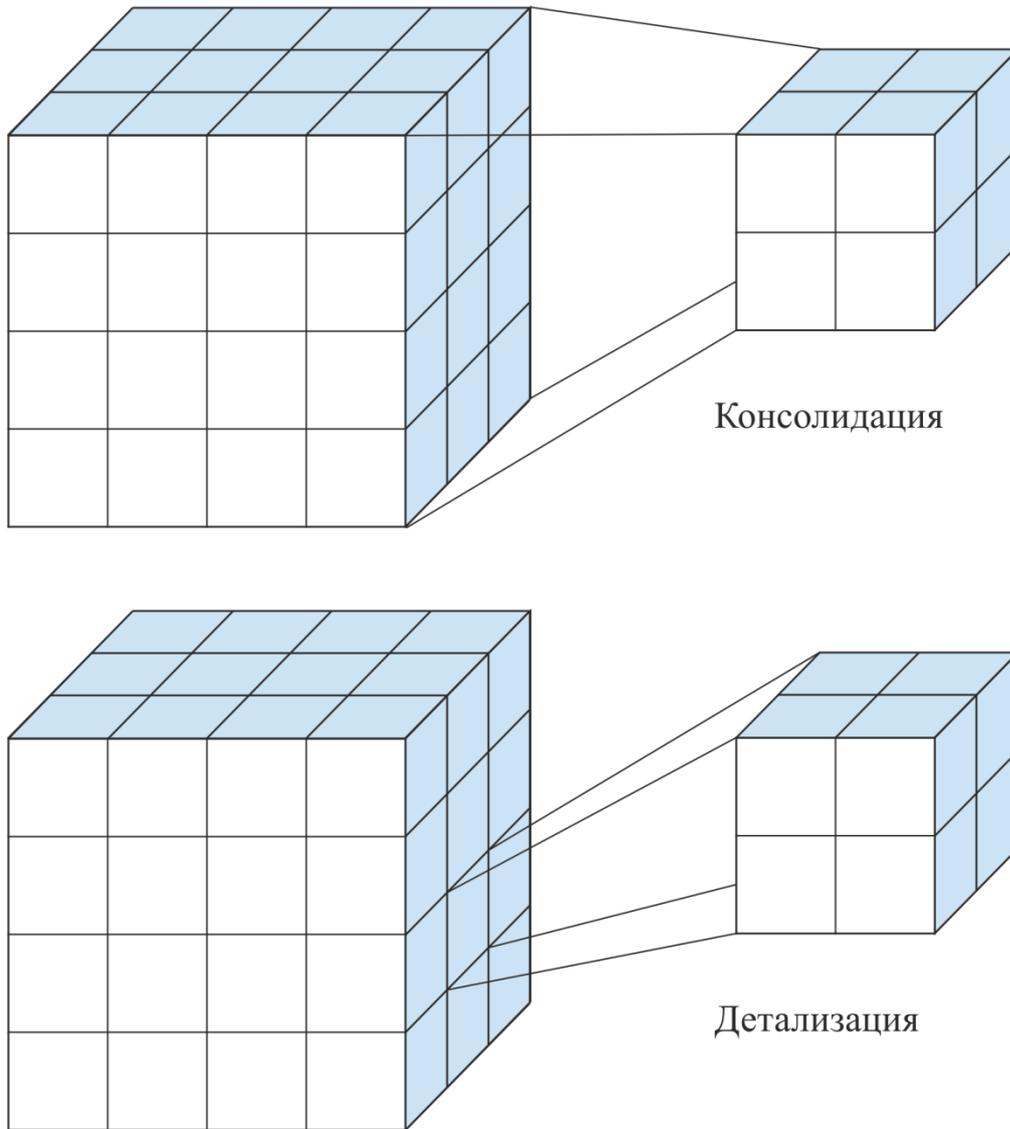


Рис. 4.5 – Операции консолидации и детализации

Эти 12 требований, к которым затем присоединились еще 6, добавленные тем-же Коддом, несколько громоздки для специалиста в области управления. Поэтому остановимся на более компактном тесте FASMI (Fast of Analysis Shared Multidimensional Information), созданном в 1995 г. Н. Пендсом и Р. Критом на основе анализа правил Кодда. В данном контексте акцент сделан на скорость обработки, многопользовательский доступ, релевантность информации, наличие средств статистического анализа и многомерность, т. е. на представление анализируемых фактов как функций от большого числа характеризующих их параметров. Таким образом, Пендс и Крит определили OLAP следующими пятью ключевыми словами: FAST (быстрый), ANALYSIS (анализ), SHARED

(разделяемой), *MULTIDIMENSIONAL* (многомерной), *INFORMATION* (информации). Изложим эти пять ключевых представлений более подробно [4].

FAST (быстрый). OLAP-система должна обеспечивать выдачу большинства ответов пользователям в пределах приблизительно 5 секунд. При этом самые простые запросы обрабатываются в течение 1 секунды, и очень немногие – более 20 секунд. Недавнее исследование в Нидерландах показало, что конечные пользователи воспринимают процесс как неудачный, если результаты не получены по истечении 30 секунд. Они могут нажать комбинацию клавиш <Alt>+<Ctrl>+, если система не предупредит их, что обработка данных требует большего времени. Даже если система предупредит, что процесс будет длиться существенно дольше, пользователи могут отвлечься и потерять мысль, при этом качество анализа страдает. Такой скорости нелегко достигнуть с большим количеством данных, особенно если требуются специальные вычисления «на лету». Для достижения данной цели используются разные методы, включая применение аппаратных платформ с большей производительностью.

ANALYSIS (анализ). OLAP-система должна справляться с любым логическим и статистическим анализом, характерным для данного приложения, и обеспечивать его сохранение в виде, доступном для конечного пользователя. Естественно, система должна позволять пользователю определять новые специальные вычисления как часть анализа и формировать отчеты любым желаемым способом без необходимости программирования. Все требуемые функциональные возможности анализа должны обеспечиваться понятным для конечных пользователей способом.

SHARED (разделяемой). OLAP-система должна выполнять все требования защиты конфиденциальности (возможно, до уровня ячейки хранения данных). Если для записи необходим множественный доступ, обеспечивается блокировка модификаций на соответствующем уровне. Обработка множественных модификаций должна выполняться своевременно и безопасным способом.

MULTIDIMENSIONAL (многомерной). OLAP-система должна обеспечить многомерное концептуальное представление данных, включая полную поддержку для иерархий и множественных иерархий, обеспечивающих наиболее логичный способ анализа. Это требование не устанавливает минимальное число измерений, которые должны быть обработаны, поскольку этот показатель зависит от приложения. Оно также не определяет используемую технологию БД, если пользователь действительно получает многомерное концептуальное представление информации.

INFORMATION (информации). OLAP-система должна обеспечивать получение необходимой информации в условиях реального приложения. Мощность различных систем измеряется не объемом хранимой информации, а количеством входных данных, которые они могут обработать. В этом смысле мощность продуктов весьма различна. Большие OLAP-системы могут оперировать по крайней мере в 1 000 раз большим количеством данных по сравнению с простыми версиями OLAP-систем. При этом следует учитывать множество факторов, включая дублирование данных, требуемую оперативную память, использование дискового пространства, эксплуатационные показатели, интеграцию с информационными хранилищами и т. п.

Несколько слов об архитектуре OLAP-систем. OLAP-система включает в себя два основных компонента:

- 1) OLAP-сервер – обеспечивает хранение данных, выполнение над ними необходимых операций и формирование многомерной модели на концептуальном уровне. В настоящее время OLAP-серверы объединяют с ХД или ВД;
- 2) OLAP-клиент – представляет пользователю интерфейс к многомерной модели данных, обеспечивая его возможностью удобно манипулировать данными для выполнения задач анализа.

OLAP-серверы скрывают от конечного пользователя способ реализации многомерной модели. Они формируют гиперкуб, с которым пользователи посредством OLAP-клиента выполняют все необходимые манипуляции, анализируя данные. Между тем способ реализации очень важен, т. к. от него зависят такие характеристики, как производительность и занимаемые ресурсы. Выделяют три основных способа реализации:

- 1) MOLAP – многомерный (multivariate) OLAP. Для реализации многомерной модели используют многомерные БД;
- 2) ROLAP – реляционный (relational) OLAP. Для реализации многомерной модели используют реляционные БД;
- 3) HOLAP – гибридный (hybrid) OLAP. Для реализации многомерной модели используют и многомерные, и реляционные БД.

Достаточно часто в литературе по OLAP-системам можно встретить аббревиатуры DOLAP и JOLAP:

- DOLAP – настольный (desktop) OLAP. Является недорогой и простой в использовании OLAP-системой, предназначенной для локального

анализа и представления данных, которые загружаются из реляционной или многомерной БД на машину клиента;

- JOLAP – новая, основанная на Java коллективная OLAP API-инициатива, предназначенная для создания и управления данными и метаданными на серверах OLAP. Основным разработчиком – Hyperion Solutions. Другими членами группы, определяющей предложенный API, являются компании IBM, Oracle и некоторые другие.

MOLAP. MOLAP-серверы используют для хранения и управления данными многомерных БД. При этом данные хранятся в виде упорядоченных многомерных массивов. Такие массивы подразделяются на гиперкубы и поликубы. В гиперкубе все хранимые в БД ячейки имеют одинаковую мерность, т. е. находятся в максимально полном базисе измерений. В поликубе каждая ячейка хранится с собственным набором измерений, и все связанные с этим сложности обработки перекладываются на внутренние механизмы системы.

Очевидно, что физически данные, представленные в многомерном виде, хранятся в «плоских» файлах. При этом куб представляется в виде одной плоской таблицы, в которую построено вписываются все комбинации членов всех измерений с соответствующими им значениями мер.

4.8 Обнаружение знаний в хранилищах данных

При использовании хранилищ остро встает проблема обнаружения в них знаний (KDD – knowledge discovery in databases). Основным шагом этого процесса является Data Mining (исследование данных, или, дословно, «добыча данных»). После применения традиционных методов увеличения доходов (маркетинговые исследования и действия на рынке, работа с конкурентами) или уменьшения расходов (изменение технологии, работа с поставщиками) перед менеджерами высшего звена встает задача по дальнейшему увеличению прибыли как основной цели деятельности любого коммерческого предприятия.

Для этого в последнее время был разработан ряд технологий, которые призваны извлекать из хранилищ данных большого объема новую информацию путем построения различных моделей. Они и получили название Data Mining. Простой доступ пользователя к хранилищу данных обеспечивает только получение ответов на задаваемые вопросы, в то время как технология Data Mining позволяет увидеть («добыть») такие интересные взаимоотношения между данными, которые прежде даже не приходили пользователю в голову, и применение которых может способствовать увеличению прибыли предприятия [4].

Как известно, большинство организаций накапливают за время своей деятельности огромные объемы данных, но единственное, что они хотят от них получить, – это информация. Как можно узнать из данных о том, что нужно наиболее предпочтительным для организации клиентам, как разместить ресурсы наиболее эффективным образом или как минимизировать потери? Новейшая технология, призванная решить эти проблемы, – это технология Data Mining. Она использует сложный статистический анализ и моделирование для нахождения моделей и отношений, скрытых в базе данных, – таких моделей, которые не могут быть найдены обычными методами.

Модель, как и карта, – это абстрактное представление реальности. Карта может указывать на путь от аэропорта до дома, но она не может показать аварию, которая создала пробку, или ремонтные работы, которые ведутся в настоящий момент и требуют объезда. До тех пор, пока модель не соответствует существующим реально отношениям, невозможно получить успешные результаты.

Существуют два вида моделей: предсказательные и описательные. Первые используют один набор данных с известными результатами для построения моделей, которые явно предсказывают результаты для других наборов, а вторые описывают зависимости в существующих данных, которые в свою очередь используются для принятия управленческих решений или действий.

Конечно же, компания, которая долго находится на рынке и знает своих клиентов, уже осведомлена о многих моделях, которые наблюдались в течение нескольких последних периодов. Но технологии Data Mining могут не только подтвердить эти эмпирические наблюдения, но и найти новые, неизвестные ранее модели. Сначала это может дать пользователю лишь небольшое преимущество. Но если получить преимущество по каждому товару и каждому клиенту, это создаст существенный отрыв от тех, кто не пользуется технологиями Data Mining. С другой стороны, с помощью методов Data Mining можно найти такую модель, которая приведет к радикальному улучшению в финансовом и рыночном положении компании.

В чем же разница между средствами Data Mining и средствами OLAP – средствами оперативной аналитической обработки?

OLAP – это часть технологий, направленных на поддержку принятия решения. Обычные средства формирования запросов и отчетов описывают саму базу данных. Технология OLAP используется для ответа на вопрос, почему некоторые вещи являются такими, какие они есть на самом деле. При этом поль-

зователь сам формирует гипотезу о данных или отношениях между данными и после этого использует серию запросов к базе данных для подтверждения или отклонения этих гипотез. Средства Data Mining отличаются от средств OLAP тем, что вместо проверки предполагаемых взаимозависимостей они на основе имеющихся данных могут производить модели, позволяющие количественно оценить степень влияния исследуемых факторов. Кроме того, средства Data Mining позволяют производить новые гипотезы о характере неизвестных, но реально существующих отношений в данных.

Средства OLAP обычно применяются на ранних стадиях процесса KDD потому, что они помогают нам понять данные, фокусируя внимание аналитика на важных переменных, определяя исключения или интересные значения переменных. Это приводит к лучшему пониманию данных, что в свою очередь ведет к более эффективному результату процесса KDD.

Наличие хранилища данных является необходимым условием для успешного проведения всего процесса KDD. Вспомним, что хранилище данных – это предметно-ориентированное, интегрированное, привязанное ко времени, неизменяемое собрание данных для поддержки процесса принятия управленческих решений. Предметная ориентация означает, что данные объединены в категории и хранятся в соответствии с теми областями, которые они описывают, а не с приложениями, которые их используют. Интегрированность означает, что данные удовлетворяют требованиям всего предприятия (в его развитии), а не единственной функции бизнеса. Тем самым хранилище данных гарантирует, что одинаковые отчеты, сгенерированные для различных аналитиков, будут содержать одинаковые результаты. Привязанность ко времени означает, что хранилище можно рассматривать как совокупность «исторических» данных: можно восстановить картину на любой момент времени. Атрибут времени всегда явно присутствует в структурах хранилища данных. Неизменяемость означает, что, попав однажды в хранилище, данные уже не изменяются в отличие от оперативных систем, где данные обязаны присутствовать только в последней версии, поэтому постоянно меняются. В хранилище данные только добавляются.

Для решения перечисленного ряда задач, неизбежно возникающих при организации и эксплуатации информационного хранилища, существует специализированное программное обеспечение. Современные средства администрирования хранилища данных обеспечивают эффективное взаимодействие с инструментарием Data Mining. В качестве примера можно привести два продукта компании SAS Institute: SAS Warehouse Administrator и SAS Enterprise Miner,

степень взаимной интеграции которых позволяет использовать при реализации проекта Data Mining также и метаданные из информационного хранилища.

Рассмотрим основные виды моделей, которые используются для нахождения нового знания на основе данных хранилища. Целью технологии Data Mining является производство нового знания, которое пользователь может в дальнейшем применить для улучшения результатов своей деятельности. Результат моделирования – это выявленные отношения в данных. Можно выделить по крайней мере шесть методов выявления и анализа знаний: классификация, регрессия, прогнозирование временных последовательностей (рядов), кластеризация, ассоциация, последовательность. Первые три используются главным образом для предсказания, в то время как последние удобны для описания существующих закономерностей в данных [4].

Вероятно, наиболее распространенной сегодня операцией интеллектуального анализа данных является *классификация*. С ее помощью выявляются признаки, характеризующие группу, к которой принадлежит тот или иной объект. Это делается посредством анализа уже классифицированных объектов и формулирования некоторого набора правил. Во многих видах бизнеса болезненной проблемой считается потеря постоянных клиентов. В разных сферах (таких как сотовая телефонная связь, фармацевтический бизнес или деятельность, связанная с кредитными карточками) ее обозначают различными терминами – «перемена моды», «истощение спроса» или «покупательская измена», – но суть при этом одна. Классификация поможет выявить характеристики «неустойчивых» покупателей и создать модель, способную предсказать, кто именно склонен уйти к другому поставщику. Используя ее, можно определить самые эффективные виды скидок и других выгодных предложений, которые будут наиболее действенны для тех или иных типов покупателей. Благодаря этому вам удастся удержать клиентов, потратив ровно столько денег, сколько необходимо. Однажды определенный эффективный классификатор используется для классификации новых записей в базе данных в уже существующие классы, и в этом случае он приобретает характер прогноза. Например, классификатор, который умеет идентифицировать риск выдачи займа, может быть использован для целей принятия решения, велик ли риск предоставления займа определенному клиенту. То есть классификатор используется для прогнозирования возможности возврата займа.

Регрессионный анализ используется в том случае, если отношения между переменными могут быть выражены количественно в виде некоторой комбина-

ции этих переменных. Полученная комбинация далее используется для предсказания значения, которое может принимать целевая (зависимая) переменная, вычисляемая на заданном наборе значений входных (независимых) переменных. В простейшем случае для этого используются стандартные статистические методы, такие как линейная регрессия. К сожалению, большинство реальных моделей не укладываются в рамки линейной регрессии. Например, размеры продаж или фондовые цены очень сложны для предсказания, потому что могут зависеть от комплекса взаимоотношений множества переменных. Таким образом, необходимы комплексные методы для предсказания будущих значений.

Прогнозирование временных последовательностей позволяет на основе анализа поведения временных рядов оценить будущие значения прогнозируемых переменных. Конечно, эти модели должны включать в себя особые свойства времени: иерархия периодов (декада-месяц-год или месяц-квартал-год), особые отрезки времени (пяти-, шести- или семидневная рабочая неделя, тринадцатый месяц), сезонность, праздники и др.

Кластеризация относится к проблеме сегментации. Этот подход распределяет записи в различные группы или сегменты. Кластеризация в чем-то аналогична классификации, но отличается от нее тем, что для проведения анализа не требуется иметь выделенную целевую переменную

Ассоциация применима к классу проблем, типичным примером которых является анализ структуры покупок. Классический анализ структуры покупок относится к представлению приобретения какого-либо количества товаров как одиночной экономической операции (транзакции). Так как большое количество покупок совершается в супермаркетах, а покупатели для удобства используют корзины или тележки, куда и складывается весь товар, то наиболее известным примером нахождения ассоциаций является анализ структуры покупки (market-basket analysis). Целью этого подхода является нахождение трендов среди большого числа транзакций, которые можно использовать для объяснения поведения покупателей. Эта информация может быть использована для регулирования запасов, изменения размещения товаров на территории магазина и принятия решения по проведению рекламной кампании для увеличения всех продаж или для продвижения определенного вида продукции, хотя этот подход пришел исключительно из розничной торговли, он может также хорошо применяться в финансовой сфере для анализа портфеля ценных бумаг и нахождения наборов финансовых услуг, которые клиенты часто приобретают вместе. Это, например, может использоваться для создания некоторого набора услуг как ча-

сти кампании по стимулированию продаж. Другими словами, ассоциация имеет место в том случае, если несколько событий связаны друг с другом. Например, исследование, проведенное в супермаркете, может показать, что 65% купивших картофельные чипсы берут также и кока-колу, а при наличии скидки за такой комплект колу приобретают в 85% случаев. Располагая этими сведениями, менеджерам легко оценить, насколько действенна предоставляемая скидка.

Последовательность. Традиционный анализ структуры покупок имеет дело с набором товаров, представляющим одну транзакцию. Вариант такого анализа встречается, когда существует дополнительная информация (номер кредитной карты клиента или номер его банковского счета) для связи различных покупок в единую временную серию. В такой ситуации важно не только сосуществование данных внутри одной транзакции, но и порядок, в котором эти данные появляются в различных транзакциях и время между этими транзакциями. Правила, которые устанавливают эти отношения, могут быть использованы для определения типичного набора предшествующих продаж, которые могут повести за собой последующие продажи определенного товара. То есть, если существует цепочка связанных во времени событий, то говорят о последовательности. После покупки дома в 45% случаев в течение месяца приобретается и новая кухонная плита, а в пределах двух недель 60% новоселов обзаводятся холодильником.

Эти основные типы моделей используются для нахождения нового знания в хранилище данных. Обратимся теперь к методам, которые используются для проведения интеллектуального анализа данных.

Интеллектуальные средства анализа данных используют следующие основные методы: нейронные сети; деревья решений; индукцию правил.

Кроме этих методов существуют еще несколько дополнительных: системы рассуждения на основе аналогичных случаев; нечеткая логика; генетические алгоритмы; алгоритмы определения ассоциаций и последовательностей; эволюционное программирование; визуализация данных. Иногда применяется комбинация перечисленных методов.

Нейронные сети относятся к классу нелинейных адаптивных систем с архитектурой, условно имитирующей нервную ткань из нейронов. Математическая модель нейрона представляет собой некоторый универсальный нелинейный элемент с возможностью широкого изменения и настройки его характеристик. В одной из наиболее распространенных нейросетевых архитектур – многослойном персептроне с обратным распространением ошибки – эмулиру-

ется работа нейронов в составе иерархической сети, где каждый нейрон более высокого уровня соединен своими входами с выходами нейронов нижележащего слоя. На нейроны самого нижнего слоя подаются значения входных параметров, на основе которых производятся вычисления, необходимые для принятия решений, прогнозирования развития ситуации и т. д. Эти значения рассматриваются как сигналы, передающиеся в вышележащий слой, ослабляясь или усиливаясь в зависимости от числовых значений (весов), приписываемых межнейронным связям. В результате этого на выходе нейрона самого верхнего слоя вырабатывается некоторое значение, которое рассматривается как ответ, реакция всей сети на введенные значения входных параметров. Для того чтобы сеть можно было применять в дальнейшем, ее прежде надо «натренировать» на полученных ранее данных (примерах), для которых известны и значения входных параметров, и правильные ответы на них. Процесс «тренировки» состоит в подборе весов межнейронных связей и модификации внутренних параметров активационной функции нейронов. Для каждого сочетания обучающих данных на входе выходные значения сравниваются с известным результатом. Если они различаются, то вычисляется корректирующее воздействие, учитываемое при обработке в узлах сети. Указанные шаги повторяются, пока не выполнится условие останова, например, необходимая коррекция не будет превышать заданной величины.

Нейронные сети, по существу, представляют собой совокупность связанных друг с другом узлов, получающих входные данные, осуществляющих их обработку и генерирующих на выходе некий результат. Между узлами видимых входного и выходного уровней может находиться какое-то число скрытых уровней обработки. Нейронные сети реализуют непрозрачный процесс. Это означает, что построенная модель, как правило, не имеет четкой интерпретации. Некоторые алгоритмы могут транслировать модель нейронной сети в набор правил, помогающих уяснить, что именно она делает. Такую возможность предлагают некоторые оригинальные продукты, использующие технологию нейронной сети. Многие пакеты, реализующие принципы нейронных сетей, применяются не только в сфере обработки коммерческой информации. Нередко без них трудно обойтись при решении более общих задач распознавания образов, скажем, расшифровки рукописного текста или интерпретации кардиограмм.

Дерева решений – это метод, который пригоден не только для решения задач классификации, но и для вычислений и поэтому довольно широко приме-

няется в области финансов и бизнеса, где чаще встречаются задачи численного прогноза. В результате применения этого метода к обучающей выборке данных создается иерархическая структура классифицирующих правил типа «ЕСЛИ... ТО...», имеющая вид дерева (это похоже на определитель видов из ботаники или зоологии). Для того чтобы решить, к какому классу отнести некоторый объект или ситуацию, мы отвечаем на вопросы, стоящие в узлах этого дерева, начиная с его корня. Вопросы могут иметь вид «значение параметра A больше x ?» для случая измеряемых переменных или вида «значение переменной V принадлежит подмножеству признаков C ». Если ответ положительный, мы переходим к правому узлу следующего уровня, если отрицательный – то к левому узлу; затем снова отвечаем на вопрос, связанный с соответствующим узлом. Таким образом мы, в конце концов, доходим до одного из окончательных узлов – листьев, где стоит указание, к какому классу (сочетанию признаков) надо отнести рассматриваемый объект. Этот метод хорош тем, что такое представление правил наглядно и его легко понять.

Сегодня наблюдается всплеск интереса к продуктам, применяющим деревья решений. В основном это объясняется тем, что многие коммерческие проблемы решаются ими быстрее, чем алгоритмами нейронных сетей. К тому же они более просты и понятны для пользователей. В то же время нельзя сказать, что деревья решений всегда действуют безотказно: для определенных типов данных они могут оказаться неприемлемыми. В частности, методы дерева решений не очень эффективны, если целевая переменная зависит линейным образом от входных переменных, так как в этом случае дерево должно иметь большое число листьев. Иногда возникают проблемы при обработке непрерывных величин, скажем, данных о возрасте или объеме продаж. В этом случае их необходимо группировать и ранжировать. Однако выбранный для ранжирования метод способен случайно скрыть выявляемую закономерность. Например, если группа объединяет людей в возрасте от 25 до 34 лет, то тот факт, что на рубеже 30 лет некий параметр испытывает существенный разрыв, может оказаться скрытым. Этого недостатка не имеет продукт SAS Enterprise Miner в силу того, что реализованные в нем методы построения дерева решений могут автоматически выявлять границу (численный критерий) деления данных на более однородные подгруппы.

Для деревьев решений очень остро стоит проблема значимости. Дело в том, что отдельным узлам на каждом новом построенном уровне дерева соответствует все меньшее и меньшее число записей данных – дерево может сег-

ментировать данные на большое количество частных случаев. Чем больше этих частных случаев, чем меньше обучающих примеров попадает в каждый такой частный случай, тем менее надежной становится их классификация. Если построенное дерево слишком «кустистое» – состоит из неоправданно большого числа мелких веточек – оно не будет давать статистически обоснованных ответов. Как показывает практика, в большинстве систем, использующих деревья решений, эта проблема не находит удовлетворительного решения. Исключением из этого ряда является упомянутый выше SAS Enterprise Miner, включающий в себя широкий спектр диагностических инструментов, с помощью которых аналитик может выбрать статистически наиболее обоснованную модель из производимого множества деревьев решений и более того – сравнить полученную модель дерева с принципиально другими типами моделей (регрессионной и нейросетевой). В данном продукте в качестве целевой переменной можно использовать как измеряемые, так и дискретные (не измеряемые переменные или признаки), что существенно расширяет область применения рассмотренных выше методов.

Индукция правил создает неиерархическое множество условий, которые могут перекрываться. Индукция правил осуществляется путем генерации неполных деревьев решений, а для того чтобы выбрать, какое из них будет применено к входным данным, используются статистические методы.

Идея *систем рассуждения на основе аналогичных случаев* крайне проста. Для того чтобы сделать прогноз на будущее или выбрать правильное решение, эти системы находят в прошлом близкие аналоги наличной ситуации и выбирают тот же ответ, который был для них правильным. Поэтому этот метод еще называют методом «ближайшего соседа» (nearest neighbour). Системы рассуждения на основе аналогичных случаев показывают очень хорошие результаты в самых разнообразных задачах. Главный их минус заключается в том, что они вообще не создают каких-либо моделей или правил, обобщающих предыдущий опыт, – в выборе решения они основываются на всем массиве доступных исторических данных, поэтому невозможно сказать, на основе каких конкретно факторов эти системы строят свои ответы.

Нечеткая логика применяется для таких наборов данных, где причисление данных к какой-либо группе является вероятностью находящейся в интервале от 0 до 1, но не принимающей крайние значения. Четкая логика манипулирует результатами, которые могут быть либо истиной, либо ложью. Нечеткая

логика применяется в тех случаях, когда необходимо манипулировать степенью «может быть» в дополнении к «да» и «нет».

Строго говоря, интеллектуальный анализ данных – далеко не основная область применения *генетических алгоритмов*, которые, скорее, нужно рассматривать как мощное средство решения разнообразных комбинаторных задач и задач оптимизации. Тем не менее, генетические алгоритмы вошли сейчас в стандартный инструментарий методов Data Mining. Этот метод назван так потому, что в какой-то степени имитирует процесс естественного отбора в природе. Пусть нам надо найти решение задачи, наиболее оптимальное с точки зрения некоторого критерия. Пусть каждое решение полностью описывается некоторым набором чисел или величин нечисловой природы. Скажем, если нам надо выбрать совокупность фиксированного числа параметров рынка, наиболее выражено влияющих на его динамику, это будет набор имен этих параметров. Об этом наборе можно говорить как о совокупности хромосом, определяющих качества индивида – данного решения поставленной задачи. Значения параметров, определяющих решение, будут тогда называться генами. Поиск оптимального решения при этом похож на эволюцию популяции индивидов, представленных их наборами хромосом. В этой эволюции действуют три механизма: во-первых, отбор сильнейших – наборов хромосом, которым соответствуют наиболее оптимальные решения; во-вторых, скрещивание – производство новых индивидов при помощи смешивания хромосомных наборов отобранных индивидов; и, в-третьих, мутации – случайные изменения генов у некоторых индивидов популяции. В результате смены поколений вырабатывается такое решение поставленной задачи, которое уже не может быть далее улучшено.

Генетические алгоритмы имеют два слабых места. Во-первых, сама постановка задачи в их терминах не дает возможности проанализировать статистическую значимость получаемого с их помощью решения и, во-вторых, эффективно сформулировать задачу, определить критерий отбора хромосом под силу только специалисту. В силу этих факторов сегодня генетические алгоритмы надо рассматривать скорее как инструмент научного исследования, чем как средство анализа данных для практического применения в бизнесе и финансах.

Алгоритмы выявления ассоциаций находят правила об отдельных предметах, которые появляются вместе в одной экономической операции, например, в одной покупке. Последовательность – это тоже ассоциация, но зависящая от времени.

Ассоциация записывается как А(Б, где А называется левой частью или предпосылкой, Б – правой частью или следствием.

Частота появления каждого отдельного предмета или группы предметов определяется очень просто – считается количество появления этого предмета во всех событиях (покупках) и делится на общее количество событий. Эта величина измеряется в процентах и носит название «распространенность». Низкий уровень распространенности (менее одной тысячной процента) говорит о том, что такая ассоциация не существенна.

Для определения важности каждого полученного ассоциативного правила необходимо получить величину, которая носит название «доверительность А к Б» (или взаимосвязь А и Б). Эта величина показывает, как часто при появлении А появляется Б, и рассчитывается как отношение частоты появления (распространенности) А и Б вместе к распространенности А. То есть если доверительность А к Б равна 20%, то это значит, что при покупке товара А в каждом пятом случае приобретается и товар Б. Необходимо заметить, что если распространенность А не равна распространенности Б, то и доверительность А к Б не равна доверительности Б к А. В самом деле, покупка компьютера чаще ведет к покупке дискет, чем покупка дискеты к покупке компьютера.

Ещё одной важной характеристикой ассоциации является мощность ассоциации. Чем больше мощность, тем сильнее влияние, которое появление А оказывает на появление Б. Мощность рассчитывается по формуле: (доверительность А к Б) / (распространенность Б).

Некоторые алгоритмы поиска ассоциаций сначала сортируют данные и только после этого определяют взаимосвязь и распространенность. Единственным различием таких алгоритмов является скорость или эффективность нахождения ассоциаций. Это особенно важно из-за огромного количества комбинаций, которые необходимо перебрать для нахождения наиболее значимых правил. Алгоритмы поиска ассоциаций могут создавать свои базы данных распространенности, доверительности и мощности, к которым можно обращаться по запросу. Например: «Найти все ассоциации, в которых для товара X доверительность более 50% и распространенность не менее 2,5%».

При нахождении последовательностей добавляется переменная времени, которая позволяет работать с серией событий для нахождения последовательных ассоциаций на протяжении некоторого периода времени.

Подводя итоги описания этого метода анализа, необходимо сказать, что случайно может возникнуть такая ситуация, когда товары в супермаркете будут

сгруппированы при помощи найденных моделей, но это вместо ожидаемой прибыли даст обратный эффект. Это может получиться из-за того, что клиент не будет долго ходить по магазину в поисках желаемого товара, приобретая при этом ещё что-то, что попадает на глаза, и то, что он изначально не планировал приобрести.

Эволюционное программирование – сегодня самая молодая и наиболее перспективная ветвь Data Mining. Суть метода в том, что гипотезы о виде зависимости целевой переменной от других переменных формулируются системой в виде программ на некотором внутреннем языке программирования. Если это универсальный язык, то теоретически на нем можно выразить зависимость любого вида. Процесс построения этих программ строится как эволюция в мире программ (этим метод немного похож на генетические алгоритмы). Когда система находит программу, достаточно точно выражающую искомую зависимость, она начинает вносить в нее небольшие модификации и отбирает среди построенных таким образом дочерних программ те, которые повышают точность. Таким образом, система «выращивает» несколько генетических линий программ, которые конкурируют между собой в точности выражения искомой зависимости. Специальный транслирующий модуль переводит найденные зависимости с внутреннего языка системы на понятный пользователю язык (математические формулы, таблицы и пр.), делая их легкодоступными. Для того чтобы сделать полученные результаты еще понятнее для пользователя-нематематика, имеется богатый арсенал разнообразных средств визуализации обнаруживаемых зависимостей.

Поиск зависимости целевых переменных от остальных ведется в форме функций какого-то определенного вида. Например, в одном из наиболее удачных алгоритмов этого типа – методе группового учета аргументов (МГУА) – зависимость ищут в форме полиномов. Причем сложные полиномы заменяются несколькими более простыми, учитывающими только некоторые признаки (групп аргументов). Обычно используются попарные объединения признаков. По всей видимости, этот метод не имеет существенных преимуществ по сравнению с нейронными сетями с их готовым набором стандартных нелинейных функций, несмотря на то, что полученная формула зависимости, в принципе, поддается анализу и интерпретации (хотя на практике все же бывает слишком сложна для этого).

Комбинированные методы. Часто производители сочетают указанные подходы. Объединение средств нейронных сетей и технологии деревьев реше-

ний должно способствовать построению более точной модели и повышению ее быстродействия. Программы визуализации данных в каком-то смысле не являются средством анализа информации, поскольку они только представляют ее пользователю. Тем не менее, визуальное представление, скажем, сразу четырех переменных достаточно выразительно обобщает очень большие объемы данных. Некоторые производители понимают, что для решения каждой проблемы следует применять оптимальный метод. Например, продукт SAS Enterprise Miner 3.0 включает в себя модуль автоматического построения результирующей гибридной модели, определенной на множестве моделей, созданных предварительно принципиально различными методами – методами дерева решений, нейронных сетей, обобщенной многофакторной регрессии. Другой продукт под названием Darwin, готовящийся к выпуску в первой половине этого года компанией Thinking Machines (Бедфорд, шт. Массачусетс), позволит не только строить модели на основе нейронных сетей или деревьев решений, но также использовать визуализацию и системы рассуждения на основе аналогичных случаев. Кроме того, продукт включает в себя своеобразный генетический алгоритм для оптимизации моделей.

Чрезвычайно активно работает в области анализа и интерпретации информации хранилищ данных и компания IBM. Многие из полученных в ее лабораториях результатов нашли применение в выпускаемых компанией инструментальных пакетах, которые можно отнести к четырем из пяти стандартных типов приложений «глубокой переработки» информации: классификации, кластеризации, выявлению последовательностей и ассоциаций. Выделение подмножества данных. Одной из наиболее серьезных проблем анализа и интерпретации информации является необходимость выделения подмножества данных (из соображений производительности). При построении своей модели вы можете искать компромисс между числом записей (строк) в выборке данных и количеством оцениваемых переменных. В SAS Enterprise Miner для преодоления такого рода трудностей имеется специальный модуль, позволяющий легко настроить процесс выборки из генеральной совокупности.



.....
Контрольные вопросы по главе 4
.....

1. Приведите характеристики основных классов информационных систем.
2. Приведите основные особенности и назначение OLTP-систем.
3. Для чего нужны хранилища данных?
4. Какие основные операции присущи многомерной модели данных?
5. Приведите основные характеристики процесса обнаружения знаний в хранилище данных.
6. Какие существуют основные методы анализа данных в хранилище данных?

5 CASE-технологии

5.1 Истоки возникновения CASE-технологий

Тенденции развития современных информационных технологий приводят к постоянному возрастанию сложности информационных систем (ИС), создаваемых в различных областях экономики. Современные крупные проекты ИС характеризуются, как правило, следующими особенностями:

- сложность описания (достаточно большое количество функций, процессов, элементов данных и сложные взаимосвязи между ними), требующая тщательного моделирования и анализа данных и процессов;
- наличие совокупности тесно взаимодействующих компонентов (подсистем), имеющих свои локальные задачи и цели функционирования (например, традиционных приложений, связанных с обработкой транзакций и решением регламентных задач, и приложений аналитической обработки (поддержки принятия решений), использующих нерегламентированные запросы к данным большого объема);
- отсутствие прямых аналогов, ограничивающее возможность использования каких-либо типовых проектных решений и прикладных систем;
- необходимость интеграции существующих и вновь разрабатываемых приложений;
- функционирование в неоднородной среде на нескольких аппаратных платформах;
- разобщенность и разнородность отдельных групп разработчиков по уровню квалификации и сложившимся традициям использования тех или иных инструментальных средств;
- существенная временная протяженность проекта, обусловленная, с одной стороны, ограниченными возможностями коллектива разработчиков, и, с другой стороны, масштабами организации-заказчика и различной степенью готовности отдельных ее подразделений к внедрению ИС.

Для успешной реализации проекта объект проектирования (ИС) должен быть прежде всего адекватно описан, должны быть построены полные и непротиворечивые функциональные и информационные модели ИС. Накопленный к

настоящему времени опыт проектирования ИС показывает, что это логически сложная, трудоемкая и длительная по времени работа, требующая высокой квалификации участвующих в ней специалистов. Однако до недавнего времени проектирование ИС выполнялось в основном на интуитивном уровне с применением неформализованных методов, основанных на искусстве, практическом опыте, экспертных оценках и дорогостоящих экспериментальных проверках качества функционирования ИС. Кроме того, в процессе создания и функционирования ИС информационные потребности пользователей могут изменяться или уточняться, что еще более усложняет разработку и сопровождение таких систем.

В 1970–1980-х гг. при разработке ИС достаточно широко применялась структурная методология, предоставляющая в распоряжение разработчиков строгие формализованные методы описания ИС и принимаемых технических решений. Она основана на наглядной графической технике: для описания различного рода моделей ИС используются схемы и диаграммы. Наглядность и строгость средств структурного анализа позволяла разработчикам и будущим пользователям системы с самого начала неформально участвовать в ее создании, обсуждать и закреплять понимание основных технических решений. Однако широкое применение этой методологии и следование ее рекомендациям при разработке конкретных ИС встречалось достаточно редко, поскольку при неавтоматизированной (ручной) разработке это практически невозможно. Действительно, вручную очень трудно разработать и графически представить строгие формальные спецификации системы, проверить их на полноту и непротиворечивость и тем более изменить. Если все же удастся создать строгую систему проектных документов, то ее переработка при появлении серьезных изменений практически неосуществима. Ручная разработка обычно порождала следующие проблемы:

- неадекватная спецификация требований;
- неспособность обнаруживать ошибки в проектных решениях;
- низкое качество документации, снижающее эксплуатационные качества;
- затяжной цикл и неудовлетворительные результаты тестирования.

С другой стороны, разработчики ИС исторически всегда стояли последними в ряду тех, кто использовал компьютерные технологии для повышения качества, надежности и производительности в своей собственной работе (феномен «сапожника без сапог»).

Перечисленные факторы способствовали появлению программно-технологических средств специального класса – CASE-средств, реализующих CASE-технологии создания и сопровождения ИС. Термин CASE (Computer Aided Software Engineering) используется в настоящее время в весьма широком смысле. Первоначальное значение термина CASE, ограниченное вопросами автоматизации разработки только лишь программного обеспечения (ПО), в настоящее время приобрело новый смысл, охватывающий процесс разработки сложных ИС в целом. Теперь под термином CASE-средства понимаются программные средства, поддерживающие процессы создания и сопровождения ИС, включая анализ и формулировку требований, проектирование прикладного ПО (приложений) и баз данных, генерацию кода, тестирование, документирование, обеспечение качества, конфигурационное управление и управление проектом, а также другие процессы. CASE-средства вместе с системным ПО и техническими средствами образуют полную среду разработки ИС.

Появлению CASE-технологии и CASE-средств предшествовали исследования в области методологии программирования. Программирование обрело черты системного подхода с разработкой и внедрением языков высокого уровня, методов структурного и модульного программирования, языков проектирования и средств их поддержки, формальных и неформальных языков описаний системных требований и спецификаций и т. д. Кроме того, появлению CASE-технологии способствовали и такие факторы, как:

- подготовка аналитиков и программистов, восприимчивых к концепциям модульного и структурного программирования;
- широкое внедрение и постоянный рост производительности компьютеров, позволившие использовать эффективные графические средства и автоматизировать большинство этапов проектирования;
- внедрение сетевой технологии, предоставившей возможность объединения усилий отдельных исполнителей в единый процесс проектирования путем использования разделяемой базы данных, содержащей необходимую информацию о проекте.



.....

CASE-технология представляет собой методологию проектирования ИС, а также набор инструментальных средств, позволяющих в наглядной форме моделировать предметную область, анализировать эту модель на всех этапах разработки и сопровождения ИС

и разрабатывать приложения в соответствии с информационными потребностями пользователей.

.....

Большинство существующих CASE-средств основано на методологиях структурного (в основном) или объектно-ориентированного анализа и проектирования, использующих спецификации в виде диаграмм или текстов для описания внешних требований, связей между моделями системы, динамики поведения системы и архитектуры программных средств.

Однако, несмотря на все потенциальные возможности CASE-средств, существует множество примеров их неудачного внедрения, в результате которых CASE-средства становятся «полочным» ПО (shelfware). В связи с этим необходимо отметить следующее:

- CASE-средства не обязательно дают немедленный эффект; он может быть получен только спустя какое-то время;
- реальные затраты на внедрение CASE-средств обычно намного превышают затраты на их приобретение;
- CASE-средства обеспечивают возможности для получения существенной выгоды только после успешного завершения процесса их внедрения.

Ввиду разнообразной природы CASE-средств было бы ошибочно делать какие-либо безоговорочные утверждения относительно реального удовлетворения тех или иных ожиданий от их внедрения. Можно перечислить следующие факторы, усложняющие определение возможного эффекта от использования CASE-средств:

- широкое разнообразие качества и возможностей CASE-средств;
- относительно небольшое время использования CASE-средств в различных организациях и недостаток опыта их применения;
- широкое разнообразие в практике внедрения различных организаций;
- отсутствие детальных метрик и данных для уже выполненных и текущих проектов;
- широкий диапазон предметных областей проектов;
- различная степень интеграции CASE-средств в различных проектах.

Вследствие этих сложностей доступная информация о реальных внедрениях крайне ограничена и противоречива. Она зависит от типа средств, характеристик проектов, уровня сопровождения и опыта пользователей. Некоторые

аналитики полагают, что реальная выгода от использования некоторых типов CASE-средств может быть получена только после одно- или двухлетнего опыта. Другие полагают, что воздействие может реально проявиться в фазе эксплуатации жизненного цикла ИС, когда технологические улучшения могут привести к снижению эксплуатационных затрат.

Для успешного внедрения CASE-средств организация должна обладать следующими качествами:

- технология. Понимание ограниченности существующих возможностей и способность принять новую технологию;
- культура. Готовность к внедрению новых процессов и взаимоотношений между разработчиками и пользователями;
- управление. Четкое руководство и организованность по отношению к наиболее важным этапам и процессам внедрения.

Если организация не обладает хотя бы одним из перечисленных качеств, то внедрение CASE-средств может закончиться неудачей независимо от степени тщательности следования различным рекомендациям по внедрению.

Для того чтобы принять взвешенное решение относительно инвестиций в CASE-технологии, пользователи вынуждены производить оценку отдельных CASE-средств, опираясь на неполные и противоречивые данные. Эта проблема зачастую усугубляется недостаточным знанием всех возможных «подводных камней» использования CASE-средств. Среди наиболее важных проблем выделяются следующие:

- достоверная оценка отдачи от инвестиций в CASE-средства затруднительна ввиду отсутствия приемлемых метрик и данных по проектам и процессам разработки ПО;
- внедрение CASE-средств может представлять собой достаточно длительный процесс и может не принести немедленной отдачи. Возможно даже краткосрочное снижение продуктивности в результате усилий, затрачиваемых на внедрение. Вследствие этого руководство организации-пользователя может утратить интерес к CASE-средствам и прекратить поддержку их внедрения;
- отсутствие полного соответствия между теми процессами и методами, которые поддерживаются CASE-средствами, и теми, которые используются в данной организации, может привести к дополнительным трудностям;

- CASE-средства зачастую трудно использовать в комплексе с другими подобными средствами. Это объясняется как различными парадигмами, поддерживаемыми различными средствами, так и проблемами передачи данных и управления от одного средства к другому;
- некоторые CASE-средства требуют слишком много усилий для того, чтобы оправдать их использование в небольшом проекте, при этом, тем не менее, можно извлечь выгоду из той дисциплины, к которой обязывает их применение;
- негативное отношение персонала к внедрению новой CASE-технологии может быть главной причиной провала проекта.

Пользователи CASE-средств должны быть готовы к необходимости долгосрочных затрат на эксплуатацию, частому появлению новых версий и возможному быстрому моральному старению средств, а также постоянным затратам на обучение и повышение квалификации персонала.

Несмотря на все высказанные предостережения и некоторый пессимизм, грамотный и разумный подход к использованию CASE-средств может преодолеть все перечисленные трудности. Успешное внедрение CASE-средств должно обеспечить такие выгоды, как:

- высокий уровень технологической поддержки процессов разработки и сопровождения ПО;
- положительное воздействие на некоторые или все из перечисленных факторов: производительность, качество продукции, соблюдение стандартов, документирование;
- приемлемый уровень отдачи от инвестиций в CASE-средства.

5.2 Структурный подход к проектированию ИС



.....

Сущность структурного подхода к разработке ИС заключается в ее декомпозиции (разбиении) на автоматизируемые функции: система разбивается на функциональные подсистемы, которые в свою очередь делятся на подфункции, подразделяемые на задачи и так далее.

.....

Процесс разбиения продолжается вплоть до конкретных процедур. При этом автоматизируемая система сохраняет целостное представление, в котором все составляющие компоненты взаимоувязаны. При разработке системы «снизу

вверх» от отдельных задач ко всей системе целостность теряется, возникают проблемы при информационной стыковке отдельных компонентов.

Все наиболее распространенные методологии структурного подхода базируются на ряде общих принципов. В качестве двух базовых принципов используются следующие:

- 1) принцип «разделяй и властвуй» – принцип решения сложных проблем путем их разбиения на множество меньших независимых задач, легких для понимания и решения;
- 2) принцип иерархического упорядочивания – принцип организации составных частей проблемы в иерархические древовидные структуры с добавлением новых деталей на каждом уровне.

Выделение двух базовых принципов не означает, что остальные принципы являются второстепенными, поскольку игнорирование любого из них может привести к непредсказуемым последствиям (в том числе и к провалу всего проекта). Основными из этих принципов являются следующие:

- принцип абстрагирования – заключается в выделении существенных аспектов системы и отвлечения от несущественных;
- принцип формализации – заключается в необходимости строгого методического подхода к решению проблемы;
- принцип непротиворечивости – заключается в обоснованности и согласованности элементов;
- принцип структурирования данных – заключается в том, что данные должны быть структурированы и иерархически организованы.

В структурном анализе используются в основном две группы средств, иллюстрирующих функции, выполняемые системой, и отношения между данными. Каждой группе средств соответствуют определенные виды моделей (диаграмм), наиболее распространенными среди которых являются следующие:

- SADT (Structured Analysis and Design Technique) модели и соответствующие функциональные диаграммы;
- DFD (Data Flow Diagrams) диаграммы потоков данных;
- ERD (Entity-Relationship Diagrams) диаграммы «сущность – связь».

На стадии проектирования ИС модели расширяются, уточняются и дополняются диаграммами, отражающими структуру программного обеспечения: архитектуру ПО, структурные схемы программ и диаграммы экранных форм.

Перечисленные модели в совокупности дают полное описание ИС независимо от того, является ли она существующей или вновь разрабатываемой.

Состав диаграмм в каждом конкретном случае зависит от необходимой полноты описания системы.

5.3 Методология функционального моделирования SADT

Методология SADT разработана Дугласом Россом. На ее основе создана, в частности, известная методология функционального моделирования IDEF0 (Icam DEFinition), которая является основной частью программы ICAM (Интеграция компьютерных и промышленных технологий), проводимой по инициативе ВВС США.

Методология SADT представляет собой совокупность методов, правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области. Функциональная модель SADT отображает функциональную структуру объекта, т. е. производимые им действия и связи между этими действиями. Основные элементы этой методологии основываются на следующих концепциях:

- графическое представление блочного моделирования. Графика блоков и дуг SADT-диаграммы отображает функцию в виде блока, а интерфейсы входа/выхода представляются дугами, соответственно входящими в блок и выходящими из него. Взаимодействие блоков друг с другом описывается посредством интерфейсных дуг, выражающих «ограничения», которые в свою очередь определяют, когда и каким образом функции выполняются и управляются;
- строгость и точность. Выполнение правил SADT требует достаточной строгости и точности, не накладывая в то же время чрезмерных ограничений на действия аналитика. Правила SADT включают:
 - ограничение количества блоков на каждом уровне декомпозиции (правило 3–6 блоков);
 - связность диаграмм (номера блоков);
 - уникальность меток и наименований (отсутствие повторяющихся имен);
 - синтаксические правила для графики (блоков и дуг);
 - разделение входов и управлений (правило определения роли данных);
- отделение организации от функции, т. е. исключение влияния организационной структуры на функциональную модель.

Методология SADT может использоваться для моделирования широкого круга систем и определения требований и функций, а затем для разработки системы, которая удовлетворяет этим требованиям и реализует эти функции. Для уже существующих систем SADT может быть использована для анализа функций, выполняемых системой, а также для указания механизмов, посредством которых они осуществляются.

Результатом применения методологии SADT является модель, которая состоит из диаграмм, фрагментов текстов и глоссария, имеющих ссылки друг на друга. Диаграммы – главные компоненты модели, все функции ИС и интерфейсы на них представлены как блоки и дуги. Место соединения дуги с блоком определяет тип интерфейса. Управляющая информация входит в блок сверху, в то время как информация, которая подвергается обработке, показана с левой стороны блока, а результаты выхода показаны с правой стороны. Механизм (человек или автоматизированная система), который осуществляет операцию, представляется дугой, входящей в блок снизу (рис. 5.1).



Рис. 5.1 – Функциональный блок и интерфейсные дуги

Одной из наиболее важных особенностей методологии SADT является постепенное введение все больших уровней детализации по мере создания диаграмм, отображающих модель.

На рисунке 5.2, где приведены четыре диаграммы и их взаимосвязи, показана структура SADT-модели. Каждый компонент модели может быть декомпозирован на другой диаграмме. Каждая диаграмма иллюстрирует «внутреннее строение» блока на родительской диаграмме.

Построение SADT-модели начинается с представления всей системы в виде простейшей компоненты – одного блока и дуг, изображающих интерфейсы с функциями вне системы. Поскольку единственный блок представляет всю систему как единое целое, имя, указанное в блоке, является общим. Это верно и для интерфейсных дуг – они также представляют полный набор внешних ин-

терфейсов системы в целом. Такая диаграмма, содержащая один блок, называется контекстной.



Рис. 5.2 – Структура SADT-модели. Декомпозиция диаграмм

Затем блок, который представляет систему в качестве единого модуля, детализируется на другой диаграмме с помощью нескольких блоков, соединенных интерфейсными дугами. Эти блоки представляют основные подфункции исходной функции. Данная декомпозиция выявляет полный набор подфункций, каждая из которых представлена как блок, границы которого определены интерфейсными дугами. Каждая из этих подфункций может быть декомпозирована подобным образом для более детального представления. Число блоков на

диаграмме (обратим внимание еще раз, поскольку данное ограничение часто забывается) не менее 3 и не более 6.

Во всех случаях каждая подфункция может содержать только те элементы, которые входят в исходную функцию. Кроме того, модель не может опустить какие-либо элементы, т. е., как уже отмечалось, родительский блок и его интерфейсы обеспечивают контекст. К нему нельзя ничего добавить, и из него не может быть ничего удалено.

Модель SADT представляет собой серию диаграмм с сопроводительной документацией, разбивающих сложный объект на составные части, которые представлены в виде блоков. Детали каждого из основных блоков показаны в виде блоков на других диаграммах. Каждая детальная диаграмма является декомпозицией блока из более общей диаграммы. На каждом шаге декомпозиции более общая диаграмма называется родительской для более детальной диаграммы.

Дуги, входящие в блок и выходящие из него на диаграмме верхнего уровня, являются точно теми же самыми, что и дуги, входящие в диаграмму нижнего уровня и выходящие из нее, потому что блок и диаграмма представляют одну и ту же часть системы

Некоторые дуги присоединены к блокам диаграммы обоими концами, у других же один конец остается неприсоединенным. Неприсоединенные дуги соответствуют входам, управлениям и выходам родительского блока. Источник или получатель этих пограничных дуг может быть обнаружен только на родительской диаграмме, не присоединенные концы должны соответствовать дугам на исходной диаграмме. Все граничные дуги должны продолжаться на родительской диаграмме, чтобы она была полной и непротиворечивой. Каждый блок должен иметь дуги управления и выхода.



.....
 На SADT-диаграммах не указаны явно ни последовательность, ни время.

Обратные связи, итерации, продолжающиеся процессы и перекрывающиеся (по времени) функции могут быть изображены с помощью дуг.

Как было отмечено, механизмы (дуги с нижней стороны) показывают средства, с помощью которых осуществляется выполнение функций. Механизм может быть человеком, компьютером или любым другим устройством, которое помогает выполнять данную функцию (рис. 5.3).



Рис. 5.3 – Пример механизма

Каждый блок на диаграмме имеет свой номер. Блок любой диаграммы может быть далее описан диаграммой нижнего уровня, которая, в свою очередь, может быть далее детализирована с помощью необходимого числа диаграмм. Таким образом формируется иерархия диаграмм.

Для того чтобы указать положение любой диаграммы или блока в иерархии, используются номера диаграмм. Например, A21 является диаграммой, которая детализирует блок 1 на диаграмме A2. Аналогично, A2 детализирует блок 2 на диаграмме A0, которая является самой верхней диаграммой модели. На рисунке 5.4 показано типичное дерево диаграмм.

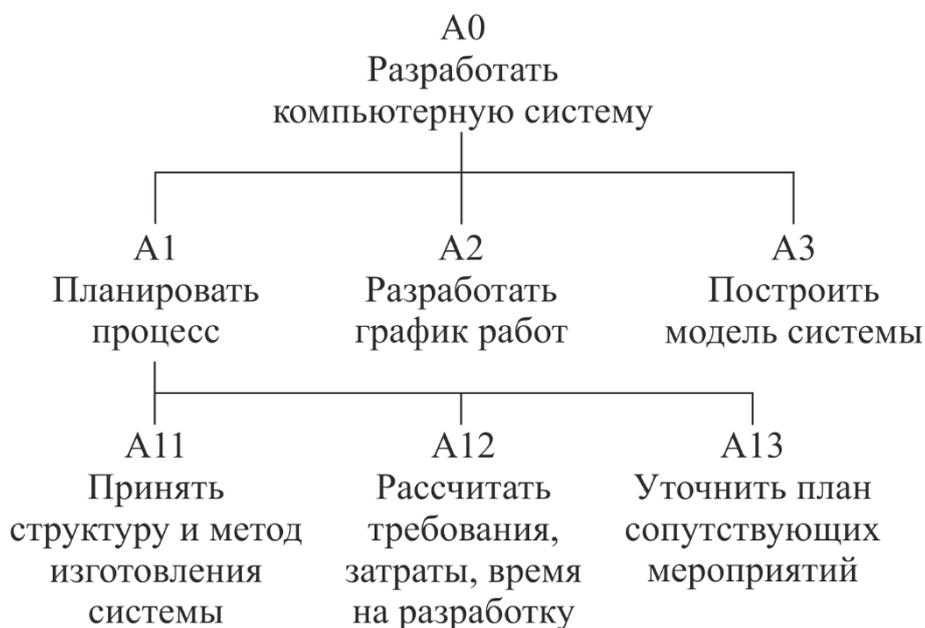


Рис. 5.4 – Иерархия диаграмм

5.4 Моделирование потоков данных (процессов)

Методология Гейна/Сарсона. В основе методологии Гейна/Сарсона (Gane/Sarson) лежит построение модели анализируемой ИС – проектируемой

или реально существующей. В соответствии с методологией модель системы определяется как иерархия диаграмм потоков данных (ДПД или DFD), описывающих асинхронный процесс преобразования информации от ее ввода в систему до выдачи пользователю. Диаграммы верхних уровней иерархии (контекстные диаграммы) определяют основные процессы или подсистемы ИС с внешними входами и выходами. Они детализируются при помощи диаграмм нижнего уровня. Такая декомпозиция продолжается, создавая многоуровневую иерархию диаграмм, до тех пор, пока не будет достигнут такой уровень декомпозиции, на котором процессы становятся элементарными и детализировать их далее невозможно.

Источники информации (внешние сущности) порождают информационные потоки (потоки данных), переносящие информацию к подсистемам или процессам. Те в свою очередь преобразуют информацию и порождают новые потоки, которые переносят информацию к другим процессам или подсистемам, накопителям данных или внешним сущностям – потребителям информации. Таким образом, основными компонентами диаграмм потоков данных являются: внешние сущности; системы/подсистемы; процессы; накопители данных; потоки данных.

Внешняя сущность представляет собой материальный предмет или физическое лицо, являющиеся источником или приемником информации, например, заказчики, персонал, поставщики, клиенты, склад. Определение некоторого объекта или системы в качестве внешней сущности указывает на то, что она находится за пределами границ анализируемой ИС. В процессе анализа некоторые внешние сущности могут быть перенесены внутрь диаграммы анализируемой ИС, если это необходимо, или, наоборот, часть процессов ИС может быть вынесена за пределы диаграммы и представлена как внешняя сущность.

Внешняя сущность обозначается квадратом, расположенным как бы «над» диаграммой и бросающим на нее тень, для того чтобы можно было выделить этот символ среди других обозначений (рис. 5.5).



Рис. 5.5 – Внешняя сущность

При построении модели сложной ИС она может быть представлена в самом общем виде на так называемой контекстной диаграмме в виде одной системы как единого целого либо может быть декомпозирована на ряд подсистем. Вид подсистемы (или системы) на контекстной диаграмме представлен на рисунке 5.6.

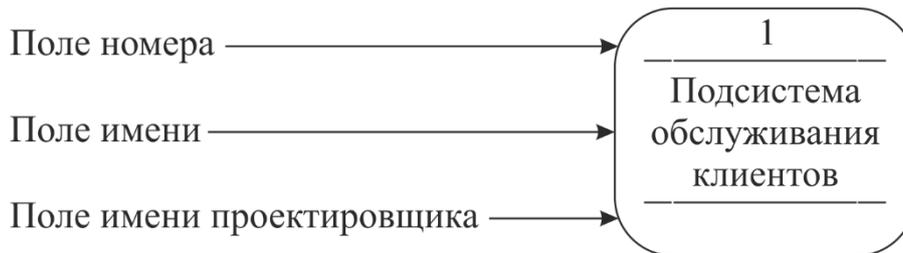


Рис. 5.6 – Изображение подсистемы

Номер подсистемы служит для ее идентификации. В поле имени вводится наименование подсистемы в виде предложения с подлежащим и соответствующими определениями и дополнениями.

Процесс представляет собой преобразование входных потоков данных в выходные в соответствии с определенным алгоритмом. Физически процесс может быть реализован различными способами: это может быть подразделение организации (отдел), выполняющее обработку входных документов и выпуск отчетов, программа, аппаратно реализованное логическое устройство и т. д. Процесс на диаграмме потоков данных изображается так, как показано на рисунке 5.7.

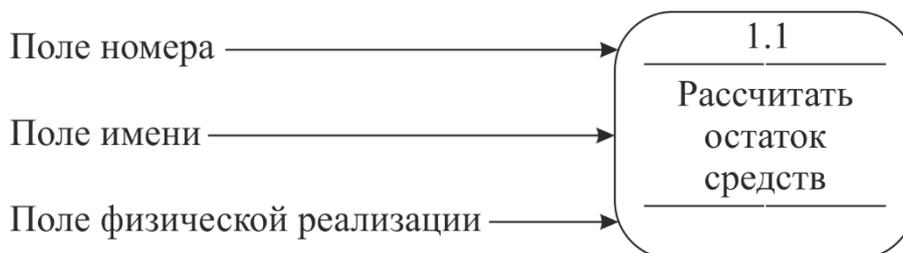


Рис. 5.7 – Изображение процесса

Номер процесса служит для его идентификации. В поле имени вводится наименование процесса в виде предложения с активным недвусмысленным глаголом в неопределенной форме (вычислить, рассчитать, проверить, определить, создать, получить), за которым следуют существительные в винительном падеже, например:

- «Ввести сведения о клиентах»;

- «Выдать информацию о текущих расходах»;
- «Проверить кредитоспособность клиента».

Использование таких глаголов, как «обработать», «модернизировать» или «отредактировать» означает, как правило, недостаточно глубокое понимание данного процесса и требует дальнейшего анализа.

Информация в поле физической реализации показывает, какое подразделение организации, программа или аппаратное устройство выполняет данный процесс.

Накопитель данных представляет собой абстрактное устройство для хранения информации. Данные можно в любой момент поместить в накопитель и через некоторое время извлечь, причем способы помещения и извлечения могут быть любыми. Накопитель данных может быть реализован физически в виде микрофиши, ящика в картотеке, таблицы в оперативной памяти, файла на магнитном носителе и т. д. Накопитель данных на диаграмме потоков данных изображается так, как показано на рисунке 5.8.

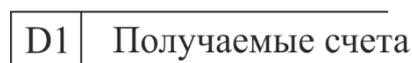


Рис. 5.8 – Накопитель данных

Накопитель данных идентифицируется буквой «D» и произвольным числом. Имя накопителя выбирается из соображения наибольшей информативности для проектировщика.

Накопитель данных в общем случае является прообразом будущей базы данных, и описание хранящихся в нем данных должно быть увязано с информационной моделью

Поток данных определяет информацию, передаваемую через некоторое соединение от источника к приемнику. Реальный поток данных может быть информацией, передаваемой по кабелю между двумя устройствами, пересылаемыми по почте письмами, магнитными лентами или дискетами, переносимыми с одного компьютера на другой и т. д.

Поток данных на диаграмме изображается линией, оканчивающейся стрелкой, которая показывает направление потока (рис. 5.9). Каждый поток данных имеет имя, отражающее его содержание.

Первым шагом при построении иерархии ДПД является построение контекстных диаграмм. Обычно при проектировании относительно простых ИС строится единственная контекстная диаграмма со звездообразной топологией, в

центре которой находится так называемый главный процесс, соединенный с приемниками и источниками информации, посредством которых с системой взаимодействуют пользователи и другие внешние системы.

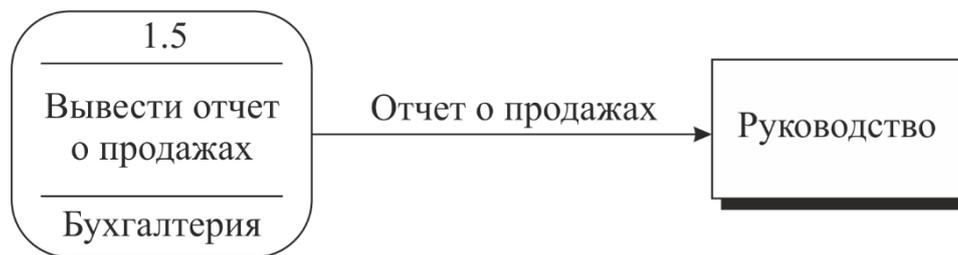


Рис. 5.9 – Поток данных

Если же для сложной системы ограничиться единственной контекстной диаграммой, то она будет содержать слишком большое количество источников и приемников информации, которые трудно расположить на листе бумаги обычного формата, и, кроме того, единственный главный процесс не раскрывает структуры распределенной системы. Признаками сложности (в смысле контекста) могут быть:

- наличие большого количества внешних сущностей (десять и более);
- распределенная природа системы;
- многофункциональность системы с уже сложившейся или выявленной группировкой функций в отдельные подсистемы.

Для сложных ИС строится иерархия контекстных диаграмм. При этом контекстная диаграмма верхнего уровня содержит не единственный главный процесс, а набор подсистем, соединенных потоками данных. Контекстные диаграммы следующего уровня детализируют контекст и структуру подсистем.

Иерархия контекстных диаграмм определяет взаимодействие основных функциональных подсистем проектируемой ИС как между собой, так и с внешними входными и выходными потоками данных и внешними объектами (источниками и приемниками информации), с которыми взаимодействует ИС.

Разработка контекстных диаграмм решает проблему строгого определения функциональной структуры ИС на самой ранней стадии ее проектирования, что особенно важно для сложных многофункциональных систем, в разработке которых участвуют разные организации и коллективы разработчиков.

После построения контекстных диаграмм полученную модель следует проверить на полноту исходных данных об объектах системы и изолированность объектов (отсутствие информационных связей с другими объектами).

Для каждой подсистемы, присутствующей на контекстных диаграммах, выполняется ее детализация при помощи ДПД. Каждый процесс на ДПД, в свою очередь, может быть детализирован при помощи ДПД или миниспецификации. При детализации должны выполняться следующие правила:

- правило балансировки – означает, что при детализации подсистемы или процесса детализирующая диаграмма в качестве внешних источников/приемников данных может иметь только те компоненты (подсистемы, процессы, внешние сущности, накопители данных), с которыми имеет информационную связь детализируемая подсистема или процесс на родительской диаграмме;
- правило нумерации – означает, что при детализации процессов должна поддерживаться их иерархическая нумерация. Например, процессы, детализирующие процесс с номером 12, получают номера 12.1, 12.2, 12.3 и т. д.

Миниспецификация (описание логики процесса) должна формулировать основные функции таким образом, чтобы в дальнейшем специалист, выполняющий реализацию проекта, смог выполнить их или разработать соответствующую программу.

Миниспецификация является конечной вершиной иерархии ДПД. Решение о завершении детализации процесса и использовании миниспецификации принимается аналитиком исходя из следующих критериев:

- наличия у процесса относительно небольшого количества входных и выходных потоков данных (2–3 потока);
- возможности описания преобразования данных процессом в виде последовательного алгоритма;
- выполнения процессом единственной логической функции преобразования входной информации в выходную;
- возможности описания логики процесса при помощи миниспецификации небольшого объема (не более 20–30 строк).

При построении иерархии ДПД переходить к детализации процессов следует только после определения содержания всех потоков и накопителей данных, которое описывается при помощи структур данных. Структуры данных конструируются из элементов данных и могут содержать альтернативы, условные вхождения и итерации. Условное вхождение означает, что данный компонент может отсутствовать в структуре. Альтернатива означает, что в структуру может входить один из перечисленных элементов. Итерация означает вхожде-

ние любого числа элементов в указанном диапазоне. Для каждого элемента данных может указываться его тип (непрерывные или дискретные данные). Для непрерывных данных могут указываться единица измерения (кг, см и т. п.), диапазон значений, точность представления и форма физического кодирования. Для дискретных данных может указываться таблица допустимых значений.

После построения законченной модели системы ее необходимо верифицировать (проверить на полноту и согласованность). В полной модели все ее объекты (подсистемы, процессы, потоки данных) должны быть подробно описаны и детализированы. Выявленные недетализированные объекты следует детализировать, вернувшись на предыдущие шаги разработки. В согласованной модели для всех потоков данных и накопителей данных должно выполняться правило сохранения информации: все поступающие куда-либо данные должны быть считаны, а все считываемые данные должны быть записаны.

5.5 Моделирование данных

Цель моделирования данных состоит в обеспечении разработчика ИС концептуальной схемой базы данных в форме одной модели или нескольких локальных моделей, которые относительно легко могут быть отображены в любую систему баз данных.

Наиболее распространенным средством моделирования данных являются диаграммы «сущность – связь» (ERD). С их помощью определяются важные для предметной области объекты (сущности), их свойства (атрибуты) и отношения друг с другом (связи). ERD непосредственно используются для проектирования реляционных баз данных.

Нотация ERD была впервые введена П. Ченом (Chen) и получила дальнейшее развитие в работах Баркера.

Метод IDEF1, разработанный Т. Рэмей (T. Ramey), также основан на подходе П. Чена и позволяет построить модель данных, эквивалентную реляционной модели в третьей нормальной форме. В настоящее время на основе совершенствования методологии IDEF1 создана ее новая версия – методология IDEF1X. IDEF1X разработана с учетом таких требований, как простота изучения и возможность автоматизации. IDEF1X-диаграммы используются рядом распространенных CASE-средств (в частности, ERwin, Design/IDEF).

5.6 Общая характеристика и классификация CASE-средств

Современные CASE-средства охватывают обширную область поддержки многочисленных технологий проектирования ИС: от простых средств анализа и документирования до полномасштабных средств автоматизации, покрывающих весь жизненный цикл ПО.

Наиболее трудоемкими этапами разработки ИС являются этапы анализа и проектирования, в процессе которых CASE-средства обеспечивают качество принимаемых технических решений и подготовку проектной документации. При этом большую роль играют методы визуального представления информации. Это предполагает построение структурных или иных диаграмм в реальном масштабе времени, использование многообразной цветовой палитры, сквозную проверку синтаксических правил. Графические средства моделирования предметной области позволяют разработчикам в наглядном виде изучать существующую ИС, перестраивать ее в соответствии с поставленными целями и имеющимися ограничениями.

В разряд CASE-средств попадают как относительно дешевые системы для персональных компьютеров с весьма ограниченными возможностями, так и дорогостоящие системы для неоднородных вычислительных платформ и операционных сред. Так, современный рынок программных средств насчитывает около 300 различных CASE-средств, наиболее мощные из которых так или иначе используются практически всеми ведущими западными фирмами.

Обычно к CASE-средствам относят любое программное средство, автоматизирующее ту или иную совокупность процессов жизненного цикла ПО и обладающее следующими основными характерными особенностями:

- мощные графические средства для описания и документирования ИС, обеспечивающие удобный интерфейс с разработчиком и развивающие его творческие возможности;
- интеграция отдельных компонент CASE-средств, обеспечивающая управляемость процессом разработки ИС;
- использование специальным образом организованного хранилища проектных метаданных (репозитория).

Интегрированное CASE-средство (или комплекс средств, поддерживающих полный ЖЦ ПО) содержит следующие компоненты:

- репозиторий, являющийся основой CASE-средства. Он должен обеспечивать хранение версий проекта и его отдельных компонентов, синхронизацию поступления информации от различных разработчиков

при групповой разработке, контроль метаданных на полноту и непротиворечивость;

- графические средства анализа и проектирования, обеспечивающие создание и редактирование иерархически связанных диаграмм (DFD, ERD и др.), образующих модели ИС;
- средства разработки приложений, включая языки 4GL и генераторы кодов;
- средства конфигурационного управления;
- средства документирования;
- средства тестирования;
- средства управления проектом;
- средства реинжиниринга.

Все современные CASE-средства могут быть классифицированы в основном по типам и категориям. Классификация по типам отражает функциональную ориентацию CASE-средств на те или иные процессы ЖЦ. Классификация по категориям определяет степень интегрированности по выполняемым функциям и включает отдельные локальные средства, решающие небольшие автономные задачи (tools), набор частично интегрированных средств, охватывающих большинство этапов жизненного цикла ИС (toolkit), и полностью интегрированные средства, поддерживающие весь жизненный цикл ИС и связанные общим репозиторием. Помимо этого, CASE-средства можно классифицировать по следующим признакам:

- применяемые методологии и модели систем и БД;
- степень интегрированности с СУБД;
- доступные платформы.

Классификация по типам в основном совпадает с компонентным составом CASE-средств и включает следующие основные типы:

- средства анализа (Upper CASE), предназначенные для построения и анализа моделей предметной области (Design/IDEF (Meta Software), VPwin (Logic Works));
- средства анализа и проектирования (Middle CASE), поддерживающие наиболее распространенные методологии проектирования и используемые для создания проектных спецификаций. Выходом таких средств являются спецификации компонентов и интерфейсов системы, архитектуры системы, алгоритмов и структур данных;

- средства проектирования баз данных, обеспечивающие моделирование данных и генерацию схем баз данных (как правило, на языке SQL) для наиболее распространенных СУБД. К ним относятся ERwin (Logic Works), S-Designor (SDP) и DataBase Designer (ORACLE);
- средства разработки приложений;
- средства реинжиниринга, обеспечивающие анализ программных кодов и схем баз данных и формирование на их основе различных моделей и проектных спецификаций. В области анализа программных кодов наибольшее распространение получают объектно-ориентированные CASE-средства, обеспечивающие реинжиниринг программ на языке C++ (Rational Rose (Rational Software), Object Team (Cayenne)).

Вспомогательные типы включают:

- средства планирования и управления проектом (SE Companion, Microsoft Project и др.);
- средства конфигурационного управления;
- средства тестирования;
- средства документирования.



Контрольные вопросы по главе 5

1. Какие основные задачи призваны решать CASE-технологии?
2. В чем сущность структурного подхода к проектированию ИС?
3. Вспомните основные элементы методологии SADT.
4. Из чего состоит функциональная модель в методологии SADT?
5. Приведите основные положения методологии Гейна/Сарсона моделирования потоков данных.
6. Из каких шагов состоит построение иерархии диаграмм потоков данных?

6 Геоинформационная технология

6.1 История появления ГИС

Аббревиатура ГИС расшифровывается как *географическая информационная система* или *геоинформационная система*. Можно рассматривать ГИС как набор аппаратных и программных инструментов, используемых для ввода, хранения, манипулирования, анализа и отображения пространственной информации. Термин *геоинформационная* стал сегодня обозначать уже нечто большее, чем его развернутый вариант.

Первой ГИС принято считать систему, созданную в 1962 г. в Канаде Аланом Томлинсоном, которая так и называлась Канадская географическая информационная система. Первые ГИС представляли собой целые комнаты, занятые вычислительной аппаратурой и множеством полок, заполненных перфокартами с пространственной и описательной информацией об объектах (координатами). Из-за высокой стоимости такие ГИС были немногочисленны и доступны только крупным государственным организациям, а также организациям, управляющим эксплуатацией природных ресурсов. Развитие ГИС в современном их понимании и роли как технологии, несомненно, связано с бурным развитием информационных технологий в целом и, в первую очередь, с развитием аппаратной базы.

Три источника рождения ГИС-технологий. ГИС-технологии предназначены для работы с любыми данными, имеющими пространственно-временную привязку, что обусловило их быстрое распространение и широкое использование во многих отраслях науки и техники, и прежде всего в областях, связанных с применением карт и планов. Значение карты трудно переоценить в различных сферах деятельности человека и общества в целом. Цифровая геодезия и цифровая картография (*Automated Mapping, AM*) стали естественным продолжением традиционных наук и *первым* из трех источников ГИС-технологий. Они научились хорошо описывать, структурировать, хранить и обрабатывать пространственную геодезическую и картографическую информацию, решать задачи картографической алгебры. *Вторым* источником стало развитие систем управления базами данных (*СУБД*), обеспечившее рациональные методы хранения всех видов информации и реальное время доступа к данным даже при условии их распределенного хранения, а иногда и благодаря ему.



Обычные (непространственные) данные, как-либо связанные с пространственными данными, называются в ГИС *атрибутивной информацией*.

Уже эти два компонента имеют мощный потенциал, позволивший эффективно развиваться цифровой картографии и автоматизации управления инженерными сетями и коммуникациями (*Facilities Management, FM*). Пространственная информация FM-систем во многом строилась на информации о проектах инженерных сетей, построенных в системах автоматизированного проектирования (*CAD*). В конце 1980-х гг. в США появились первые природоохранные ГИС. Однако и эти ГИС все еще требовали довольно дорогих программных и аппаратных средств (высокопроизводительных рабочих станций), и не выходили на уровень массовых технологий. Сделать последний, *третий*, шаг для выхода на уровень массовой технологии позволило развитие вычислительных и сетевых возможностей массового персонального компьютера до уровня возможностей рабочей станции.

Первые общедоступные, полнофункциональные ГИС, способные работать на персональных компьютерах, появились в 1994 г. (*ArcView 2.0*). С этого времени и началось бурное развитие ГИС как массовой технологии. ГИС-технологии широко проникли в жизнь и различные массовые задачи: управления; торговли, транспорта и складского хозяйства; сельского хозяйства; экологии и природопользования; здравоохранения; туризма; строительства; оптимального инвестирования и т. д.

Основу привлекательности ГИС-технологий составляют:

- наглядность пространственного представления результатов анализа баз данных;
- мощные возможности интеграции данных, в том числе возможности совместного исследования факторов атрибутивной информации, которые имеют пространственное пересечение;
- возможности изменения пространственной информации по результатам совместного анализа баз атрибутивных и пространственных данных.

Если же говорить о началах цифровой картографии, то первая в мире цифровая модель местности (ЦММ, DTM – *Digital Terrain Model*) была создана в 1957 г. профессором Массачусетского технологического института Милле-

ром. Она представляла собой цифровую модель рельефа и предназначалась для проектирования автодорог. В дальнейшем ЦММ стали применяться в других областях. Картографы и геодезисты осознали, что ЦММ могут служить основой автоматизации картографирования. В СССР первые попытки создания ЦММ были предприняты в 1960-х гг. Но уже в начале 1970-х гг. и в 1984 г. были запущены спутники, обеспечившие глобальное покрытие Земного шара стереосъемкой для создания карт масштаба 1:50000 непревзойденного качества.

6.2 Общие функциональные компоненты ГИС

Функциональными составляющими ГИС как программно-технического комплекса являются: данные; программное обеспечение; аппаратное обеспечение; персонал; функциональные возможности.

Данные – любая пространственная информация и связанная с ней табличная (атрибутивная) информация. ГИС представляет собой средство по созданию данных и одновременно управлению ими.

Источниками данных для ГИС являются: существующие карты (в том числе в виде слайдов постоянного хранения); геодезические данные точного измерения координат и метрической информации поверхности: воздушные, наземные, подземные, водные, космические; аэрокосмическая фотосъемка и сканирование, стереофотосъемка; данные из архитектурно-строительных и инженерно-коммуникационных САПР (CAD).

Программное обеспечение – функции и инструменты, необходимые для управления, анализа и визуализации пространственной информации, а также управления ГИС в целом.

Аппаратное обеспечение – компьютер, на котором работает ГИС, а также средства ввода/вывода (сканеры, GPS-приемники, принтеры, плоттеры и т. д.). ГИС могут работать на различных типах компьютерных платформ, от централизованных серверов до отдельных или связанных сетью персональных компьютеров (ПК).

Персонал. Создание и управление ГИС невозможно без людей. Персоналом ГИС являются как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, создающие и поддерживающие в актуальном виде данные, так и непосредственные пользователи.

Функциональные возможности – методологический и алгоритмический аппарат, заложенный в ГИС. Современные ГИС включают средства разработки, позволяющие наращивать функциональность и превращать универсальные

ГИС в специализированные системы для конкретных отраслей, сфер знания, производственных коллективов.

Основными функциями ГИС считаются следующие три широкие группы функций:

- 1) функции автоматизированного картографирования;
- 2) функции пространственного анализа;
- 3) функции управления данными.

Функции *автоматизированного картографирования* должны обеспечивать работу с пространственными данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства высококачественных карт и изображений. Функции автоматизированного картографирования должны включать векторно-растровые преобразования, преобразования координатной системы, картографических проекций и масштабов, «склейки» отдельных листов, осуществления картометрических измерений (вычисления площадей, расстояний), размещение текстовых надписей и внемасштабных картографических знаков, формирование макета печати.

Функции *пространственного анализа* должны обеспечивать совместное использование и обработку картографических и атрибутивных данных в интересах создания производных картографических данных. Функции пространственного анализа должны включать анализ географической близости, анализ сетей, топологическое наложение полигонов, интерполяцию и изолинейное картографирование полей, вычисление буферных зон.

Функции *управления данными* должны обеспечивать работу с атрибутивными (неграфическими) данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства стандартных и рабочих отчетов. Функции управления данными должны включать пользовательские запросы, генерацию пользовательских документов, статистические вычисления, логические операции, поддержание информационной безопасности, стандартных форм запросов и представления их результатов.

В общем случае ГИС должна состоять из следующих четырех подсистем:

- сбора, подготовки и ввода данных;
- хранения, обновления и управления данными;
- обработки, моделирования и анализа данных;
- контроля, визуализации и вывода данных.

Задача подсистемы *сбора, подготовки и ввода данных* – формирование баз географических и атрибутивных данных ГИС.

Задача подсистемы *обработки, моделирования и анализа данных* – организация обработки данных, обеспечение процедур их преобразования, математического моделирования и сопряженного анализа.

Задача *подсистемы хранения, обновления и управления данными* – организация хранения данных, обеспечение их редактирования и обновления, обслуживание запросов на информационный поиск, поступающих в систему.

Основная задача *подсистемы контроля, визуализации и вывода данных* – генерация и оформление результатов работы системы в виде карт, графических изображений, таблиц, текстов на твердых или магнитных носителях.

Еще одной очень важной для прикладного развития и распространения применения ГИС-технологий функцией ГИС является поддержка *встроенной среды разработки (engine)* дополнительных функций программного обеспечения или даже автономных, например интернет-приложений. Разумеется, это свойство не только ГИС, но и любых развитых компьютерных технологий.

Программное обеспечение ГИС включает в себя обеспечение множества технологических аспектов ГИС-технологий: это и оцифровка (векторизация) бумажных и растровых карт; ввод и преобразование данных наземной и аэрокосмической топосъемки, GPS-приемников; восстановление рельефа по стереоснимкам методами фотограмметрии [6]; построение топологических моделей по векторным; решение задач картографической алгебры т. д. Ведущие производители программного обеспечения ГИС поддерживают сегодня практически весь спектр ПО.



.....
Многообразие ПО ГИС одного производителя называется ГИС-платформой.

Мировыми лидерами в области производства ГИС являются: Autodesk Inc с линейкой программных продуктов AutoCAD Map, AutoCAD Civil [6], MapGuide; компания ESRI (USA) с ГИС-платформой ArcGIS; компания MapInfo Corp с ГИС-платформой MapInfo [6]. Стоимость платформ и отдельных систем колеблется от нескольких сотен до единиц тысяч долларов, а наиболее характерный диапазон – от \$1 000 до \$5 000. Autodesk проводит очень выгодную для вузов академическую политику.

Среди российских производителей следует отметить линейку GeoGraph/GeoDraw/GeoConstructor производства ЦГИ ИГ РАН (Москва) [6]; ГИС Panorama (GeoSpectrum International, Москва) [6]; ГИС Terra (НИИПМК,

Н. Новгород). Так, ГИС GeoGraph по своим возможностям весьма близка к ГИС ArcView-ArcGIS, а ЦГИ ИГ РАН проводит льготную ценовую политику в отношении вузов. Возможности программного обеспечения разных фирм постоянно сближаются, и сегодня более важна полнота базы данных и функциональность проекта прикладной системы [6].

Состав ГИС-платформы показан на рисунке 6.1. Как видим, сюда входит и настольная (локальная) ГИС, и ГИС, встроенная в другую систему в виде некоего движка, и серверная ГИС с серверной и вьюерной (Интернет/Инtranет) частью, и даже мобильный вариант ГИС. Каждая из частей поддерживается соответствующей библиотекой или группой сервисов.

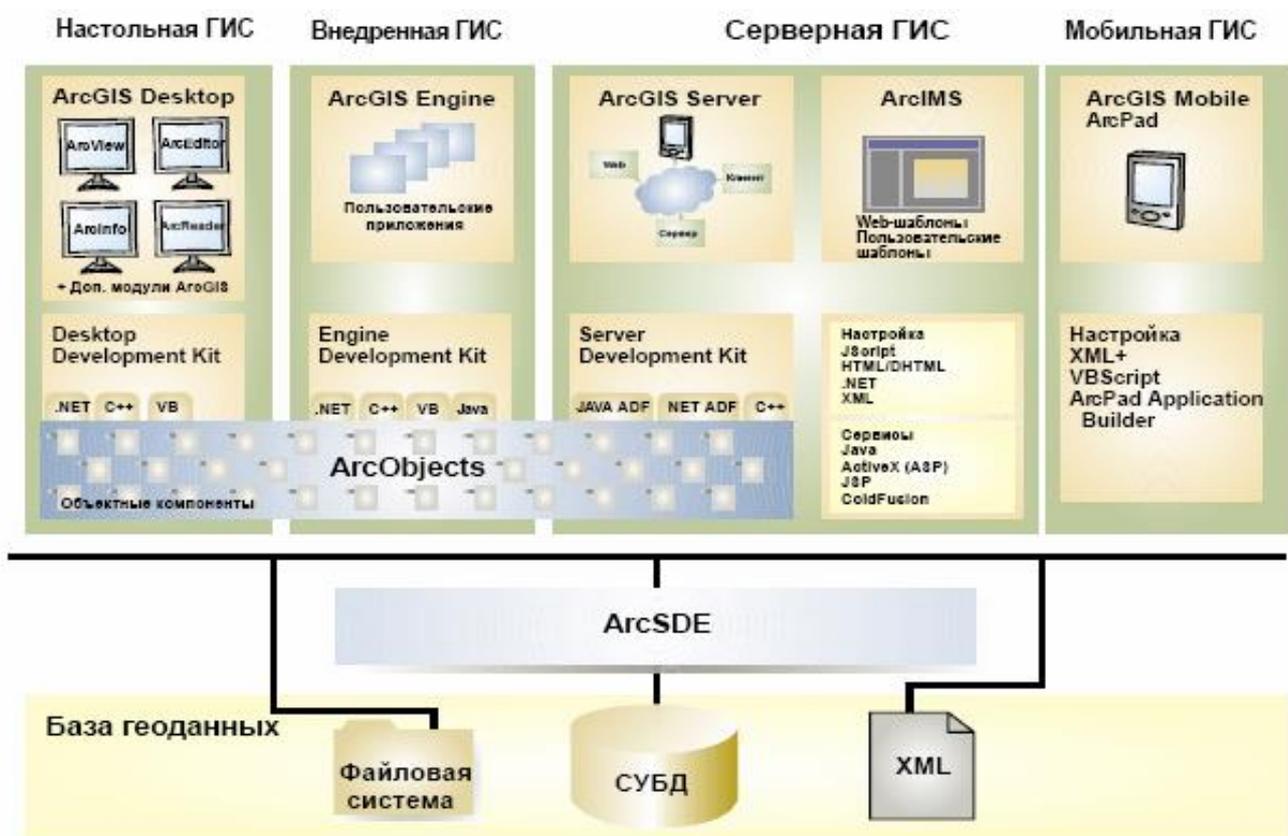


Рис. 6.1 – Компоненты ГИС-платформы на примере ArcGIS

6.3 Принципы организации ГИС

Рабочей средой при работе с ГИС-платформой является Проект. Проект может включать в себя все информационные компоненты, на которых строятся ГИС-технологии.



Основной структурной единицей ГИС является тематический слой, понятие которого тесно связано с более общим понятием

покрытия, несущим в себе объектное содержание (например, единица административно-территориального деления).

.....

Покрытие (Coverage) – цифровая модель единицы хранения базы векторных данных ГИС, хранит в виде записей все объекты первичного уровня (точки, дуги, полигоны) и вторичного уровня (координаты опорных точек, аннотации и т. д.) некоторого пространственного объекта и структуру отношений между ними, в том числе топологические. Пустое покрытие – покрытие, в котором отсутствуют какие-либо пространственные объекты.

Слой (Map Layer) – покрытие, рассматриваемое в контексте его содержательной определенности (растительность, рельеф, административное деление и т. п.) или его статуса в среде редактора (активный слой, пассивный слой).

Слой, как правило, однороден не только по тематике, но и по типам объектов (точечные, линейные, полигональные, растровые). Информационные компоненты могут быть внешними (векторные и растровые слои, таблицы, библиотеки символов) или внутренними (специальные типы слоев, запросы, макросы, карты, макеты печати и т. д.).

При создании нового проекта необходимо *подключить или создать новые слои*. Векторные слои (содержащие точечные, линейные, площадные объекты) могут быть созданы непосредственно в среде ГИС или в других программных средах (например, это может быть чертеж в обменном или двоичном формате AutoCAD). В качестве слоев могут быть загружены растровые изображения различных форматов (как правило, используемых в цифровой картографии). С каждым векторным слоем может быть связана таблица характеристик, хранящая с векторным слоем, и *набор таблиц* с атрибутивными (тематическими) данными, хранимый во внешней СУБД.

Для каждого слоя можно определить следующие объекты базы данных:

- *запросы* к атрибутивным таблицам;
- *темы* (варианты тематического картографирования слоя);
- *формы* представления справочной информации об объектах;
- *диаграммы* (представления результатов в виде различных графиков);
- *макросы* – внешние исполняемые программы или внутренние функции ГИС (задаются пользователем для карты в целом, для слоя или для отдельных объектов).

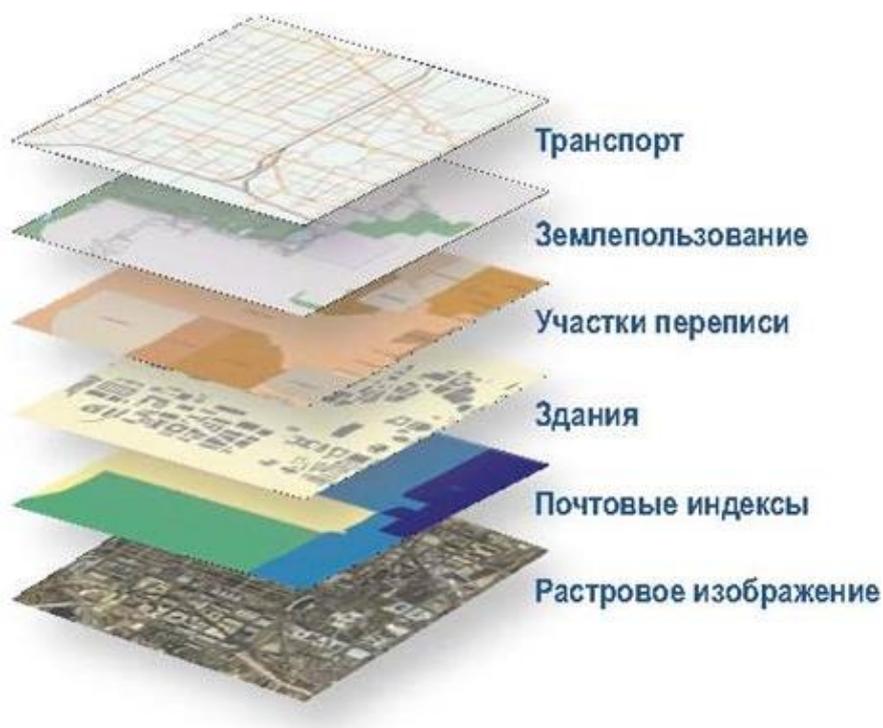


Рис. 6.2 – Пример многослойного представления



Слои (или покрытия) объединяются в цифровые карты.

Карты могут не поддерживать в своей структуре покрытия, но в этом случае берут часть или все функции покрытий на себя. В рамках одного проекта может быть создано неограниченное количество карт. Карты могут быть связаны друг с другом как вертикально, так и горизонтально. Работая внутри карты, можно добавлять слои, создавать и редактировать пространственные объекты, в том числе с соблюдением топологии, осуществлять работу с таблицами (записывать в таблицы результаты измерений по карте, производить изменение структуры, сортировку, редактирование, выборки вручную, запросы с отображением результатов выборок на карте).

Дополнительные возможности управления дает панель *управления слоями* (*Легенда*) карты, на которой представлены все слои. Здесь можно:

- включать и выключать отображение слоя;
- присваивать слоям диапазон масштабов, при которых они будут видимыми;
- удалять слои из списка слоев, отнесенных к карте;
- перемещать слои в списке (и одновременно в порядке воспроизведения) вверх или вниз;
- изменять тематическую классификацию для слоев и т. д.

Карты могут быть подготовлены к печати в виде *макетов (Layouts) печати*. В состав макета печати можно включить любые карты и их легенды. В макет печати могут входить также тексты, таблицы, графики, растровые изображения и др.

Любую карту, макет печати, таблицы, темы, запросы, диаграммы, макросы можно сохранить в проекте для последующего использования. Одним из важных для реализации роли ГИС, интегрирующей различные информационные среды, является *контекстная ориентированность* рабочей среды.

Это значит, что весь интерфейс ГИС (набор меню, панелей и инструментов, реакции по правой клавише мыши и т. д.) качественно меняется в зависимости от того, с каким объектом вы работаете в данный момент.

При оцифровке карт выделяются три типа объектов, к которым можно отнести любой имеющийся на карте:

1. *Точечный объект*. Объект, обозначенный точкой, поскольку его размеры слишком малы, чтобы можно было отразить его форму (границы, площадь) в масштабе карты. Может также представлять некий условный объект, не имеющий размеров, например, отметку высот.
2. *Линейный объект*. Объект, локализованный в виде линии, поскольку его ширина не выражается в масштабе карты-источника – река, дорога и т. д. Может также представлять некий условный объект, например границу.
3. *Полигональный объект*. Объект, имеющий площадь, выражающуюся в масштабе карты-источника. Определяется замкнутым контуром и его внутренней областью, например, лес, озеро.

Возможности ГИС в значительной мере зависят от того, какими моделями она поддерживает примитивы пространственных слоев. Сложность модели должна соответствовать сложности реальных объектов и сложности решаемых задач. В ГИС, допускающих трехмерное моделирование, таких как, например, AutoCAD Map и AutoCAD Civil, кроме классических объектов, могут также использоваться 3D-поверхности и 3D-solid модели.

Векторные модели



Большая часть функций и задач моделирования пространственных объектов ГИС может быть реализована на основе векторных моделей (в виде точек, линий и полигонов). Векторные модели

особенно удобны для представления и хранения дискретных объектов, таких как здания, трубопроводы или границы участков.

.....

Точки – это пары координат (x,y) или тройки координат $(x,y,z$, где z – высота). *Линии* – наборы координат, определяющих совокупность отрезков. *Полигоны* – наборы координат, определяющих границы замкнутых областей. Значения координат зависят от географической системы координат, в которой хранятся данные.

ГИС могут хранить векторные данные в классах пространственных объектов и наборах топологически-связанных классов объектов. Во втором случае мы имеем дело уже с *векторной топологической моделью*. Атрибуты, связанные с объектами, хранятся в таблицах данных.

В разных векторных ГИС используются разные реализации векторной и векторно-топологической модели пространственных данных, например: *покрытия, шейп-файлы*, формат *dwg* [6]. Есть случаи, когда в ГИС в качестве основной используется векторная модель, но при необходимости решения специальных задач по векторной модели строится и затем используется топологическая модель. Так устроены, например, ГИС ArcView, AutoCAD Map, AutoCAD Civil. Бывает, что топологические модели хранятся в составе коллекции геоинформации разных типов в *базе геоданных* [6].

Векторные топологические модели

В топологическом слое в процессе его создания и редактирования создаются и фиксируются как сами пространственные объекты, так и пространственные отношения между указанными объектами – связность, соседство, смежность, вложенность – и контролируют целостность объекта. При этом объекты типа «полигон» создаются в результате сборки полигонов из дуг, образующих замкнутые контуры. Благодаря своим свойствам топологические модели обеспечивают решение пространственных задач. В ГИС применяются узловые топологии (Node Topology), сетевые топологии (Network Topology) и полигональные топологии (Polygon Topology).

Элементом узловой топологии является узел. Каждый узел в узловой топологии может характеризоваться набором данных:

$$\{ID, X, Y[, Z, w,]\},$$

где ID – идентификатор; X, Y – координаты; w – вес.

Элементом сетевой топологии является ребро (дуга). Дуга (линия) – упорядоченный набор связных отрезков (соединенных вершинами). Каждое ребро (дуга) сетевой топологии может характеризоваться следующим набором данных:

{ID, StartNode, EndNode[, LeftPol, RightPol, DirectWeight, BackWeight,]},

где ID – идентификатор; StartNode, EndNode – начальный и конечный узел дуги; LeftPol, RightPol – идентификаторы полигонов справа и слева от дуги (если одновременно построена полигональная топология); DirectWeight, BackWeight – вес дуги в прямом и обратном направлении. В зависимости от того, сколько дуг объединено в одном узле, узлы могут обозначаться по-разному (рис. 6.3) и различаться как:

Δ – нормальные узлы (три и более дуг);

◇ – псевдоузлы (две дуги, в том числе разные концы одной дуги);

□ – висячие узлы (одна дуга).

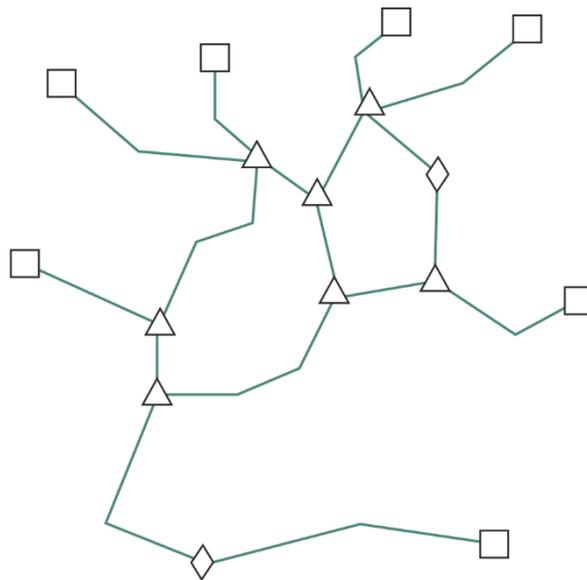


Рис. 6.3 – Пример разных узлов

Псевдоузлы не являются узлами ветвления, не являются необходимыми для решения топологических задач и поэтому могут быть удалены (подчистка псевдоузлов) с объединением каждой пары дуг, инцидентных псевдоузлу, в одну дугу в соответствующей вершине.

Элементом полигональной топологии является *полигон*. При создании полигональной топологии создаются и сетевая, и узловая топологии.

Каждый полигон может характеризоваться следующим набором данных:

{ID, Area, N, X, Y},

где ID – идентификатор полигона; $Area$ – его площадь; N – число ребер, ограничивающих полигон; X, Y – координаты центроида полигона.

Понятие центроида полигона не является простым. В общем случае центроид – это точка, обязательно лежащая внутри полигона. Существуют различные алгоритмы ее автоматического выбора. Однако после автоматического выбора центроид может быть вручную перенесен в другую внутреннюю точку. При автоматическом создании топологии центроиды могут быть также назначены предварительно из числа (из слоя) точечных объектов (например, областной центр может быть назначен в качестве центроида области на карте России).

Растровые модели



В растровой модели пространственная информация представлена в виде таблицы, каждой ячейке которой соответствует заданный цвет.

Часто растровая модель местности (например, данные аэро- или спутниковой съемки, сканированные карты) используется как исходный материал для построения векторных моделей (для векторизации) и/или как подложка для них (см. напр. GoogleEarth). Для точного размещения раstra в пространстве модели (географическом пространстве) указываются координаты как минимум одного угла (или опорной точки) раstra. Очень часто нужно совместить несколько растров, перекрывающих друг друга. Для точного совмещения необходимо подвергнуть растры согласованным аффинным, проективным, кусочно-аффинным или нелинейным преобразованиям по дополнительной информации о координатах набора опорных точек (тиков). При оцифровке наборов объектов карты в разные слои полезно использовать одни и те же тики, чтобы слои правильно совместились [6].

Растровые модели удобны для хранения и анализа данных, распределенных непрерывно на определенной площади. Каждая ячейка содержит значение, определяющее принадлежность к классу или категории, это может быть измерение или результат его интерпретации.

Кроме изображений к растровым данным относят также гриды (GRIDS). Гриды содержат расчетные данные, что часто выгодно использовать для моделирования и анализа. Такие данные могут быть получены из точек замеров (например, грид химического состава почв) или основаны на классификации

изображения, например, грид землепользования. Гриды также можно создать из векторных данных.

GRID переводится как «сеть», «решетка». В отличие от модели TIN она сложена не треугольниками, а квадратиками (или прямоугольниками), является регулярной и, вообще говоря, плоской. Представьте себе шахматную доску. Она состоит из клеток (в нашем случае они называются ячейками), цвет которых может рассматриваться как характеристика клетки, ее атрибут. Естественно, что таких атрибутов может быть много. Если представить не шахматную доску, а топографическую карту, то у каждой ячейки может быть наличие зеленых насаждений, наличие водоема, высота и пр.

Для удобства практического понимания давайте рассмотрим рельеф. Таким образом, у каждой ячейки есть высота. Естественно, что чем меньше ячейка, тем детальней описан рельеф и очевидно также, что между ячейками высота точно не может быть определена. Такой способ представления информации о рельефе позволяет, используя высоты соседствующих ячеек, производить несложные расчеты для определения крутизны склона, его экспозиции или направления стока поверхностных вод.

Для того чтобы построить рельеф в виде GRIDa, можно оцифровать обычные горизонталы, разнести по этим горизонталям точки, присвоив им значение высоты той горизонтали, на которой они лежат, добавить точки с известными высотами от иных объектов (высотные отметки, отметки уреза воды) построить по этим точкам модель TIN, а затем уже по модели TIN построить модель GRID. Переход от TIN к GRID позволит получить значения высот для ячеек GRID, находящихся между горизонталями. Затем использовать GRID в решении своих задач. GRID очень похож на растр.

В гридах могут храниться как непрерывные данные (например, высота рельефа), так и категории (например, тип растительности) и дополнительные атрибуты категорий. Например, в гриде типов растительности для каждой категории могут храниться код, название типа, пригодность для обитания определенных видов животных и код обобщенного типа. В этом отличие от векторных данных, где атрибуты соответствуют отдельным объектам.

Чем меньше размер ячейки растрового слоя, тем больше разрешение и подробнее данные. Однако поскольку ячейки равномерного грида покрывают всю поверхность, уменьшение размера ячейки может существенно увеличить объем хранимых данных.

ГИС распознает и может использовать растры из файлов изображений многих типов и из гридов, хранящихся в рабочих областях. Можно добавлять растровые наборы данных к карте так же, как векторные объекты.

Если мы рассматриваем растры как модель данных для некоторой ГИС, а не только как входные данные, то должны быть также определены задачи, которые решаются на этой модели данных, например, после сшивки растров. Это могут быть задачи: восстановления рельефа по раскраске карты; классификации объектов карты (растра) по ее раскраске; решение задачи о близости или инцидентности объектов карты; идентификация и связывание объектов растровой карты с базой данных.

Модели TIN

Модель TIN относится к классу трехмерных векторных моделей и представляет собой триангуляционную нерегулярную сетку (TIN) на моделируемой поверхности.

TIN – эффективный способ хранения и анализа поверхностей, так как триангуляционная сеть позволяет более точно, чем растр, моделировать неоднородные поверхности, которые могут резко менять форму на одних участках и незначительно – на других. Это связано с тем, что можно поместить больше точек там, где значения меняются резко, и меньше точек там, где поверхность меняется плавно. Модель TIN применяется как способ хранения входных данных о поверхности и модель для решения задач на поверхностях в ГИС, допускающих работу с 3D-моделями.

TIN – это аббревиатура от Triangular Irregular Network, что переводится как «нерегулярная триангуляционная сеть», а может треугольная, но если понятнее: «поверхность, сложенная из треугольников разного размера». Наверняка Вы встречали трехмерные изображения, например, рельефа, сформированные такими треугольниками. Иногда их можно видеть в компьютерных играх. Достаточно часто изображения TIN присутствуют в рекламных материалах, на практике встречаются не часто. Для построения такой поверхности нужен набор точек с тремя координатами и, скорее всего, достаточно мощные возможности по выводу на экран того, что Вы построите.

Особенностью такого объекта карты, как горизонталь рельефа, является то, что в природе его не существует. Горизонталь – это способ отобразить информацию, представленную в виде того, что часто называют полем. По сути, это не объект, а модель, которую именно в таком виде легко воспринимать на

бумаге. При переводе этой модели отображения в поверхность TIN появляется новое качество.

6.4 Задачи пространственного анализа, решаемые современными ГИС

В данном параграфе перечислены те задачи пространственного анализа, которые могут решаться на базе рассмотренных векторных топологических моделей (иногда векторных моделей, о чем будет всякий раз упомянуто).

Простейшей группой пространственных задач, доступной для решения и на векторных моделях, являются *пространственные запросы*, позволяющие выбрать пространственные объекты как по значениям полей базы данных, так и по пространственным признакам положения (*Location*), таким как:

- принадлежность точки, линии, полигона прямоугольной зоне, заданной координатами вершин, пересечение с границей зоны;
- попадание в буферную зону, заданную расстоянием от точки или линии.

Полигональные операции:

- наложение (оверлей) полигонов, в том числе с сохранением результата в новый слой;
- наложение (оверлей) полигонов и сетей, в том числе с сохранением результата (рассеченных полигонов) в новый слой;
- снятие границ и слияние соседних полигонов (слияние собственности), слияние полигонов по признакам.

Анализ близости:

- генерация диаграмм Вороного;
- построение буферных зон со слиянием и без слияния: на множестве точек; на множестве кривых; на множестве полигонов;
- построение буферных зон с взвешиванием факторов.

Анализ сетей:

- поиск кратчайшего пути с вариантами взвешивания дуг и узлов, моделирующими, например, пробки на дорогах, таможенные платежи;
- суммирование значений атрибутов (например, пробег) по элементам сети до момента достижения ограничения (растекание потока в сетях с взвешиванием дуг и узлов);

- задача о максимальном потоке и минимальном разрезе (пропускная способность сетей и продуктопроводов);
- размещение центров и распределение ресурсов в сети;
- поиск пространственной смежности и ближайшего соседа;
- геокодирование (вычисление пространственных координат зданий по их почтовому адресу).

Функции картографической алгебры (Geoprocessing):

- вычисление min, max и средних значений по множеству слоев (как правило, однородных по содержанию, но разных по времени), возведение в степень, дифференцирование;
- переклассификация и пересборка полигонов по значениям полей базы данных (Dissolving);
- сложение (вычитание, умножение, деление) слоев (тем) карты;
- вырезание одного слоя другим;
- логические комбинации слоев (тем) (пересечение – совместная встречаемость явлений);
- слияние данных по топологической принадлежности;
- анализ формы (вытянутость, фрагментированность).

Цифровое моделирование рельефа (возможно на векторной модели):

- вычисление углов наклона рельефа (по TIN и регулярной сетке);
- определение экспозиции склонов (под каким углом виден склон при заданном положении источника излучения или камеры);
- интерполяция высот (для построения регулярной сетки по TIN);
- определение зон видимости для точечных объектов, линейных объектов и полигонов;
- генерация горизонталей с высотой, заданной пользователем;
- определение границ водораздела, расчет дренажной сети и оптимального пути по поверхности;
- генерация профилей поперечных сечений по TIN и равномерной сетке;
- вычисление объемов относительно заданной горизонтальной плоскости и минимизация вывоза грунта.

Прочие функции:

- логические операции на множестве карт;
- генерация случайной пространственной сети замеров явления;

- работа с базами атрибутивной информации;
- работа с базами геоданных.



Контрольные вопросы по главе 6

1. Какие типы объектов присутствуют на электронной карте?
2. Чем отличается полигональный объект от линейного?
3. В чем суть задачи геокодирования?
4. Что такое «буферная зона»?
5. Что такое «узел» и какие типы узлов используются?

Заключение

Представленный в данном пособии материал является базой для успешного изучения последующих специализированных курсов, поскольку все они неизбежно посвящены одной или ряду конкретных информационных технологий.

Надеемся, что представленный в данном учебном пособии материал не только позволил ощутить дух и основные идеи современных информационных технологий, но и пробудил в читателях интерес к дальнейшему самосовершенствованию в этой бурно развивающейся области знаний.

Литература

1. Шатунова О. В. Информационные технологии : учеб. пособие / О. В. Шатунова. – Елабуга : Изд-во ЕГПУ, 2007. – 77 с.
2. Бауэр Ф. Л. Информатика / Ф. Л. Бауэр, Г. Гооз. – М. : Мир, 1990.
3. Советов Б. Я. Информационные технологии / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – М. : Высш. шк., 2006. – 263 с.
4. Барсегян А. А. Анализ данных и процессов : учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
5. Туманов В. Е. Проектирование хранилищ данных для систем бизнес-аналитики : учеб. пособие / В. Е. Туманов. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 615 с.
6. Турлапов В. Е. Геоинформационные системы в экономике : учеб.-метод. пособие / В. Е. Турлапов. – Н. Новгород : НФ ГУ-ВШЭ, 2007. – 118 с.

Глоссарий

DTD (Document Type Definition) – определение типа документа, определяет набор всех возможных разметок документов описываемого типа.

HTML (HyperText Markup Language) – язык разметки гипертекстов.

OLAP (On-Line Analysis Processing) – автоматизированные системы оперативной аналитической обработки данных.

OLTP (On-Line Transaction Processing) – автоматизированные системы оперативной обработки транзакций.

SGML (Standard Generalized Markup Language) – стандартный обобщенный язык разметки.

XML (eXtensible Markup Language) – расширяемый язык разметки.

ГИС – географическая информационная система или геоинформационная система. Можно рассматривать ГИС как набор аппаратных и программных инструментов, используемых для ввода, хранения, манипулирования, анализа и отображения пространственной информации.

ГИС-платформа – многообразие ПО ГИС одного производителя

Диаграммы потоков данных (ДПД или DFD) – технология описания асинхронного процесса преобразования информации от ее ввода в систему до выдачи пользователю

Документальные системы – автоматизированные информационные системы, служащие для работы с документами на естественном языке.

Информационная технология – совокупность методов и способов получения, обработки, представления информации, направленных на изменение ее состояния, свойств, формы, содержания и осуществляемых в интересах пользователей.

Монитор транзакций (ТРМ – transaction processing monitor). Мониторы транзакций выполняют две основные функции: динамическое распределение запросов в системе (выравнивание нагрузки) и оптимизация числа выполняющихся серверных приложений.

ПО – программное обеспечение.

Разметка документа – некоторая метаинформация, позволяющая определить структуру документа и его внешнее представление.

Разметка или кодирование (*encoding*) – любой метод выявления интерпретации текста.

Редакторы документов – программы для обработки текстов, имеющих структуру.

Редакторы текстов – программы, рассчитанные на редактирование гладкого текста или программ на том или ином языке программирования.

Технология – наука о законах производства материальных благ, содержащая три такие основные части, как идеология (принципы производства), орудия труда (станки, машины, агрегаты) и кадры, владеющие профессиональными навыками.

Транзакция – неделимая с позиции воздействия на БД последовательность операции манипулирования данными.

Фактографические системы – автоматизированные информационные системы, оперирующие фактическими сведениями, представленными в виде специальным образом организованных совокупностей формализованных записей данных.

Язык разметки – набор соглашений о разметке, используемых в комплексе для кодирования текстов.