

ДЛЯ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

М. Е. Елочкин
Ю. С. Брановский
И. Д. Николаенко

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



EPSON



Bambler

Windows



Photoshop



**Елочкин М.В.,
Брановский Ю.С.,
Николаенко И.Д.**

**Информационные
технологии.
Учебник**

Елочкин М.В., Брановский Ю.С., Николаенко И.Д. Информационные технологии. Учебник. М.: Оникс, 2012.

В учебнике в соответствии с Государственным образовательным стандартом нового поколения для группы специальностей 2200 "Информатика и вычислительная техника" изложены вопросы теории и практики информационных технологий; описаны возможности и особенности использования текстовых процессоров, электронных таблиц, баз данных, графических и мультимедийных редакторов, информационных и экспертных систем, систем искусственного интеллекта и автоматизированных информационных систем; рассмотрены структура рынка информационных технологий и правовые аспекты его регулирования. Предназначен для студентов учреждений среднего профессионального образования; представляет интерес для всех, кто стремится самостоятельно овладеть информационными технологиями и эффективно использовать персональные компьютеры

ISBN: 978-5-488-01053-6

256 страниц

**Москва
Оникс, 2012**

К читателю

Мы живем в информационном обществе, которое характеризуется стремительным развитием инфокоммуникационных технологий, широко используемых во всех областях человеческой деятельности. Различные задачи обработки информации требуют соответствующей подготовки, информационной культуры всех членов общества. Количество информации стремительно нарастает, человек оказывается погруженным в океан информации.

Чтобы «не утонуть» в этом океане, необходимо обладать теоретическими знаниями в области информационных и коммуникационных технологий, уметь эффективно использовать персональные компьютеры и телекоммуникационные средства. Решить эту задачу как раз и призван предлагаемый учебник – в нем изложены основы теории и практики процессов, использующих совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных для получения информации нового качества о состоянии объекта или явления с помощью персональных компьютеров и телекоммуникационных средств. В книге также найдут много полезного и ценного для себя все, кто стремится самостоятельно овладеть современными информационными технологиями и эффективно использовать возможности персональных компьютеров.

*Заслуженный работник высшей школы РФ,
член Академии информатизации образования
доктор педагогических наук, профессор
Ю.С. Брановский*

Введение

Понятие «информация»

Нет, пожалуй, в науке, практике современности понятия распространеннее, нежели понятие «информация». И нет в то же время другого понятия, по поводу которого ведется столько споров, дискуссий, имеется столько различных точек зрения...

В.Г. Афанасьев

Существование множества определений информации обусловлено сложностью, специфичностью и многообразием подходов к толкованию этого понятия. Современное понимание информации представляет собой результат развития двух подходов: естественнонаучного и философского.

Наибольшее распространение получили три основные концепции информации, каждая из которых по-своему объясняет ее сущность.

Первая концепция (концепция К.Шеннона), отражая количественно-информационный подход, рассматривает информацию как меру неопределенности (энтропию) события. Количество информации в том или ином случае зависит от вероятности ее получения: чем более вероятным является сообщение, тем меньше информации содержится в нем. Этот подход, хоть и не учитывает смысловой стороны информации, оказался весьма полезным в технике связи и вычислительной технике, послужил основой для измерения информации и оптимального кодирования сообщений. Кроме того, он представляется удобным для иллюстрации такого важного свойства информации, как новизна, неожиданность сообщений. При таком понимании информация – это снятая неопределенность или результат выбора из набора возможных альтернатив. Наглядно это видно из приведенной формулы:

$$H_x = -\sum P(x_i) \log P(x_i),$$

где H – степень неопределенности системы; P – вероятности различных событий.

Вторая концепция рассматривает информацию как **свойство (атрибут) материи**. Ее появление связано с развитием кибернетики и основано на следующем утверждении: информацию содержат любые сообщения, воспринимаемые человеком или приборами. Наиболее ярко и образно эта концепция информации выражена академиком В.М. Глушковым. Он писал, что информацию несут не только испещренные буквами листы книги или человеческая речь, но и солнечный свет, складки горного хребта, шум водопада, шелест травы. Иными словами, информация как **свойство материи** создает представление о ее природе и структуре, упорядоченности, разнообразии и т. д. Она не может существовать вне материи, а значит, она существовала и будет существовать вечно, ее можно накапливать, хранить, перерабатывать.

Третья концепция основана на **логико-семантическом подходе**, при котором информация трактуется как **часть знания, используемого для ориентировки, активного действия, управления и самоуправления**. То есть информация – это действующая, полезная, «работающая» часть знания. Представитель этой концепции В.Г. Афанасьев, развивая логико-семантический подход, дает такое определение социальной информации: «Информация, циркулирующая в обществе, используемая в управлении социальными процессами, является социальной информацией. Она представляет собой знания, сообщения, сведения о социальной форме движения материи и о всех других формах в той мере, в какой она используется обществом».

Особенность информации в том, что, будучи материальной, она не является ни материей, ни энергией. Информация – это **свойство объектов и явлений (процессов)**. Она способна порождать многообразие их состояний, которые могут передаваться от одного объекта к другому, отображаться в них или изменять их.

Информацию можно отнести к абстрактным понятиям. Однако ряд особенностей приближает ее к материальному миру. Информацию можно получить, записать, передать, продать, купить, украдь, уничтожить; информация может устареть.

В настоящее время разнообразная по своему значению информация, зафиксированная на специальных носителях, стала национальным богатством нового типа – **информационным ресурсом государства**. Являясь предметом купли-продажи во все времена, информация имеет свои специфические особенности: при обмене информацией ее количество увеличивается. Это хорошо иллюстрирует известный пример: если у вас есть по яблоку и вы обменяйтесь ими, у вас опять будет по яблоку; но если у вас есть по идеи и вы обменяйтесь ими, то у каждого их будет по две. Общение людей, информирование друг друга сближает их, повышает их интеллектуальный потенциал. У информационных ресурсов есть еще одно уникальное свойство: они не убывают от интенсивного использования. Более того, в процессе применения они постоянно развиваются и совершенствуются, избавляясь от ошибок и уточняя свои параметры.

В определении практической ценности информации нет каких-либо точных количественных параметров, поскольку ценность ее зависит от полезности для множества конкретных людей – ее получателей и пользователей. Ценность информации принято определять величиной тех потерь, которые она предотвращает, или величиной затрат на добывание информации, или разностью между двумя этими величинами, или их совокупностью.

Информационная культура

В период перехода к информационному обществу необходимо подготовить человека к быстрому восприятию и обработке больших объемов информации, овладению современными средствами, методами и

технологией работы. Кроме того, новые условия деятельности порождают зависимость информированности одного человека от информации, приобретенной другими людьми. Поэтому уже недостаточно уметь самостоятельно осваивать и накапливать информацию – надо научиться такой технологии работы с ней, когда решения подготавливаются и принимаются на основе коллективного знания. То есть человек должен иметь определенный уровень культуры обращения с информацией. Для отражения этого факта был введен термин «информационная культура».

Информационная культура – это умение целенаправленно работать с информацией и использовать для ее получения, обработки и передачи компьютерную информационную технологию, современные технические средства и методы.

Информационная культура в узком смысле – это уровень развития сферы информационного общения людей, а также характеристика информационной сферы жизнедеятельности человека, в которой мы можем отметить степень достигнутого, количество и качество созданного, тенденции развития, степень прогнозирования будущего. Для свободной ориентации в информационном потоке человек должен обладать информационной культурой как одной из составляющих общей культуры.

Информационная культура связана с социальной природой человека и проявляется в следующих аспектах:

- в конкретных навыках использования технических устройств (от телефона до персонального компьютера и компьютерных сетей);
- в способности использовать в своей деятельности компьютерную информационную технологию, базовой составляющей которой являются многочисленные программные продукты;
- в умении извлекать информацию из различных источников (как из периодической печати, так и из средств электронных коммуникаций), представлять ее в понятном виде и эффективно использовать;

- в овладении основами аналитической переработки информации;
- в умении работать с различной информацией;
- в знании особенностей информационных потоков в своей области деятельности.

Контрольные вопросы

- 1. Дайте определение информации с философской точки зрения.*
- 2. Что такое количественное измерение информации?*
- 3. Что имеется в виду, когда говорят об информации как свойстве материи?*
- 4. Что подразумевается, когда информацию трактуют как часть знания?*
- 5. Дайте определение информационной культуры.*
- 6. С чем связана информационная культура?*

Глава 1. Информатика

1.1. Информатика как наука

Информатика – научная дисциплина, изучающая структуру и общие свойства информации, а также закономерности всех процессов обмена информацией. Термин «информатика» (от фр. *informaticue* – автоматизированные средства управления информацией) впервые был введен в обиход в начале 60-х годов XX века. В англоязычной литературе можно встретить другой термин, обозначающий ту же отрасль человеческой деятельности, – Computer Science (что переводится как «компьютерные науки»).

В нашей стране термин «информатика» был утвержден с момента принятия в 1983 году на сессии годичного собрания Академии наук СССР решения об организации в ее структуре Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации. Информатика трактовалась как комплексная научная и инженерная дисциплина, изучающая все аспекты разработки, проектирования, создания, оценки, функционирования основанных на ЭВМ систем переработки информации, их применения и воздействия на различные области социальной практики. Информатика в таком понимании нацелена на разработку общих методологических принципов построения информационных моделей. Поэтому методы информатики применимы всюду, где существует возможность описания объекта, явления, процесса и т. п. с помощью информационных моделей.

Информатика в широком смысле представляет собой единство разнообразных отраслей науки, техники и производства, связанных с переработкой информации главным образом с помощью компьютеров и телекоммуникационных средств связи во всех сферах человеческой деятельности.

Становление и бурный прогресс информатики обусловлены резким ростом масштабов и увеличением сложности объектов исследования,

систем управления, задач проектирования и т. д. Дальнейшее развитие многих областей науки, техники и производства потребовало количественного и качественного роста возможностей переработки информации, существенного усиления интеллектуальной деятельности человека. Информационные ресурсы общества приобрели на современном этапе стратегическое значение. Огромную, по существу революционизирующую, роль в становлении и развитии информатики сыграло создание электронно-вычислительной машины (ЭВМ). Дальнейшее развитие компьютерной техники стало одним из ключевых направлений научно-технического прогресса. В структуре информатики как науки выделяют:

- технические средства;
- программные средства;
- алгоритмические средства.

Смежные с информатикой дисциплины – кибернетика и вычислительная техника; во многих случаях они решают общие задачи, связанные с переработкой информации. Стержневым направлением и предметом информатики является разработка автоматизированных информационных технологий на основе использования ЭВМ. Академик А.П. Ершов называл информатику наукой «о рациональном использовании ЭВМ для решения различных задач». К числу основных особенностей информатики относят ее высокую наукоемкость, использование новейших достижений различных наук: математики, семиотики, теории моделирования, теории алгоритмов и др. Информатике присущи:

- динамизм;
- активное влияние на развитие научно-технического прогресса;
- широкий диапазон сфер практического использования в управлении, производственной деятельности, образовании, здравоохранении, науке, культуре и т. д.;

- высокая эффективность применения;
- быстрая окупаемость расходов на внедрение новых информационных технологий на базе компьютерной техники.



Рис. 1. Структура информатики как отрасли народного хозяйства, науки, прикладной дисциплины

Информатика как отрасль народного хозяйства (рис. 1) состоит из однородной совокупности предприятий разных форм хозяйствования, которые занимаются производством компьютерной техники, программных продуктов и разработкой современных технологий переработки информации.

Специфика и значение информатики как отрасли производства состоит в том, что от нее во многом зависит рост производительности труда в других отраслях народного хозяйства. Более того, для их нормального развития производительность труда в самой информатике должна возрастать более высокими темпами. Это обусловлено тем, что в современном обществе информация все чаще выступает как предмет конечного потребления: людям необходима информация о событиях, происходящих в мире; о предметах и явлениях, относящихся к их

профессиональной деятельности; о развитии науки и самого общества. Дальнейший рост производительности труда и уровня благосостояния возможен лишь на основе использования новых интеллектуальных средств и человеко-машинных интерфейсов, ориентированных на прием и обработку больших объемов мультимедийной информации (текст, графика, видеоизображение, звук, анимация). При отсутствии достаточных темпов роста производительности труда в информатике может произойти существенное замедление роста производительности труда во всем народном хозяйстве. В настоящее время около 70 % всех рабочих мест в мире поддерживаются средствами обработки информации.

Информатика изучает следующие группы вопросов:

- технические, связанные с изучением методов и средств надежного сбора, хранения, передачи, обработки и выдачи информации;
- семантические, определяющие способы описания смысла информации, изучающие языки ее описания;
- прагматические, описывающие методы кодирования информации;
- синтаксические, связанные с решением задач формализации и автоматизации некоторых видов научно-информационной деятельности, в частности индексирования, автоматического реферирования, машинного перевода.

Информатика как *фундаментальная наука* занимается разработкой методологии создания информационного обеспечения процессов управления любыми объектами на базе компьютерных информационных систем, а именно выяснением сущности информационных систем:

- что такое информационные системы?
- какое место они занимают в ноосфере?
- какую должны иметь структуру?
- как функционируют?
- какие общие закономерности им свойственны?

Основные научные направления фундаментальных исследований в информатике:

- разработка сетевой структуры;
- компьютерно-интегрированные производства;
- экономическая и медицинская информатика;
- информатика социального страхования и окружающей среды;
- профессиональные информационные системы.

Цель фундаментальных исследований в информатике – получение обобщенных знаний о любых информационных системах, выявление общих закономерностей их построения и функционирования.

Информатика как *прикладная дисциплина* занимается:

- изучением закономерностей информационных процессов (накопление, переработка, распространение);
- созданием информационных моделей коммуникаций в различных областях человеческой деятельности;
- разработкой информационных систем и технологий в конкретных областях и выработкой рекомендаций относительно их жизненного цикла: для этапов проектирования и разработки систем, их производства, функционирования и т. д.

Главная функция информатики как прикладной дисциплины заключается в разработке методов и средств преобразования информации и их использования в организации технологического процесса переработки информации.

Задачи информатики:

- исследование информационных процессов любой природы;
- разработка информационной техники и создание новейшей технологии переработки информации на базе полученных результатов исследования информационных процессов;

- решение научных и инженерных проблем создания, внедрения и обеспечения эффективного использования компьютерной техники и технологии во всех сферах общественной жизни.

Информатика существует не сама по себе, а является комплексной научно-технической дисциплиной, призванной создавать новую технику и новые информационные технологии для решения проблем в других областях. Она предоставляет методы и средства исследования другим областям, даже таким, где считается невозможным применение количественных методов из-за неформализуемости процессов и явлений.

1.2. Виды данных и информации

Информатика изучает общие моменты, свойственные всем разновидностям конкретных информационных процессов (технологий). Всем им присущи такие атрибуты, как «носители информации», «каналы связи», «информационные контуры», «сигналы информации», «данные», «сведения» и т. д. Все они описываются такими характеристиками, как надежность, эффективность, избыточность и пр. Все многообразие окружающей нас информации можно сгруппировать по трем признакам:

1. По области возникновения информации:

- элементарная, или механическая, информация – отражает процессы и явления неодушевленной природы;
- биологическая информация – отражает процессы животного и растительного мира;
- социальная информация – отражает процессы, происходящие в человеческом обществе.

2. По способу передачи и восприятия:

- визуальная информация, передаваемая видимыми образами и символами;
- аудиальная информация, передаваемая звуками;
- тактильная информация, передаваемая ощущениями;

- органолептическая информация, передаваемая запахами и вкусами;
- машинная информация, выдаваемая и воспринимаемая средствами вычислительной техники.

3. По общественному назначению:

- личная информация – предназначена для конкретного человека;
- массовая информация – предназначена для любого желающего ее использовать (общественно-политическая, научно-популярная и т. д.);
- специальная информация – предназначена для использования узким кругом лиц, занимающихся решением сложных специальных задач в области науки, техники, экономики и пр.

Под информацией мы также понимаем совокупность интересующих нас сведений, знаний, набор данных и т. д. Информация не может существовать без наличия источника и потребителя информации. Ее основной источник и потребитель – человек, поэтому можно сказать, что существует столько видов информации, сколько органов чувств у человека: он воспринимает информацию через зрение, слух, осязание, обоняние.

Разнообразие источников и потребителей информации привело к существованию различных форм ее представления: символьной, текстовой и графической. Такие формы, как тактильная и тепловая, не нашли широкого применения из-за сложностей в воспроизведстве, хранении и обработке, а также в связи с тем, что наибольшее количество воспринимаемой человеком информации приходится на зрение и слух.

Символьная форма представления информации, основанная на использовании символов (букв, цифр, знаков и т. д.), наиболее проста и применяется практически только для передачи несложных сигналов о различных событиях. Примером может служить зеленый свет уличного светофора, который сообщает пешеходам или водителям автотранспорта о возможности начала движения.

Более сложной является **текстовая форма** представления информации. Здесь также используются символы (буквы, цифры, математические знаки), однако информация заложена не только в этих символах, но и в их сочетании, порядке следования. Так, слова КОТ и ТОК имеют одинаковые буквы, но содержат различную информацию. Благодаря взаимосвязи символов и отображению речи человека текстовая информация чрезвычайно удобна и широко используется: книги, брошюры, журналы, различного рода документы, аудиозаписи и т. д.

Наиболее емкой и сложной является **графическая форма** представления информации.

Информация о любом материальном объекте может быть получена путем наблюдения за этим объектом, вычислительного эксперимента над ним или путем логического вывода. В связи с этим информацию подразделяют на доопытную – *априорную*, и послеопытную – *апостериорную*, полученную в результате проведенного эксперимента.

Информацию, воплощенную и зафиксированную в некоторой материальной форме, называют **сообщением** и передают с помощью **сигналов**. Соответствие между сообщением и информацией не является взаимно однозначным. Для одной и той же информации могут существовать различные передающие ее сообщения, которые появляются при добавлении сообщения, не несущего никакой дополнительной информации. Сообщения, передающие одну и ту же информацию, образуют класс эквивалентных сообщений. Вместе с тем одно и то же сообщение, по-разному интерпретированное, может передавать разную информацию. Правило интерпретации может быть известно лишь ограниченному кругу лиц. Существуют правила интерпретации для специальных языков. Связь между сообщением и информацией особенно отчетлива в криптографии: посторонний не должен суметь извлечь информацию из передаваемого сообщения, иначе это означало бы, что он располагает ключом.

Природа большинства физических величин такова, что они могут принимать любые значения в каком-то диапазоне (температура, давление, скорость и т. д.). Сигнал, отображающий эту информацию и возникающий на выходе соответствующего датчика, на любом временном интервале может иметь бесконечное число значений. Так как в данном случае непрерывный сигнал изменяется аналогично исходной информации, его обычно называют **аналоговым**, а устройства, в которых действуют такие сигналы, – **аналоговыми**.

Существуют также **дискретные сообщения**, параметры которых содержат фиксированный набор отдельных значений. А так как этот набор конечен, то и объем информации в таких сообщениях конечен.

В связи с возрастающей ролью ЭВМ в различных сферах интеллектуальной деятельности возникает потребность в обмене данных и между ними. Для обмена информацией весьма важно увеличивать расстояния, на которые можно передавать различные сигналы. Сигнал передается на большие расстояния с помощью:

- каналов электросвязи – кабельная система;
- световой энергии – оптоволоконная кабельная или беспроводная система;
- радио-, инфра- и микроволн – мобильные сети.

Для передачи информацию, содержащуюся в виде сообщения, необходимо преобразовать в сигналы, передать их по линии связи на заданное расстояние в нужное место, где вновь совершить обратное преобразование сигналов в исходную информацию. Полученная в приемнике информация должна в точности совпадать с исходной. Чтобы предъявлять определенные требования к качественным показателям передачи информации по каналам связи, необходимо пользоваться точными критериями.

1.3. Формы представления, методы оценки и способы передачи информации

Анализируя информацию, мы сталкиваемся с необходимостью оценки качества и определения количества получения информации. При оценке информации различают три аспекта: синтаксический, семантический и прагматический.

Синтаксический аспект связан со способом представления информации вне зависимости от ее смысловых и потребительских качеств и рассматривает формы представления информации для ее передачи и хранения (в виде знаков и символов). Этот аспект необходим для измерения информации. Информацию, рассматриваемую только в синтаксическом аспекте, называют **данными**.

Семантический аспект передает смысловое содержание информации и соотносит ее с ранее имевшейся информацией (рис. 2).

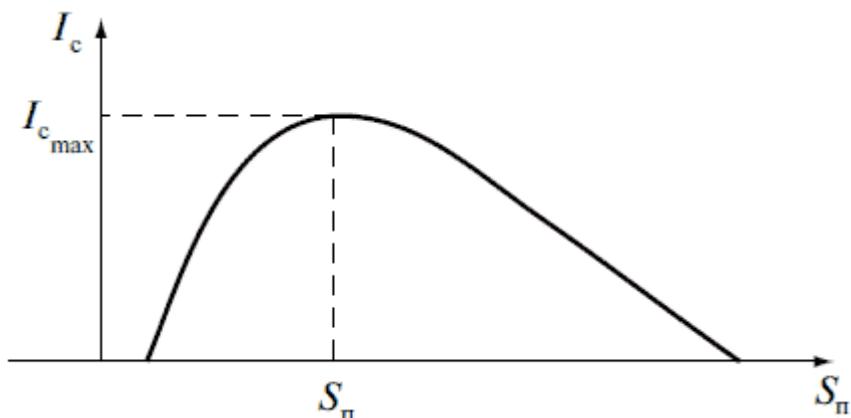


Рис. 2. График семантической меры: S_n — тезаурусная мера получателя; I_c — семантическое количество информации

Прагматический аспект передает возможность достижения цели с учетом полученной информации.

$$I_n = \log_t \frac{P_1}{P_0},$$

где P_0 – вероятность достижения цели до получения информации; P_1 – вероятность достижения цели после получения информации; I_P – прагматическое количество информации.

Определить качество информации чрезвычайно сложно, а часто и вообще невозможно. Какие-либо сведения, например исторические, могут десятилетиями считаться ненужными, но при наступлении какого-то события их ценность может резко возрасти. Определить количество информации не только нужно, но и можно. Это прежде всего необходимо для того, чтобы сравнить друг с другом массивы информации, определить, какие размеры должны иметь материальные объекты (бумага, магнитная лента и т. д.), хранящие эту информацию.

Можно выделить три основные характеристики, используемые для **измерения количества и качества передачи и приема информации**:

1. **Частотный диапазон** – чем выше частота, тем больше информации можно передать в единицу информации (рентгеновское излучение несет больше информации, чем метровый диапазон).

2. **Динамический диапазон** – чем шире диапазон частот, тем больше информации можно пропустить в единицу времени.

3. **Уровень шума** – чем меньше помех, тем больше информации можно передать без ее искажения.

Для определения количества информации необходимо найти способ представить любую ее форму (символьную, текстовую, графическую) в едином виде. Рассмотрим некоторые критерии применительно к наиболее распространенным формам информации.

Звуки. Для звуковых колебаний совпадение формы сигнала на передаче и приеме не является обязательным. Здесь важно сохранение соотношений между амплитудами частотных компонентов, из которых состоит звук.

Частотный диапазон:

– 16–20 000 Гц – различает высококлассный музыкант;

– 30–15 000 Гц – отличное (50–10 000 Гц – хорошее) воспроизведение музыки;

– 300—3400 Гц – отличное качество связи для разговора по телефону.

Динамический диапазон – логарифм отношения максимального значения средней мощности звука к средней мощности наиболее слабых звуков. Соотношение между звуками различной интенсивности измеряется в логарифмических единицах, так как человеческое ухо сравнивает не абсолютное, а относительное изменение мощности звука. Сравнивая между собой интенсивности воздействия двух звуковых колебаний, имеющих соответственно мощности P_1 (максимальное значение средней мощности звука) и P_2 (средняя мощность наиболее слабых звуков), пользуются выражениями:

$$\lg \frac{P_1}{P_0}, \text{ Б;}$$

$$10 \times \lg \frac{P_1}{P_0}, \text{ дБ.}$$

Например, динамический диапазон телефонной речи составляет 43 дБ; оркестра – 56 дБ; истребителя и рок-группы – 120 дБ. Уровень шума при телефонной связи должен быть не менее чем на 34 дБ ниже средней мощности полезного сигнала. Допустимая величина помехи при музыкальной передаче должна быть снижена еще больше – до 44–47 дБ.

Изображения. Чтобы передать с помощью электромагнитных волн некоторое изображение, необходимо каждый элемент этого изображения один за другим превратить в последовательность сигналов.

Частотный диапазон можно определить, если задаться временем, за которое мы хотим передать изображение с необходимым нам качеством. Проиллюстрируем это на примере передачи фототелеграммы с помощью телеграфа. Пусть самая маленькая точка на фототелеграмме будет равна 0,25 мм, т. е. разрешающая способность составляет 4 линии на 1 мм. Тогда

на стандартном листе бумаги (формат А4) размером 210 x 300 мм можно разместить: $1 \text{ мм} \times 1 \text{ мм} = 4 \times 4 = 16$ точек; $210 \times 300 \times 16 >> 1\ 000\ 000$ точек. Передавая телеграмму за 3 мин (180 с) и учитывая, что наибольшая частота сигнала возникает при последовательном чередовании самых маленьких (элементарных) белых и темных точек, получим предельную частоту ($1\ 000\ 000 : 180$): $2 = 2780$ Гц. Двойка в делителе означает, что период предельной частоты равен времени прохождения лучом двух соседних точек – светлой и темной. Самая низкая частота возникает в случае, если на фототелеграмме изображен простейший рисунок – одна половина листа белая, а другая – черная. В результате период наименьшей частоты равен времени прохождения лучом одной строки целиком. Эта наименьшая частота равна числу строк ($300 \times 4 = 1200$), деленному на время передачи листа (180 с), т. е. 6,7 Гц.

В отличие от фототелеграфа, телевидение передает подвижные изображения и смена кадров здесь осуществляется 50 раз в секунду. Если считать, что каждый кадр телевизионного изображения – это своеобразная фототелеграмма, легко вычислить частотный диапазон телевизионного изображения. Согласно одному из стандартов, телевизионное изображение имеет 625 горизонтальных строк и размер кадра по высоте относится к размеру по ширине как 3: 4. Если каждую элементарную точку считать квадратной, то общее их число составит $625 \times 625 \times \frac{3}{4} = 52 \times 10^4$. Учитывая, что число кадров в секунду равно 50 и что наивысшая частота определяется чередованием черных и светлых элементарных точек, предельная частота окажется равной $52 \times 10^4 \times 50 / 2 = 13 \times 10^6$ Гц. Чтобы уменьшить эту весьма большую частоту, в каждом кадре передается только половина строк. Из-за инерции нашего зрения для глаза это оказывается незаметным, зато предельная частота уменьшается вдвое. Самая низкая частота, необходимая для передачи телевизионного изображения, – это частота

смены кадров, равная 50 Гц. Таким образом, для передачи телевизионного изображения требуется диапазон частот от 50 Гц до 6,5 МГц.

Динамический диапазон как в фототелеграфном, так и в телевизионном изображении почти одинаков. На экране телевизора различимы 8—10 четко разделенных градаций яркости. Установлено, что человеческий глаз различает изменения яркости, если интенсивность света двух соседних ступенек различается примерно в два раза (что в логарифмическом отсчете соответствует 3 дБ). Отсюда при 8—10 градациях динамический диапазон телевизионного изображения составит 24–30 дБ. Для хорошего качества принимаемого телевизионного изображения уровень помех должен быть меньше уровня сигнала по крайней мере на 40 дБ.

Передача данных – это частный случай информации, которую принято называть *дискретной*. Дискретная информация в конечном счете также является цифровой, однако может иметь большее разнообразие форм записи и методов передачи.

Рассмотрим взаимосвязь между характеристиками «частотный диапазон» и «скорость передачи данных». В теории электрической связи установлены закономерности, связывающие между собой длительность импульса тока во времени и спектральный состав этого импульса. Теоретически спектр частот импульса, имеющего конечную протяженность во времени t с, бесконечен. Однако практически основная энергия спектральных компонентов сосредоточена в диапазоне частот, не превышающих значение $1/t$ Гц. Но $1/t$ – это скорость передачи бинарной информации, исчисляемая количеством бит в секунду. Таким образом, на каждый бит в секунду требуется полоса в 1 Гц.

Теперь рассмотрим динамический диапазон. При передаче бинарной информации средняя мощность сигнала неизменна. Следовательно, нет перепада уровней. Соотношение сигнал/помеха зависит от требуемой верности приема. Если при передаче бинарных сигналов допустить

возможность в среднем одной ошибки на 10^5 бит, то при так называемом тепловом шуме соотношение сигнал/помеха должно составлять 18,8 дБ, а при одной ошибке на 10^6 бит – 19,7 дБ. При импульсных помехах это соотношение зависит от частоты появления импульсов, их амплитуды и других параметров и должно подсчитываться отдельно для каждого случая.

Аналоговый сигнал может быть охарактеризован тремя основными параметрами: частотным и динамическим диапазонами, соотношением «сигнал/помеха». Для дискретных сигналов достаточно ограничиться двумя параметрами: диапазоном частот, который можно заменить скоростью передачи двоичных сигналов, и соотношением «сигнал/помеха», оценку которого удобно заменить допустимой ошибкой в приеме двоичного сигнала.

Количество и качество информации. Для определения количества информации, содержащейся в сигналах, которые циркулируют в системах управления, необходимо использовать знания из теории информации и теории вероятностей.

Под информацией, согласно теории передачи сообщений, разработанной К.Шенноном, необходимо понимать устраниенную неопределенность в знаниях о сигнале. В качестве оценок степени неопределенности знаний существуют следующие меры:

- *синтаксическая* – связанная с неопределенностью, с которой можно судить о сигнале до его приема;
- *структурная*, или *логарифмическая*, – характеризующая информацию по объему (**мера Хартли**);
- *вероятностная*, или *статистическая*, – характеризующая информацию по объему и новизне (**мера Шеннона**).

Для систем управления мера Хартли наиболее приемлема, так как она позволяет оценить объемы циркулирующей информации и памяти, необходимой для ее хранения. В качестве меры неопределенности

(энтропии) в описании сигнала до его приема принятая логарифмическая мера (здесь и далее примем основание логарифма, равное двум, тогда количество информации будет измеряться в битах):

$$H_0 = \log_t m.$$

Если до получения информации о сигнале вероятность появления отдельных сообщений для наблюдателя равна:

$$P_1 = \dots = P_m = \frac{1}{m};$$

$$\sum P_i = 1,$$

то в этом случае источник дискретных сообщений выдает максимальное количество информации:

$$H_0 = H_{\max}.$$

Количество информации, выдаваемой источником непрерывных сигналов, определяют исходя из погрешности квантования:

$$\delta = \frac{1}{2}(m - 1),$$

где δ – относительная погрешность квантования по уровню; m – число уровней. В 1948 году американский инженер и математик К.Шеннон предложил формулу вычисления количества информации для событий с различными вероятностями:

$$H_x = -\sum P(x_i) \log_t P(x_i),$$

где H – количество информации; P – количество возможных событий; x_i – вероятности отдельных событий; i принимает значения от 1 до K .

1.4. Методы хранения и обработки информации

Источниками и носителями информации могут быть сигналы любой природы: речь, музыка, текст, показания приборов и т. д.

Хранение информации осуществляется на долговременных носителях. Это могут быть камень, пергамент, кожа, бумага, магнитные носители,

лазерные диски, серверы вычислительных сетей и т. п. Однако хранение, передача и переработка информации в ее естественном (физическем) виде большей частью неудобны, а иногда и просто невозможны. В таких случаях применяется кодирование.

Кодирование – это процесс установления взаимно однозначного соответствия элементам и словам одного алфавита элементов и слов другого алфавита. **Кодом** называется правило, по которому сопоставляются различные алфавиты и слова (отображение и преобразование информации в вид, удобный для человеческого восприятия, см. на рис. 3).

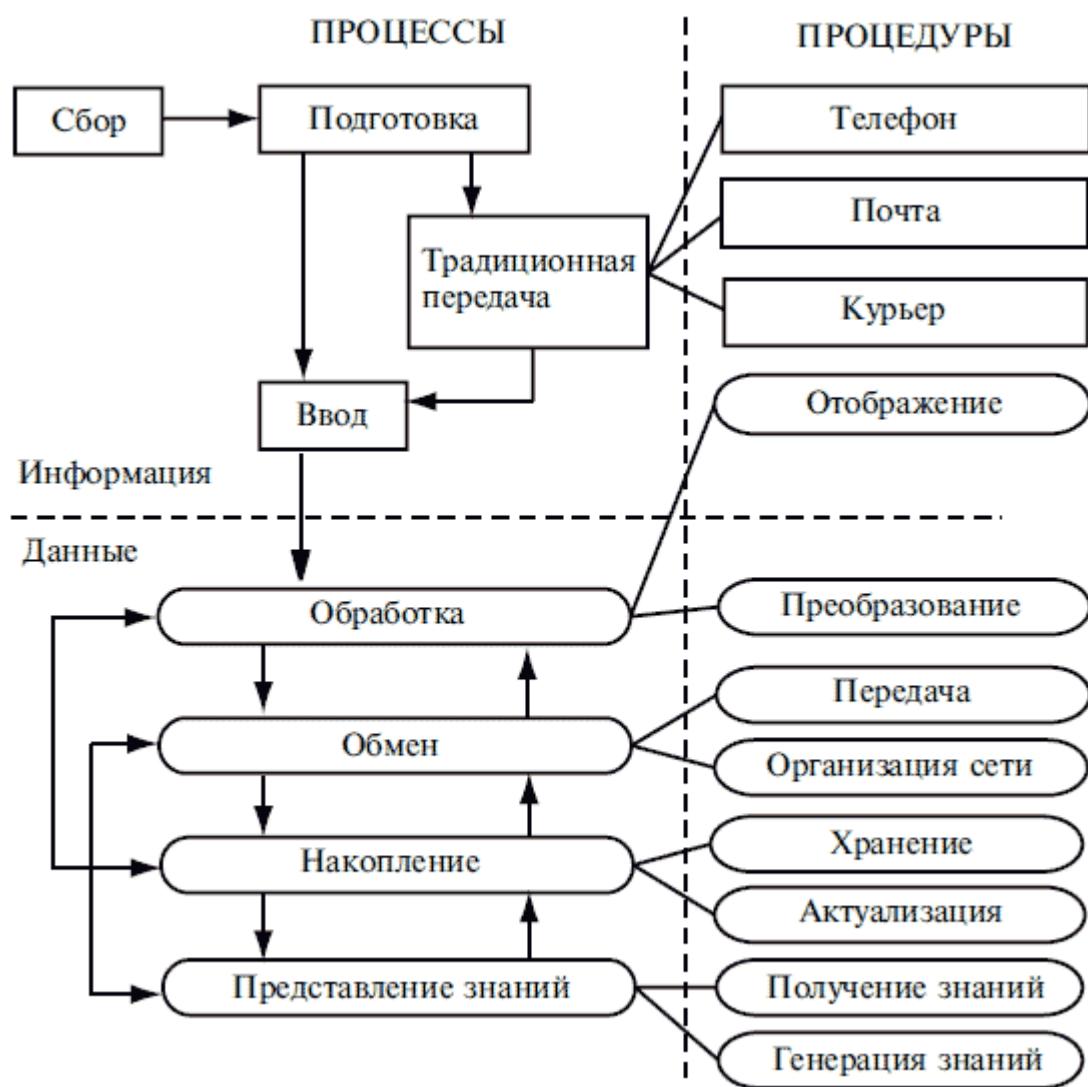


Рис. 3. Отображение и преобразование информации

Всю информацию, участвующую в этом процессе, можно разделить на **обрабатываемую** (ее называют **данными**) и **управляющую** (в применении к вычислительным процессам ее называют **программами**).

1.5. Системы счисления и области их использования

Системой счисления называется способ записи чисел.

Позиционной системой счисления называется система счисления, при которой число, связанное с цифрой, зависит от места, которое оно занимает. Место числа называют его разрядом в записи числа. Примером могут служить десятичная и шестидесятеричная системы счисления.

Непозиционной системой счисления является та система, в которой порядок записи числа, связанного с цифрой, не зависит от места, которое оно занимает. Примером может служить римская система записи чисел.

Представление чисел в различных системах счисления. Под основанием системы счисления p будем понимать число используемых в ней символов – цифр. В десятичной системе $p = 10$ и для построения чисел используются десять цифр: 0, 1, 2..., 9. Число представляется в виде последовательности цифр, разделенных запятой на две группы: одна группа (левее запятой) образует целую часть, другая (правее запятой) – дробную. Каждая цифра числа занимает определенную позицию – *разряд*. Разрядам приписываются различные весовые коэффициенты. Эти коэффициенты для разрядов влево от запятой равны соответственно $10^0, 10^1, 10^2\ldots, 10^n$; вправо от запятой – $10^{-1}, 10^{-2}\ldots, 10^{-n}$.

Таким образом, запись 547,359 в десятичной системе счисления означает величину:

$$547,359 = 5 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 7 \times 10^0 + \\ + 3 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2} + 9 \times 10^{-3}.$$

В общем случае изображение некоторого числа N имеет вид $a^n a^{n-1} \dots a^1 a^0 a^{-1} a^{-2} \dots a^{-m}$. Здесь $a^n, a^{n-1} \dots, a^{-m}$ – последовательность цифр, соответствующих $n, n^{-1} \dots, n^{-m}$ разрядам.

При основании системы счисления p запись числа N соответствует следующей величине:

$$\begin{aligned} N &= a^n \times p^n + a^{n-1} \times p^{n-1} + \dots \\ &\dots + a^1 \times p^1 + a^0 \times p^0 + a^{-1} \times p^{-1} + a^{-2} \times p^{-2} + \dots \\ &\dots + a^{-m} \times p^{-m}. \end{aligned}$$

Здесь $p^n, p^{n-1}, \dots, p^{-m}$ – весовые коэффициенты соответствующих разрядов. В качестве цифр разрядов используются символы, обозначающие положительные целые числа, меньшие p ($0 \leq a^j \leq p-1$). Используя такой позиционный принцип представления чисел, можно строить разнообразные системы счисления, задаваясь различными значениями основания системы p . Рассмотрим некоторые наиболее употребительные системы счисления.

Двоичная система счисления ($p = 2$). Для представления цифр разрядов используются лишь два символа: 0 и 1.

Например:

число $11010,11_2$ соответствует следующей величине:

$$\begin{aligned} 11010,11_2 &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + \\ &+ 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 26,75_{10}, \end{aligned}$$

где нижние индексы показывают основание системы счисления, в которой представляется число.

Весовые коэффициенты разрядов, отсчитываемых влево от запятой (в целой части числа), равны соответственно 1, 2, 4, 8, 16..., а весовые коэффициенты разрядов вправо от запятой (в дробной части числа) —

$$\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \dots .$$

Восьмеричная система счисления ($p = 8$). Для представления цифр разрядов используют восемь символов: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Например, запись числа $756,25_8$ в этой системе счисления соответствует следующей величине:

$$756,25_8 = 7 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} + \\ + 5 \times 8^{-2} = 494,21_{10}.$$

Весовые коэффициенты разрядов в целой части – 1, 8, 64..., в дробной части – $1/8, 1/64$.

Шестнадцатеричная система счисления ($p = 16$). Цифры разрядов изображаются шестнадцатью символами: 0, 1, 2..., 9, A, B, C, D, E, F.

Десять символов заимствованы из *десятичной системы*, а в качестве недостающих шести символов использованы буквы A, B, C, D, E, F, которым в десятичной системе соответствуют числа 10, 11, 12, 13, 14, 15.

Например:

запись A7B, C8₁₆ соответствует следующей величине:

$$A7B,C8_{16} = 10 \times 16^2 + 7 \times 16^1 + 11 \times 16^0 + \\ + 12 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} = 2683,200_{10}.$$

Хранение n-разрядных чисел. Хранение осуществляется с помощью устройств, содержащих n элементов, каждый из которых запоминает соответствующую цифру числа. Наиболее просто осуществляется хранение чисел, представленных в двоичной системе счисления. Для запоминания цифры каждого разряда двоичного числа используются устройства с двумя устойчивыми состояниями, такие, как *триггеры*. Одному из этих состояний ставится в соответствие цифра 0, другому – цифра 1.

При хранении десятичных чисел каждая цифра десятичного числа предварительно представляется в двоичной форме. Такая форма представления десятичных чисел носит название *двоично-кодированной десятичной системы*.

Например, число 735,82₁₀ в двоично-кодированной десятичной системе может быть представлено в следующем виде:

$$735,82_{10} = \begin{array}{ccccc} 0111 & 0011 & 0101, & 1000 & 0010 \\ 7 & 3 & 5 & 8 & 2 \end{array}$$

Несмотря на внешнее сходство с двоичным числом, двоично-кодированное десятичное число (содержащее лишь цифры 0 и 1) не является двоичным. Например, если целую часть приведенной выше записи рассматривать как двоичное число, то оно при переводе в десятичную форму означало бы 1845_{10} , что не совпадает с целой частью исходного числа 735.

Рассмотренный способ двоичного представления (кодирования) десятичных цифр использует код 8421 (название кода составлено из весовых коэффициентов разрядов двоичного числа). Наряду с этим кодом при двоичном кодировании десятичных цифр используются и другие коды, наиболее употребительные из которых приведены в табл. 1.

Эти коды имеют следующие особенности:

код 8421 является естественным представлением десятичных цифр в двоичной системе счисления;

код 7421 интересен тем, что любая кодовая комбинация содержит не более двух единиц;

в коде 2 из 5 все кодовые комбинации содержат точно две единицы. Это свойство используется для обнаружения ошибочных комбинаций (ошибочное распознавание любого из символов принятой кодовой комбинации изменяет число единиц, благодаря чему достигается возможность выявления таких ошибочных комбинаций).

Таблица 1. Наиболее употребительные коды в двоично-кодированной десятичной системе счисления

Пары десятичных цифр, сумма которых равна девяти, составляют цифры, взаимно дополняющие друг друга до девяти (0 и 9 , 1 и 8 , 2 и 7 ...).

В коде 2421 и коде с избытком 3 кодовая комбинация, соответствующая любой из десятичных цифр, представляет собой инверсию комбинации, соответствующей ее дополнению до девяти. Например, в коде 2421 паре взаимно дополняющих до девяти цифр 2 и 7 соответствуют комбинации

0010 и 1101, каждая из которых образуется как инверсия другой. Это свойство упрощает выполнение в цифровых устройствах арифметических операций над десятичными числами. Таким же свойством дополнения до девяти обладает код $3a + 2$. Кроме того, этот код имеет и другое полезное свойство: любая пара кодовых комбинаций отличается не менее чем в двух разрядах, что позволяет обнаружить ошибочные комбинации (ошибка, изменяющая цифру одного разряда любой из кодовых комбинаций, приводит к так называемой запрещенной комбинации, не используемой для представления десятичных цифр).

Десятичные цифры (a)	Двоично-кодированные десятичные системы (коды)					
	8421	2421	2 из 5	с избытком 3	$3a+2$	7421
0	0000	0000	11000	0011	00010	0000
1	0001	0001	01100	0100	00101	0001
2	0010	0010	00110	0101	01000	0010
3	0011	0011	00011	0110	01011	0011
4	0100	0100	10001	0111	01110	0100
5	0101	1011	10100	1000	10001	0101
6	0110	1100	01010	1001	10100	0110
7	0111	1101	00101	1010	10111	1000
8	1000	1110	10010	1011	11010	1001
9	1001	1111	01001	1100	11101	1010

Перевод чисел из одной системы счисления в другую. Перевод чисел из десятичной в двоичную систему счисления. Для перевода десятичного числа в двоичную систему счисления отдельно выполним операции перевода для целой и дробной частей. Для небольших чисел можно воспользоваться таблицей целых степеней числа 2 (табл. 2).

Таблица 2. Степени числа 2

Степень числа	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
Вес разряда	128	64	32	16	8	4	2	1	$1/2$	$1/4$	$1/8$	$1/16$

Целая часть. Осуществляем последовательное деление целой части на основание системы счисления (2) с записью остатков. Двоичное число считывается от последнего результата по остаткам (от последнего остатка к первому).

Пример.

Целое десятичное число 87 переведем в двоичную систему счисления.

$$\begin{array}{r}
 87 \Big| 2 \\
 86 \Big| 2 \\
 1 \quad 43 \Big| 2 \\
 \quad 1 \quad 42 \Big| 2 \\
 \quad \quad 1 \quad 21 \Big| 2 \\
 \quad \quad \quad 1 \quad 20 \Big| 2 \\
 \quad \quad \quad \quad 1 \quad 10 \Big| 2 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad 0 \quad 5 \Big| 2 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad 0 \quad 4 \Big| 2 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 1 \quad 2 \Big| 2 \\
 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 0
 \end{array}$$

$$87_{10} = 1010111_2$$

Для проверки просуммируем вес разрядов двоичного числа:

$$\begin{aligned}
 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + \\
 + 1 \times 2^0 = 64 + 16 + 4 + 2 + 1 = 87.
 \end{aligned}$$

Дробная часть. Дробную часть десятичного числа будем последовательно умножать на 2, исключая из промежуточных результатов целую часть и записывая ее в разряды двоичного числа после запятой. Если точный ответ не получается за несколько шагов, т. е. получается бесконечная непериодическая последовательность, то вычисления проводятся до достижения требуемой точности результата (до определенного числа знаков после запятой).

Пример.

Десятичные дроби 0,3125 и 0,7163 переведем в двоичную форму:

$0,3125$ $0,625$ $1,25$ $0,5$ $1,0$	$0,0101$
	$0,1011011 \leftarrow 1, \dots$

В первом случае получен точный результат:

$$0,0101_2 = \frac{1}{4} + \frac{1}{16} = 0,25 + 0,0625 = 0,3125_{10}.$$

Во втором случае вычисления проводились с точностью до семи знаков после запятой. Обратите внимание, что все получаемые разряды дробной части числа записываются после запятой в том порядке, в котором они получены.

Перевод чисел из двоичной системы счисления в десятичную. Перевод двоичных чисел в десятичную систему счисления осуществляется с помощью целых степеней числа 2 (табл. 2). Суммируем вес разрядов двоичного числа, в которых стоят единицы. Там, где в числе стоит 0, соответствующий вес разряда умножен на 0 и суммировать нечего.

Пример.

$$\begin{aligned} 1100011,101_2 &= 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + \\ &+ 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = \\ &= 64 + 32 + 2 + 1 + \frac{5}{8} = 99,525_{10}. \end{aligned}$$

Аналогично число можно перевести из любой другой системы счисления в десятичную, просуммировав вес его разрядов, умноженный на цифры числа.

Перевод чисел в кратных системах счисления. Основания восьмеричной и шестнадцатеричной систем счисления выражаются целой степенью двух ($8 = 2^3$; $16 = 2^4$). Этим объясняется простота преобразования чисел, представленных в этих системах, в двоичную систему счисления и обратно. Каждая восьмеричная цифра для получения ее двоичного

представления требует три двоичных разряда, а шестнадцатеричная – четыре.

Двоичная запись цифр различных систем счисления приведена в табл. 3.

Таблица 3. Сравнение значений кодов в различных системах счисления

$p = 10$		$p = 8$		$p = 16$	
0	0	0	000	0	0000
1	1	1	001	1	0001
2	10	2	010	2	0010
3	11	3	011	3	0011
4	100	4	100	4	0100
5	101	5	101	5	0101
6	110	6	110	6	0110
7	111	7	111	7	0111
8	1000			8	1000
9	1001			9	1001
				A	1010
				B	1011
				C	1100
				D	1101
				E	1110
				F	1111

Для перевода чисел из восьмеричной системы счисления в двоичную достаточно каждую цифру восьмеричного числа представить трехразрядным двоичным числом – **триадой**.

Например:

$$762,358 = \begin{array}{ccccc} 111 & 110 & 010, & 011 & 1012 \\ 7 & 6 & 2 & 3 & 5 \end{array}$$

Перевод шестнадцатеричных чисел в двоичную систему счисления достигается представлением цифр шестнадцатеричного числа четырехразрядными двоичными числами – **тетрадами**.

Например:

$$A7B, C7_{16} = 1010\ 0111\ 1011, 1100\ 0111_2.$$

При обратном переводе чисел из двоичной системы в восьмеричную или шестнадцатеричную системы счисления необходимо разряды двоичного числа, отсчитывая их от запятой влево и вправо, разбить на группы по три разряда – в случае перевода в восьмеричную систему, или на группы по четыре разряда – в случае перевода в шестнадцатеричную систему счисления. Неполные крайние группы дополняются нулями. Затем каждая двоичная группа представляется цифрой той системы счисления, в которую переводится число.

Например:

$$001\ 111, 101\ 010_2 = 17,52_8;$$

$$0101\ 1100, 1101\ 0110_2 = 5C,D6_{16}.$$

Для перевода числа из шестнадцатеричной системы счисления в восьмеричную надо записать двоичное представление числа, разбить двоичные разряды на триады вправо и влево от запятой, дополняя недостающие нули слева от целой части и справа от дробной, и прочесть восьмеричное число, соответствующее триадам.

Пример.

Число EF2C,1D переведем в восьмеричную систему счисления.

Запишем двоичную форму числа, последовательно записав тетрадами его шестнадцатеричные цифры:

$$EF2C,1D_{16} = 1110\ 1111\ 0010\ 1100, 0001\ 1101_2.$$

Сгруппируем двоичные разряды числа в триады вправо и влево от запятой:

001 110 111 100 101 100, 000 111 010.

Недостающие нули записаны перед целой частью и после дробной части. Восьмеричное число получаем, записывая последовательно восьмеричные цифры, соответствующие двоичным триадам: $167454,072_8$.

Перевод восьмеричного числа в шестнадцатеричную систему счисления осуществляется в обратном порядке: запись двоичной формы числа триадами, группировка двоичных разрядов в тетрады вправо и влево от запятой с дополнением нулей слева от целой части и справа от дробной, считывание шестнадцатеричного результата в соответствии с тетрадами.

Пример.

Число $563,41_8$ переведем в шестнадцатеричную систему счисления.

Запишем двоичную форму числа, последовательно записав двоичными триадами его восьмеричные цифры: $563,41_8 = 101\ 110\ 011,\ 100\ 001_2$. Сгруппируем двоичные разряды числа в тетрады вправо и влево от запятой: 0001 0111 0011, 1000 0100 (недостающие нули записаны перед целой частью и после дробной). Шестнадцатеричное число получаем, записывая последовательно шестнадцатеричные цифры, соответствующие двоичным тетрадам: $173,84_{16}$.

Арифметические операции в двоичной системе счисления. Основной операцией, которая используется в цифровых устройствах при выполнении различных арифметических действий, является *алгебраическое сложение* (сложение, в котором могут участвовать как положительные, так и отрицательные числа). Вычитание легко сводится к сложению путем изменения знака вычитаемого на обратный. Операции умножения и деления также сводятся к сложению и некоторым логическим действиям. Поэтому именно с операции сложения начнем рассмотрение способов выполнения арифметических операций.

При записи кода числа будем знак числа представлять заключаемыми в скобки цифрами: (0) – для положительных чисел и (1) – для отрицательных.

Именно так в устройствах, предназначенных для хранения чисел, принято фиксировать знак числа в специально выделяемых знаковых разрядах регистра флагов. Положение запятой в числе показывать не будем.

Сложение положительных чисел покажем на примере:

Переносы	1	1
Первое слагаемое N_1	(0) 0 1 0 0 1	
Второе слагаемое N_2	(0) 0 1 1 0 1	
Сумма $N = N_1 + N_2$	(0) 1 0 1 1 0	

Цифры разрядов суммы $N = N_1 + N_2$ формируются последовательно, начиная с младшего разряда. Цифра младшего разряда суммы образуется суммированием цифр младших разрядов слагаемых. При этом, кроме цифры разряда суммы, формируется цифра переноса в следующий, более старший разряд. Таким образом, в разрядах, начиная со второго, суммируются три цифры: цифры соответствующего разряда слагаемых и перенос, поступающий в данный разряд из предыдущего.

Перенос равен 1 во всех случаях, когда результат суммирования цифр в разряде равен или больше $p = 2$ (p – основание системы счисления). При этом в разряд суммы заносится цифра, на p единиц (т. е. на 2) меньшая результата суммирования.

Алгебраическое сложение с использованием дополнительного кода. Для пояснения сущности излагаемого метода рассмотрим следующий пример. Пусть требуется сложить два десятичных числа $N_1 = (0)831$ и $N_2 = (1)376$. Так как второе слагаемое – отрицательное число, то использование приема, предлагаемого в школьной программе, потребовало бы последовательности действий с заемами из старших разрядов. Предусматривать в цифровом устройстве дополнительно такую последовательность действий необязательно. Искомый результат может быть получен и при использовании последовательности действий с передачей переносов в старшие разряды, которая применяется при

сложении положительных чисел. Для этого достаточно отрицательное число $(1)376$ предварительно преобразовать в так называемый дополнительный код следующим образом: во всех разрядах, кроме знакового, запишем дополнение до девяти к цифрам этих разрядов и затем прибавим единицу в младший разряд. Дополнительный код для числа $N_2 = (1)376$ есть $N_{2\text{доп}} = (1)624$.

Далее произведем сложение по правилам сложения положительных чисел. Единицы переноса показаны там, где они суммируются, а не в тех столбцах, откуда перенос осуществлен:

Переносы	1 1	
Первое слагаемое N_1	(0) 8 3 1	
Второе слагаемое $N_{2\text{доп}}$	(1) 6 2 4	
Сумма $N = N_1 + N_2$	(0) 4 5 5	

При сложении складываются и цифры знаковых разрядов с отбрасыванием возникающего из этого разряда переноса. Как видим, получен правильный результат (действительно, $831 - 376 = 455$).

В двоичной системе счисления дополнительный код отрицательного числа формируется по следующему правилу: инвертируются (путем замены 0 на 1 и 1 на 0) цифры всех разрядов, кроме знакового, после чего в младший разряд прибавляется единица. Например, если $N = (1)10110$, то $N_{\text{доп}} = (1)01010$. Обратное преобразование отрицательных чисел из дополнительного кода в прямой производится по тому же правилу.

Рассмотрим примеры выполнения операции.

Пример.

Пусть $N_1 = (0)10110$; $N_2 = (1)01101$; $N_{2\text{доп}} = (1)10011$.

Переносы	1 1 1 1
Первое слагаемое N_1	(0) 1 0 1 1 0
Второе слагаемое $N_{2\text{доп}}$	(1) 1 0 0 1 1
Сумма $N = N_1 + N_2$	(0) 0 1 0 0 1

Как указывалось выше, перенос, возникающий из знакового разряда, отбрасывается.

Пример. Изменим на обратные знаки слагаемых, использованных в предыдущем примере: $N_1 = (1)10110$; $N_2 = (0)01101$. Очевидно, ожидаемый ответ: $N = N_1 + N_2 = (1)01001$.

Переносы	1
Первое слагаемое $N_{1\text{доп}}$	(1) 0 1 0 1 0
Второе слагаемое N_2	(0) 0 1 1 0 1
Сумма $N_{\text{доп}} = (N_1 + N_2)_{\text{доп}}$	(1) 1 0 1 1 1
Сумма $N = N_1 + N_2$	(1) 0 1 0 0 1

Таким образом, если результат сложения – отрицательное число, то оно оказывается представленным в дополнительном коде.

Алгебраическое сложение с использованием обратного кода. Вместо дополнительного кода для представления отрицательных слагаемых может быть использован *обратный код*. Обратный код отрицательных двоичных чисел формируется по следующему правилу: цифры всех разрядов, кроме знакового, инвертируются. Обратное преобразование из обратного кода в прямой производится по тому же правилу.

Рассмотрим те же примеры, используя обратный код:

Переносы	1 1 1 1
Первое слагаемое N_1	(0) 1 0 1 1 0
Второе слагаемое $N_{2\text{обр}}$	(1) 1 0 0 1 0
Промежуточный результат	(0) 0 1 0 0 0
Сумма $N = N_1 + N_2$	(0) 0 1 0 0 1

При использовании обратного кода перенос, возникающий из знакового разряда, прибавляется в младший разряд суммы.

Переносы	1 1
Первое слагаемое $N_{\text{обр}}$	(1) 0 1 0 0 1
Второе слагаемое N_2	(0) 0 1 1 0 1
Сумма $N_{\text{обр}} = (N_1 + N_2)_{\text{обр}}$	(1) 1 0 1 1 0
Сумма $N = N_1 + N_2$	(1) 0 1 0 0 1

Если результат сложения – отрицательное число, оно оказывается представленным в обратном коде.

Использование модифицированного кода. Особенность модифицированного кода состоит в том, что в нем предусматриваются два знаковых разряда. В обоих знаковых разрядах положительные числа содержат нули, отрицательные – единицы.

Выполнение операции суммирования с использованием модифицированного дополнительного или модифицированного обратного кода производится по правилам, сформулированным выше. Если результат суммирования содержит в знаковых разрядах комбинацию 01 или 10, это служит признаком так называемого *переполнения разрядной сетки*. Переполнение разрядной сетки – явление, при котором результат операции содержит большее число разрядов, чем число разрядов в устройстве, предназначенном для его хранения. При этом некоторые разряды результата не могут быть зарегистрированы в устройстве; они теряются, и результат оказывается ошибочным.

Пример.

Пусть $N_1 = (0)(0)11011$; $N_2 = (1)(1)10101$.

Переносы	1 1 1 1 1 1
Первое слагаемое N_1	(0) (0) 1 1 0 1 1
Второе слагаемое $N_{2\text{доп}}$	(1) (1) 0 1 0 1 1
Сумма $N = N_1 + N_2$	(0) (0) 0 0 1 1 0

Пример.

Пусть $N_1 = (0)(0)10110$; $N_2 = (0)(0)11011$.

Комбинация цифр (0)(1) в знаковых разрядах результата суммирования свидетельствует о переполнении разрядной сетки; зафиксированный результат ошибочен. Ошибка связана с тем, что при суммировании перенос из старшего разряда оказался зафиксированным во втором из знаковых разрядов. Для регистрации результата суммирования в данном примере требуется шесть разрядов (без учета знаковых разрядов).

Пример.

Пусть $N_1 = (1)(1)101101$; $N_2 = (1)(1)011101$.

Первое слагаемое $N_{1\text{доп}}$	(1)(1) 0 1 0 0 1 1
Второе слагаемое $N_{2\text{доп}}$	(1)(1) 1 0 0 0 1 1
Сумма	(1)(0) 1 1 0 1 1 0

И в этом случае комбинация цифр (1)(0) в знаковых разрядах сигнализирует о переполнении разрядной сетки. Для регистрации результата без учета знаковых разрядов в данном примере требуется семь разрядов, и в отведенных для него шести разрядах он не по**1.6.**

Представление информации в компьютере

Компьютер может обрабатывать только информацию, представленную в числовой форме. Вся другая информация для обработки на компьютере должна быть преобразована в числовую форму. Например, чтобы преобразовать таким образом музыкальный звук, можно через небольшие

промежутки времени измерять его интенсивность на определенных частотах, представляя результаты каждого измерения в числовой форме. С помощью программ для компьютера можно выполнить преобразования полученной информации, например наложить друг на друга звуки различных источников. После этого результат можно преобразовать обратно в звуковую форму.

Аналогичным образом на компьютере можно обработать и текстовую информацию. При вводе в компьютер каждая буква кодируется определенным числом, а при выводе на внешние устройства для восприятия человеком по этим числам строится соответствующее изображение буквы.

Компьютер может обрабатывать числовую, текстовую, графическую, звуковую, видеоинформацию только тогда, когда она представлена в нем в двоичном коде (двоичная форма представления информации), т. е. используется алфавит мощностью в два символа: логический 0 и логическая 1. Связано это с тем, что информацию удобно представлять в виде последовательности сигналов (электрических импульсов): сигнал отсутствует – (0), сигнал есть – (1). Такое кодирование принято называть двоичным, а сами логические последовательности нулей и единиц – машинным языком. Каждая цифра машинного двоичного кода несет количество информации, равное одному биту.

Бит – это единица информации, представляющая собой двоичный разряд, который может принимать значение 0 или 1. При записи двоичной цифры можно реализовать выбор только одного из двух возможных состояний, а значит, она несет количество информации, равное одному биту. Следовательно, две цифры несут информацию 2 бита, четыре разряда – 4 бита и т. д. Чтобы определить количество информации в битах, достаточно определить количество цифр в двоичном машинном коде. Благодаря введению понятия единицы информации появилась

возможность определения размера любой информации числом бит. Поэтому *объем информации* определяют в битах.

Для удобства информацию, представленную в компьютере, описывают многоразрядными последовательностями двоичных чисел. Эти последовательности объединяются в группы по 8 бит. Такая группа именуется байтом; например, число 11010011 – это информация величиной 1 байт. **Байт** – это восемь последовательных бит. В 1 байте можно кодировать значение одного символа из 256 (2^8) возможных комбинаций.

Более крупными единицами информации являются: килобайт (Кбайт), мегабайт (Мбайт), гигабайт (Гбайт): 1 Кбайт = 1024 байт; 1 Мбайт = 1024 Кбайт; 1 Гбайт = – 1024 Мбайт. В этих единицах измеряется емкость запоминающих устройств.

Перед тем как кодировать любую информацию, нужно договориться о том, какие используются коды, в каком порядке они записываются, хранятся и передаются. Это называется *языком представления информации*.

Кодирование текстовой информации. В настоящее время большинство пользователей с помощью компьютера обрабатывают текстовую информацию, которая состоит из символов: букв, цифр, знаков препинания и др. Чтобы закодировать один символ, традиционно используют количество информации, равное 1 байту, т. е. $I = 1$ байт = 8 бит. В 60-е годы XX века это было закреплено комитетом ASCII США в ASCII-стандарте.

Формула, которая связывает между собой количество возможных событий K_m количество информации I , позволяет вычислить, сколько различных символов можно закодировать (считая, что символы – это возможные события):

$$K_m = 2^I = 2^8 = 256.$$

Следовательно, для представления текстовой информации можно использовать алфавит мощностью 256 символов. Суть кодирования заключается в том, что каждому символу ставят в соответствие двоичный код от 00000000 до 11111111 или соответствующий ему десятичный код от 0 до 255.

В середине 90-х годов XX века появилась новая кодировка – Unicode, поддерживающая 65 536 различных символов. В ней на каждый символ отводится по 2 байта:

$$K = 2^1 = 2^{16} = 65\,536.$$

Следует отметить, что кодировка Unicode используется в случаях, когда к кодированию не предъявляются дополнительные требования (например, когда необходимо указать на возникшую ошибку, исправить ошибку, обеспечить секретность информации или использовать ее в различных операционных системах).

Кодирование графической информации. В середине 50-х годов для больших ЭВМ, которые применялись в научных и военных исследованиях, впервые было реализовано представление данных в графическом виде. В настоящее время широко используются технологии обработки графической информации с помощью персонального компьютера (ПК). Графический интерфейс пользователя стал стандартом де-факто для программного обеспечения разных классов, начиная с операционных систем. Это связано со свойством человеческой психики: наглядность способствует более быстрому пониманию. Широкое применение получила специальная область информатики – компьютерная графика, которая изучает методы и средства создания и обработки изображений с помощью программно-аппаратных вычислительных комплексов. Без нее трудно представить уже не только компьютерный, но и вполне материальный мир, так как визуализация данных применяется во многих сферах человеческой

деятельности: в медицине, образовании, в опытно-конструкторских разработках, научных исследованиях и др.

Особенно интенсивно технология обработки графической информации с помощью компьютера стала развиваться в 80-х годах. Графическую информацию можно представлять в двух формах: аналоговой и дискретной. Живописное полотно, цвет которого изменяется непрерывно, – это пример *аналогового* представления, а изображение, напечатанное с помощью струйного принтера и состоящее из отдельных точек разного цвета, – это *дискретное* представление. Для представления графической информации в двоичной форме используются растровый и векторный способы.

Растровый способ. Вертикальными и горизонтальными линиями изображение разбивается на отдельные точки; каждому элементу ставятся в соответствие коды его цвета и место, которое он занимает. При этом качество кодирования будет зависеть от размера точки и количества используемых цветов. Чем меньше размер точки (т. е. изображение составляется из большего количества точек), тем выше качество кодирования. Чем большее количество цветов используется (т. е. точка изображения может принимать больше возможных состояний), тем больше информации несет каждая точка, а значит, увеличивается качество кодирования. Поэтому информация о каждой клетке будет иметь довольно сложный вид: номер клетки, яркость, тон, насыщенность, цвет и др.

Векторный способ. Информация вычисляется по специальным формулам, описывающим какой-либо объект.

Трехмерная графика (3D). Способ представления графической информации, в котором сочетаются векторный и растровый способы формирования изображений. Теоретически 3D изучает методы и приемы построения объемных моделей объектов в виртуальном пространстве, а на практике создает объемные модели на плоскости.

Кодирование звуковой информации. Мир наполнен самыми разнообразными звуками: тиканьем часов и гулом моторов, завыванием ветра и шелестом листьев, пением птиц и голосами людей. О том, как рождаются звуки и что они собой представляют, люди начали догадываться очень давно. Еще древнегреческий философ и ученый-энциклопедист Аристотель, исходя из наблюдений, объяснял природу звука, полагая, что звучащее тело создает попеременное сжатие и разрежение воздуха. Так, колеблющаяся струна то разрежает, то уплотняет воздух, а из-за упругости воздуха эти чередующиеся воздействия передаются дальше в пространство – от слоя к слою, возникают упругие волны. Достигая нашего уха, они воздействуют на барабанные перепонки и вызывают ощущение звука.

На слух человек воспринимает упругие волны, имеющие частоту где-то в пределах от 16 Гц до 20 кГц (1 Гц – одно колебание в секунду). В соответствии с этим упругие волны в любой среде, частоты которых лежат в указанных пределах, называют *звуковыми волнами* или просто *звуком*. В учении о звуке важны такие понятия, как тон и тембр звука. Всякий реальный звук, будь то игра на музыкальных инструментах или голос человека, – это своеобразная смесь многих гармонических колебаний с определенным набором частот.

Колебание, которое имеет наиболее низкую частоту, называют **основным тоном**, другие колебания называют **обертонами**.

Тембр – это разное количество обертонов, присущих тому или иному звуку, которое придает ему особую окраску. Отличие одного тембра от другого обусловлено не только числом, но и интенсивностью обертонов, сопровождающих звучание основного тона. Именно по тембру мы легко можем отличить звуки рояля и скрипки, гитары и флейты, узнать голос знакомого человека.

Музыкальный звук можно характеризовать тремя качествами:

- тембром, т. е. окраской звука, которая зависит от формы колебаний;
- высотой, определяющейся числом колебаний в секунду (частотой);
- громкостью, зависящей от интенсивности колебаний.

Звуковую информацию можно представить в дискретной и аналоговой формах. Их отличие в том, что при дискретном представлении информации физическая величина изменяется скачкообразно, принимая конечное множество значений. Если же информацию представить в аналоговой форме, то физическая величина может принимать бесконечное количество значений, непрерывно изменяющихся.

Семпл – это промежуток времени между двумя измерениями амплитуды аналогового сигнала. Дословно sample переводится с английского как «образец». В мультимедийной и профессиональной звуковой терминологии это слово имеет несколько значений. Семплом называют также любую последовательность цифровых данных, которые получили путем аналого-цифрового преобразования. Сам процесс преобразования называют *семплированием* или *дискредитацией*.

Важными параметрами семплирования являются частота и разрядность.

Частота – это количество измерений амплитуды аналогового сигнала в секунду. Если частота семплирования не будет более чем в два раза превышать частоту верхней границы звукового диапазона, то на высоких частотах будут происходить потери. Так как диапазон колебаний звуковых волн находится в пределах от 20 Гц до 20 кГц, то стандартной является частота 44,1 кГц – выбрана с таким расчетом, чтобы количество измерений сигнала в секунду было больше, чем количество колебаний за тот же промежуток времени. Если же частота дискредитации значительно ниже частоты звуковой волны, то амплитуда сигнала успевает несколько раз измениться за время между измерениями, а это приводит к тому, что цифровой отпечаток несет хаотичный набор данных. При цифро-

аналоговом преобразовании такой семпл не передает основной сигнал, а только выдает шум. Для экономии вычислительных ресурсов ЭВМ в мультимедийных приложениях довольно часто применяют меньшие частоты: 11, 22, 32 кГц. Это приводит к уменьшению слышимого диапазона частот, и как следствие происходит искажение звука.

Разрядность указывает, с какой точностью происходят изменения амплитуды аналогового сигнала. Точность, с которой при оцифровке передается значение амплитуды сигнала в каждый из моментов времени, определяет качество сигнала после цифро-аналогового преобразования. Именно от разрядности зависит достоверность восстановления формы волны. Для кодирования значения амплитуды обычно используют 8-, 16- или 20-битовое представление значений амплитуды. Если использовать 8-битовое кодирование, то можно достичь точности изменения амплитуды аналогового сигнала до 1/256 от динамического диапазона цифрового устройства ($2^8 = 256$). Если использовать 16-битовое кодирование для представления значений амплитуды звукового сигнала, то точность измерения возрастет в 256 раз. В современных преобразователях принято использовать 20-битовое кодирование сигнала, что позволяет получать высококачественную оцифровку звука.

Но эти данные истинны только для того сигнала, чей максимальный уровень – 0 дБ. Если нужно семплировать сигнал с уровнем 6 дБ и разрядностью 16 бит, то для кодирования его амплитуды будет оставаться на самом деле только 15 бит. Если нужно семплировать сигнал с уровнем 12 дБ, то для кодирования его амплитуды будет оставаться только 14 бит. С увеличением уровня сигнала увеличивается разрядность его оцифровки, а значит, уменьшается уровень нелинейных искажений, который принято называть **шумом квантования**. В свою очередь, каждые 6 дБ, уменьшающие уровень, будут «съедать» по 1 биту.

1.7. Средства обработки информации

Компьютер представляет собой средство передачи, обработки и хранения информации. Чтобы информация превратилась в данные, ее надо собрать, соответствующим образом подготовить и только после этого ввести в ЭВМ, представив в виде данных на машинных носителях (рис. 4).



Рис. 4. Процесс передачи, обработки и хранения информации

На этапах подготовки и ввода информации осуществляется процедура контроля – выявление и устранение ошибок. Обычно для контроля применяют совокупность ручных и машинных методов, направленных на обнаружение ошибок. Методы подразделяют на:

- *визуальный* – перед вводом в компьютер человек просматривает информацию на наличие возможных ошибок;
- *логический* – информация по мере ввода в компьютер сравнивается с эталоном, правилами или ранее имевшейся информацией;
- *арифметический* – проверка путем подсчета контрольных сумм, применяется в бухгалтерии.

Ввод информации осуществляется ручным способом с клавиатуры или с помощью технических устройств и соответствующего программного обеспечения, например сканера и программ распознавания введенной информации. Существуют программы *оптического распознавания* текстовой информации, распознающие печатный текст, и *интеллектуального распознавания*, распознающие рукописный текст.

Контрольные вопросы

- 1. Охарактеризуйте область деятельности, которой занимается наука информатика.*
- 2. Назовите виды данных и информации.*
- 3. Перечислите основные системы счисления и области их использования.*
- 4. Назовите формы представления информации.*
- 5. В каких единицах измеряется информация?*

Глава

2

Информационные технологии^[1]

2.1. Понятие «информационная технология»

Технология – это комплекс научных и инженерных знаний, реализованных в приемах труда, наборах материальных, технических, энергетических, трудовых факторов производства, способах их соединения для создания продукта или услуги, отвечающих определенным требованиям. Целью технологического процесса является обеспечение человеческих потребностей. Задача технологии как науки – выявление закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов.

В наше время человечество переживает научно-техническую революцию, в качестве материальной основы которой служит электронно-вычислительная техника. На базе этой техники появился новый вид технологий – информационные. К ним относятся процессы, в которых

«исходным материалом» (входом) и «продукцией» (выходом) является информация. Разумеется, перерабатываемая информация связана с определенными материальными носителями. Но это не имеет существенного значения для информационных технологий. Главную роль здесь играет информация, а не ее носитель.

Информация является одним из ценнейших ресурсов общества наряду с такими традиционными материальными ресурсами, как нефть, газ, полезные ископаемые, а следовательно, процесс переработки информации по аналогии с процессами переработки материальных ресурсов можно воспринимать как технологию.

Информационная технология (ИТ) – это совокупность методов, производственных и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов, повышения надежности и оперативности:

данные → информационная технология → информационный продукт

«Информационная технология» (IT - Information Technology) – термин, обозначающий любую технологию, с помощью которой создается, хранится, используется, обрабатывается и передается информация.

Согласно определению, принятому ЮНЕСКО, **информационная технология** – это комплекс взаимосвязанных научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации, вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические

приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы.

Цель ИТ – производство информации для ее анализа человеком и принятия решения для выполнения какого-либо действия. Чем шире использование компьютеров, тем выше их интеллектуальный уровень, тем больше возникает видов ИТ, к которым относятся технологии планирования и управления, научных исследований и разработок, экспериментов, проектирования, денежно-кассовых операций, криминалистики, медицины, образования и др.

Три основных *принципа* современных ИТ:

- интерактивный (диалоговый) режим работы;
- интегрированность (стыковка, взаимосвязь) с различным программным обеспечением;
- гибкость процесса изменения как данных, так и постановок задач.

Сегодня на основе новейших достижений микроэлектроники и беспроводной связи происходят процессы миниатюризации ИТ. Их развитие сопровождается тенденцией к интеграции и взаимопроникновению с целью повышения потребительских свойств продукта. Интенсивно развиваются технологии класса мультимедиа, соединяющие базовые черты разных ИТ и позволяющие немедленно предоставлять интересующую информацию с различной степенью детализации.

2.2. Этапы развития информационных технологий

В истории развития человеческой цивилизации произошло несколько преобразований общественных отношений, обусловленных кардинальными изменениями в сфере обработки информации. Это были революционные открытия, но эффект от них (и на это стоит обратить внимание) всегда растянут по времени. На начальных этапах переход

общества на новые ступени взаимоотношений занимал тысячи лет, на современном этапе – несколько десятилетий или лет.

Первый этап. Накопленный опыт, профессиональные навыки на этом этапе передавались в основном личным примером по принципу «делай, как я». Примеры этого можно наблюдать в природе у животных и птиц. В качестве форм передачи информации использовались танцы, песни, устные предания и т. д. Начала формироваться система хранения информации в руках представителей правящей верхушки и религиозных деятелей. По современным оценкам, этот этап продолжался около миллиона лет.

Продолжительность периода работы людей с информационными образами составляет 99 % всего времени существования человеческой цивилизации. В этот период сформировалась система получения основной информации с помощью зрения. Поэтому при решении информационных задач эффективность труда человека резко возрастает в случае представления информации в виде изображений материальных объектов, что нашло широкое применение в наши дни в различных графических интерфейсах.

Второй этап. Его начало связывают с открытием различных способов длительного хранения информации на материальном носителе. Среди них – пещерная живопись (благодаря которой сохранились наиболее характерные зрительные образы, связанные с охотой, ремеслами, религией, выполненные 25–50 тыс. лет назад), гравировка по кости (например, лунный календарь, числовые нарезки для измерения, выполненные 20–30 тыс. лет назад).

Третий этап. Характеризуется появлением технологии регистрации на материальном носителе символьной информации. Первые алфавиты и способы их закрепления на различных носителях появились около 6 тыс. лет назад, что знаменовало наступление эры письменности. Применение этой технологии позволило накапливать и длительно хранить знания. В

качестве носителей информации выступали и до сих пор выступают камень, кость, дерево, глина, папирус, шелк, бумага. Сейчас этот ряд можно продолжить: магнитные покрытия (лента, диски, цилиндры и т. д.), жидкие кристаллы, оптические носители, полупроводники и пр.

Накопление знаний происходило довольно медленно из-за трудностей получения уже накопленной информации: знания, представленные в виде рукописных изданий, были сосредоточены, как правило, в храмах и монастырях, а потому доступом к ним владели только жрецы, которые выступали «посредниками» между накопленными знаниями и заинтересованными в них людьми.

На этом этапе возникает ряд информационных технологий (в частности, пиар-технологии), получивших развитие и активно использующихся в наши дни.

Четвертый этап. Начало этого этапа датируется 1445 годом, когда Иоганн Гутенберг изобрел печатный станок. Появление печатных книг открыло доступ к информации широкому кругу людей и резко ускорило темпы накопления знаний и систематизации их по отраслям. Прообразом печатного станка Гутенberга послужила технология печати отдельных листов к рукописным книгам (на деревянной подложке вырезались буквы), которая в усовершенствованном виде дошла до наших дней и широко применяется в высокой и глубокой печати. Принципиальное отличие изобретения Гутенберга заключалось в том, что в его станке буквы были наборными, а процесс печати – механизирован, что позволило ускорить и удешевить его. Период между первыми упоминаниями о технологиях и изобретением Гутенберга составляет около 300–400 лет (некоторые из технологий появились 3–3,5 тыс. лет назад).

На этом этапе роль религиозных служителей как основных хранителей информации неуклонно снижалась. Основными хранилищами знаний постепенно становились библиотеки и крупные учебные центры.

Социальное значение поистине революционного изобретения Гутенберга трудно переоценить – оно дало толчок к развитию технологической цивилизации, смене общественного строя в целом.

Пятый этап. Его наступление связано с появлением в 1946 году машины для обработки информации. Это машина ЭВМ ENIAC, запущенная в эксплуатацию в университете Пенсильвании (США). Прообразами ее были компьютер Mark I (непосредственно предшествовал ее появлению), абак (древнегреческие счеты) и «машина Тьюринга» (основа всей современной теории механизации процессов хранения и обработки информации, теории алгоритмизации и искусственного интеллекта), практически нереализуемая современными техническими средствами.

Началу этого этапа способствовал ряд технологий, среди которых:

- изобретение электричества, благодаря которому появились телеграф, телефон, радио, позволяющие оперативно передавать и накапливать информацию в любом объеме;
- появление теории информации Шеннона, которая доказала основные законы хранения, обработки и передачи информации;
- развитие элементной базы, в частности появление электроламповых транзисторов, что позволило оперативно обрабатывать информацию.

Эти три основные технологии положили начало информатизации общества.

Появление компьютера позволило оперативно обрабатывать большие объемы информации, что послужило толчком к появлению научноемких технологий, среди которых ракетостроение, электроника, современные средства связи. Получить более целостное представление об этом периоде поможет сопоставление этапов смены поколений электронно-вычислительных машин (ЭВМ) с достижениями в области обработки и передачи информации:

1-е поколение (начало 50-х годов). Элементная база – электронные лампы. ЭВМ отличались большими габаритами, большим потреблением энергии, малым быстродействием, низкой надежностью, программированием в кодах;

2-е поколение (с конца 50-х годов). Элементная база – полупроводниковые элементы. Улучшились, по сравнению с ЭВМ предыдущего поколения, все технические характеристики. Для программирования используются алгоритмические языки;

3-е поколение (начало 60-х годов). Элементная база – интегральные схемы, многослойный печатный монтаж. Резко уменьшились габариты ЭВМ, повысилась их надежность, увеличилась производительность, стал возможным доступ с удаленных терминалов;

4-е поколение (с середины 70-х годов). Элементная база – микропроцессоры, большие интегральные схемы (БИС и СБИС). Улучшились технические характеристики. Начался массовый выпуск персональных компьютеров. Направления развития: мощные многопроцессорные вычислительные системы с высокой производительностью, создание дешевых микроЭВМ;

5-е поколение (с середины 80-х годов). Элементная база – элементы со сверхвысокой частотой и элементы, в которых вместо электронов используются фотоны (например, светодиоды). Началась разработка интеллектуальных компьютеров, пока не увенчавшаяся успехом. Осуществляется внедрение во все сферы компьютерных сетей, их объединение, использование распределенной обработки данных, повсеместное применение компьютерных информационных технологий.

Шестой этап. Его начало датируют 1982 годом – годом опубликования ISO (International Standards Organization) – Эталонной модели взаимодействия открытых систем ISO, которая базируется на ряде спецификаций, выпущенных ранее. Переход к этому этапу (его связывают

также с появлением первого персонального компьютера, созданного фирмой IBM) осуществлен благодаря развитию элементной базы; так, разработка интегральных схем позволила создать микропроцессор (см. 3-е и 4-е поколения развития элементной базы). Шестой этап характеризуют три фундаментальные инновации:

- переход от механических и электрических средств преобразования информации к электронным;
- миниатюризация всех узлов, устройств, приборов, машин;
- создание программируемых устройств и процессов.

1.6. Представление информации в компьютере

Компьютер может обрабатывать только информацию, представленную в числовой форме. Вся другая информация для обработки на компьютере должна быть преобразована в числовую форму. Например, чтобы преобразовать таким образом музыкальный звук, можно через небольшие промежутки времени измерять его интенсивность на определенных частотах, представляя результаты каждого измерения в числовой форме. С помощью программ для компьютера можно выполнить преобразования полученной информации, например наложить друг на друга звуки различных источников. После этого результат можно преобразовать обратно в звуковую форму.

Аналогичным образом на компьютере можно обработать и текстовую информацию. При вводе в компьютер каждая буква кодируется определенным числом, а при выводе на внешние устройства для восприятия человеком по этим числам строится соответствующее изображение буквы.

Компьютер может обрабатывать числовую, текстовую, графическую, звуковую, видеинформацию только тогда, когда она представлена в нем в двоичном коде (двоичная форма представления информации), т. е. используется алфавит мощностью в два символа: логический 0 и

логическая 1. Связано это с тем, что информацию удобно представлять в виде последовательности сигналов (электрических импульсов): сигнал отсутствует – (0), сигнал есть – (1). Такое кодирование принято называть двоичным, а сами логические последовательности нулей и единиц – *машинным языком*. Каждая цифра машинного двоичного кода несет количество информации, равное одному биту.

Бит – это единица информации, представляющая собой двоичный разряд, который может принимать значение 0 или 1. При записи двоичной цифры можно реализовать выбор только одного из двух возможных состояний, а значит, она несет количество информации, равное одному биту. Следовательно, две цифры несут информацию 2 бита, четыре разряда – 4 бита и т. д. Чтобы определить количество информации в битах, достаточно определить количество цифр в двоичном машинном коде. Благодаря введению понятия единицы информации появилась возможность определения размера любой информации числом бит. Поэтому *объем информации* определяют в битах.

клама

Для удобства информации, представленную в компьютере, описывают многоразрядными последовательностями двоичных чисел. Эти последовательности объединяются в группы по 8 бит. Такая группа называется байтом; например, число 11010011 – это информация величиной 1 байт. **Байт** – это восемь последовательных бит. В 1 байте можно кодировать значение одного символа из 256 (2^8) возможных комбинаций.

Более крупными единицами информации являются: килобайт (Кбайт), мегабайт (Мбайт), гигабайт (Гбайт): 1 Кбайт = 1024 байт; 1 Мбайт = 1024 Кбайт; 1 Гбайт = – 1024 Мбайт. В этих единицах измеряется емкость запоминающих устройств.

Перед тем как кодировать любую информацию, нужно договориться о том, какие используются коды, в каком порядке они записываются,

хранятся и передаются. Это называется языком представления информации.

Кодирование текстовой информации. В настоящее время большинство пользователей с помощью компьютера обрабатывают текстовую информацию, которая состоит из символов: букв, цифр, знаков препинания и др. Чтобы закодировать один символ, традиционно используют количество информации, равное 1 байту, т. е. $I = 1$ байт = 8 бит. В 60-е годы XX века это было закреплено комитетом ASCII США в ASCII-стандарте.

Формула, которая связывает между собой количество возможных событий K_m количество информации I , позволяет вычислить, сколько различных символов можно закодировать (считая, что символы – это возможные события):

$$K = 2^I = 2^8 = 256.$$

Следовательно, для представления текстовой информации можно использовать алфавит мощностью 256 символов. Суть кодирования заключается в том, что каждому символу ставят в соответствие двоичный код от 00000000 до 11111111 или соответствующий ему десятичный код от 0 до 255.

В середине 90-х годов XX века появилась новая кодировка – Unicode, поддерживающая 65 536 различных символов. В ней на каждый символ отводится по 2 байта:

$$K = 2^I = 2^{16} = 65\,536.$$

Следует отметить, что кодировка Unicode используется в случаях, когда к кодированию не предъявляются дополнительные требования (например, когда необходимо указать на возникшую ошибку, исправить ошибку, обеспечить секретность информации или использовать ее в различных операционных системах).

Кодирование графической информации. В середине 50-х годов для больших ЭВМ, которые применялись в научных и военных исследованиях, впервые было реализовано представление данных в графическом виде. В настоящее время широко используются технологии обработки графической информации с помощью персонального компьютера (ПК). Графический интерфейс пользователя стал стандартом де-факто для программного обеспечения разных классов, начиная с операционных систем. Это связано со свойством человеческой психики: наглядность способствует более быстрому пониманию. Широкое применение получила специальная область информатики – компьютерная графика, которая изучает методы и средства создания и обработки изображений с помощью программно-аппаратных вычислительных комплексов. Без нее трудно представить уже не только компьютерный, но и вполне материальный мир, так как визуализация данных применяется во многих сферах человеческой деятельности: в медицине, образовании, в опытно-конструкторских разработках, научных исследованиях и др.

Особенно интенсивно технология обработки графической информации с помощью компьютера стала развиваться в 80-х годах. Графическую информацию можно представлять в двух формах: аналоговой и дискретной. Живописное полотно, цвет которого изменяется непрерывно, – это пример *аналогового* представления, а изображение, напечатанное с помощью струйного принтера и состоящее из отдельных точек разного цвета, – это *дискретное* представление. Для представления графической информации в двоичной форме используются растровый и векторный способы.

Растровый способ. Вертикальными и горизонтальными линиями изображение разбивается на отдельные точки; каждому элементу ставятся в соответствие коды его цвета и место, которое он занимает. При этом качество кодирования будет зависеть от размера точки и количества

используемых цветов. Чем меньше размер точки (т. е. изображение составляется из большего количества точек), тем выше качество кодирования. Чем большее количество цветов используется (т. е. точка изображения может принимать больше возможных состояний), тем больше информации несет каждая точка, а значит, увеличивается качество кодирования. Поэтому информация о каждой клетке будет иметь довольно сложный вид: номер клетки, яркость, тон, насыщенность, цвет и др.

Векторный способ. Информация вычисляется по специальным формулам, описывающим какой-либо объект.

Трехмерная графика (3D). Способ представления графической информации, в котором сочетаются векторный и растровый способы формирования изображений. Теоретически 3D изучает методы и приемы построения объемных моделей объектов в виртуальном пространстве, а на практике создает объемные модели на плоскости.

Кодирование звуковой информации. Мир наполнен самыми разнообразными звуками: тиканьем часов и гулом моторов, завыванием ветра и шелестом листьев, пением птиц и голосами людей. О том, как рождаются звуки и что они собой представляют, люди начали догадываться очень давно. Еще древнегреческий философ и ученый-энциклопедист Аристотель, исходя из наблюдений, объяснял природу звука, полагая, что звучащее тело создает попеременное сжатие и разрежение воздуха. Так, колеблющаяся струна то разрежает, то уплотняет воздух, а из-за упругости воздуха эти чередующиеся воздействия передаются дальше в пространство – от слоя к слою, возникают упругие волны. Достигая нашего уха, они воздействуют на барабанные перепонки и вызывают ощущение звука.

На слух человек воспринимает упругие волны, имеющие частоту где-то в пределах от 16 Гц до 20 кГц (1 Гц – одно колебание в секунду). В

соответствии с этим упругие волны в любой среде, частоты которых лежат в указанных пределах, называют *звуковыми волнами* или просто *звуком*. В учении о звуке важны такие понятия, как тон и тембр звука. Всякий реальный звук, будь то игра на музыкальных инструментах или голос человека, – это своеобразная смесь многих гармонических колебаний с определенным набором частот.

Колебание, которое имеет наиболее низкую частоту, называют *основным тоном*, другие колебания называют *обертонами*.

Тембр – это разное количество обертонов, присущих тому или иному звуку, которое придает ему особую окраску. Отличие одного тембра от другого обусловлено не только числом, но и интенсивностью обертонов, сопровождающих звучание основного тона. Именно по тембру мы легко можем отличить звуки рояля и скрипки, гитары и флейты, узнать голос знакомого человека.

Музыкальный звук можно характеризовать тремя качествами:

- тембром, т. е. окраской звука, которая зависит от формы колебаний;
- высотой, определяющейся числом колебаний в секунду (частотой);
- громкостью, зависящей от интенсивности колебаний.

Звуковую информацию можно представить в дискретной и аналоговой формах. Их отличие в том, что при дискретном представлении информации физическая величина изменяется скачкообразно, принимая конечное множество значений. Если же информацию представить в аналоговой форме, то физическая величина может принимать бесконечное количество значений, непрерывно изменяющихся.

Сэмпл – это промежуток времени между двумя измерениями амплитуды аналогового сигнала. Дословно sample переводится с английского как «образец». В мультимедийной и профессиональной звуковой терминологии это слово имеет несколько значений. Сэмплом называют также любую последовательность цифровых данных, которые

получили путем аналого-цифрового преобразования. Сам процесс преобразования называют *семплированием* или *дискредитацией*.

Важными параметрами семплирования являются частота и разрядность.

Частота – это количество измерений амплитуды аналогового сигнала в секунду. Если частота семплирования не будет более чем в два раза превышать частоту верхней границы звукового диапазона, то на высоких частотах будут происходить потери. Так как диапазон колебаний звуковых волн находится в пределах от 20 Гц до 20 кГц, то стандартной является частота 44,1 кГц – выбрана с таким расчетом, чтобы количество измерений сигнала в секунду было больше, чем количество колебаний за тот же промежуток времени. Если же частота дискредитации значительно ниже частоты звуковой волны, то амплитуда сигнала успевает несколько раз измениться за время между измерениями, а это приводит к тому, что цифровой отпечаток несет хаотичный набор данных. При цифро-аналоговом преобразовании такой семпл не передает основной сигнал, а только выдает шум. Для экономии вычислительных ресурсов ЭВМ в мультимедийных приложениях довольно часто применяют меньшие частоты: 11, 22, 32 кГц. Это приводит к уменьшению слышимого диапазона частот, и как следствие происходит искажение звука.

Разрядность указывает, с какой точностью происходят изменения амплитуды аналогового сигнала. Точность, с которой при оцифровке передается значение амплитуды сигнала в каждый из моментов времени, определяет качество сигнала после цифро-аналогового преобразования. Именно от разрядности зависит достоверность восстановления формы волны. Для кодирования значения амплитуды обычно используют 8-, 16- или 20-битовое представление значений амплитуды. Если использовать 8-битовое кодирование, то можно достичь точности изменения амплитуды аналогового сигнала до 1/256 от динамического диапазона цифрового

устройства ($2^8 = 256$). Если использовать 16-битовое кодирование для представления значений амплитуды звукового сигнала, то точность измерения возрастет в 256 раз. В современных преобразователях принято использовать 20-битовое кодирование сигнала, что позволяет получать высококачественную оцифровку звука.

Но эти данные истинны только для того сигнала, чей максимальный уровень – 0 дБ. Если нужно семплировать сигнал с уровнем 6 дБ и разрядностью 16 бит, то для кодирования его амплитуды будет оставаться на самом деле только 15 бит. Если нужно семплировать сигнал с уровнем 12 дБ, то для кодирования его амплитуды будет оставаться только 14 бит. С увеличением уровня сигнала увеличивается разрядность его оцифровки, а значит, уменьшается уровень нелинейных искажений, который принято называть **шумом квантования**. В свою очередь, каждые 6 дБ, уменьшающие уровень, будут «съедать» по 1 биту.

1.7. Средства обработки информации

Компьютер представляет собой средство передачи, обработки и хранения информации. Чтобы информация превратилась в данные, ее надо собрать, соответствующим образом подготовить и только после этого ввести в ЭВМ, представив в виде данных на машинных носителях (рис. 4).



Рис. 4. Процесс передачи, обработки и хранения информации

На этапах подготовки и ввода информации осуществляется процедура контроля – выявление и устранение ошибок. Обычно для контроля применяют совокупность ручных и машинных методов, направленных на обнаружение ошибок. Методы подразделяют на:

- *визуальный* – перед вводом в компьютер человек просматривает информацию на наличие возможных ошибок;
- *логический* – информация по мере ввода в компьютер сравнивается с эталоном, правилами или ранее имевшейся информацией;
- *арифметический* – проверка путем подсчета контрольных сумм, применяется в бухгалтерии.

Ввод информации осуществляется ручным способом с клавиатуры или с помощью технических устройств и соответствующего программного обеспечения, например сканера и программ распознавания введенной информации. Существуют программы *оптического распознавания текстовой информации*, распознающие печатный текст, и *интеллектуального распознавания*, распознающие рукописный текст.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте область деятельности, которой занимается наука информатика.
2. Назовите виды данных и информации.
3. Перечислите основные системы счисления и области их использования.
4. Назовите формы представления информации.
5. В каких единицах измеряется информация?

Глава 2

Информационные технологии^[1]

2.1. Понятие «информационная технология»

Технология – это комплекс научных и инженерных знаний, реализованных в приемах труда, наборах материальных, технических, энергетических, трудовых факторов производства, способах их соединения для создания продукта или услуги, отвечающих определенным требованиям. Целью технологического процесса является обеспечение человеческих потребностей. *Задача технологии как науки* – выявление закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов.

В наше время человечество переживает научно-техническую революцию, в качестве материальной основы которой служит электронно-вычислительная техника. На базе этой техники появился новый вид технологий – информационные. К ним относятся процессы, в которых «исходным материалом» (входом) и «продукцией» (выходом) является информация. Разумеется, перерабатываемая информация связана с определенными материальными носителями. Но это не имеет существенного значения для информационных технологий. Главную роль здесь играет информация, а не ее носитель.

Информация является одним из ценнейших ресурсов общества наряду с такими традиционными материальными ресурсами, как нефть, газ, полезные ископаемые, а следовательно, процесс переработки информации по аналогии с процессами переработки материальных ресурсов можно воспринимать как технологию.

Информационная технология (ИТ) – это совокупность методов, производственных и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации для снижения трудоемкости

процессов использования информационных ресурсов, повышения надежности и оперативности:

данные → информационная технология → информационный продукт

«Информационная технология» (IT - Information Technology) – термин, обозначающий любую технологию, с помощью которой создается, хранится, используется, обрабатывается и передается информация.

Согласно определению, принятому ЮНЕСКО, **информационная технология** – это комплекс взаимосвязанных научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации, вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы.

Цель ИТ – производство информации для ее анализа человеком и принятия решения для выполнения какого-либо действия. Чем шире использование компьютеров, тем выше их интеллектуальный уровень, тем больше возникает видов ИТ, к которым относятся технологии планирования и управления, научных исследований и разработок, экспериментов, проектирования, денежно-кассовых операций, криминастики, медицины, образования и др.

Три основных *принципа* современных ИТ:

- интерактивный (диалоговый) режим работы;
- интегрированность (стыковка, взаимосвязь) с различным программным обеспечением;
- гибкость процесса изменения как данных, так и постановок задач.

Сегодня на основе новейших достижений микроэлектроники и беспроводной связи происходят процессы миниатюризации ИТ. Их

развитие сопровождается тенденцией к интеграции и взаимопроникновению с целью повышения потребительских свойств продукта. Интенсивно развиваются технологии класса мультимедиа, соединяющие базовые черты разных ИТ и позволяющие немедленно предоставлять интересующую информацию с различной степенью детализации.

2.2. Этапы развития информационных технологий

В истории развития человеческой цивилизации произошло несколько преобразований общественных отношений, обусловленных кардинальными изменениями в сфере обработки информации. Это были революционные открытия, но эффект от них (и на это стоит обратить внимание) всегда растянут по времени. На начальных этапах переход общества на новые ступени взаимоотношений занимал тысячи лет, на современном этапе – несколько десятилетий или лет.

Первый этап. Накопленный опыт, профессиональные навыки на этом этапе передавались в основном личным примером по принципу «делай, как я». Примеры этого можно наблюдать в природе у животных и птиц. В качестве форм передачи информации использовались танцы, песни, устные предания и т. д. Начала формироваться система хранения информации в руках представителей правящей верхушки и религиозных деятелей. По современным оценкам, этот этап продолжался около миллиона лет.

Продолжительность периода работы людей с информационными образами составляет 99 % всего времени существования человеческой цивилизации. В этот период сформировалась система получения основной информации с помощью зрения. Поэтому при решении информационных задач эффективность труда человека резко возрастает в случае представления информации в виде изображений материальных объектов, что нашло широкое применение в наши дни в различных графических интерфейсах.

Второй этап. Его начало связывают с открытием различных способов длительного хранения информации на материальном носителе. Среди них – пещерная живопись (благодаря которой сохранились наиболее характерные зрительные образы, связанные с охотой, ремеслами, религией, выполненные 25–50 тыс. лет назад), гравировка по кости (например, лунный календарь, числовые нарезки для измерения, выполненные 20–30 тыс. лет назад).

Третий этап. Характеризуется появлением технологии регистрации на материальном носителе символической информации. Первые алфавиты и способы их закрепления на различных носителях появились около 6 тыс. лет назад, что знаменовало наступление эры письменности. Применение этой технологии позволило накапливать и длительно хранить знания. В качестве носителей информации выступали и до сих пор выступают камень, кость, дерево, глина, папирус, шелк, бумага. Сейчас этот ряд можно продолжить: магнитные покрытия (лента, диски, цилиндры и т. д.), жидкие кристаллы, оптические носители, полупроводники и пр.

Накопление знаний происходило довольно медленно из-за трудностей получения уже накопленной информации: знания, представленные в виде рукописных изданий, были сосредоточены, как правило, в храмах и монастырях, а потому доступом к ним владели только жрецы, которые выступали «посредниками» между накопленными знаниями и заинтересованными в них людьми.

На этом этапе возникает ряд информационных технологий (в частности, пиар-технологии), получивших развитие и активно использующихся в наши дни.

Четвертый этап. Начало этого этапа датируется 1445 годом, когда Иоганн Гутенберг изобрел печатный станок. Появление печатных книг открыло доступ к информации широкому кругу людей и резко ускорило темпы накопления знаний и систематизации их по отраслям. Прообразом

печатного станка Гутенберга послужила технология печати отдельных листов к рукописным книгам (на деревянной подложке вырезались буквы), которая в усовершенствованном виде дошла до наших дней и широко применяется в высокой и глубокой печати. Принципиальное отличие изобретения Гутенберга заключалось в том, что в его станке буквы были наборными, а процесс печати – механизирован, что позволило ускорить и удешевить его. Период между первыми упоминаниями о технологиях и изобретением Гутенберга составляет около 300–400 лет (некоторые из технологий появились 3–3,5 тыс. лет назад).

На этом этапе роль религиозных служителей как основных хранителей информации неуклонно снижалась. Основными хранилищами знаний постепенно становились библиотеки и крупные учебные центры. Социальное значение поистине революционного изобретения Гутенберга трудно переоценить – оно дало толчок к развитию технологической цивилизации, смене общественного строя в целом.

Пятый этап. Его наступление связано с появлением в 1946 году машины для обработки информации. Это машина ЭВМ ENIAC, запущенная в эксплуатацию в университете Пенсильвании (США). Прообразами ее были компьютер Mark I (непосредственно предшествовал ее появлению), абак (древнегреческие счеты) и «машина Тьюринга» (основа всей современной теории механизации процессов хранения и обработки информации, теории алгоритмизации и искусственного интеллекта), практически нереализуемая современными техническими средствами.

Началу этого этапа способствовал ряд технологий, среди которых:

- изобретение электричества, благодаря которому появились телеграф, телефон, радио, позволяющие оперативно передавать и накапливать информацию в любом объеме;
- появление теории информации Шеннона, которая доказала основные законы хранения, обработки и передачи информации;

- развитие элементной базы, в частности появление электроламповых транзисторов, что позволило оперативно обрабатывать информацию.

Эти три основные технологии положили начало информатизации общества.

Появление компьютера позволило оперативно обрабатывать большие объемы информации, что послужило толчком к появлению наукоемких технологий, среди которых ракетостроение, электроника, современные средства связи. Получить более целостное представление об этом периоде поможет сопоставление этапов смены поколений электронно-вычислительных машин (ЭВМ) с достижениями в области обработки и передачи информации:

1-е поколение (начало 50-х годов). Элементная база – электронные лампы. ЭВМ отличались большими габаритами, большим потреблением энергии, малым быстродействием, низкой надежностью, программированием в кодах;

2-е поколение (с конца 50-х годов). Элементная база – полупроводниковые элементы. Улучшились, по сравнению с ЭВМ предыдущего поколения, все технические характеристики. Для программирования используются алгоритмические языки;

3-е поколение (начало 60-х годов). Элементная база – интегральные схемы, многослойный печатный монтаж. Резко уменьшились габариты ЭВМ, повысилась их надежность, увеличилась производительность, стал возможным доступ с удаленных терминалов;

4-е поколение (с середины 70-х годов). Элементная база – микропроцессоры, большие интегральные схемы (БИС и СБИС). Улучшились технические характеристики. Начался массовый выпуск персональных компьютеров. Направления развития: мощные многопроцессорные вычислительные системы с высокой производительностью, создание дешевых микроЭВМ;

5-е поколение (с середины 80-х годов). Элементная база – элементы со сверхвысокой частотой и элементы, в которых вместо электронов используются фотоны (например, светодиоды). Началась разработка интеллектуальных компьютеров, пока не увенчавшаяся успехом. Осуществляется внедрение во все сферы компьютерных сетей, их объединение, использование распределенной обработки данных, повсеместное применение компьютерных информационных технологий.

Шестой этап. Его начало датируют 1982 годом – годом опубликования ISO (International Standards Organization) – Эталонной модели взаимодействия открытых систем ISO, которая базируется на ряде спецификаций, выпущенных ранее. Переход к этому этапу (его связывают также с появлением первого персонального компьютера, созданного фирмой IBM) осуществлен благодаря развитию элементной базы; так, разработка интегральных схем позволила создать микропроцессор (см. 3-е и 4-е поколения развития элементной базы). Шестой этап характеризуют три фундаментальные инновации:

- переход от механических и электрических средств преобразования информации к электронным;
- миниатюризация всех узлов, устройств, приборов, машин;
- создание программируемых устройств и процессов.