

В15  
М42

# МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА



ТАШКЕНТ

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И  
СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**АКАДЕМИЯ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

# **МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА**

*Рекомендовано Министерством высшего и среднего  
специального образования Республики Узбекистан в качестве  
учебника для студентов высших учебных заведений*

**ТАШКЕНТ – 2019**

УДК: 615.47:004(075)

ББК 51я7

М 42

М 42

Медицинская информатика. –Т.: «Fan va texnologiya», 2019, 352 стр.

ISBN 978-9943-6152-5-0

Приведены сведения об использовании стандартных прикладных программных средств для решения медицинских задач. Изложены основные понятия медицинских информационных систем. Показаны возможности медицинской информатики, нацеленные на поддержку деятельности практикующего врача. Описаны системы поддержки электронного документооборота и принятия лечебно-диагностических и организационных решений.

Учебник может быть полезен для специалистов работающих в области медицине, медицинской информатики, биофизики, ядерной медицине, медицинской техники, а также студентов бакалавриатов и магистрантов высших учебных заведений.

УДК: 615.47:004(075)

ББК 51я7

*Авторы:*

Э.Х. Бозоров, Х.С. Далиев, Ш.Б. Утамурадова, Д.А. Каршнев,  
Д.А. Каландарова, Ш.Х. Далнев, А.Х. Рамазанов, З.Х. Бозорова

*Рецензенты:* Р.А. Муминов – академик АН РУз.;  
Д.М. Ёдгорова – доктор технических наук, профессор;  
Н. Равшанов – доктор технических наук, профессор;  
М.И. Базарбаев – кандидат физико-математических наук,  
доцент

ISBN 978-9943-6152-5-0

© Издательство «Fan va texnologiya», 2019

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время скорость и качество получения и обработки информации стали важнейшими условиями существования и прогресса всех отраслей научного творчества и практической деятельности. Эта тенденция не обошла стороной и медицину. Каждый медицинский работник ежеминутно имеет дело с большим объемом информации, представленной в численном, текстовом, графическом, звуковом и других видах. От эффективности ее сбора, хранения, передачи и интерпретации зависят качество и своевременность диагностических, лечебных, профилактических мероприятий и результативность работы системы здравоохранения в целом.

*Информационные процессы в медицине и здравоохранении рассматривает медицинская информатика.* Это прикладная медико-техническая наука, занимающаяся исследованием процессов получения, передачи, обработки, хранения, распространения и представления информации в медицине и здравоохранении. Ее *предметом являются* информационные процессы, сопряженные с медико-биологическими, клиническими и профилактическими проблемами, а *объектом изучения* – информационные технологии – способы работы с информацией, реализуемые преимущественно с использованием компьютерных технологий.

Высшим уровнем компьютеризации медицинской деятельности является автоматизация управления здравоохранением. Автоматизированная система управления представляет собой средства сбора, обработки, накопления, хранения и передачи медицинской информации, предназначенные для автоматизации как собственно управленческого процесса, так и профессиональной деятельности каждого работника медицинской сферы.

Процесс внедрения вычислительной техники в учреждения здравоохранения нашей страны имеет почти полувековую историю, однако до настоящего времени состояние этого вопроса оставляет желать лучшего. Одной из причин этого является недостаточная обеспеченность аппаратно-программными средствами. Другая причина, вероятно, более значимая, видится в отсутствии у медицинских работников знаний и навыков, необходимых для работы с современными персональными компьютерами. Восполнить этот пробел призван курс «Медицинская информатика», включенный в программу подготовки студентов-медиков.

В настоящее время в своей профессиональной деятельности врач любой специальности при решении задач медицинской науки и практики обязательно использует информационно-коммуникационные технологии. Именно поэтому в учебные планы всех специальностей высших медицинских учебных заведений включена дисциплина «Медицинская информатика». В связи с этим назрела насущная необходимость в написании учебника, интегрирующего в себе накопившиеся актуальные знания по медицинской информатике и отражающего, с одной стороны, устоявшиеся представления, а с другой – весь спектр современных воззрений на предмет.

Предлагаемый учебник принципиально отличается от изданных ранее учебных пособий ориентацией на проблемы именно медицинской информатики, а не основ информатики. В нем подробно рассматриваются информационные медицинские системы в привязке к информационной модели лечебно-диагностического процесса и проблемам управления здравоохранением.

Медицинская информатика является одной из наиболее быстро развивающихся в настоящее время наук. Это не позволяет в полной мере отразить ее текущее состояние.

Авторы с благодарностью примут любые замечания и предложения о совершенствовании данного учебника.

## ВВЕДЕНИЕ

Информационные процессы присутствуют во всех областях медицины и здравоохранения. От их упорядоченности зависит четкость функционирования отрасли в целом и эффективность управления ею. Информационные процессы в медицине рассматривает медицинская информатика. В настоящее время медицинская информатика признана как самостоятельной областью науки, имеющей свой предмет, объект изучения и занимающей место в ряду медицинских дисциплин. Медицинская информатика – это прикладная медико-техническая наука, являющаяся результатом перекрестного взаимодействия медицины и информатики: *медицина поставляет комплекс задача – методы, а информатика обеспечивает комплекс средства – приемы в едином методическом подходе, основанном на системе задача – средства – методы – приемы.* Предметом изучения медицинской информатики при этом будут являться информационные процессы, сопряженные с методико-биологическими, клиническими и профилактическими проблемами. Объектом изучения медицинской информатики являются информационные технологии, реализуемые в здравоохранении. Основной целью медицинской информатики является оптимизация информационных процессов в медицине за счет использования компьютерных технологий, обеспечивающая повышение качества охраны здоровья населения.

Медицинская информатика, как практическое направление в здравоохранении, возникла в России, в т.ч. Узбекистане, в 1970-х гг. на базе ранее сформировавшегося (в 1950-х гг.) кибернетического направления – моделирования патогенетических механизмов и вычислительной диагностики заболеваний. Основой для развития медицинской инфор-

матики во многом послужили работы по созданию первых автоматизированных историй болезни.

Следующим этапом была разработка учреждениями и службами автоматизированных систем управления (АСУ). Это направление базировалось на системном подходе и включало в себя обработку данных с помощью традиционных и нетрадиционных методов математико-статистического анализа. В последующем для этого начали все шире применять пакеты статистических программ, ориентированные на специфику биологической и медицинской информации.

В Государственной программе по реализации «Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017–2021 годах» обозначено внедрение концепций «Умная медицина» (Smart-медицина) и «*Центр единой медицинской информации*», которые должны обеспечить раннее выявление и дистанционную профилактику заболеваний, а также создание дополнительных условий для роста продолжительности жизни населения и снижению показателей заболеваемости и смертности с использованием современных технологий дистанционного консультирования пациентов и раннего диагностирования заболеваний в отдаленных районах Республики.

Мероприятия по разработке технических требований и разработке проекта нормативно-правового документа по внедрению «Умной медицины» и «Центра единой медицинской информации» утверждены в пункте 2 дорожной карты по исполнению обращения Президента Республики Узбекистан Ш.М.Мирзиёева к Олий Мажлису Республики Узбекистан от 22 декабря 2017 года.

Медицинская информатика сделалась обязательным элементом образования и последующей деятельности врача, что привело к созданию профильных кафедр и курсов в высших медицинских учебных заведениях.

Современные компьютеризированные системы в медицине ориентированы на решение следующих основных проблем:

- мониторинг состояния здоровья разных групп населения, в том числе пациентов групп риска и лиц с социально значимыми заболеваниями;
- консультативная поддержка в клинической медицине (диагностика, прогнозирование, лечение) на основе вычислительных процедур и (или) моделирования логики принятия решений врачами;
- переход к электронным историям болезни и амбулаторным медицинским картам, включая расчеты по лечению застрахованных больных (обязательное и добровольное страхование по различным схемам);
- автоматизация функциональной и лабораторной диагностики.

Медико-технологические системы в той или иной мере предусматривают накопление и хранение медицинской и сопутствующей информации о пациентах. Настоящий этап перехода к комплексной автоматизации медицинских учреждений включает *интеграцию систем поддержки врачебных решений* (или автоматизированных рабочих мест) в информационные системы.

В 1990-х гг. начали формироваться как территориальные медицинские системы, так и федеральные регистры по отдельным социально значимым видам патологии. Намечился переход к региональным и глобальным корпоративным системам как объединению медицинских персональных данных больных, наблюдающихся в однопрофильных учреждениях (фтизиатрические, психиатрические, кардиологические и т.п.) разных уровней системы здравоохранения. В перспективе основой для оперативного принятия адекватных лечебно-диагностических решений должно стать единое информационное медицинское пространство клинических данных. Первые шаги в этом направлении уже делаются на региональном уровне.

*Поддерживать связь врача с пациентом* при помощи смарт-девайсов и информационных систем поможет система «Умная медицина». Важную информацию о состоянии здоровья пациента (данные о температуре тела, артериальном давлении, уровне сахара в крови, электрокардиограммы) врачу будут передавать специальные устройства (чипы или браслеты), закрепленные на теле пациента, не зависимо от его местонахождения.

Сведения электронных медицинских карт, история болезней, вся информация о здоровье, прививках, лабораторных обследованиях и лечении пациента будут содержаться в базе данных «*Центра единой медицинской информации*». Врач, наряду с ознакомлением с этими сведениями, при необходимости сможет вносить в нее дополнительную информацию.

Развитие сетевого подхода, начавшегося с создания локальных сетей в учреждениях, закономерно привело к использованию Интернета при построении больших медицинских сетей. В последнее время *Интернет-технологии* и *телемедицинские* технологии, сформировавшиеся как самостоятельные направления, «возвратившись» в систему медицинской информатики, *породили новое понятие* – «*электронное здравоохранение*» (*e-Health*). Оно подразумевает «прозрачность» для лечащего врача данных пациента за любой период времени и их доступность в любое время при обращении к базам данных (БД) глобальной медицинской сети при возможности дистанционного диалога с коллегами. Именно это направление позволит осуществить коренную модернизацию здравоохранения и, без сомнения, будет являться ключевой парадигмой медицины в XXI в.

Информатика как научная дисциплина представляет собой быстро развивающуюся прикладную область знаний. Круг проблем, которые рассматриваются в этой области, очень широк. Поэтому она не может существовать сама по себе, она тесно связана с другими дисциплинами. В первую очередь, с кибернетикой, математикой, физикой и другими фундаментальными науками. Это обусловлено тем, что

информатика является совершенно особой отраслью знаний, которая выбрала в себя передовые научные достижения человечества. Она синтезирует опыт, полученный другими дисциплинами, позволяя подвергать анализу происходящие в мире процессы и явления. Поэтому с помощью вычислительной техники информатика изучает не только процессы преобразования информации, но и их взаимодействие со средой применения.

## ГЛАВА 1.

### ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

**§1.1. Путь медицинской информатики в Узбекистан и России: кибернетика – медицинская кибернетика – информатика**

**§ 1.2. Краткая история развития компьютеров**

**§ 1.3. Персональный компьютер**

**§ 1.4. Программное обеспечение компьютеров**

**§ 1.1. Путь медицинской информатики в Узбекистан и России: кибернетика – медицинская кибернетика – информатика**

*Медицинская информатика* – это научная дисциплина, представляющая собой систему знаний об информационных процессах в медицине, здравоохранении и смежных дисциплинах, обосновывающая и определяющая способы и средства рациональной организации и использования информационных ресурсов в целях охраны здоровья населения (В.Г.Кудрина, 1999).

*Медицинская информатика* – это научная дисциплина, занимающаяся исследованием процессов получения, передачи, обработки, хранения, распространения, представления информации с использованием информационной техники и технологии в медицине и здравоохранении (В.Я.Гельман, 2001).

Прежде чем начать изучать медицинскую информатику, следует узнать ее историю, дать определения целому ряду понятий, понять место этой дисциплины среди других наук. *О медицинской информатике нельзя говорить, не отдав*

должное кибернетике, медицинской кибернетике и информатике.

Слово «**кибернетика**» известно с давних времен: в Древней Греции. Оно означало науку об искусстве управления и относилось к управлению кораблями. Именно это слово выбрали для названия новой науки об управлении в XX в.

В Узбекистане **первый вычислительный центр** (ВЦ) был организован в 1957 году в Академии наук. С этого времени началось применение электронных вычислительных машин (Информатизация) на производстве и организации центров министерств и предприятий.

Пуск первой в республике (в Средней Азии) **ЭВМ “Урал-1” в 1959 г.** и ее эффективное использование явились результатом большой работы группы под руководством узбекского ученого – академика Васи́ла Кабулова.

В 1962 г. Отдел вычислительной техники был преобразован в вычислительный центр при Институте механики АН РУз, и на его базе в 1966 г. был создан Институт кибернетики с ВЦ АН РУз.

В 1978 г. было организовано Узбекское научно-производственное объединение “Кибернетика” АН РУз. В составе этого объединения были организованы Институт кибернетики с Вычислительным центром, Специализированное проектно-конструкторское бюро АСУ, Специализированное проектно-конструкторское бюро РАСУ и опытно-экспериментальный завод.

Узбекское научно-производственное объединение (**НПО**) **“Кибернетика” АН РУз** является примером современной формы интеграции науки с производством, где в тесном взаимодействии функционируют научные, проектно-конструкторские и производственные подразделения. Объединение имел тесные контакты практически со всеми министерствами и ведомствами республики, а его работа координировалась ведущими в стране научными центрами.

В 1973 году было принято решение о создании Республиканской автоматизированной системы, и институт был

назначен главным проектировщиком системы, вел фундаментальные исследования и отвечал за подготовку кадров. К 1985 году были организованы более 40 вычислительных центров и работали в них около 20.000 сотрудников.

При непосредственном участии В.К.Кабулова организовались факультеты прикладной математики и механики в Ташкентском и Самаркандском государственных университетах, факультет автоматизированных систем управления (АСУ) в Ташкентском институте народного хозяйства и политехническом институте. Это позволило в значительной мере решить проблему подготовки кадров для развития кибернетики в Узбекистане.

В 1973 г. В.К.Кабуловым разработана новая теоретическая и организационная концепция функционирования РАСУ Узбекистана, а также целостная теория и методология РАСУ, основанные на алгоритмических методах и предусматривающие единство научных, проектных и системно-технических основ создания большой алгоритмической системы автоматизации комплексного решения задач управления экономикой республики.

Большой заслугой В.К.Кабулова является то, что он обогатил экономическую теорию управления системами на базе моделирования народно-хозяйственных процессов, развив ее применительно к отраслевой и региональной экономике. Разработанные им принципы алгоритмизации были успешно использованы при создании рабочего проекта РАСУ.

В.К.Кабулову принадлежит целый ряд работ, связанных с созданием проектно-технической документации РАСУ и Республиканской сети вычислительных центров на основе размещения вычислительных центров коллективного пользования. Им разработана методика создания интегрированных АСУ, в которых по иерархической структуре взаимосвязываются в единую АСУ социально-экономические и технологические системы, а также системы проектирования и научных исследований. В.К.Кабуловым сформулирована методо-

логия создания автоматизированной системы планирования и управления наукой на республиканском уровне.

Результаты исследований по алгоритмизации в социально-экономических системах нашли свое отражение в монографии "Алгоритмизация в социально-экономических системах" (1979 г.).

В 1980 г. в Ургенче проведен Международный симпозиум "Алгоритм в современной математике и ее приложениях". В работе симпозиума участвовали выдающиеся ученые научного мира: Дональд Кнут и Клини из США, ван Вейнгаарден из Голландии, Кричмар из Польши, Штрассен из Швейцарии, Земанек из Австрии.

В 1981-1983 годах на ТАПОиЧ был крупный ВЦ во главе с Вишневым. Непрерывно разрабатывались и внедрялись множество задач по линии ЕС.

В цеха поступали современные станки с программным управлением, были даже с мини-ЭВМ Электроника-60. На запуск одного станка иной раз уходил месяц. Станки были уникальные и огромные 3-5 координатные, с точностью сотые доли миллиметра. Поражали требования к специальному смазочному маслу – типа в литре должно быть не более N частиц с диаметром D. Выпускал Ивановский завод.

Первый камень в создание Метеоинфосистем был заложен в феврале 1965 года, когда в Гидрометслужбе Узбекистана была создана группа технического обслуживания ЭВМ "Минск-2".

В мае 1965 года Гидрометслужба, первой в Узбекистане, получила ЭВМ второго поколения.

В Октябре 1967 года на базе этой группы был создан отдел электронно-вычислительных машин.

В Феврале 1970 года на базе этого отдела был создан вычислительный центр Гидрометслужбы Узбекистана.

В Январе 1971 года на базе вычислительного центра Гидрометслужбы Узбекистана был создан Среднеазиатский региональный вычислительный центр (САРВЦ) на самостоя-

тельном балансе с правом юридического лица и финансированием из Союзного бюджета.

В Апреле 1993 года САРВЦ преобразован в Управление связи и обработке информации (УСОИ).

В Апреле 2000 года УСОИ преобразовано в Метеоинфосистем.

Связи с этим, с Указом Президента Республики Узбекистан вышли ряд законы и постановления о дальнейшем развитии компьютеризации и внедрении информационно-коммуникационных технологий в здравоохранения. Информационное обеспечение деятельности любого медицинского учреждения – сложный и трудоемкий процесс, направленный на решение профессиональных, организационных и социальных задач. Это, прежде всего, формирование и структурирование информационного пространства медицинского учреждения с использованием всей совокупности информационных ресурсов и информационных технологий в целях оптимизации деятельности организации.

Реформирование здравоохранения и переход на систему бюджетно-страховой медицины, внедрение обязательного и добровольного медицинского страхования резко повысили мотивацию руководителей к информатизации лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) для обеспечения взаиморасчетов со страховыми компаниями.

Произошли реальные сдвиги в отношении к обучению студентов основам информатики и медицинской информатике. Увеличилось количество кафедр медицинской информатики.

В этот период в здравоохранении начали использовать высокопроизводительные персональные компьютеры (ПК) и сформировался свободный рынок их приобретения (до этого получение вычислительной техники существенно лимитировалось). Это позволило перейти к решению задачи создания и внедрения медико-технологических систем различного назначения, но, привело к отказу от ранее созданных программных продуктов, не совместимых с новыми ПК.

С 1995 года централизованное финансирование программы информатизации здравоохранения России прекратилось. Однако, на всех уровнях управления уже понимали необходимость информатизации отрасли. Основными источниками финансирования стали средства ЛПУ, территориальных фондов обязательного медицинского страхования (ОМС), коммерческих организаций, ведомств.

Отсутствие координации действий привело к безудержному развитию одних направлений информатизации здравоохранения и отставанию других. Разработкой и внедрением медицинских информационных систем, наряду с НИИ и медицинскими информационно-вычислительными центрами (ИВЦ), стали заниматься многочисленные коммерческие структуры. Тем не менее, рубеж нового века ознаменовался интенсификацией процессов информатизации специализированных служб, созданием первых реально актуализируемых персонафицированных регистров регионального и федерального уровней.

Дальнейшее совершенствование ПК в Республике Узбекистан способствовало разработке медико-технологических систем, нацеленных на поддержку деятельности врача, в том числе экспертных систем (ЭС), автоматизированных рабочих мест (АРМ). Развитие базы данных (БД), сетевых технологий ускорило создание и внедрение ИС.

В настоящее время ЛПУ переходят к осуществлению своей деятельности в условиях комплексной информатизации; локальные информационные сети объединяются в региональные и федеральные. Быстро развивается телемедицина, расширяется спектр областей, в которых она применяется. Однако в информатизации здравоохранения, по-прежнему, остается чрезвычайно много проблем.

Создание телемедицинских услуг в Республике Узбекистан осуществляется в рамках реализации Комплекса информационных систем (КИС) «Согликни саклаш» для предоставления интерактивных услуг в сфере здравоохранения и даль-

нейшего развития Национальной интегрированной информационной системы здравоохранения (НИИСЗ) МЗ РУз.

Отцом современной кибернетики принято считать *Норберта Винера*. В 1948 г. он опубликовал книгу «Кибернетика, или связь и управление в животном и машине», а в 1951 г. вышла его статья «Кибернетика и общество». Н. Винер объединил процессы управления в живых, социальных и общественных системах, подчеркнул единство законов управления для любых систем.

Очень интересно интервью Н. Винера для журнала *United States News and World Report*, опубликованное в 1964 г., в котором он отмечает, что Россия отстает от США в аппаратуре (т.е. вычислительной технике) не безнадежно, а немного, и при этом впереди в разработке теории автоматизации технологических процессов.

Становление медицинской кибернетики, а в последующем — медицинской информатики в России связано с именами *Н.М.Амосова, П.К.Анохина, Р.М.Баевского, А.И.Берга, М.Л. Быховского, Д.Д.Венедиктова, А.А.Вишневого, С.А.Гаспаряна, И.М.Гельфанда, В.Н.Глушкова, Е.В.Гублера, А.Н.Колмогорова, В.А.Лищука, А.А.Ляпунова, А.А.Малиновского, В.В.Парина, Г.А.Хая* и др.

**В 1959 г.** был организован Научный совет по кибернетике при Президиуме АН России. По инициативе его председателя А.И.Берга, в составе Совета была создана биомедицинская секция, которую возглавил В.В.Парин (в составе секции П.К.Анохин, Е.Б.Бабский, Г.М.Франк и др.). При деятельном участии этой секции, в течение многих лет издавались профильные номера сборника «Проблемы кибернетики», проводились семинары и конференции по использованию математических моделей.

**В 1960 г.** в Институте хирургии им. А.В.Вишневого (г.Москва) была создана лаборатория кибернетики, которую возглавил М.Л.Быховский.

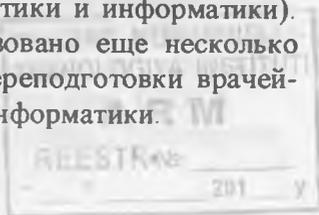
**В 1962 г.** в Институте туберкулеза и грудной хирургии (г.Киев) был организован семинар «Некоторые проблемы

биокибернетики и применение электроники в биологии и медицине» (руководитель – Н.М.Амосов). В 1964 г. была создана лаборатория биологической и медицинской кибернетики в Северозападном политехническом институте (г. Ленинград) на территории Хирургической клиники им. П.А.Куприянова (руководитель – В.М.Ахутин), в том же году – лаборатория медицинской кибернетики в Московском научно-исследовательском онкологическом институте им. П.А.Герцена (руководитель – П.Е.Кунин). И это далеко не полный перечень подразделений «первой волны», занимавшихся проблемами, которые в настоящее время изучают специалисты в области медицинской кибернетики и информатики.

Среди направлений, ставших приоритетными с момента начала использования ЭВМ в медицине, особое внимание уделялось помощи врачу при постановке сложных диагнозов и выборе лечебной тактики, контролю за автоматизированным управлением жизнедеятельностью организма в случаях, требующих особой быстроты и точности реакций.

За 1965-1974 гг. в России были сформулированы основные концептуальные положения, которые легли в основу процесса внедрения информационных технологий (информатизации) в здравоохранение, реализованы первые проекты для всех уровней управления отраслью. В этот период были заложены основы инфраструктуры информатизации НИИ и Министерства здравоохранения России.

В 1973 г. на медико-биологическом факультете 2-го Московского медицинского института (в настоящее время – Российский государственный медицинский университет) была создана первая в медицинских вузах Европы кафедра медицинской и биологической кибернетики (в настоящее время – кафедра медицинской кибернетики и информатики). Вслед за ней, в России было организовано еще несколько кафедр и курсов для подготовки и переподготовки врачей-специалистов в области медицинской информатики.



Следует отметить, что отношение руководителей здравоохранения к проблемам информатизации отрасли было в большинстве случаев отрицательным. Внедрению разрабатываемых систем не способствовала дороговизна ЭВМ, для размещения которых были необходимы огромные помещения и работу которых обслуживал большой штат специалистов.

Период с 1975 по 1985 г. можно охарактеризовать как время создания государственной системы организации и координации работ по внедрению методов информатики и средств вычислительной техники в практическую медицину, создания в регионах территориальных медицинских информационно-вычислительных центров (в настоящее время – медицинские информационно-аналитические центры), подчиненных органам управления регионального здравоохранения. Это привело к изменению мотивации руководителей управления здравоохранением, создало благоприятные условия как для разработки новых проектов, так и для их внедрения.

В 1975-1984 гг. Научным советом по медицинской кибернетике при Минздраве РСФСР (руководитель – С.А.Гаспарян) в научно-проектные исследования были вовлечены крупные центры большинства регионов России, среди которых Владивосток, Горький, Ижевск, Кемерово, Новокузнецк, Ростов-на-Дону, Саратов, Ярославль и др.

До середины 1970-х гг. активно внедрялись отечественные большие вычислительные машины серии ЕС, малые ЭВМ типа СМ, компьютеры «Искра». К сожалению, в конце 1970-х гг. от перспективных отечественных разработок в области вычислительной техники, в частности линии БЭСМ, отказались и перешли к копированию образцов зарубежных ЭВМ. Началось массовое обучение руководителей, преподавателей, врачей основам медицинской кибернетики и информатики. Круг лиц, участвующих в разработке медицинских информационных систем (ИС), значительно расширился.

С 1985 года начался период существенных изменений в социальной и общественной жизни России. Эти изменения не

могли не затронуть медицинскую кибернетику и информатику.

## § 1.2. Краткая история развития компьютеров

Буквальное значение слова компьютер – вычислитель. На заре эры компьютеров считалось, что основная функция компьютера – вычисление. По мере развития, компьютеры превратились в универсальные устройства для работы с информацией различного вида.

Устройства для облегчения труда при выполнении вычислений человечество использовало очень давно. Еще в Древнем Вавилоне, 5 тысяч лет до нашей Эры, уже использовали устройство для вычислений – абак. В Древнем Китае, 2500 лет назад, изобрели счеты.

В 1641-1642 гг. Блез Паскаль создает действующую суммирующую машину («паскалину»). Это было началом эры механических компьютеров.

В 1673 г. немецкий ученый Вильгельм Готфрид Лейбниц создает счетную машину для сложения и умножения двенадцатирядных десятичных чисел. Такие устройства получили название арифмометры (рис. 1.1.).

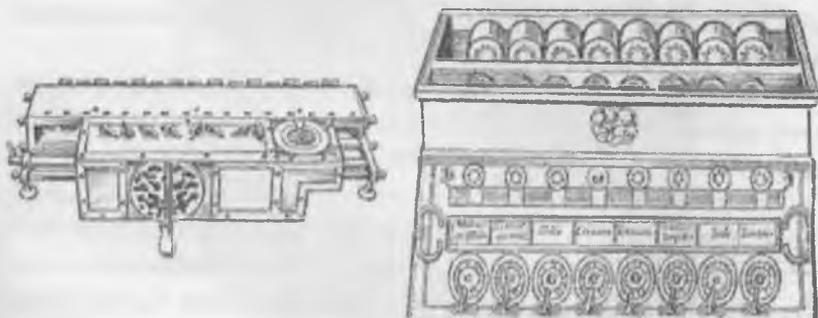


Рис. 1.1. Первые арифмометры.

*Главным недостатком* таких устройств является невозможность работы в автоматическом режиме, т. е., без участия человека.

*В 1836-1848 гг. английский ученый Чарльз Беббидж* впервые предпринял попытку автоматизировать процесс вычисления. Аналитическая машина, проект которой он разработал, явилась механическим прототипом появившихся спустя полтора столетия электронных компьютеров. В ней предполагалось иметь те же основные устройства: арифметическое, памяти, управления, ввода, вывода. Программа выполнения вычислений записывалась на перфокартах (пробивками), на них же записывались исходные данные и результаты вычислений.

*Программы вычислений на машине Беббиджа, составленные дочерью Байрона Адой Августой Лавлейс, поразительно схожи с программами, составленными впоследствии для первых электронных компьютеров. Замечательную женщину называли первым программистом мира.*

*В конце 30-х и начале 40-х годов XX века* в разных странах начали разрабатывать компьютеры на базе электронных элементов, что привело к революции в развитии компьютеров.

*В 1937г. в Германии инженер Конрад Цузе разработал вычислительную машину Z1, в которой уже использовал принцип программирования.*

*В 1944 г. ученый Гарвардского университета Говард Айкен создал первую в США релейно-механическую цифровую вычислительную машину MARK-1.*

*С начала 1946 г. начали обсчитываться реальные задачи первой ламповой ЭВМ «ЭНИАК» (ENIAC), созданной под руководством физика Джона Мочли при Пенсильванском университете США (рис.1.2). По размерам она была более впечатляющей, чем MARK-1: 26 м в длину, 6 м в высоту, вес 35 тонн.*

*В 1946 г. знаменитый американский ученый Джон фон Нейман составил отчет, который содержал развернутое и*

детальное описание принципов построения цифровых электронных вычислительных машин (ЭВМ), которых и придерживаются до сих пор.

Основные принципы построения цифровых электронных вычислительных машин, сформулированные Джоном фон Нейманом:

- двоичное кодирование информации;
- хранение программы и данных в оперативной памяти;
- автоматическое выполнение программы;

в состав электронных вычислительных машин должны входить: арифметическологическое устройство, устройство управления, устройство ввода, устройство вывода.

В конце 50-х - начале 60-х годов появились ЭВМ второго поколения. Основной элементной базой в них был транзистор.



Рис. 1.2. Эам «ЭНИАК».

Появились системы автоматизации программирования, состоящие из алгоритмических языков и трансляторов для них. Теперь пользователь изучал язык ЭВМ, приближенный к языку научных, инженерных или экономических расчетов. *Программа*, написанная на известном машине языке, переводилась на язык команд автоматически, с помощью *программы-переводчика*. Такие программы называли *трансляторами*, а процесс перевода - *трансляцией*. Таковыми, например, являются Фортран или Алгол-60.

*В начале 70-х годов* в качестве элементной ЭВМ начали использовать интегральные микросхемы. Это были ЭВМ уже третьего поколения.

Развитие микроэлектроники позволило создать и освоить технологию интегральных схем с особо большой плотностью компоновки. На одном кристалле размером меньше ногтя стали размещать не десятки и сотни, а десятки тысяч транзисторов и других элементов. С появлением сверхбольших интегральных схем (СБИС), составивших элементную базу ЭВМ четвертого поколения, их производительность возросла фантастически – до сотен миллионов операций в секунду. Из таблицы 1.1. видно, как стремительно развивалась вычислительная техника в эти годы.

*В начале 80-х годов* начались разработки персональных компьютеров (ПК) – компьютеров личного пользования. Блестящих результатов в этом достигла фирма IBM, создав ПК IBM PC (рис. 1.3), который вскоре завоевал весь рынок ПК и стал стандартом для всех производителей ПК.

В настоящее время персональные компьютеры выпускаются в широком ассортименте:

- *настольный вариант*, в виде системного блока, монитора, клавиатуры и мыши;
- *моноблок*, в котором монитор объединен с системным блоком;
- *ноутбук*, в котором все элементы объединены в компактной форме;

- *нетбук* – упрощенная версия ноутбука;
- *КПК* – карманный персональный компьютер;
- *коммуникатор* или *смартфон* – соединение компьютера с мобильным телефоном;
- *планшетный компьютер* или *электронная книга* и т.д.

Таблица 1.1.  
Поколения ЭВМ.

ПАРАМЕТРЫ ЭВМ	1-ое 1946-1955	2-ое 1955-1965	3-е		4-ое после 80 г.
			1965-1970	после 70 г	
Основные элементы	Реле, эл. лампы	Тран- зис- торы	ИС Интег- раль- ная схема	БИС Большая интеграль- ная схема	СБИС Сверх- большая интеграл- ьная схема
Быстродействие	1мс	1мкс	10нс	1нс	< 1нс
Плотность упаковки элементов/см <sup>3</sup>	0,1	2-3	10-20	1000	>10000



*Рис. 1.3. Персональный компьютер IBM PC.*

Несмотря на такое многообразие, все компьютеры имеют одинаковую конструктивную базу. Рассмотрим ее на примере ПК настольного типа.

### **1.3. Персональный компьютер**

Основной блок, устройства в составе основного блока и периферийные (внешние) устройства являются основными элементами компьютера (таблица 1.2 и рис.1.4). Основным блоком считаются системный блок, монитор, клавиатура и мышь. В состав системного блока входят следующие устройства: материнская плата, центральный процессор, оперативная память, жесткий диск, видеокарта, звуковая плата, сетевая плата, дисковод, CD- и DVD-приводы. Периферийными (внешними) устройствами считаются: принтер, сканер, графопостроитель (плоттер), модем, микрофон, акустика, клавиатура, мышь, вебкамера, фотокамера.

Таблица 1.2.

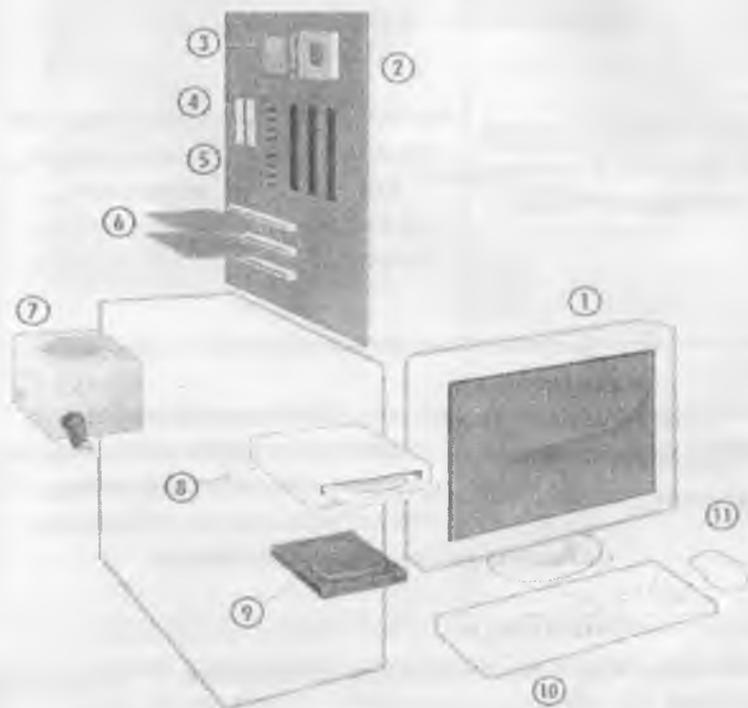
Основные элементы компьютера.

<p><b>Основные блоки</b></p>	<p><b>системный блок, монитор, клавиатура, мышь</b></p>
<p>Устройства в составе системного блока</p>	<p>материнская плата, центральный процессор, оперативная память, жёсткий диск, видеокарта, звуковая плата, сетевая плата, дисковод, CD- и DVD-привод</p>
<p>Периферийные (внешние) устройства</p>	<p>Принтер, сканер, графопостроитель (плоттер), модем, микрофон, акустика, клавиатура, мышь, вебкамера, фотокамера</p>

Основная плата персонального компьютера — материнская плата. На ней размещаются:

- процессор — основная микросхема, выполняющая обработку информации в виде математических и логических операций;
- оперативная память (оперативное запоминающее устройство, *ОЗУ*) — набор микросхем, предназначенных для временного хранения данных, когда компьютер включен;
- BIOS — микросхема, в которой заложена программа диагностики и загрузки компьютера (постоянное запоминающее устройство, *ПЗУ*);

- системная шина — наборы проводников, по которым происходит обмен информацией между внутренними устройствами компьютера;
- разъемы для подключения дополнительных устройств (слоты).



*Рис. 1.4. Расположение основных устройств, входящих в состав ПК: 1- монитор, 2- материнская плата, 3- процессор, 4- IDE-слот, 5- оперативная память, 6- платы расширения (видео, звуковая, ...), 7- блок питания, 8- привод для дисков (CD/ DVD), 9- винчестер, 10- клавиатура, 11- мышь.*

Самым сложным элементом компьютера является процессор. Именно он, в основном, определяет качественные показатели ПК в целом. Конструктивно процессор выполнен

в виде интегральной схемы размером (5×5×0,3) см. На процессоре установлен большой радиатор, охлаждаемый вентилятором (cooler).

На этой небольшой плате расположены миллионы элементов, соединенных по определенной схеме. По опросам журналистов процессор признан самым сложным устройством, созданным человечеством за всю историю его существования. Для сравнения, автомобиль любой самой престижной марки состоит всего лишь из нескольких тысяч элементов.

Основными параметрами процессоров являются: рабочее напряжение, разрядность, рабочая тактовая частота, коэффициент внутреннего умножения тактовой частоты и размер памяти.

ОЗУ предназначено для хранения программ и данных при включенном компьютере (внутренняя память). При его выключении или отсутствии напряжения вся информация в ОЗУ теряется. Эту особенность оперативной памяти обязательно надо учитывать при работе на компьютере и записывать информацию на долговременные носители. Конструктивно оперативная память в компьютере размещается на стандартных панельках, называемых модулями. Модули оперативной памяти вставляют в соответствующие разъемы на материнской плате.

Для повышения скорости компьютера процессор обменивается данными с оперативной памятью с высокой скоростью, на несколько порядков превышающей скорость доступа к другим носителям информации, например дискам.

Основными параметрами ОЗУ являются: объем, измеряемый в мегабайтах (Мб), быстродействие.

Для нормальной работы компьютера часть программ должна постоянно находиться в оперативной памяти (такие программы называются резидентные), однако в момент включения компьютера в оперативной памяти никакой информации нет. Для записи необходимой информации в ОЗУ и загрузки компьютера используется BIOS (Basic Input

Output System). В процессе работы компьютера содержимое этой программы не может быть изменено. Вмешиваться в процесс загрузки компьютера при его нормальной работе не рекомендуется.

Видеокарта — устройство, преобразующее изображение, находящееся в памяти компьютера, в видеосигнал для монитора. Обычно видеокарта является платой расширения и вставляется в специальный разъём (ISA, VLB, PCI, AGP, PCI-Express) на материнской плате, но бывает и встроенной.

Основными параметрами видеокарты являются: объем видеопамати и наличие графического ускорителя.

Звуковая плата (также называемая звуковой картой, аудиоадаптер) используется для записи и воспроизведения различных звуковых сигналов: речи, музыки, шумовых эффектов. Также может быть интегрирована с материнской платой.

Основным параметром звуковой карты является разрядность.

Сетевая плата — печатная плата, позволяющая взаимодействовать компьютерам между собой, посредством локальной сети. Обычно, сетевая плата идёт как отдельное устройство и вставляется в слоты расширения материнской платы (в основном – PCI, ранние модели использовали шину ISA). На современных материнских платах, сетевой адаптер все чаще является встроенным, таким образом, покупать отдельную плату не нужно. На сетевой плате имеются разъёмы для подключения кабеля витой пары.

В настоящее время также выпускаются в интегрированном варианте, но могут быть и отдельными платами. Сетевая карта относится к устройствам коммуникации (связи), и, как правило, используется для подключения Интернет по локальной сети.

Основным параметром сетевой карты является скорость передачи информации.

Для подключения к компьютеру периферийных устройств используются внешние порты. Наиболее распространенным на сегодняшний день является порт USB – универсальная последовательная магистраль, позволяющая подключать до 256 различных устройств, таких как клавиатура, мышь, модем, принтер, цифровой фотоаппарат, флеш-носитель и т.д.

Носители информации представляют собой класс устройств, предназначенных для долговременного хранения информации (*внешняя память*). В первую очередь, к ним относится *винчестер* – накопитель информации на жестком магнитном диске (НЖМД).

Винчестер — основное устройство для долговременного хранения больших объемов данных и программ. Объем современных винчестеров составляет порядка 500 Гбайт, что пока недостижимо для других носителей. Информация в НЖМД записывается на жесткие (алюминиевые или стеклянные) пластины, покрытые слоем ферромагнитного материала. Считывающие головки в рабочем режиме не касаются поверхности пластин при быстром вращении дисков, что обеспечивает высокую скорость считывания и записи информации. Главным достоинством этих носителей является практически неограниченное число перезаписи информации.

Основными параметрами винчестера являются объем и быстродействие.

Носители на CD- и DVD-дисках основаны на оптических принципах записи и считывания информации. Цифровая информация представлена на CD чередованием не отражающих и отражающих свет участков поверхности. Считывание информации с CD-диска происходит при помощи лазерного луча, который, попадая на отражающий свет участок, отклоняется и попадает на фотодетектор. Попадание луча на фотодетектор создает сигнал с фотодетектора, что интерпретируется единица в двоичном исчислении.

Луч лазера, попадающий в не отражающий участок, рассеивается и поглощается: на фотодетектор луч не попадает,

сигнал с фотодетектора не идет и это фиксируется как ноль, в двоичном исчислении фиксирует двоичный ноль.

В настоящее время используются приводы с возможностью однократной записи (CD-R) и перезаписи (CD-RW) информации. Объем CD-диска составляет около 700 Мбайт. *Отличием DVD-дисков от CD-дисков является больший объем (4,7 Гбайт)* за счет использования многослойной технологии записи. Главным достоинством таких носителей является практически неограниченный срок хранения информации.

Основным недостатком этих носителей является обязательное наличие на компьютере считывающих устройств: CD- и DVD-приводов, для чтения информации с них.

**Флэш-память** — разновидность полупроводниковой энергонезависимой перезаписываемой памяти. Преимуществом флэш-памяти над оперативной является её энергонезависимость – при выключении энергии содержимое памяти сохраняется.

Преимуществом флэш-памяти над жёсткими дисками, CD и DVD дисками является отсутствие специальных приводов для записи и чтения информации. Поэтому флэш-память более компактна, обеспечивает быстрый доступ к информации. Главным недостатком таких носителей является ограниченное число перезаписи (около десяти тысяч раз).

Благодаря своей практичности флэш-память получила в настоящее время наибольшее распространение. Разновидностью таких носителей для компактных цифровых устройств являются *карты памяти*, отличающиеся от флэш-носителей только конструктивным исполнением.

**Периферийные устройства** делятся на устройства ввода и вывода информации.

**Устройства ввода:**

**Клавиатура** (keyboard) содержит 101 или 104 клавиши (рис.1.5). Стандартом расположения символьных клавиш

является раскладка QWERTY (ЙЦУКЕН) по названию клавиш верхнего символического ряда слева направо.

Области клавиатуры:

1. Алфавитно-цифровая;
2. Специальных клавиш <Alt>, <Ctrl>, <Shift>, <Caps Lock>, <Enter>, <Delete>, <^>, <Insert>, <Print Screen>, ...;
3. Управляемая курсором;
4. Переключаемая (цифровая/ управляемая курсором).  
Режимы переключаются клавишей <Num Lock>;
5. Функциональная <F1> - <F12>;
6. Индикаторов.

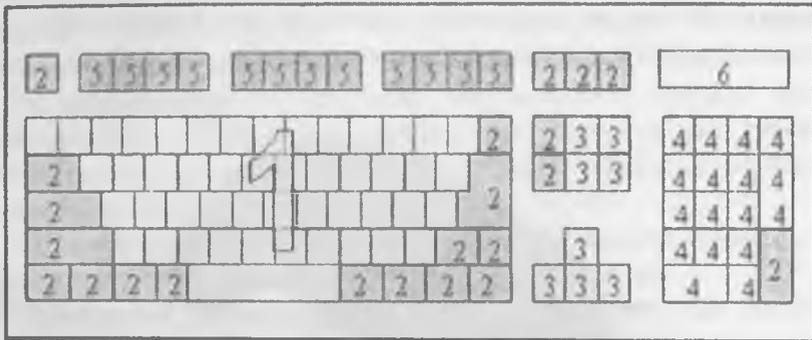


Рис. 1.5. Разделение клавиатуры на области.

Предназначение некоторых специальных клавиш:

- Esc* – отмена, отказ;
- Tab* – табулирование;
- Del* – удаление символа справа от курсора;  
< – «забой», удаление символа слева от курсора;
- Ins* – клавиша переключения режима вставки / замены символов;
- Home* – перевод курсора в начало строки;
- End* – перевод курсора в конец строки;
- PgUp* – переход на страницу вверх;
- PgDn* – переход на страницу вниз;

**Enter** – клавиша ввода;

**Break** – прерывание;

**Shift** – смена верхнего / нижнего регистра при удержании;

**Caps Lock** – смена верхнего / нижнего регистра;

**Print Screen** – копирование текущего состояния экрана монитора в буфер обмена.

**Манипуляторы**, или координатные устройства ввода информации, являются неотъемлемой частью современного компьютера. Наиболее известны следующие типы манипуляторов: мышь, трекбол, графические планшеты, устройства ввода, применяемые в ноутбуках – тачпад и трэкпойнт, а также джойстики. В настоящее время все чаще используются манипуляторы не требующие проводов для подключения к компьютеру – беспроводная мышь (рис. 1.6).



*Рис. 1.6. Манипулятор, беспроводная мышь.*

**Сканер** – устройство, которое создаёт цифровое изображение сканируемого объекта. Полученное изображение может быть сохранено как графический файл, или, если оригинал содержал текст, распознано посредством программы распознавания текста и сохранено как текстовый файл.

В зависимости от способа сканирования объекта и самих объектов сканирования существуют следующие виды сканеров:

**Планшетные** – наиболее распространённые, поскольку обеспечивают максимальное удобство для пользователя – высокое качество и приемлемую скорость сканирования. Представляет собой планшет, внутри которого под прозрачным стеклом расположен механизм сканирования.

**Ручные** – в них отсутствует двигатель, следовательно, объект приходится сканировать вручную.

**Листопротяжные** – лист бумаги вставляется в щель и протягивается по направляющим роликам внутри сканера мимо лампы. Имеет меньшие размеры, по сравнению с планшетным, однако может сканировать только отдельные листы. Многие модели имеют устройство автоматической подачи, что позволяет быстро сканировать большое количество документов.

**Слайд-сканеры** – как ясно из названия, служат для сканирования плёночных слайдов, выпускаются как самостоятельные устройства, так и в виде дополнительных модулей к обычным сканерам.

**Сканеры штрих-кода** – небольшие, компактные модели для сканирования штрих-кодов товара в магазинах.

**Цифровой фотоаппарат** – это устройство для фотографической фиксации изображений в виде графических файлов. В качестве фотопремников используются фотосенсоры. После обработки микропроцессором фотоаппарата данных, полученных от сенсоров, изображение сохраняется в виде файла на карте памяти или встроенной памяти камеры. Основным преимуществом, по сравнению с пленочным фотоаппаратом, является в большом объеме памяти и возможность редактирования изображений с помощью графических редакторов.

**Главной характеристикой цифровой камеры** является количество пикселей матрицы от 1 до 8 мегапикселей.

**Устройства вывода:**

**Жидкокристаллический (LCD) монитор** состоит из двух слоев стекла с нанесенными на них тонкими бороздками и электродами, заключенного между ними слоя жидких

кристаллов, осветителя и поляризаторов. Жидкие кристаллы под действием электрического поля поворачивают плоскость поляризации света на определенный угол. Далее свет проходит через поляризатор, который пропускает его с интенсивностью, зависящей от угла поворота плоскости поляризации. Цвет получается в результате использования трех цветных фильтров, разделяющих белый свет на составляющие RGB.

В мониторах, изготовленных по технологии TFT (Thin Film Transistor), состояние каждого пикселя контролируется отдельным миниатюрным транзистором.

Для LCD-монитора обычно указывается *native* («родное») разрешение, использование которого является оптимальным. У жидкокристаллических мониторов размер точки равен размеру одного пикселя изображения в *native* разрешении. При использовании другого разрешения изображение либо будет занимать не весь экран, либо будет искажено (часть пикселей будет дублироваться или пропадет).

Размер экрана монитора измеряется между противоположными углами по диагонали экрана. Единица измерения – дюймы. Стандартные размеры: 14»; 15»; 17»; 19»; 20»; 21». В настоящее время наиболее универсальными для настольного варианта ПК являются мониторы размером 17 и 19 дюймов.

Разрешающая способность монитора характеризуется числом точек выводимого изображения. Принято указывать отдельно количество точек по горизонтали и вертикали. Например, разрешение монитора 1024x768 означает возможность различить до 1024 точек по горизонтали при числе строк до 768.

Частота регенерации (обновления) изображения (частота смены изображения на экране) показывает, сколько раз в течение одной секунды монитор может полностью сменить изображение (поэтому ее также называют частотой кадров). Для мониторов она оставляет 60 Гц и более.

Главными преимуществами LCD мониторов, по сравнению с электроннолучевым, являются: *отсутствие вредного для здоровья внешнего электромагнитного поля*, малый вес и габариты; малое потребление электроэнергии. В настоящее время электроннолучевые мониторы практически уже не используются.

Сенсорные мониторы объединяют в себе функции, как устройства вывода, так и устройство ввода информации. Принцип работы основан на наличии элементов, чувствительных к прикосновению к экрану пальцами или специальными элементами. Сенсорные мониторы используются в платёжных терминалах, информационных киосках, оборудовании для автоматизации торговли, карманных компьютерах, операторских панелях в банкоматах и в промышленности.

#### Достоинства:

- простота интерфейса;
- в аппарате могут сочетаться небольшие размеры и крупный экран;
- быстрый набор в спокойной обстановке;
- серьёзно расширяются мультимедийные возможности аппарата.

#### Недостатки:

- нет тактильной отдачи — невозможно работать «вслепую», сложно в условиях низкого освещения, также в условиях тряски. К тому же, невозможен слепой набор текста;
- приходится либо занимать две руки (одну устройством, вторую пером), либо делать крупные, пригодные для нажатия пальцем элементы интерфейса, нивелируя преимущества большого экрана;
- высокое энергопотребление;
- без специальных покрытий отпечатки пальцев могут мешать пользователю.

- Угол обзора. Если посмотреть на дисплей сбоку, изображение будет казаться очень темным или будет наблюдаться искажение цвета. Это связано в первую очередь с конструктивными особенностями LCD монитора (рис.1.7).



*Рис.1.7. Сенсорный монитор*

Принтер – устройство печати информации на твердый носитель, обычно на бумагу. Процесс печати называется выводом на печать, а результат – распечаткой. Принтеры, в зависимости от вида печати, разделяют на цветные и монохромные, а в зависимости от способа нанесения изображения на струйные и лазерные.

В струйных принтерах принцип печати последовательный, безударный. Изображение формируется из микро-капель (размером ~ 50 мкм) чернил, которые выдуваются из сопел картриджа. Засорение сопел, а точнее засыхание чернил в соплах – это существенный конструктивный недостаток струйных принтеров.

### Преимущества:

- высокое качество графики даже для дешевых моделей;
- низкая стоимость принтера (продается ниже себестоимости, окупается для производителя за счет дорогих расходных материалов);
- наличие принтеров больших форматов бумаги (от А4 до А0).

### Недостатки:

- низкая экономичность: затраты на чернила уже в первый год как минимум в 5 раз превысят стоимость устройства, при объемах печати в 10-15 страниц в день; непроизводительный расход чернил на прочистку головок; низкая емкость картриджей;
- требователен к бумаге: для качественной печати необходима специальная бумага для струйных принтеров;
- низкая стойкость отпечатков (выцветают и смываются);
- относительно низкая надежность;
- относительно низкая скорость печати.

Лазерные принтеры менее требовательны к бумаге, чем струйные, а стоимость печати одной страницы текстового документа у них в несколько раз ниже. Большинство представленных на рынке лазерных принтеров предназначены для черно-белой печати; цветные лазерные принтеры пока дороги и рассчитаны на корпоративных пользователей.

Лазерные принтеры печатают на бумаге плотностью от 60 г/м<sup>3</sup> со скоростью от 8 до 24 листов в минуту. Если необходимо печатать большое количество документов (например, более 40 листов в день) с типографским качеством, то лазерный принтер представляется единственным разумным выбором.

Сердцем лазерного принтера является фото-барабан. С его помощью производится перенос изображения на бумагу.

Фото-барабан представляет собой металлический цилиндр, покрытый тонкой пленкой фоточувствительного полу-

проводника. Поверхность такого цилиндра можно снабдить положительным или отрицательным электростатическим зарядом, который сохраняется до тех пор, пока барабан не освещен. Если какую-либо часть барабана осветить, покрытие приобретает проводимость и заряд стекает с освещенного участка, образуя незаряженную зону. Это ключевой момент в понимании принципа работы лазерного принтера.

Другой важнейшей частью принтера является лазер и оптико-механическая система зеркал и линз, перемещающая луч лазера по поверхности барабана. Лазер генерирует очень тонкий световой луч. Отражаясь от вращающихся зеркал, этот луч засвечивает поверхность фото-барабана, снимая ее заряд. Тем самым на поверхность барабана помещается скрытое изображение. Обладающий электростатическим зарядом тонер (красящий порошок) притягивается к поверхности барабана, сохранившей скрытое изображение. После этого барабан прокатывается по бумаге, и тонер переносится на бумагу. Потом бумага проходит через блок термозакрепления (печку) для фиксации тонера, а фото-барабан очищается от остатков тонера и разряжается. Если порошок в тонере закончился, возможна его замена, что значительно удешевляет процесс эксплуатации принтера.

Модем относится к устройствам коммуникации. Под коммуникацией здесь имеется в виду связь между компьютерами. Модемом осуществляется модуляцию и демодуляцию информационных сигналов (модуляция-демодуляция). Работа модулятора модема заключается в том, что поток *битов* из компьютера преобразуется в аналоговые сигналы, пригодные для передачи по каналу связи. Демодулятор модема выполняет обратную задачу. Данные, подлежащие передаче, преобразуются в аналоговый сигнал модулятором модема «передающего» компьютера. Принимающий модем, находящийся на противоположном конце линии, «слушает» передаваемый сигнал и преобразует его обратно в цифровой с помощью демодулятора.

Основным параметром модема является скорость модуляции (modulation speed). Она определяет физическую скорость передачи данных без учета исправления ошибок и сжатия данных, единицей измерения которых является количество *бит* в секунду (бит/с). Конструктивно модемы бывают внешними и внутренними. В последнее время популярными стали модемы с использованием сотовой связи для передачи сигналов.

### § 1.4. Программное обеспечение компьютеров

Следует иметь в виду, что компьютер работает только во взаимодействии двух частей: аппаратной и программной. Программное обеспечение (ПО) включает в себя комплекс компьютерных программ и данные, предназначенные для решения определённого круга задач и хранящиеся на носителях информации (рис. 1.8).

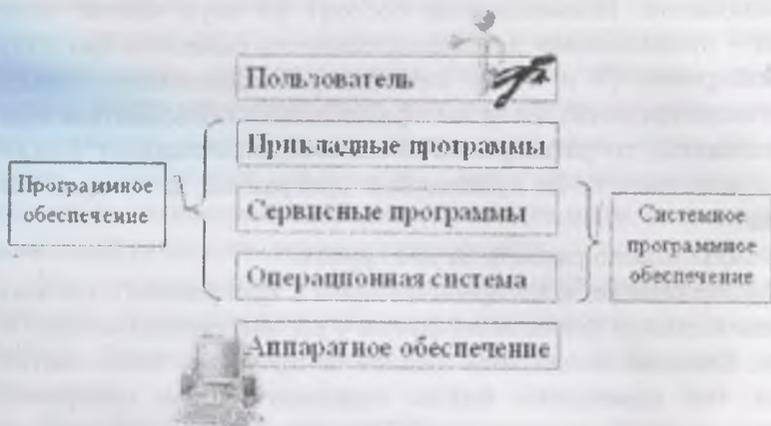


Рис. 1.8. Классификация программного обеспечения.

По назначению программное обеспечение разделяется на системное, прикладное и инструментальное.

Системное ПО используется для обеспечения работы компьютера и удобства пользования им. Конкретные виды системного программного обеспечения включают загрузчики, операционные системы, драйверы устройств, сервисные программы. Наиболее важной частью системного программного обеспечения являются операционные системы.

Прикладное ПО (приложения) – программы, предназначенные для выполнения пользовательских задач и рассчитанные на непосредственное взаимодействие компьютера с пользователем. К прикладному ПО относятся: банковские и бухгалтерские программы, игры, текстовые и графические редакторы, Интернет-клиенты и т. п.

Инструментальное ПО предназначено для использования в ходе проектирования, разработки и сопровождения программ. Это: интегрированные среды разработки, SDK, компиляторы, интерпретаторы, ассемблеры, отладчики и т. п.

Вся информация в компьютере хранится в виде файлов. Файл – это блок информации, который имеет начало, конец и наименование. Наименование состоит из двух частей: имя файла – произвольная последовательность символов (до 255) и расширение (3 и более символов). Разделителем между ними является точка. Если имя файла задает пользователь при его создании, то расширение компьютер присваивает файлу сам в зависимости от прикладной программы, в которой он создан.

Файлы можно разбить на две группы.

Выполняемые, к которым относятся программы с расширением «.exe», и командные файлы с расширениями «.com» и «.bat». Отличие командных файлов от программ заключается в том, что командные файлы содержат список программ, выполняющихся по списку. При запуске выполняемых файлов компьютер автоматически выполняет последовательность команд или операторов, записанных в программе, а на экране отражается результат выполнения программы.

Невыполняемые, которые в свою очередь делятся на обслуживающие, используемые при выполнении программ, и информационные, используемые для хранения информации.

Более крупной информационной единицей является *папка* - поименованная группа файлов. Особенностью папки является то, что внутри нее тоже может быть папка. Такая папка называется *вложенной*.

Система папок и файлов образуют иерархическую файловую структуру компьютера.

Самой крупной информационной единицей на компьютере является *диск* – имя носителя информации. Обозначается диск одной из букв латинского алфавита с двоеточием после нее. Каждый носитель получает свою букву, однако на винчестере возможно создание нескольких дисков. Один из них является *системным* и обозначается буквой *C:*, остальные – информационные с произвольным обозначением. Обязательное наличие операционной системы на диске C: обусловлено особенностью системы BIOS, информацию в которой нельзя изменить. Возможно создание на винчестере только одного диска C:, однако, с практической точки зрения, рекомендуется для повышения гарантии хранения информации делать не менее двух дисков. *Диски на компьютере называются локальные, для носителей типа флэш-память диски называются съемными, диски расположенные на других компьютерах, информация к которым доступна по локальной сети называются сетевыми.*

На каждом диске существует корневой список папок, в котором располагаются все остальные вложенные папки и файлы. Данная информационная структура называется *деревом папок*.

В операционной системе *Windows* для работы с информационной структурой компьютера используется программа *«Проводник»*. При открытии файла с зарегистрированным расширением, автоматически запускается соответствующая этому расширению прикладная программа. Каждое расши-

рение файла отображается для пользователя своей специальной пиктограммой - значком.

Революция в вычислительной технике оказала огромное влияние на все сферы человеческой деятельности — общественной и профессиональной. Благодаря низкой стоимости, компактности и «дружелюбию» по отношению к потребителю эта техника стала центром рабочего места инженера и техника, физика и математика, бухгалтера, экономиста и многих других специалистов. С помощью ЭВМ осуществляют руководство хозяйством страны, составляют планы развития отраслей экономики. На базе ЭВМ основаны полеты в космос, авиационная навигация, планирование работы наземного и водного транспорта.

В последние годы ЭВМ широко внедряют в гуманитарные области знаний: медицину и биологию, генетику, психологию, науковедение. Применение компьютеров в корне изменило обмен информацией — сделало его быстрым, точным и поистине всеобъемлющим. Исключительно важную роль играет вычислительная техника в медицине и здравоохранении. Возникло новое научное направление — медицинская информатика.

Медицинская информатика — это наука, изучающая законы и методы применения вычислительной техники в медицине, а также теорию оценки информативности диагностических методов исследования.

Особое влияние оказала медицинская информатика на развитие медицинской радиологии. За одно-два десятилетия ее активного использования, в частности применения вычислительной техники, возникли принципиально новые методы исследования, изменившие медицинскую науку и врачебную деятельность. На ее базе были созданы такие прогрессивные диагностические технологии, как компьютерная, магнитно-резонансная и эмиссионная томография, практически вся ультразвуковая и радионуклидная диагностика, высокотехнологические способы получения рентгеновских изображений — цифровая рентгенография, флюорография, ангио-

графия. С помощью ЭВМ осуществляют планирование лучевой терапии и облучение пациента. Компьютеры значительно изменили образовательный процесс, обусловив доступность, открытость и оперативность получения учебного материала.

В медицинских институтах и университетах основы вычислительной техники изучают на специальном курсе, который включают в блок фундаментально-гуманитарных дисциплин. Здесь же мы остановимся лишь на тех аспектах медицинской информатики, которые затрагивают интересы медицинской радиологии и рентгенологии.

Основными областями применения компьютеров в медицинской радиологии являются следующие:

1. Получение изображения внутренних органов с помощью специальных методов исследования, основанных на компьютерной технологии. К ним относятся цифровые рентгеновские методы – цифровая рентгенография, флюорография, ангиография, радионуклидная сцинтиграфия, ультразвуковая визуализация органов – сонография и доплеровское картирование, послойное исследование органов – томография: рентгеновская, магнитно-резонансная, радионуклидная.

2. «Дигитализация», т.е. оцифровка уже существующих медицинских изображений, например рентгенограмм, с целью получения более качественной диагностической информации.

3. Автоматизация сбора, хранения и анализа данных, благодаря чему эти процедуры стали более точными, надежными и высокопроизводительными.

4. Создание компьютерных информационных баз данных с их неограниченной емкостью памяти, быстрым и рациональным доступом к хранящейся в них информации.

5. Создание на базе персонального компьютера индивидуального автоматизированного рабочего места (АРМ) врача, что в значительной степени повышает эффективность его работы (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Автоматизированное рабочее место врача.

6. Создание автоматизированной системы управления отделениями лучевой диагностики, благодаря которой значительно увеличивается производительность лечебного учреждения в целом.

7. Создание полностью (или в значительной части) компьютеризованных отделений лучевой диагностики, связанных с внутрибольничной компьютерной сетью.

8. Использование компьютеров в обучении и тестировании знаний.

9. Применение компьютера как терминала для выхода в локальные, национальные и международные компьютерные сети (Интернет) для обеспечения оперативного доступа к мировым информационным ресурсам в области медицинской радиологии и общечеловеческих знаний в целом.

### Контрольные вопросы

1. Что такое «медицинская информация»?
2. В чем состоит различие объективной и субъективной медицинской информации?

3. *Какие существуют способы получения достоверной медицинской информации?*
4. *Какие составляющие обеспечивают доступность медицинской информации?*
5. *Как классифицируется информация по срокам хранения?*
6. *Что определяет реквизиты информации?*
7. *Что такое «энтропия» системы?*
8. *Что обозначает понятие «тезаурус»?*
9. *Как измеряется синтаксическая мера информации?*
10. *Как определить семантическую меру информации?*

## Тестовые вопросы

### 1. К обмену информацией относится...

- 1) выполнение домашней работы
- 2) просмотр телепрограммы
- 3) наблюдение за состоянием пациента
- 4) разговор по телефону
- 5) составление конспекта

### 2. Преобразование непрерывных изображений и звука в набор дискретных значений в форме кодов называют

- 1) кодированием
- 2) дискретизацией
- 3) декодированием
- 4) информатизацией
- 5) модуляцией

### 3. Измерение температуры представляет собой процесс

- 1) хранения информации
- 2) передачи информации
- 3) получения информации
- 4) защиты информации
- 5) использования информации

### 4. Перевод текста с английского языка на русский представляет собой процесс

- 1) хранения информации
- 2) передачи информации
- 3) защиты информации
- 4) получения информации
- 5) обработки информации

**5. Важная существенная для настоящего времени информация называется**

- 1) достоверной
- 2) полной
- 3) актуальной
- 4) полезной
- 5) самовоспроизводимой

**6. Информация передается следующим образом:**

- 1) от источника приемнику посредством канала связи
- 2) данные передаются к приемнику напрямую
- 3) от источника приемнику напрямую
- 4) в виде сигналов от приемника
- 5) от приемника источнику посредством канала связи

**7. Целенаправленное и эффективное использование информации во всех областях человеческой деятельности, достигаемое за счет массового применения современных информационных технологий и коммуникационных технологий – это...**

- 1) глобализация производства
- 2) информатизация общества
- 3) автоматизация производства
- 4) компьютеризация общества
- 5) глобализация общества

**8. Данные – это...**

- 1) мера устранения неопределенности в отношении исхода некоторого события
- 2) зарегистрированные сигналы
- 3) отрицание энтропии
- 4) установление закономерностей
- 5) вероятность выбора

**9. Всевозможные устройства и системы, созданные человечеством для обработки информации – это ...**

- 1) механизмы обработки информации
- 2) средства обработки информации
- 3) информационные ресурсы
- 4) математические модели
- 5) информационные модели

**10. Научное направление, занимающееся изучением законов, методов и способов накопления, обработки и передачи информации с помощью ЭВМ и других технических средств называется:**

- 1) теоретическая информатика
- 2) программирование
- 3) кибернетика
- 4) информатика
- 5) информационные ресурсы

**11. Сфера деятельности, направленная на создание отдельных программ, операционных систем и пакетов прикладных программ – это ...**

- 1) теоретическая информатика
- 2) программирование
- 3) кибернетика
- 4) информатика как наука
- 5) информационные ресурсы

## ГЛАВА 2.

### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ

§ 2.1. Мультимедийные технологии

§ 2.2. Компьютер и здоровье

§ 2.3. Классификация медицинских информационных систем

§ 2.4. Предмет и задачи медицинской информатики

§ 2.5. Место медицинской информатики в здравоохранении

Компьютерные технологии находят все более широкое применение в различных разделах деятельности здравоохранения. Многие лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ) оснащены современными персональными ЭВМ, которые стали доступными, надежными и удобными для медицинских работников. Применение ЭВМ в медицине все чаще сопровождается существенным социальным и экономическим эффектом. Массовое распространение компьютеризации способствует формированию базы для выхода в перспективе на новый качественный уровень оказания медицинской помощи. Все вышеперечисленное выдвигает в число первоочередных задач создание продуманной системы широкого освоения навыков работы на компьютерах всеми работниками здравоохранения – врачами, фельдшерами, медсестрами, экономистами, руководителями различного уровня, студентами вузов и учащимися средних специальных медицинских учебных заведений и т.д.

Медицинская информация — это данные о здоровье населения, о системе здравоохранения, о медицинской науке, о социальной и физической внешней среде, которые содержат

информацию, нужную для целей управления здравоохранением.

Информатизация — процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей на основе формирования и использования информационных ресурсов.

Ключевым понятием в этом определении является понятие «информация». Однако единого общепризнанного определения информации не существует до сих пор, более того, это понятие остается одним из самых дискуссионных в современной науке.

Существуют много определений информации, данных различными выдающимися учеными.

Информация — это обозначение содержания, полученного от внешнего мира в процессе приспособления к нему (Н. Винер).

Информация — отрицательная энтропия (негэнтропия) (Л. Бриллюэн).

Информация — вероятность выбора (А. М. Яглом, И. М. Яглом).

Информация — снятая неопределенность (К. Шеннон).

Информация — мера сложности структур, мера упорядоченности материальных систем (А. Моль).

Информация — снятая неразличимость, передача разнообразия (У.Р. Эшби).

Информация — отраженное разнообразие (А. Д. Урсул).

Информация — мера неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и времени (В. М. Глушков).

В вычислительной технике вместо понятия «информация» часто используется понятие «данные» — информация в виде, пригодном для обработки автоматическими средствами, при возможном участии человека.

Информатика — наука о способах получения, накопления, хранения, преобразования, передачи и использования информации.

**Информатика** — область научно-технической деятельности, занимающаяся исследованием процессов получения, передачи, обработки, хранения, распространения, представления и использования информации, решения проблем создания, внедрения и использования информационной техники и технологии во всех сферах общественной жизни. Соответствующим образом трактуется и **«медицинская информатика»**.

## § 2.1. Мультимедийные технологии

**«Мультимедиа»** (multimedia) в дословном переводе на русский язык звучит как «много сред». Мультимедиа – это специальная технология, позволяющая, с помощью программного обеспечения и технических средств, объединить на компьютере обычную информацию (текст и графику) со звуком и видеоизображениями. В представлении пользователя технологию мультимедиа образуют:

1. **Аппаратные средства** компьютера, обеспечивающие доступ к данным и воспроизведение мультимедийной информации;

2. **Программные средства**, обслуживающие доступ и воспроизведение;

3. **Носители информации** и мультимедиа.

Из аппаратных ресурсов к устройствам мультимедиа принято относить *CD-ROM* или *DVD-ROM*, *звуковую карту* и *3D* – графический ускоритель, *WEB-камеру*, *колонки*.

**К мультимедийным продуктам** относят как энциклопедии на компакт-дисках, так и сами компакт-диски. Мультимедийной можно назвать презентацию в PowerPoint, так и звуковой редактор, убирающий шумы из старой виниловой пластинки.

**Мультимедийные возможности** современных компьютеров широко используются **в телемедицинских технологиях**.

## § 2.2. Компьютер и здоровье

Человек, работающий за компьютером, подвергается опасности с трех сторон:

1. Электромагнитные поля, излучаемые компьютером;
2. Специфическая нагрузка на органы зрения;
3. Статические нагрузки.

Автоматизированная система управления (АСУ) – человеко-машинная система, осуществляющая автоматизированное управление, включая сбор, обработку, передачу, анализ и хранение информации, неформализованные решения в которой принимает человек.

АСУ в здравоохранении – совокупность организационных, административных и экономико-математических методов, средств вычислительной техники и связи, предназначенных для автоматизации управления в системе здравоохранения с целью совершенствования деятельности отрасли по оказанию населению лечебной, профилактической и лекарственной помощи.

В последующем термины «АСУ в здравоохранении» и «Компьютерные технологии в здравоохранении» будут использоваться как синонимы.

В результате развития компьютерных технологий в здравоохранении, являющихся человеко-машинными системами, возникает новое представление об организации работы специалиста, использующего их в своей деятельности. Центральным при этом становится понятие об автоматизированном рабочем месте (АРМ) медицинского работника.

Содержательной основой АРМов медицинских работников является информация, позволяющая за счет применения компьютерных технологий более эффективно выполнять лечебные, диагностические, профилактические, аналитические и управленческие функции. В основе эффективного функционирования АРМов в здравоохранении лежит единство их составляющих – технического, программного, информационного и человеческого фактора.

*Разработчиками АСУ* обычно являются научно-исследовательские учреждения, а также информационно-аналитические центры и лаборатории системы министерства здравоохранения страны. В качестве заказчиков выступают обычно органы и учреждения здравоохранения, или финансирующие их организации.

*Разработка программного средства (ПС)* включает следующие основные этапы:

- разработка технико-экономического обоснования;
- разработка технического задания (ТЗ);
- разработка техно-рабочего проекта (ТРП);
- сдача и ввод в эксплуатацию программного средства;
- анализ и оценка функционирования программного средства.

*Внедрение ПС* в здравоохранении начинается с принятия руководителем решения о необходимости внедрения компьютерных технологий, и выбора стратегии и тактики. Комплексный подход к обеспечению эффективности внедрения и развития АСУ в здравоохранении включает в себя три блока: 1) основные факторы; 2) ключевые условия; 3) ведущие принципы (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1.

<b>ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ</b>	<b>КЛЮЧЕВОЕ УСЛОВИЕ</b>	<b>ВЕДУЩИЕ ПРИНЦИПЫ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Технический</li> <li>✓ Программный</li> <li>✓ Информационный</li> <li>✓ Организационный</li> <li>✓ Кадровый</li> </ul>	Скоординированность основных факторов и ведущих принципов в одно и то же время в одном и том же месте.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ «Первого руководителя»</li> <li>✓ «Новых задач»</li> <li>✓ «Объективной необходимости»</li> <li>✓ «Трансформации в управленческие технологии»</li> </ul>

Среди программных средств, разработанных для регионального уровня, наибольший интерес представляют те, которые автоматизируют наиболее интенсивные и часто используемые информационные потоки – о функционировании поликлинической, стационарной, стоматологической служб, о кадровых ресурсах, состоянии здоровья населения, работе различных звеньев медицинской помощи.

Значительное место среди разработанных в Узбекистане программных средств занимают те, которые применимы для повышения эффективности выполнения различных управленческих функций на любом уровне. Среди них следует особо выделить программы по обобщенной оценке показателей деятельности учреждений и служб здравоохранения Республики Узбекистан; по социологической оценке населением оказания медицинской помощи; по оценке знаний врачей и средних медработников; по оценке деловых качеств и управленческих навыков у руководителей и т. п.

### § 2.3. Классификация медицинских информационных систем

Ключевым звеном в информатизации здравоохранения является информационная система.

Классификация медицинских информационных систем основана на иерархическом принципе и соответствует многоуровневой структуре здравоохранения. Различают:

1) *медицинские информационные системы базового уровня*, основная цель которых – компьютерная поддержка работы врачей разных специальностей; они позволяют повысить качество профилактической и лабораторно-диагностической работы, особенно в условиях массового обслуживания при дефиците времени квалифицированных специалистов. По решаемым задачам выделяют:

а) информационно-справочные системы (предназначены для поиска и выдачи медицинской информации по запросу пользователя),

б) консультативно-диагностические системы (для диагностики патологических состояний, включая прогноз и выработку рекомендаций по способам лечения, при заболеваниях различного профиля),

в) приборно-компьютерные системы (для информационной поддержки и/или автоматизации диагностического и лечебного процесса, осуществляемых при непосредственном контакте с организмом больного),

г) автоматизированные рабочие места специалистов (для автоматизации всего технологического процесса врача соответствующей специальности и обеспечивающая информационную поддержку при принятии диагностических и тактических врачебных решений);

2) медицинские информационные системы уровня лечебно-профилактических учреждений. Представлены следующими основными группами:

а) информационными системами консультативных центров (предназначены для обеспечения функционирования соответствующих подразделений и информационной поддержки врачей при консультировании, диагностике и принятии решений при неотложных состояниях),

б) банками информации медицинских служб (содержат сводные данные о качественном и количественном составе работников учреждения, прикрепленного населения, основные статистические сведения, характеристики районов обслуживания и другие необходимые сведения),

в) персонифицированными регистрами (содержащих информацию на прикрепленный или наблюдаемый контингент на основе формализованной истории болезни или амбулаторной карты),

г) скрининговыми системами (для проведения доврачебного профилактического осмотра населения, а также для выявления групп риска и больных, нуждающихся в помощи специалиста),

д) информационными системами лечебно-профилактического учреждения (основаны на объединении всех

информационных потоков в единую систему и обеспечивают автоматизацию различных видов деятельности учреждения),

е) информационными системами НИИ и медицинских вузов (решают 3 основные задачи: информатизацию технологического процесса обучения, научно-исследовательской работы и управленческой деятельности НИИ и вузов);

3) медицинские информационные системы территориального уровня. Представлены:

а) ИС территориального органа здравоохранения;

б) ИС для решения медико-технологических задач, обеспечивающие информационной поддержкой деятельность медицинских работников специализированных медицинских служб;

в) компьютерные телекоммуникационные медицинские сети, обеспечивающие создание единого информационного пространства на уровне региона;

4) республиканский уровень, предназначенный для информационной поддержки государственного уровня системы здравоохранения РУз.

Предмет медицинской информатики – информационные процессы, сопряженные с медико-биологическими, клиническими и профилактическими проблемами.

Объект изучения медицинской информатики – система охраны здоровья, ведущей частью которой является здравоохранение, и элементы системы по уровням управления и организации:

- государственный (региональный);
- территориальный (муниципальный, город, район);
- учрежденческий (ЛПУ, ЦСЭН, НИИ, ВУЗы и ГИДУВы, структуры ОМС, службы лекарственного обеспечения, медтехники и др.).

- индивидуальный.

Основной целью медицинской информатики является оптимизация информационных процессов в медицине за счет

использования компьютерных технологий, обеспечивающая повышение качества охраны здоровья населения.

## § 2.4. Предмет и задачи медицинской информатики

При выделении медицинской информатики в качестве самостоятельной области знаний используется несколько подходов. Делается акцент либо на общие позиции информатики, либо на специфику информационных процессов в медицине и в ее организационной части – здравоохранении, либо на роль информации и информатизации в решении проблем отрасли.

Один из ведущих разработчиков задач медицинской информатики Edward Shortliffe (1995) предложил весьма широкую трактовку медицинской информатики:

*«Медицинская информатика – это быстро развивающаяся область науки, которая ориентирована на биомедицинскую информацию, данные и знания, их хранение, передачу и оптимальное использование для решения проблем или принятия решений».*

*Медицинская информатика* является прикладной научной дисциплиной, задачей которой является внедрение современных информационных технологий в медицину и здравоохранение, разработка, на основе существующих информационных технологий новых информационных систем, приборов и технологий применительно к задачам здравоохранения.

*Медицинская информатика* тесно связана с фундаментальными и прикладными областями медицины и здравоохранения.

*Информационные технологии* – широкий класс дисциплин и областей деятельности, относящихся к технологиям управления и обработки данных, а также создания данных, в том числе, с применением вычислительной техники.

*Информация* объективна как материя, энергия, пространство и время. Любая информация имеет три аспекта:

- синтаксис - форма представления, кодирования информации;
- семантика - система знаний, заключенная в информации;
- прагматизм - использование информации в каких-либо целях.

Все три аспекта существуют в информации одновременно, однако в тот или иной момент времени на первый план выступает один из них.

Для хранения информации используется «*носитель*» информации – материальный объект, предназначенный для записи, хранения и передачи информации. Информация при этом представлена в виде системы кодов.

Количество информации измеряется в единицах измерения. Самой маленькой единицей является *бит – 0 или 1, один двоичный разряд*. Следующей единицей измерения является *байт = 8 бит*, восьмиразрядное двоичное слово.

Для измерения большого количества информации пользуются следующей таблицей.

Таблица 2.2.

Единицы измерения информации.

Наименование	Обозначение	Значение в байтах	
килобайт	1 Кб	$2^{10} \text{ b} =$	1 024 b
мегабайт	1 Мб	$2^{10} \text{ Кб} = 2^{20} \text{ Б}$	1 048 576 b
гигабайт	1 Гб	$2^{10} \text{ Мб} = 2^{30} \text{ б}$	1 073 741 824 b
терабайт	1 Тб	$2^{10} \text{ Гб} = 2^{40} \text{ б}$	1 099 511 627 776 b

Для определения количества информации  $N$ , необходимой для кодирования количества вариантов  $N$ , используется формула Хартли:

$$H = \log_2(N). \quad (2.1)$$

Например, для кодирования 8 различных состояний объекта необходимо 3 бита информации:

$$3 = \log_2(8). \quad (2.2)$$

Перевод чисел, букв текста и знаков препинания и различных символов в двоичный код, и наоборот, осуществляется с помощью кодировочных таблиц. Например, кодировочная таблица ASCII (табл. 2.3) выглядит так:

Таблица 2.2

Кодировочная таблица ASCII.

Код	Сим-вол										
32	пробел	48		64	@	80	P	96	'	112	p
33	!	49	0	65	A	81	Q	97	a	113	q
34	«	50	1	66	B	82	R	98	b	114	r
35	#	51	2	67	C	83	S	99	c	115	s
36	\$	52	3	68	D	84	T	100	d	116	t
37	%	53	4	69	E	85	U	101	e	117	u
38	&	54	5	70	F	86	V	102	f	118	v
39	'	55	6	71	G	87	W	103	g	119	w
40	(	56	7	72	H	88	X	104	h	120	x
41	)	57	8	73	I	89	Y	105	i	121	y
42	*	58	9	74	J	90	Z	106		122	z
43	+	59		75	K	91		107	k	123	{
44	,	60		76	L	92	\	108	l	124	
45	-	61	<	77	M	93	]	109	m	125	}
46		62	>	78	N	94	Л	110	n	126	~
47	/	63	?	79	O	95		111	o	127	DEL

Перевод десятичных кодов в двоичные, и наоборот, осуществляется с помощью специальных алгоритмов преобразования.

В таблице ASCII для кодирования одного символа используется 1 байт информации.

В настоящее время в системе Windows используется кодировочная таблица Unicode, в которой для кодирования одного символа используется 2 байта.

Графическая информация хранится и обрабатывается в компьютере в виде двоичных кодов. Изображение на экране монитора состоит из совокупности элементарных точек, каждая из которых имеет определенный цвет. Такая точка называется пиксель. Главная особенность такого изображения в том, что при достаточно большом увеличении оно превращается в мозаику, состоящую из прямоугольников, так как более мелких элементов в изображении нет.



*Рис. 2.1. Растровая структура изображения на экране монитора.*

Качество изображения на экране монитора зависит от разрешения экрана – количества точек по горизонтали и вертикали, и от количества цветовых оттенков для каждой точки.

Для кодирования звука в виде двоичных кодов используется его двойное преобразование, сначала с помощью микрофона в электрический аналоговый сигнал, а затем с помощью аналого-цифрового преобразователя в двоичный код. Для воспроизведения звука используется обратное преобразование: сначала с помощью цифро-аналогового преобразователя код преобразуется в электрический сигнал, а затем с помощью колонок – в звук.

Видеоизображение состоит из сменяющих друг друга кадров, частота их смены в телевидении 24 кадра в секунду, а в вычислительной технике 60 и более. Поскольку при таком отображении информации требуется высокое быстродействие, то для работы с видеоизображением нужно использовать или быстродействующие процессоры, или специализированные видеокарты.

Работа на компьютере связанная с хранением, обработкой и использованием графической, аудио- и видео-информацией называется мультимедиа.

## § 2.5. Место медицинской информатики в здравоохранении

Информатика как самостоятельная наука появилась в конце XX в. Хотя, как удачно заметил Г.А.Хай (2007), информатика существовала с момента возникновения человеческого общества, но не имела этого наименования (Врач и информационные технологии. - 2007. — № 6. - С. 12). Слово «информатика» - комбинация из двух других – информация и автоматика.

В то же время, в клинической деятельности все больше ситуаций, в которых врач обязан действовать строго заданным образом, в соответствии со стандартами оказания медицинской помощи и регламентирующими документами, и количество таких ситуаций в будущем будет увеличиваться. Хотя это не исключает «включения» механизмов интуиции, основанной на знаниях, как результате большого опыта.

Лечебно-диагностический процесс сопровождается сложно-организованными и объемными информационными потоками: сообщениями о состоянии пациента, результатах проведенных ему исследований, проводимом и запланированном лечении. Все данные должны нужным образом оформляться и вовремя попадать по назначению.

Наряду с чисто клиническими вопросами, связанными с лечением конкретного человека, огромный интерес представляют вопросы организации адекватного оказания медицинской помощи населению. Их значение для жизни общества трудно переоценить.

Итак, информационные процессы в разных областях деятельности похожи, но многие аспекты зависят от предметной области.

*Специфика информационных процессов* в деятельности медицинских работников способствовала бурному развитию медицинской информатики. Нельзя сбрасывать со счетов и естественный интерес общества к медицине, и желание улучшить качество медицинской помощи с использованием новых технологий.

В настоящее время *медицинская информатика признана как самостоятельная наука, имеющая свои предмет и объект изучения и занимающая свое место среди других наук.*

Определений медицинской информатики как науки (или научной дисциплины) в настоящее время существует довольно много.

*Американский ученый Э.Шортлифф (1995)* указывает, что медицинская информатика ориентирована на биомедицинскую информацию, данные и знания, их хранение, передачу и оптимальное использование для решения проблем или принятия решений.

*По мнению Д.Д.Венедиктова (1997)* медицинская информатика способствует расширению горизонтов и возможностей познания, профилактики и лечения болезней, охраны и улучшения здоровья человека.

В. Г. Кудрина в учебном пособии «Медицинская информатика» (1999) писала, что медицинская информатика – это научная дисциплина, представляющая собой систему знаний об информационных процессах в медицине, здравоохранении и смежных дисциплинах, обосновывающая и определяющая способы и средства рациональной организации и использования информационных ресурсов в целях охраны здоровья населения.

По мнению В.Я.Гельмана (2001) медицинская информатика представляет собой прикладную медико-техническую науку – результат «перекрестного взаимодействия» медицины и информатики.

По мнению авторов настоящего учебника *медицинская информатика – это наука об обработке, преобразовании, хранении, передаче и представлении информации в области здравоохранения на основе использования информационно-коммуникационных технологий.*

Медицинская информатика рассматривает медицинские приложения информационных технологий и использование как универсальных, так и специальных средств и систем, причем в настоящее время упор делается на последние.

Методы медицинской информатики необходимо применять (и они уже нередко используются) во всех областях медицины и здравоохранения. Они находят применение на этапах лечебно-диагностического процесса: диагностика – назначение лечения – прогнозирование (течения заболеваний и осложнений) – лечение – наблюдение.

Без медицинской информатики невозможна динамическая объективная оценка состояния здоровья населения и окружающей природной среды как на территориальном, так и федеральном уровнях, а значит, и принятие адекватных решений.

Планирование научных экспериментов, грамотная организация работы медицинских учреждений, объективная оценка их деятельности – все это должно осуществляться с

помощью медицинской информатики. Можно сказать, что вся клиническая медицина и здравоохранение «проросли» медицинской информатикой.

Всем, кто занимается медицинской информатикой, понятно, что именно эта научная дисциплина призвана сыграть главную роль в создании единого информационного пространства здравоохранения. Конечно, это потребует много времени и участия людей разных профессий. Решать такую задачу следует эволюционно, опираясь на уже имеющиеся системы, которые станут подсистемами и фрагментами будущего пространства. Интеграция фрагментов – не простая задача, но, предпосылки для ее решения уже есть – это получающиеся все большее распространение стандарты взаимодействия ИС и передачи данных.

Вопрос взаимоотношений между медицинской кибернетикой и медицинской информатикой сложный и неоднозначный. С одной стороны, в отечественном здравоохранении традиционно имел место приоритет управления и информация рассматривалась в контексте «информационного обеспечения», а с другой – всем управленческим процессам предшествуют информационные.

Медицинская информатика «выросла» из медицинской кибернетики. В настоящее время она шире по охвату проблем, и есть ученые, которые считают медицинскую кибернетику одной из областей медицинской информатики.

### Контрольные вопросы

1. Что такое «Информационная технология»?
2. Что включают в себя информационные ресурсы?
3. Какие виды информационных услуг существуют в медицине?
4. Какие существуют секторы рынка в информационных услугах?

5. Какие этапы включает в себя создание информационного продукта?

6. Какие деловые информационные услуги существуют в медицине?

7. Какова технология обработки первичных медицинских данных?

8. Какие существуют виды обработки медицинской информации?

## Тестовые вопросы

**1. Группа из восьми битов, рассматриваемая при хранении данных как единое целое называется...**

- 1) мегабайт
- 2) терабайт
- 3) килобайт
- 4) байт
- 5) гигабайт

**2. Последовательностью единиц измерения, указанной в порядке возрастания, являются**

- 1) гигабайт, килобайт, мегабайт, байт
- 2) гигабайт, мегабайт, килобайт, байт
- 3) мегабайт, килобайт, байт, гигабайт
- 4) байт, килобайт, мегабайт, гигабайт
- 5) байт, петабайт гигабайт килобайт, мегабайт,

**3. Нефрагментированным называется файл, который занимает:**

- 1) несмежные дорожки
- 2) разные диски
- 3) несмежные кластеры
- 4) разные цилиндры
- 5) смежные кластеры

**4. Минимальная единица измерения в компьютерах – это...**

- 1) бит
- 2) байт
- 3) мегабайт
- 4) гигабайт
- 5) терабайт

**5. В 8 байтах содержится**

- 1) 1 бит
- 2) 8 бит
- 3) 16 бит
- 4) 64 бит
- 5) 56 бит

**6. Байт – это:**

- 1) группа из 2 бит
- 2) группа из 8 бит
- 3) группа из 6 бит
- 4) группа из 16 бит
- 5) группа из 1024 бит

**7. Объемы памяти, расположенные в порядке убывания, это:**

- 1) 1 Кбайт, 1010 байт, 20 бит, 2 байта, 10 бит
- 2) 1010 байт, 1 Кбайт, 2 байта, 20 бит, 10 бит
- 3) 1010 байт, 1 Кбайт, 20 бит, 10 бит, 2 байта
- 4) 1010 байт, 2 байта, 1 Кбайт, 20 бит, 10 бит
- 5) 10 бит, 20 бит, 1 Кбайт, 2 байта, 1010 байт

**8. При форматировании дискеты или жесткого диска происходит:**

- 1) образование дорожек
- 2) записывается нулевое значение в соответствующие элементы FAT
- 3) переписывание фрагментированных файлов на новое место
- 4) образование кластеров
- 5) создание резервных копий файлов

**9. Система счисления - это:**

- 1) совокупность программных комплексов обеспечения правильной работы ЭВМ

2) система правил выполнения вычислений на компьютере

3) совокупность приемов наименования и записи чисел

4) группа из восьми бит

5) таблица умножения

**10. Программа и данные в памяти компьютера представлены:**

1) в шестнадцатеричной системе счисления

2) в двоичной системе счисления

3) четырехкратной системе счисления

4) в восьмеричной системе счисления

5) в десятичной системе счисления

**11. Системой счисления, в которой для записи чисел используются цифры от 0 до 9 и буквы от a до f, является**

1) восьмеричная

2) шестеричная

3) шестнадцатеричная

4) двоичная

5) десятичная

**12. Характерной чертой для эвм третьего поколения являются**

1) интегральные схемы

2) мини лампы

3) транзисторы

4) биочипы

5) кристаллы

**13. Наука, позволившая создать компьютеры четвертого поколения, это...**

1) микроэлектроника

2) микробиология

3) схемотехника

- 4) мультиинформатика
- 5) инженеринг

**14. Периферийные устройства выполняют функцию**

- 1) управление работой ЭВМ по заданной программе
- 2) хранение информации
- 3) ввод и вывод информации
- 4) обработку информации
- 5) удаление информации

**15. Для хранения больших объемов информации в компьютере предназначено**

- 1) видеокарта
- 2) мышь
- 3) процессор
- 4) винчестер
- 5) системная плата

**16. Основой компьютера является**

- 1) оперативная память
- 2) системная плата
- 3) клавиатура
- 4) CD-ROM
- 5) Мышь

**17. Для долговременного хранения информации служит:**

- 1) оперативная память
- 2) процессор
- 3) flash-карта
- 4) сканер
- 5) клавиатура

**18. Главным отличием хранения информации на внешних носителях от хранения информации в оперативной памяти заключается в...**

- 1) возможности хранения информации после отключения питания компьютера
- 2) объеме хранения информации
- 3) возможности парольной защиты информации
- 4) способах доступа к хранимой информации
- 5) возможности хранения информации только при наличии энергии

**19. Плоттер – это устройство для ...**

- 1) сканирования информации
- 2) печати графической информации
- 3) считывания графической информации
- 4) ввода графической информации
- 5) хранения больших объемов графической информации

**20. Устройство, служащее для хранения информации только во время работы компьютера, это -**

- 1) CD-ROM
- 2) винчестер
- 3) оперативная память
- 4) монитор
- 5) колонки

**21. Устройство ввода информации является**

- 1) монитор
- 2) процессор
- 3) мышь
- 4) принтер
- 5) колонки

**22. Устройство вывода на бумагу текстовой и графической информации называется**

- 1) принтер

- 2) клавиатура
- 3) монитор
- 4) графический планшет
- 5) диск

**23. Устройство для ввода текстовой и числовой информации:**

- 1) монитор
- 2) клавиатура
- 3) системный блок
- 4) дисковод
- 5) принтер

**24. Устройство вывода информации является:**

- 1) сканер
- 2) клавиатура
- 3) дигитайзер
- 4) плоттер
- 5) винчестер

**25. Основу современных компьютеров составляют:**

- 1) диоды
- 2) электрические лампы
- 3) полупроводники
- 4) катод
- 5) транзисторы

**26. Монитор компьютера, работающий на основе прикосновений пальцами...**

- 1) использует биометрический ввод
- 2) снимает показания о температуре пользователя
- 3) имеет сенсорный экран
- 4) увеличивает пропускную способность экрана
- 5) увеличивает цветопередачу экрана

**27. Модем служит для:**

- 1) печати графических файлов
- 2) копирования документов
- 3) соединения с интернетом
- 4) разделения файловой системы на сектора
- 5) отображения вводимой информации на мониторе

**28. Flash-карта позволяет:**

- 1) только считывать информацию
- 2) кратковременно хранить информацию во время работы компьютера
- 3) долговременно обеспечивать работу оперативной памяти
- 4) только хранить цифровое видео
- 5) использовать ее в портативных устройствах для хранения информации

**29. При выключении компьютера содержимое оперативной памяти:**

- 1) рассылается по локальной сети
- 2) очищается
- 3) архивируется
- 4) сохраняется до последующего включения
- 5) дублируется

**30. Разрядностью микропроцессора является...**

- 1) ширина шины адреса микропроцессора
- 2) количество бит, обрабатываемых микропроцессором за один такт работы
- 3) физический объем регистров микропроцессора
- 4) размер кэш-памяти
- 5) объем хранимой информации

## ГЛАВА 3.

### КАК УСТРОЕН КОМПЬЮТЕР

#### § 3.1. Общие сведения

#### § 3.2. Компьютер как средство обработки информации

#### § 3.3. Внешняя память компьютера. Основные типы носителей информации и их важнейшие характеристики

#### § 3.4. Медицинские приборно-компьютерные системы

#### § 3.1. Общие сведения

При рассмотрении данного раздела учебника следует учитывать два важных обстоятельства, накладывающих отпечаток на все его последующее содержание.

Первое. Прогресс в компьютерных технологиях необычайно стремителен. Производительность компьютеров возрастает, в среднем, на 10 % ежемесячно. При этом стоимость их снижается ежегодно на 25 – 30%. Полное обновление технологической базы компьютера происходит каждые 18 месяцев. Таким образом, сказанное о компьютерах сегодня, уже через короткое время, в значительной степени устаревает, становясь через 2 – 3 года вообще анахронизмом. Такова плата человечества за амортизацию компьютерных знаний. Еще в далеком 1982 году, американские ученые *Х.Лунг* и *А.Гупта* привели следующее яркое сравнение для иллюстрации прогресса в компьютерных технологиях: «Если бы за последние 25 лет авиационная промышленность развивалась столь же стремительно, как и вычислительная техника, то Боинг-767 можно было бы приобрести за 500 долларов и облететь на нем земной шар за 20 минут, израсходовав при этом всего 19 литров горючего». Естественно полагать, что в наше время этот прогресс еще более стремителен.

**Второе.** Любой компьютер, где бы он ни был изготовлен, является стопроцентным американским продуктом, и как таковой, он несет в себе идеологию, культуру и язык этой страны. За всю историю развития компьютерных технологий, никто, ни Европа, включая Россию, ни Азия, включая Японию, не внесли в нее ничего существенного. Как ни печален этот факт, но он таков, и его нельзя не учитывать. Конечно, компьютеры, в том числе медицинского назначения, собирают во многих странах, в частности в России. Однако, это в основном «отверточная технология», хотя и достаточно качественная. Важно другое: все программное обеспечение компьютеров, с помощью которого человек общается с ними, в большинстве случаев выполняется на английском языке (точнее – американском, а это не одно и то же).

Правда, существует достаточное число удачных русифицированных программных приложений, но они относятся главным образом к программам общего назначения, например текстовому редактору или элементарным графическим пакетам. Что же касается узкоспециализированных медицинских программ, особенно управляющих высокими медицинскими технологиями, то они русских вариантов, как правило, не имеют. В полной степени это относится и к медицинской радиологии. Из этого факта вытекает важное следствие: врач, если он хочет быть грамотным специалистом в области медицинской информатики, обязан знать основы английского языка. Без этого трудно полноценно использовать Интернет, предоставляющий врачу огромный массив информации. Однако успокоим читателя: отечественные программисты в настоящее время все чаще обращают свои взоры к медицине, вследствие чего рождаются отдельные достаточно привлекательные медицинские программные продукты. Из изложенного следует еще один важный вывод: компьютерный лексикон чрезвычайно насыщен английскими терминами, которые на русский язык обычно не переводятся и употребляются в исходной транскрипции.

Существует большое число видов компьютеров, различающихся сложностью устройства, функциональными возможностями и областью применения. По производительности и габаритам компьютеры условно можно разделить на КР-ЭВМ, мини-ЭВМ (мейнфрейм), супермини-ЭВМ, большие ЭВМ и супер-ЭОМ. Однако нужно отметить, что стоимость и производительность вычислительных машин всех перечисленных классов варьируют в широких пределах, а нередко по ряду показателей пересекаются между собою. Наибольшее значение для медицинской радиологии, как и для медицины в целом, имеют микро-ЭВМ. Их в свою очередь подразделяют на многопользовательские микро-ЭВМ, автоматизированные рабочие места, встроенные ЭВМ и персональные ЭВМ (персональный компьютер, или ПК).

У микро-ЭВМ в лучевой диагностике два назначения. Встроенные в диагностические аппараты микро-ЭВМ (специализированные ЭВМ) позволяют выполнять компьютеризованный сбор, хранение и обработку диагностической информации. В частности, такими машинами оснащены специальные аппараты для послойного исследования органов человека, рентгеновские и магнитно-резонансные компьютерные томографы, радионуклидные, ультразвуковые, а также некоторые другие диагностические аппараты. Архитектура этих ЭВМ строго определена заводом-изготовителем диагностического аппарата, их программы имеют узкоспециализированную направленность, и большинство из них прочно «защито» в память компьютера. Универсальные микро-ЭВМ предназначены для решения общих, текущих задач службы лучевой диагностики и лучевой терапии.

### § 3.2. Компьютер как средство обработки информации

Для информатики компьютер – это не только инструмент для работы с информацией, но и объект изучения. По своему назначению компьютер – универсальное техническое средство для работы человека с информацией.

По принципам устройства, компьютер – это модель человека, работающего с информацией.

Какие устройства входят в состав компьютера? Имеются четыре основные составляющие информационной функции человека:

1. прием (ввод) информации;
2. запоминание информации (сохранение в памяти);
3. процесс мышления (обработка информации);
4. передача (вывод) информации.

Компьютер включает в себя устройства, выполняющие эти функции мыслящего человека:

1. устройства ввода;
2. устройство запоминания – память;
3. устройство обработки информации – процессор;
4. устройства вывода.

**Принципы фон Неймана.** В 1946 году американским ученым Джоном фон Нейманом, Г.Голдстайном и А.Берксом были сформулированы основные принципы устройства и работы ЭВМ. Первый из этих принципов определяет состав устройств ЭВМ и способы их информационного взаимодействия. В последствие на основе этих принципов производились первые два поколения компьютеров. В более поздних поколениях происходили некоторые изменения, хотя принципы Неймана актуальны и сегодня.

***Структура внутренней памяти компьютера. Двоичная система счисления.*** Все устройства компьютера производят определенную работу с информацией (данными и программами). А как же представляется в компьютере сама информация? Для ответа на этот вопрос "заглянем" внутрь машинной памяти.

Для выполнения программ компьютер временно записывает программу и данные в основную память. Память образована интегральными микросхемами (или "чипами"), которые содержат тысячи электронных компонент. Подобно обычным лампочкам компоненты имеют только два возможных состояния: "включен" (равным 1) и "выключен"

(равным 0), с помощью которых комбинации компонентов эти могут представлять программу и данные. Компоненты основной памяти компьютера называют *битами*. Фактически бит унаследовал свое название от английского "BInary digiT" (двоичная цифра).

Восемь бит обеспечивают основу для двоичной арифметики и для представления символов в памяти компьютера. Восемь бит дают 256 различных комбинаций включенных и выключенных состояний: от "все выключены" (00000000) до "все включены" (11111111). По соглашению биты в байте пронумерованы от 0 до 7 справа налево, как это показано в таблице:

<i>Номера бит</i>	7	6	5	4	3	2	1	0
<i>Значения бит</i>	0	1	0	0	0	0	0	1

*Системой счисления* называется совокупность приемов наименования и записи чисел.

В любой системе счисления для представления чисел выбираются некоторые базовые символы (цифры), и все числа получаются в результате строго определенных операций над ними.

Примером системы счисления является привычная нам *десятичная система счисления*. Эта система использует десять базовых символов (цифр): 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Количество различных цифр, используемых для записи чисел в позиционной системе счисления, называется основанием системы счисления. Например, в записи 1909 цифра 9 повторена два раза, при этом первая слева цифра означает число сотен, а вторая – число единиц в числе в указанном числе. Само же число 1909 можно представить в виде многочлена по степеням основания:

Для представления и интерпретации данных в компьютере используется *система счисления с основанием два (двоичная система)*. Для записи двоичных чисел используют

ся только две цифры: 0 и 1. Сочетанием двоичных цифр (битов) можно представить любое число.

Для кодирования текстовой информации принят международный стандарт ASCII (American Standard Code for Information Interchange), в кодовой таблице (см. табл.2.2) которого зарезервировано 128 7-ми разрядных кодов для кодирования:

- символов латинского алфавита;
- цифр;
- знаков препинания;
- математических символов.

#### Поколения компьютеров

Появление ЭВМ или компьютеров – одна из существенных примет современной научно-технической революции. Широкое распространение компьютеров привело к тому, что все большее число людей стало знакомиться с основами вычислительной техники, а программирование постепенно превратилось в элемент культуры. В § 1.2 была дана краткая информация из истории компьютеров, а также про их поколений, что далее будет рассмотрено более подробно.

Поколение первое – компьютеры на электронных лампах.

Поколение второе – транзисторные компьютеры.

Первые компьютеры на основе транзисторов появились в конце 50-х годов

Поколение третье – интегральные схемы

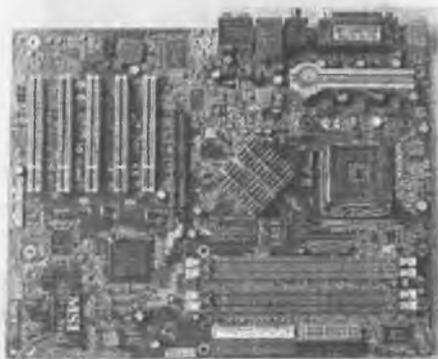
Поколение четвертое – большие интегральные схемы.

Поколение пятое – интеллектуальные компьютеры.

Архитектура современного персонального компьютера. Основные устройства компьютера, их назначение и взаимосвязь.

Общее представление о компьютере проще всего получить, последовательно раскрывая функциональное назначение тех или иных его аппаратных компонентов, обращая особое внимание на информационное взаимодействие компонентов компьютера.

Центральным устройством компьютера, устройством, которое выполняет программу по обработке данных, является процессор. Процессор может обрабатывать числовую, текстовую, графическую, видео и звуковую информацию. Все эти виды информации кодируются в последовательности электрических импульсов: есть импульс (1), нет импульса (0), т.е. в последовательности нулей и единиц.



Процессор, оперативная память, звуковая, сетевая, видеокарта и другие устройства компьютера устанавливаются на системной (материнской) плате. Обмен информацией между ними производится по внутренней магистрали, соединяющей все устройства компьютера. Здесь же имеются гнезда для подключения клавиатуры, мыши и других внешних устройств. Современные материнские платы, как правило, имеют встроенные видео- и звуковой выходы.



Процессор (микروпроцессор) – самая главная часть компьютера. Он руководит всей работой компьютера и осуществляет связь между остальными частями компьютера,

а также между компьютером и человеком. Нередко название компьютера ассоциируется с типом процессора, например Pentium.



Процессор выполнен в виде сверхбольшой интегральной схемы. Он содержит большое число электронных компонентов, размещенных на маленькой кремниевой пластинке. Их число достигает нескольких миллионов. Характеристиками микропроцессора служат тактовая частота и разрядность.

Вентилятор или кулер для компьютера или ноутбука, предназначен для охлаждения техники.



Продолжая рассматривать материнскую плату, можно обратить внимание и на радиатор с развитой поверхностью, установленный на северный мост чипсета (основа системной платы – это набор микросхем, определяющий основные характеристики системы). Радиатор увеличивает поверхность, соприкасающуюся с воздухом, за счет чего улучшается естественный теплоотвод.

Внутренняя (оперативная) память реализуется с помощью набора микросхем, установленных на материнской плате. Она предназначена для хранения программ и данных, с которыми процессор непосредственно работает.



При выключении питания компьютера стирается вся находящаяся в оперативной памяти информация. Чтобы сохранить результаты обработки надолго, следует воспользоваться каким-либо внешним запоминающим устройством.

Устройства ввода информации.

Клавиатура. Стандартным устройством ввода является клавиатура. Контроль вводимых данных осуществляется на экране монитора.

Манипуляторы. Манипуляторы осуществляют непосредственный ввод информации, указывая курсором на экране монитора команду или место ввода данных. Манипуляторы, как правило, подключаются к коммуникационному порту.



### Джойстик.



Джойстик представляет собой ручку управления и наиболее часто используется в компьютерных играх. Джойстики управляют перемещениями курсора по экрану.



Мышь. Мышь – наиболее распространенный вид манипулятора. Движение мыши отражается на экране монитора перемещением ее указателя. Отличительные черты мыши:

Трекбол. Трекбол (шаровой манипулятор) – это шар, расположенный на поверхности клавиатуры вместе с кнопками. Перемещение указателя по экрану обеспечивается вращением шара.

Трекбол достаточно широко используется в медицинских аппаратно-программных комплексах и диагностической аппаратуре. На снимке внизу показан аппарат для проведения ультразвуковой диагностики со встроенным в клавиатуру трекболом.



Сенсорные устройства ввода. Принцип ввода данных в сенсорных устройствах аналогичен принципу ввода в манипуляторах-координаторах.

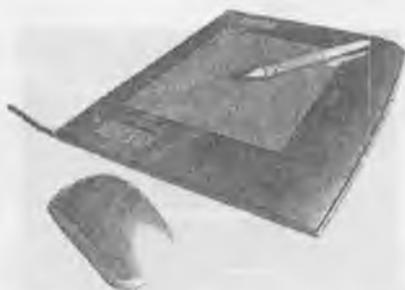
Сенсорный манипулятор. Сенсорный манипулятор – класс координатных устройств – представляет собой коврик без мыши. В данном случае управление курсором производится простым движением пальца по специальной пластинке – «коврику». Осуществляется полноэкранный управление курсором и разрешающая способность в 1000 точек на дюйм. Используется, в основном, в переносных компьютерах типа NoteBook.



Сенсорный экран. Сенсорный экран представляет собой поверхность, которая покрыта специальным слоем. Это устройство дает возможность выбирать действие или команду, дотрагиваясь до экрана пальцем. Такими устройствами ввода пользуются, например, в справочных системах вокзалов и аэропортов. На рисунке ниже показан сенсорный экран для управления работой аппарата искусственного кровообращения.



Световое перо. Световое перо имеет светочувствительный элемент на своем кончике. Соприкосновение пера с экраном замыкает фотоэлектрическую цепь и определяет место ввода или коррекции данных. Световое перо используется в различных системах проектирования и дизайна.



Графический планшет, дигитайзер. Графический планшет, дигитайзер, используется для ввода в компьютер чертежей или рисунков. Изображение преобразуется в цифровые данные, отсюда название устройства от английского слова *digit*, что означает – "цифра". Условия создания изображения приближены к реальным, достаточно специальным пером или пальцем сделать рисунок на специальной поверхности. Результаты работы дигитайзера воспроизводятся на

экране монитора и, в случае необходимости, могут быть распечатаны на бумаге. Дигитайзерами пользуются архитекторы, дизайнеры.

Устройства сканирования. Термин "сканирование" происходит от английского слова *to scan*, что означает "пристально всматриваться". Изображение преобразуется в цифровую форму для дальнейшей обработки компьютером или воспроизведение на экране монитора.

Сканер. Сканер распознает изображение, автоматически создает его электронную копию, которая может быть сохранена в памяти компьютера.

Отличительные черты сканеров. Сканеры находят широкое применение в издательской деятельности, системах проектирования, анимации, а также при создании иллюстративных материалов для презентаций, докладов, рекламы.



*Планишетный сканер*



*Лазерный 3D сканер*

### Устройства распознавания символов.

К устройствам распознавания символов относятся, например, терминалы больших универмагов. Они оснащены разнообразными устройствами считывания штрих-кодов, специальных символов и меток для определения условий приобретения товара. Считанная информация, после преобразования, позволяет однозначно идентифицировать товар и, затем, выводится на экран или бумажный чек.



Сканеры штрих-кодов используются в медицине для считывания информации о медикаментах, биологических пробах, партиях крови и кровезаменителей и т.д.



Устройства вывода информации. Устройства вывода преобразуют машинное представление информации в форму,

понимаемую человеком. К основным устройствам вывода относятся мониторы, принтеры, плоттеры, а также устройства вывода звуковой информации.

Мониторы. Монитор, или видеотерминал, предназначен для отображения символьной и графической информации.

Принтеры. Принтер предназначен для вывода данных на бумагу. Формирование изображения осуществляется головкой печатного устройства.



Матричные принтеры. Матричные принтеры относятся к ударным печатающим устройствам. Изображение формируется с помощью иголок, ударяющих по бумаге через красящую ленту. Матричные принтеры бывают 9- игольчатые, 18- и 24- игольчатые.



Струйные принтеры. Струйные принтеры относятся к безударным устройствам, т.к. головка печатающего устройства не касается бумаги. Для получения изображения используют чернила.



Лазерные принтеры. Лазерные принтеры для формирования изображения используют лазерный луч. С помощью систем линз тонкий луч лазера формирует скрытое электронное изображение на светочувствительном барабане. К заряженным участкам электронного изображения притягиваются частички порошка-красителя, который затем переносится на бумагу.

Плоттеры. Плоттеры предназначены для вывода графической информации, создания схем и т.д. Плоттеры используются для производства высококачественной, цветной документации. К основным характеристикам плоттеров относятся скорость вычерчивания, скорость вывода, разрешающая способность.

### § 3.3. Внешняя память компьютера.

#### Основные типы носителей информации и их важнейшие характеристики

Основное назначение внешней памяти компьютера – долговременное хранение большого количества различных файлов (программ, данных и т.д.). Устройство, которое обеспечивает запись/считывание информации, называется *накопителем*, а хранится информация на *носителях*. Выделяют накопители следующих типов:

- накопители на гибких магнитных дисках (НГМД) двух различных типов, рассчитанные на диски диаметром 5,25" (емкость 1,2 Мб) и диски диаметром 3,5" (емкость 1,44 Мб);

- накопители на жестких магнитных дисках (НЖМД) информационной емкостью от 1 Гб;
- накопители CD-ROM для CD-ROM-дисков емкостью 640... 700 Мб;
- накопители DVD-RW для DVD-дисков емкостью 4,7 ... 16 Гб;
- Флеш память или USB Flash накопители емкостью от 256 Мб до 128 Гб основанная на твердом теле, энергонезависимая, перезаписываемая память, которая работает одновременно подобно оперативной памяти и НЖМД;
- внешние жесткие диски емкостью от 30 Гб.

#### Мультимедийный компьютер.

Термин мультимедиа (от английского слова multimedia), можно перевести как многие среды (от multi – много и media – среда). Мультимедийная технология позволяет интегрировать различные виды представления и обработки информации.

Мультимедийный компьютер – это компьютер с мощным процессором (класса Pentium), большой оперативной памятью (более 128 Мбайт) и жестким диском (более 10 Гбайт), имеющий звуковую карту с микрофоном и колонками, а также CD-дисковод. Желательно подключение сканера и цветного струйного принтера.

#### Интерфейс. Интерфейсы информационных систем.

Взаимодействие компонентов информационных систем, а также взаимодействие информационных систем с внешними по отношению к ним объектами (пользователями, программами, устройствами) осуществляется при помощи интерфейсов.

В информатике термин «Интерфейс» (от англ. Interface – поверхность раздела, перегородка), в зависимости от контекста, используется для обозначения как конкретных объектов (устройств), так и правил и принципов взаимодействия между ними.

Наличие интерфейса обеспечивает ввод-вывод данных, т.е. информационный обмен на пользовательском, аппаратно-программном и программном уровнях.

Выделяют следующие виды интерфейсов:

- Интерфейс пользователя;
- Интерфейс командной строки;
- Графический интерфейс;
- Аппаратно-программные интерфейсы;
- Параллельный и последовательный интерфейсы;
- Внешние интерфейсы;
- Интерфейсы RJ45 и RJ11;
- Интерфейс PCMCIA;
- Интерфейс USB;
- Интерфейс PS/2;
- Интерфейсы для обмена видеоданными;
- Интерфейс VGA;
- Звуковые интерфейсы;
- Внутренние интерфейсы персонального компьютера;
- Программные интерфейсы информационных систем.

### **§ 3.4. Медицинские приборно-компьютерные системы**

Важной разновидностью специализированных медицинских информационных систем являются медицинские приборно-компьютерные системы (МПКС).

В настоящее время одним из направлений информатизации медицины является компьютеризация медицинской аппаратуры. Использование компьютера в сочетании с измерительной и управляющей техникой в медицинской практике позволило создать новые эффективные средства для обеспечения автоматизированного сбора информации о состоянии больного, ее обработки в реальном масштабе времени и управление ее состоянием. Этот процесс привел к созданию МПКС, которые подняли на новый качественный уровень инструментальные методы исследования и интен-

сивную терапию. МПКС относятся к медицинским информационным системам базового уровня.

Основное отличие систем этого класса – работа в условиях непосредственного контакта с объектом исследования и в реальном режиме времени. Они представляют собой сложные программно-аппаратные комплексы. Для работы МПКС помимо вычислительной техники, необходимы специальные медицинские приборы, оборудование, телетехника, средства связи.

Типичными представителями МПКС являются медицинские системы мониторинга за состоянием больных, например, при проведении сложных операций; системы компьютерного анализа данных томографии, ультразвуковой диагностики, радиографии; системы автоматизированного анализа данных микробиологических и вирусологических исследований, анализа клеток и тканей человека.

В МПКС можно выделить три основные составляющие: медицинское, аппаратное и программное обеспечение.

Применительно к МПКС медицинское обеспечение включает в себя способы реализации выбранного круга медицинских задач, решаемых в соответствии с возможностями аппаратной и программной частей системы. К медицинскому обеспечению относятся наборы используемых методик, измеряемых физиологических параметров и методов их измерения, определение способов и допустимых границ воздействия системы на пациента.

Под аппаратным обеспечением понимают способы реализации технической части системы, включающей средства получения медико-биологической информации, средства осуществления лечебных воздействий и средства вычислительной техники.

К программному обеспечению относят математические методы обработки медико-биологической информации, алгоритмы и собственно программы, реализующие функционирование всей системы.

## Контрольные вопросы

1. *Что такое компьютер?*
2. *Как устроен компьютер?*
3. *На каких принципах построены компьютеры?*
4. *Что такое команда?*
5. *Как выполняется команда?*
6. *Что такое архитектура и структура компьютера?*
7. *Что такое центральный процессор?*
8. *Как устроена память?*
9. *Какие устройства образуют внутреннюю память?*

## Тестовые вопросы

**1. От внедрения комплексной медицинской информационной системы врач-терапевт может получить полезный эффект**

- 1) простота и оперативность мониторинга показателей эффективности деятельности ЛПУ
- 2) оперативный доступ к полной информации о пациенте в электронном виде
- 3) упрощение сдачи отчетности в органы управления здравоохранением и фонд ОМС
- 4) упрощение персонифицированного учета изделий медицинского назначения
- 5) упрощение процедуры расчета стоимости медицинской услуги

**2. От внедрения комплексной медицинской информационной системы руководитель медицинского учреждения:**

- 1) простота и оперативность мониторинга показателей эффективности деятельности ЛПУ
- 2) упрощение сдачи отчетности в органы управления здравоохранением и фонд ОМС
- 3) упрощение персонифицированного учета изделий медицинского назначения
- 4) упрощение процедуры расчета стоимости медицинской услуги
- 5) все вышеперечисленное

**3. Оперативную работу по поддержке работоспособности мис в медицинском учреждении, как правило, осуществляет**

- 1) администрация медучреждения
- 2) информационная служба
- 3) врач - медицинский статистик
- 4) лечащие врачи
- 5) специалисты компании – поставщика МИС

**4. Программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида**

- 1) Автоматизированное рабочее место
- 2) Медицинская информационная система
- 3) Автоматизированное программное обеспечение
- 4) Автоматизированный комплекс
- 5) Медицинский программно-технический комплекс

**5. Аппаратно-программные армы (автоматизированное рабочее место) и комплексы применяются, в основном:**

- 1) В операционной медицине
- 2) В исследовательской работе
- 3) В диагностической медицине
- 4) В научной работе
- 5) В области статистических расчетов

**6. Информационные системы структурных подразделений медицинских учреждений обеспечивают:**

- 1) Информационное обеспечение принятия решений в профессиональной деятельности врачей разных специальностей
- 2) Решение задач отдельного подразделения медицинского учреждения в рамках задач учреждения в целом
- 3) Поиск и выдачу медицинской информации по запросу пользователя
- 4) Диагностику патологических состояний и выработку рекомендаций по способам лечения при заболеваниях различного профиля
- 5) Проведение консультативно — диагностических обследований пациентов

**7. К задачам медицинских информационных системы (мис) уровня структурного подразделения относятся:**

- 1) Логистика

2) Формирование реестров за оказанную поликлиническую и стационарную помощь

3) Поиск и выдача медицинской информации по запросу пользователя

4) Диагностика патологических состояний и выработка рекомендаций по способам лечения

5) Информационная поддержка деятельности врача соответствующей специальности

#### **8. К задачам медицинских информационных системы (мис) уровня структурного подразделения относятся:**

1) Организация работы структурного подразделения

2) Формирование реестров за оказанную поликлиническую и стационарную помощь

3) Поиск и выдача медицинской информации по запросу пользователя

4) Диагностика патологических состояний и выработка рекомендаций по способам лечения

#### **9. Персоналицированные регистры**

1) Содержат информацию об определенных контингентах больных

2) Содержат справочную информацию

3) Содержат информацию по стандартизации

4) Созданы для обработки всевозможной статистической информации

5) Позволяют учитывать нагрузку мед. Персонала

#### **10. Региональные информационно-аналитические системы предназначены для:**

1) Формирования всей необходимой медико-статистической отчетности

2) Организации и анализа работы специалистов поликлиники

3) Организации работы, контроля и управления всего медицинского учреждения

4) Информационного обеспечения принятия решений в профессиональной деятельности врачей разных специальностей

5) Преобразования глобальных целей государственного уровня в конкретные задачи органов и учреждений здравоохранения

**11. Функции интегратора в области информационных технологий для системы здравоохранения красноярского края исполняет:**

1) Институт вычислительного моделирования СО РАН

2) Департамента здравоохранения Красноярска

3) Краевой медицинский информационно-аналитический центр (КМИАЦ)

4) Научно-исследовательская лаборатория медицинской кибернетики

5) Научно-исследовательская лаборатория медицинской электроники

**12. Сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления:**

1) информация

2) информационные технологии

3) информационная система

4) информационно-телекоммуникационная сеть

5) обладатель информации

**13. Процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов:**

1) информация

2) информационные технологии

3) информационная система

4) информационно-телекоммуникационная сеть

5) обладатель информации

**14. Лицо, самостоятельно создавшее информацию либо получившее на основании закона или договора право разрешать или ограничивать доступ к информации:**

- 1) источник информации
- 2) потребитель информации
- 3) уничтожитель информации
- 4) носитель информации
- 5) обладатель информации

**15. Технологическая система, предназначенная для передачи по линиям связи информации, доступ к которой осуществляется с использованием средств вычислительной техники это:**

- 1) база данных
- 2) информационная технология
- 3) информационная система
- 4) информационно-телекоммуникационная сеть
- 5) медицинская информационная система

**16. Обязательное для выполнения лицом, получившим доступ к определенной информации, требование не передавать такую информацию третьим лицам без согласия ее обладателя это:**

- 1) электронное сообщение
- 2) распространение информации
- 3) предоставление информации
- 4) конфиденциальность информации
- 5) доступ к информации

**17. Действия, направленные на получение информации неопределенным кругом лиц или передачу информации неопределенному кругу лиц это:**

- 1) уничтожение информации
- 2) распространение информации
- 3) предоставление информации
- 4) конфиденциальность информации

5) доступ к информации

**18. Возможность получения информации и ее использования это:**

- 1) сохранение информации
- 2) распространение информации
- 3) предоставление информации
- 4) конфиденциальность информации
- 5) доступ к информации

**19. Действия, в результате которых невозможно определить принадлежность персональных данных конкретному субъекту персональных данных:**

- 1) выделение персональных данных
- 2) обеспечение безопасности персональных данных
- 3) деаутентификация
- 4) деавторизация
- 5) деперсонификация

## ГЛАВА 4.

### ПРИНЦИПЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗ ДАННЫХ

§ 4.1. Особенности компьютерного анализа данных

§ 4.2. Современная технология анализа данных

§ 4.3. Программные средства анализа данных

§ 4.4. Общие принципы использования Microsoft Word

§ 4.5. Основные принципы создания комплексных документов, содержащих списки и таблицы

§ 4.6. Программное обеспечение компьютера.

Сервисное программное обеспечение компьютера

§ 4.7. Файловая система. Имена файлов и правила их написания. Типы файлов. Ассоциация файлов с программными средствами

§ 4.8. Правило образования имени

§ 4.9. "Горячие" клавиши в Windows и приложениях

#### § 4.1. Особенности компьютерного анализа данных

В основе обработки и анализа данных лежат математические методы, которые в большинстве своем являются неизменными уже в течение многих десятилетий. Соответственно неизменны и общие принципы и последовательность действий при обработке данных. Однако технология обработки данных меняется, и существенно. В первую очередь, это связано с совершенствованием технических средств проведения вычислений (листок бумаги, логарифмическая линейка, калькулятор, компьютер).

Компьютерный анализ медицинских данных предполагает некоторое математическое преобразование данных с помощью определенных программных средств. Необходимо

иметь представление, как о математических методах обработки данных, так и о соответствующих программных средствах.

Как уже отмечалось, математические, статистические методы, реально применяемые на практике, за последние 30 лет существенно не изменились. Однако, благодаря использованию компьютеров, значительно расширился круг применяемых методов, и, соответственно, возникла необходимость в овладении основами этих методов медицинскими работниками.

Напротив, соответствующее программное обеспечение за это время изменилось очень сильно. Средства обработки данных появились одновременно с первыми вычислительными машинами – раньше операционных систем, редакторов электронных таблиц. Со сменой поколений ЭВМ и даже чаще менялись поколения программных средств обработки данных, И, если возможности первых ЭВМ по анализу данных не превосходили возможности современных средних калькуляторов, то в 70-е годы появились пакеты, содержащие практически все те математические методы обработки, которые включены и в современные пакеты (88P, ВМОР и др.). Дальнейшее развитие пакетов обработки данных шло по пути совершенствования технологии обработки и анализа данных (см. табл.4.1).

*Таблица 4.1.*

*Хронология развития пакетов анализа данных.*

<i>Годы</i>	<i>Основные пакеты анализа данных</i>	<i>Типы ЭВМ</i>	<i>Операционные системы</i>
1970-1985	SSP, BMDP, SAS, SPSS, различные библиотеки	EC, CM	
1985-1995	Statgraphics, STATA, SPSS, SAS, Systat	IBM PC	DOS
1995-....	Statgraphics, SPSS, SAS, STATISTICA...	Pentium...	Windows...

## § 4.2. Современная технология анализа данных

Совершенствование технических средств приводит к изменению относительной трудоемкости различных этапов процесса обработки анализа, что также ведет к изменению технологии обработки данных вообще, и медицинских, в частности. В те сравнительно недавние времена, когда обработка данных осуществлялась вручную, самым трудоемким процессом был этап собственно статистических вычислений, расчетов по различным формулам. На этом этапе было сосредоточено внимание специалистов, предлагались различные упрощенные варианты расчетов, более простые методы, специально приспособленные для ручного счета и т. д.

Затем, с появлением первых компьютерных пакетов, технология основывалась на принципе командной строки и требовала довольно приличных знаний статистики и владения компьютером на уровне программиста.

Далее развитие пошло по пути использования меню и готовых процедур, что резко снизило требования как к знанию статистики, так и к владению компьютером.

И, наконец, в последнее время продолжилось улучшение интерфейса с пользователем, активнее используется графический подход, важное значение приобретает визуализация данных, что еще больше облегчает обработку данных неспециалисту.

В настоящее время, благодаря использованию компьютеров, вычислительный этап стал наименее трудоемким. Облегчились и другие этапы обработки данных. На первое место, по относительной трудоемкости, вышли другие этапы: освоение статистического пакета, этап подготовки данных к анализу, этап предварительного анализа данных и этап интерпретации результатов. Все в целом привело к изменению технологии обработки и анализа данных. При этом для применения основных методов обработки данных от исполнителя требуется лишь выполнение определенных статистических правил и грамотное использование пакета.

Врачу не нужно углубляться в сложность математических определений, а следует понять, для чего и как эти методы используются. Реализации такого подхода и будет посвящено дальнейшее изложение.

На практике для врача, в настоящее время, обработка и анализ данных сводится к решению следующих задач:

1) получение представления об основных статистических методах;

2) освоение пакета;

3) собственно анализ данных.

Собственно анализ данных с использованием статистического пакета (работа с пакетом, собственно технология анализа данных) включает следующие разделы:

1. Планирование исследования.

2. Подготовка данных к анализу.

3. Предварительный (разведочный) анализ данных.

4. Выбор метода анализа и его реализация.

5. Интерпретация результатов.

6. Представление результатов.

Планирование исследования. Наиболее предпочтительным случаем является такой, когда еще до проведения исследования уже существует определенная ясность о предполагаемых к использованию в дальнейшем методах обработки данных. В этом случае обычно удается спланировать исследование с учетом последующей обработки данных и избежать ситуаций, когда оказывается, что какие-то наблюдения были лишними, а каких-то не хватает для реализации выбранных методов анализа.

К сожалению, на практике на начальных этапах исследования часто еще нет полной ясности о методах обработки результатов исследований. Поэтому, следует представлять себе наиболее часто используемые методы обработки медицинских данных и требования к исходному материалу, предъявляемые ими. Для первоначального выбора метода обработки может быть использована таблица.

*Подготовка данных к анализу* – это крайне важный, зачастую недооцениваемый этап работы. Обычно он включает: ввод данных, предварительное преобразование данных, визуализацию данных с целью формирования представления об исследуемом материале. В настоящее время практически отпадает необходимость в предварительных структурировании, построении необходимых выборок, ранжировании и т. д. Все эти задачи в современных пакетах автоматизированы и выполняются непосредственно при реализации выбранного метода анализа. На этом этапе остаются только необходимые преобразования данных и их визуализация, которые тоже существенно облегчены.

Важное значение приобретает предварительный анализ данных (или разведочный анализ данных). На этом этапе формируются представления о типе анализируемых данных, когда выясняется структура, определяются зависимости между данными, производится их группировка и, если это не было ясно с самого начала, осуществляется предварительный выбор методов анализа. В простейших случаях обработка данных может ограничиваться этапом предварительного анализа.

Выбор и реализация метода анализа в связи с многообразием методов может оказаться нетривиальной задачей. Однако в современных пакетах введенные данные достаточно просто обработать с использованием различных процедур, а затем можно выбрать метод, дающий наилучшие результаты.

Интерпретация результатов анализа часто вызывает затруднения у исследователей-медиков в связи с ограниченностью знаний в области статистики. Поэтому, к этому этапу следует относиться особенно внимательно и, по возможности, быть предельно точными в следовании указаниям руководств. Это же относится и к практическим рекомендациям и выводам, которые делаются на основе результатов статистического анализа.

Представление результатов является одним из важнейших компонентов качества применения статистических

методов. Поэтому полнота и уровень описания как самого анализа, так и его результатов, наглядность их представления не должны снижать общий уровень выполненной работы, что особенно важно при оформлении диссертаций.

### § 4.3. Программные средства анализа данных

Важное значение имеет также программное средство (статистический пакет), которое используется при компьютерном анализе. Поскольку освоение пакета является, пожалуй, самым трудоемким этапом современной технологии обработки и анализа данных, обычно осваивается только один пакет и надолго.

Для обработки данных и, в частности, медицинских обычно используют два типа программных средств. Это пакеты обработки данных и электронные таблицы.

Пакеты обработки данных. Число пакетов для обработки данных, получивших распространение в Узбекистане, достигает нескольких десятков. Из зарубежных пакетов это SYSTAT, STATGRAPHICS, BMDP, SPSS, SAS, CSS, Statistica и др. Из отечественных – можно назвать такие пакеты, как STADIA, ЭВРИСТА, МЕЗОЗАВР, САНИ, КЛАСС-МАСТЕР СИГАМД (DataScore) и др. (Таблица 4.2).

Основную часть имеющихся пакетов для обработки данных можно отнести к трем категориям: *специализированные пакеты, пакеты общего назначения и профессиональные пакеты.*

Специализированные пакеты обычно содержат методы из одного-двух разделов статистики или методы, используемые в конкретной предметной области.

Пакеты общего назначения или универсальные. Благодаря отсутствию ориентации на специфическую предметную область, широкому диапазону статистических методов, дружелюбному интерфейсу пользователя они являются наиболее удобными для начинающего пользователя. При этом хотя в обработке медицинских данных и присутствуют

специфические особенности, практически все медицинские задачи могут быть решены с помощью универсальных пакетов.

Таблица 4.2.  
*Классификация статистических пакетов*

Типы	Отечественные	Зарубежные	Стоимость, \$
Профессиональные	Нет	SAS, BMDP	2000 – 10000
Универсальные	STADIA, Olimp	Statgraphics, SPSS, S-PLUS, STATISTICA	500 – 5000
Специализированные	Mesosaur, DataScope, Класс-Мастер, Эвриста, САНИ	Большое количество	200 - 1500

Профессиональные пакеты предназначены для пользователей имеющих дело со сверхбольшими объемами данных или узкоспециализированными методами анализа.

Кратко рассмотрим основные пакеты обработки данных.

*Пакеты STATGRAPHICS, STADIA, SYSTAT, SPSS, Statistica*, являются универсальными пакетами, содержащими большинство стандартных статистических методов. *Пакеты SYSTAT, SPSS* переведены на персональные компьютеры с больших ЭВМ, предыдущих поколений, поэтому, наряду с представительным набором тщательно реализованных вычислительных методов, они сохраняют некоторые архаические элементы. *Пакеты Statistica, STADIA, STATGRAPHICS* исходно разработаны для ПЭВМ, а поэтому проще в обращении. Эти пакеты содержат, вероятно, наибольшее количество методов статистического анализа.

*Пакеты ЭВРИСТА и МЕЗОЗАВР* являются специализированными пакетами, предназначенными для анализа временных рядов и регрессионного анализа.

*Пакет КЛАСС-МАСТЕР* предназначен для кластерного анализа данных.

*Пакет САНИ* предназначен для анализа и визуализации разнотипных данных, в основном, нечисловой природы.

Отдельную *группу специализированных пакетов* составляют пакеты, предназначенные для решения задач *медицинской статистики*. Примером таких программных средств являются пакеты *Epi info, PEPI, I Bayezs*, служащие для статистической обработки эпидемиологических данных.

Практически все статистические пакеты обеспечивают широкий набор средств визуализации данных: построение графиков, двух- и трехмерных диаграмм, а часто и различные средства деловой графики.

Для *обработки медико-биологической информации* обычно используют универсальные пакеты программ обработки данных, такие как *STATGRAPHICS, STADIA, SYSTAT, SPSS, Statistica* и другие.

Электронные таблицы или табличные процессоры менее удобны для анализа медицинских данных. Тем не менее, простейшая статистическая обработка данных в диссертационных работах часто проводится именно с помощью электронных таблиц вследствие их широкой распространенности.

Электронные таблицы предназначены, в основном, для организации относительно несложных расчетов с большим количеством идентичных данных, например, бухгалтерских расчетов.

Все распространенные электронные таблицы позволяют вычислять значения элементов таблиц по заданным формулам, строить по данным в таблице различные графики и т. д. Многие из них предоставляют и дополнительные возможности. Некоторые из них расширяют возможности по

обработке данных – трехмерные таблицы, связь с базами данных и т.д.

*Наиболее популярные электронные таблицы Suprecalc, Quatro PRO, Lotus 1-2-3, Excel* и другие по мере развития стали оснащаться средствами статистической обработки данных. И, хотя даже самые мощные из них (Excel) существенно уступают специализированным пакетам обработки данных, тем не менее, в такие пакеты включены наиболее часто используемые статистические процедуры: средства описательной статистики, методы регрессионного анализа, средства анализа временных рядов, сглаживания и прогнозирования.

*Сравнительные характеристики основных пакетов для обработки и анализа данных.* Рассмотрим подробнее сравнительные характеристики наиболее распространенных пакетов, используемых для обработки и анализа данных: *STATGRAPHICS, SPSS, Statistica* и *Excel*.

*Пакет Statistica* специально создавался для работы в среде Windows. Отличается наиболее развитым интерфейсом с пользователями; богатыми графическими возможностями.

*Пакет STATGRAPHICS* разрабатывался для работы в среде DOS, а затем был адаптирован к операционным системам Windows и Unix. По своим характеристикам пакет занимает промежуточное положение между SPSS и Statistika.

*Электронная таблица. Excel* включена в рассмотрение ввиду широкого распространения при простейшем статистическом анализе данных. Важным преимуществом пакета Excel является его русифицированность. Поэтому, в частности, пакет Excel может быть также использован и при оформлении результатов работы.

Заметим, что в настоящее время появляются новые версии рассматриваемых пакетов.

Цифры 1–4 в таблице отражают, экспертную оценку автора, преимуществ одного пакета перед другими (1 – высшая степень).

Таблица 4.3

*Сравнительные характеристики основных  
статистических пакетов*

<i>Характеристика</i>	<i>Statgraphics Plus</i>	<i>SPSS</i>	<i>Statistica</i>	<i>Excel</i>
Фирма	Manugistics	SPSS	StatSoft	Microsoft
Версия	2,2	7,0	5,0	2000
Год разработки	1996	1995	1995	1999
Год 1 версии	1983	1975	1990	
Объем пакета МБ	14,5	26,3	16,3	
Доступность	4	3	2	1
Русифицирован- ность	-	-	-/+	+
Число процедур	>250	>250	>250	19
Простота освоения	3	2	4	1
Литература	+	-	+	+
Обучение	-	-	+	+
Знание статистики	1	2	4	3
Удобство работы	2	1	3	4
Визуализация	2	3	1	4
Подготовка к анализу	3	1	4	2
Предварительный анализ	2	3	1	4
Интерпретация результатов	+	-	-	-
Ясность результатов	1	2	4	3

Учитывая, что наиболее простым по освоению является электронная таблицы Excel, далее будут рассмотрены методы обработки медицинских данных с использованием этого пакета, а методы непараметрической статистики с использованием пакета Statistica.

#### § 4.4. Общие принципы использования Microsoft Word

Каждый врач ежедневно сталкивается с необходимостью подготовки различных текстовых документов: историй болезни, справок, служебных записок, отчетов, статей и т.д. В последние годы для решения подобных задач все чаще используются компьютерные технологии. Это значительно облегчает, упрощает и ускоряет работу врача с документами, позволяет ему рационально использовать рабочее время и, в итоге, повышает эффективность его лечебно-профилактической деятельности.

Программы, предназначенные для обработки текстовых документов, называются текстовыми редакторами. Наиболее распространенным из них является Microsoft Word. Он обладает широкими возможностями не только для создания, редактирования и форматирования текста, но и для включения в него графических и иных объектов. В связи с этим Microsoft Word правильнее называть многофункциональным текстовым процессором.

В создании любого текстового документа можно выделить следующие действия:

- Создание документа;
- Набор текста;
- Редактирование;
- Форматирование;
- Сохранение окончательного варианта документа;
- Печать.

Важно придерживаться указанной последовательности действий. Часто, при работе над документом, неопытные пользователи пытаются совместить набор текста с его форматированием. Это плохая привычка, приводящая к неоправданному усложнению работы и снижению качества получаемого документа. При наборе текста необходимо только разделять абзацы (в Microsoft Word новый абзац создается нажатием клавиши «Enter», а перенос на

следующую строку внутри абзаца происходит автоматически) и соответствующим образом набирать прописные буквы.

Приступать к форматированию следует только после завершения набора и редактирования всего текста. Основными элементами форматирования являются установка параметров страницы, шрифта и абзаца.

К важнейшим параметрам страницы относятся размер бумаги, ориентация страницы (книжная или альбомная) и поля. Большинство документов требует бумаги формата А4 (210х297 мм) и книжной ориентации страницы. Обычно хорошо смотрится документ со следующими полями: верхнее и нижнее – по 2 см, левое (с учетом необходимости подшивки документа) – 3 см, правое – 1,5 см.

Шрифт характеризуется гарнитурой, размером, начертанием и цветом. Стандартной для Microsoft Word является гарнитура Times New Roman, она подходит для основной массы документов. Размер шрифта измеряется в пунктах. Чаще всего используют шрифт 12 и 14 пт. Начертание различают обычное, полужирное, курсивное и с подчеркиванием. Последние три могут использоваться в любых комбинациях (например, полужирный курсив с подчеркиванием) и служат для выделения некоторых элементов текста.

К основным параметрам абзаца относятся выравнивание, отступ слева и справа, отступ (или выступ) красной строки, интервал перед абзацем и после него, межстрочный интервал. Выравнивание – по левому и правому краям, по центру, по ширине – предназначено для придания документу законченного аккуратного вида. Выравнивание по центру рекомендуется применять к заголовкам, а по ширине – к основному тексту. Межстрочный интервал характеризует расстояние между строками в абзаце, обычно назначается равным 1,5. Отступы и интервалы используются для выделения некоторых абзацев. Обязательным элементом абзаца является красная строка, для ее оформления служит соответствующий параметр. Некоторые пользователи привыкли

делать красную строку путем добавления пробелов. Это в корне неправильно!

Еще одним способом оформления текста являются списки. Списки бывают одноуровневые (представляют собой перечень пунктов) и многоуровневые (каждый пункт может содержать подпункты). По способу обозначения пунктов различают маркированные и нумерованные списки.

Важно помнить, что Microsoft Word предоставляет и другие, гораздо более широкие, нежели описано выше, возможности форматирования документов. Их следует активно использовать в зависимости от характера создаваемого документа.

При работе над документом не забывайте сохранять плоды своего труда - лучше делать это самостоятельно, не надеясь на автосохранение.

#### **§ 4.5. Основные принципы создания комплексных документов, содержащих списки и таблицы**

Многофункциональный текстовый процессор Microsoft Word обладает широкими возможностями для создания комплексных документов, содержащих специальные элементы оформления текста и встроенные объекты. Примером первых являются списки, ко вторым относятся таблицы, формулы, диаграммы, художественные заголовки, иллюстрации и т.д.

Таблицы являются важным элементом текстового документа, делая информацию более наглядной и удобной для восприятия. При создании таблиц важно помнить, что ее ячейки могут содержать не только текст, но и иллюстрации и иную информацию, а сетка может быть скрытой (невидимой). Благодаря этому таблица превращается в мощный инструмент для дискретного размещения объектов на странице.

Важным элементом медицинских документов являются иллюстрации: фотографии, рентгенограммы, схемы операций и т.д. Многофункциональный текстовый процессор

*Microsoft Word предоставляет широкие возможности для оформления текстовых документов графическими объектами.* Можно использовать два их типа: векторный и растровый. Растровые изображения состоят из множества точек, каждая из которых характеризуется определенным цветом. Примером таких изображений могут служить фотографии. Базовым элементом векторных изображений является линия, обладающая рядом свойств.

*Microsoft Word располагает* сравнительно мощными средствами для создания векторных графических объектов. Растровые изображения можно вставлять в текстовый документ из файлов, подготовленных в специальных графических редакторах.

*Microsoft Word содержит* галерею картинок, преимущественно символического содержания.

#### § 4.6. Программное обеспечение компьютера.

##### Сервисное программное обеспечение компьютера

Системное программное обеспечение – совокупность программных комплексов обеспечения работы компьютера и сетей ЭВМ.

Системное программное обеспечение направлено:

- на создание операционной среды функционирования других программ;
- на обеспечение надёжной и эффективной работы самого компьютера и вычислительной сети;
- на проведение диагностики и профилактики аппаратуры компьютера и вычислительных сетей;
- на выполнение вспомогательных технологических процессов.

Данный класс программных продуктов тесно связан с типом компьютера и является его неотъемлемой частью. Программные продукты в основном, ориентированы на квалифицированных пользователей – профессионалов в

компьютерной области: системного программиста, администратора сети, прикладного программиста, оператора. Однако знание базовой технологии работы с этим классом программных продуктов требуется и конечным пользователям персонального компьютера, которые самостоятельно не только работают со своими программами, но и выполняют обслуживание компьютера, программ и данных.

Программные продукты данного класса носят общий характер применения, независимо от специфики предметной области. К ним предъявляются высокие требования по надёжности и технологичности работы, удобству и эффективности использования.

Пакет прикладных программ – комплекс взаимосвязанных программ для решения задач определенного класса конкретной предметной области.

Пакеты прикладных программ служат программным инструментарием решения функциональных задач и являются самым многочисленным классом программных продуктов. В данный класс входят программные продукты, выполняющие обработку информации различных, предметных областей.

Установка программных продуктов на компьютер выполняется квалифицированными пользователями, а непосредственную их эксплуатацию осуществляют, как правило, конечные пользователи-потребители информации, во многих случаях деятельность которых весьма далека от компьютерной области. Данный класс программных продуктов может быть весьма специфичным для отдельных предметных областей.

### Классификация.

#### По типу:

- программные средства общего назначения;
- текстовые редакторы;
- системы компьютерной верстки;
- графические редакторы;
- СУБД (Система Управления с Базами Данных).

### Программные средства специального назначения:

- экспертные системы;
- мультимедиа приложения (медиаплееры, программы для создания/редактирования видео, звука);
- гипертекстовые системы (электронные словари, энциклопедии, справочные системы);
- системы управления содержимым.

### Программные средства профессионального уровня:

- САПР;
- АРМ;
- АСУ;
- АСУ ТП;
- АСНИ;
- Геоинформационные системы;
- Биллинговые системы;
- CRM;

### По сфере применения:

• Прикладное программное обеспечение предприятий и организаций.

• Программное обеспечение инфраструктуры предприятия. Обеспечивает общие возможности для поддержки ПО предприятий. Это системы управления базами данных, серверы электронной почты, управление сетью и безопасностью.

• Программное обеспечение информационного работника. Обслуживает потребности индивидуальных пользователей в создании и управлении информацией. Это, как правило, управление временем, ресурсами, документацией, например, текстовые редакторы, электронные таблицы, программы-клиенты для электронной почты и блогов, персональные информационные системы и медиа редакторы.

• Программное обеспечение для доступа к контенту. Используется для доступа к тем или иным программам или ресурсам без их редактирования (однако может и включать функцию редактирования). Предназначено для групп или индивидуальных пользователей цифрового контента. Это,

например, медиа-плееры, веб-браузеры, вспомогательные браузеры и др.

- Образовательное программное обеспечение по содержанию близко к ПО для медиа и развлечений, однако в отличие от него имеет четкие требования по тестированию знаний пользователя и отслеживанию прогресса в изучении того или иного материала. Многие образовательные программы включают функции совместного пользования и многостороннего сотрудничества.

- Имитационное программное обеспечение. Используется для симуляции физических или абстрактных систем в целях научных исследований, обучения или развлечения.

- Инструментальные программные средства в области медиа. Обеспечивают потребности пользователей, которые производят печатные или электронные медиа ресурсы для других потребителей, на коммерческой или образовательной основе. Это программы полиграфической обработки, верстки, обработки мультимедиа, редакторы HTML, редакторы цифровой анимации, цифрового звука и т.п.

- Инструментарий технологии программирования – совокупность программ и программных комплексов, обеспечивающих технологию разработки, отладки и внедрения создаваемых программных продуктов.

*Инструментарий технологии программирования обеспечивает процесс разработки программ и включает специализированные программные продукты, которые являются инструментальными средствами разработчика. Программные продукты данного класса поддерживают все технологические этапы процесса проектирования, программирования, отладки и тестирования создаваемых программ.*

*Пользователями технологии программирования являются системные и прикладные программисты.*

Таблица 4.4.

## Эволюция семейства Windows.

Windows 3.0	Графическая оболочка для ОС MS DOS. ОС не являлась.
Windows 3.11	Графическая оболочка для ОС MS DOS со встроенными средствами для организации и работы в локальной вычислительной сети. ОС не являлась.
Windows 95	Операционная система со встроенными средствами для работы в локальной вычислительной сети совместно с Windows NT Server.
Windows NT	Операционная система, ориентированная на работу в локальной вычислительной сети с повышенной стабильностью в работе.
Windows 98/Me/XP	Операционная система со встроенными средствами для работы в локальной вычислительной сети совместно с Windows NT Server
Windows 2000/2003	Операционная система со встроенными средствами для работы в локальной вычислительной сети и в сети Internet.
Windows Vista	Операционная система семейства Microsoft Windows NT, линейки операционных систем, используемых на пользовательских персональных компьютерах. В стадии разработки данная операционная система имела кодовое название «Longhorn».

*Продолжение таблицы 4.4.*

Windows 7	Операционная система семейства Windows NT, следующая за Windows Vista. В линейке Windows NT система носит номер версии 6.1. Операционная система поступила в продажу 22 октября 2009 года. В состав Windows 7 вошли как некоторые разработки, исключённые из Windows Vista, так и новшества в интерфейсе и встроенных программах. Из состава Windows 7 были исключены некоторые игры, приложения, имеющие аналоги в Windows Live (Почта Windows, Календарь Windows и пр.), из меню «Пуск» исчезла возможность вернуться к классическому меню и автоматическая пристыковка браузера и клиента электронной почты.
-----------	---

Функции операционных систем (ОС). ОС Windows, эволюция от графической оболочки до операционной системы.

*Операционная система* предназначена для управления работой пользовательских программ, планирования и управления вычислительными ресурсами ЭВМ.

Операционная система выполняет следующие функции:

- управление работой каждого блока персонального компьютера и их взаимодействием,
- управление выполнением программ;
- организация хранения информации во внешней памяти;
- взаимодействие пользователя с компьютером, т.е. поддержку интерфейса пользователя.

Операционная система хранится на жестком диске компьютера, который называется системным диском. Как правило, это диск С: или его основной раздел. При включении компьютера операционная система автоматически загружается с диска в оперативную память и занимает в ней определенное место. Операционная система создается не для отдельной модели компьютера, а для серии компьютеров, в структуре которых заложена и развивается во всех последующих моделях определенная концепция.

Сетевые операционные системы – комплекс программ, обеспечивающий обработку, передачу и хранение данных в сети. Вначале сетевые операционные системы поддерживали лишь локальные вычислительные сети (ЛВС), сейчас эти операционные системы распространяются на ассоциации локальных сетей.

Операционные оболочки – специальные программы, предназначенные для облегчения общения пользователя с командами операционной системы.

#### **§ 4.7. Файловая система. Имена файлов и правила их написания. Типы файлов. Ассоциация файлов с программными средствами**

В основе любой операционной системы лежит принцип организации работы внешнего устройства хранения информации. Несмотря на то, что внешняя память может быть технически реализована на разных материальных носителях (например, в виде гибкого магнитного диска или FLASH-карты), их определяет принятый в операционной системе принцип организации хранения логически связанных наборов информации в виде так называемых файлов.

**Файл** – логически связанная совокупность данных или программ, для размещения которой во внешней памяти выделяется именованная область.

**Файл служит** учетной единицей информации в операционной системе. Любые действия с информацией в ОС осу-

шествуют над файлами: запись на диск, вывод на экран, ввод с клавиатуры, печать, считывание информации CD-ROM и пр.

На диске файл не требует для своего размещения непрерывного пространства, обычно он занимает свободные кластеры – группы смежных секторов – в разных частях диска. Сведения о номерах этих кластеров хранятся в специальной FAT-таблице (File Allocation Table – таблица размещения файлов). Кластер является минимальной единицей пространства диска, которое может быть отведено файлу. Самый маленький файл занимает один кластер, большие файлы – несколько десятков кластеров.

Любой другой файл с нетекстовой информацией просмотреть теми же средствами, что и текстовый файл, не удастся. При просмотре на экран будут выводиться абсолютно непонятные символы.

Для характеристики файла используются следующие параметры:

- полное имя файла;
- объем файла в байтах;
- дата создания (последнего изменения) файла;
- время создания (последнего изменения) файла;
- специальные атрибуты файла: R (Read only) – только для чтения, H (Hidden) – скрытый файл, S (System) – системный файл, A (Archive) – архивированный файл.

Полное имя файла образуется из собственно имени файла и расширения, характеризующего тип файла, разделенных точкой.

#### § 4.8. Правило образования имени

Имя файла всегда уникально и служит для отличия одного файла от другого. Ранее, в ОС MS DOS, имя файла могла образовываться только по правилу «8.3», т.е. собственно имя файла могло содержать не более чем восемь символов, а расшире-

ние – только три символа. При этом могли использоваться только латинские буквы. Это ограничение снято в ОС Windows. Теперь имя файла может иметь до 215 символов, в том числе, русских, включая пробелы. Тем не менее, не рекомендуется создавать имена файлов длиной 215 символов. Очень длинные имена большинством программ не могут быть интерпретированы.

Не допускается использование в именах файлов следующих символов: \ / : \* ? " < > .

**Расширение (тип) файла** служит для характеристики хранящейся в файле информации и образуется, как правило, из трех символов, причем используются, только буквы латинского алфавита.

Таблица 4.5.

*Соответствие некоторых расширений, иконок и типов файлов.*

<b>Расширение</b>	<b>Иконка</b>	<b>Тип файла</b>
ARJ		Архивный файл, созданный архиватором ARJ.
RAR		Архивный файл, созданный архиватором RAR.
BAK		Копия файла, создаваемая при перезаписи файла оригинала.
BAS		Программа на языке Бейсик.
BAT		Командный файл.
COM		Исполняемый файл.
DAT		Файл данных.
DOC, DOCX		Файл документов (текстовый), созданный текстовым редактором Microsoft Word.
XLS, XLSX		Файл документов (электронная таблица), созданный Microsoft Excel.
EXE		Исполняемый файл.

Продолжение таблицы 4.5.

TMP		Временный файл.
TXT		Текстовый файл.
\$\$\$		Временный файл.
SYS		Файлы, расширяющие возможности операционной системы, например, драйверы.
DBF		Файл – таблица базы данных формата DataBase Format, например, созданный СУБД FoxPro.
MDB, ACCDB		Файл базы данных СУБД Microsoft Access.
HLP		Файл справочной системы.
PDF		Файл, созданный в программе Adobe Acrobat.
HTML		Файл для просмотра в Internet Explorer.
PPT, PPTX		Файл презентации, подготовленный в программе Power Point.
TIFF		Формат хранения растровых графических изображений. Наиболее распространенным форматом хранения фотографий в издательском деле.
BMP		Формат хранения растровых изображений, характерный для Windows и OS/2.
JPEG		Современный растровый формат хранения фотографий.
GIF		Стандарт для хранения небольших изображений в тех случаях, когда не требуется особого качества. (С поддержкой анимации).
PNG		Растровый формат хранения графической информации, использующий сжатие без потерь.
AVI		Расширение огромного количества видеофайлов, в котором могут храниться потоки 4-х типов: видео, аудио, текст и midi.

*Продолжение таблицы 4.5.*

WMV		Видеоформат от компании Microsoft. Видеоролики, сделанные с помощью программы Movie Maker имеют данное расширение.
MOV		Формат, который может содержать видео, графику, анимацию, 3D. Чаще всего для проигрывания этого формата нужен QuickTime Player.
FLV		Формат видео для размещения и передачи в Интернете, используется такими площадками для размещения видеоклипов, как YouTube, RuTube, Tube.BY, Google Video, Муви и многие другие.
MP3		Формат цифрового кодирования звуковой информации.
WAV		Основной формат записи звука без сжатия.
DVD-Audio		Цифровой формат DVD, созданный специально для высококачественного воспроизведения звуковой информации.

При работе на персональном компьютере установлен ряд соглашений по соответствию расширения и типа файла, некоторые из которых приведены в следующей таблице 4.5. Кроме того, в ней приведены соответствующие некоторым типам файлов значки – иконки, широко используемые в ОС Windows.

#### **§ 4.9. "Горячие" клавиши в Windows и приложениях**

В Microsoft Windows и практически всех программах, работающих в той операционной среде, зачастую, бывает, удобно пользоваться для выполнения часто используемых команд (особенно, при редактировании файлов) различными

сочетаниями клавиш на клавиатуре. Основные из них указаны в табл. 4.6.

Таблица 4.6.

<i>Сочетание клавиш</i>	<i>Выполняемые команды</i>
Alt + Tab	Переход на последнее перед активным (перед открытием текущего) окно приложения. Если отпустить клавишу Tab, но удерживать Alt, в открывшемся окне последовательно нажимая Tab можно перейти в любое запущенное приложение.
Alt + F4	Закрытие активного приложения. Если ни одно из приложений не активно – закрытие Windows.
Ctrl + End/Home	Переход в начало/конец документа.
Ctrl + Z	Отмена последней операции (назад).
Ctrl + Y	Отмена последней операции (вперёд).
Delete/Del	Удаление файла/папки в корзину.
Shift + Delete/Del	Безвозвратное удаление файла/папки.
Ctrl + A	Выделение всего текста документа.
Shift + стрелка	Выделение текста.
Shift + мышь	Если поместить курсор в начало фрагмента для выделения, затем нажать клавишу Shift и щелкнуть в конце нужного фрагмента, то этот фрагмент выделится. Полезно для точного (до буквы) выделения.
Ctrl + мышь	Выделение участков текста в различных местах документа.
Ctrl + C или Ctrl + Insert/Ins	Копирование выделенного фрагмента в буфер обмена Windows.
Ctrl + V или Shift + Insert/Ins	Вставка содержимого буфера в выбранное место.

Продолжение таблицы 4.6.

Ctrl + X	Удаление выделенного фрагмента в буфер обмена Windows.
Ctrl + S	Сохранить.
Ctrl + R или F5	Обновить.
Ctrl + N	Создать новый документ, проект или подобное действие. В Internet Explorer это приводит к открытию нового окна с копией содержимого текущего окна.
Ctrl + O	Вызвать диалог выбора файла для открытия документа, проекта и т.п.
Ctrl + P	Печать.
Alt	В офисных приложениях позволяет работать с кнопками (инструментами) ленты главного меню, например, Главная, Вставка и т.д. Дальнейшее переключение между кнопками (иконками) осуществляется посредством клавиши Tab.
Alt + Enter	Переход в полноэкранный режим и обратно (переключатель; например, в Windows Media Player или в окне командного интерпретатора).
Ctrl + Backspace	Удалить слово (удаляет влево).
Ctrl + Delete	Удалить слово (удаляет вправо).
Shift + Ctrl + End/Home	Выделить до начала (конца) текста.
Ctrl + ← / →	Переместить курсор на слово назад/вперёд.
Shift + Ctrl + ← / →	Выделить слово слева/справа.
Shift + ← Shift + → Shift + ↑ Shift + ↓	Выделение текста.

Продолжение таблицы 4.6.

Ctrl + Shift + ← Ctrl + Shift + →	Выделение текста по словам
Shift + F10	Отображение контекстного меню текущего объекта (аналогично нажатию правой кнопки мыши).
F2	Переименование объекта.
Щелчки с Ctrl	Выделение нескольких объектов в произвольном порядке.
Щелчки с Shift	Выделение нескольких смежных объектов.
Enter	То же, что и двойной щелчок по объекту.
Tab	Переключение на другой элемент управления с клавиатуры.
Esc	Заккрытие диалоговых окон, меню, отмена действий.
Caps Lock	Включение режима «больших букв» (загорается индикатор).
Num Lock	Включение цифровой клавиатуры справа (загорается индикатор).
Alt + пробел	Открытие системного меню окна. С помощью него можно закрывать, сворачивать, разворачивать, перемещать и изменять размер окна без помощи мыши.
Alt + Shift	Переключить язык.
Ctrl + Shift	Переключить язык.
Ctrl + Alt + Delete	Открытие окна «Диспетчер задач» или «Безопасность Windows».
Ctrl + Shift + Esc	Открытие окна «Диспетчер задач».
Кнопка Windows 	Открытие / закрытие меню «Пуск».
Ctrl + Esc	Открытие / закрытие меню «Пуск».

Продолжение таблицы 4.6.

Кнопка Windows + D	Свернуть / восстановить все окна, включая диалоговые, т. е. показать Рабочий стол.
Кнопка Windows + E	Открытие программы «Проводник» или «Мой компьютер».
Кнопка Windows + R	Открытие окна «Запуск программы» («Пуск» --> «Выполнить...»).
Кнопка Windows + L	Заблокировать компьютер.
Кнопка Windows + Pause Break	Открытие окна «Система».
Кнопка Print Screen	Поместить снимок всего экрана в буфер обмена.
Ctrl + F	В офисных приложениях и браузере обозначает команду «Найти».

Для того, чтобы компьютер работал, нужны, как известно, *программы (software)*. Их можно условно разделить на две большие группы – *системные и прикладные*. Есть еще, так называемые инструментальные, но они интересны только для специалистов в области программирования.

Системные программы сами по себе не решают никаких пользовательских задач. Их назначение - управлять компьютером. К системным программам относятся операционные системы, драйверы и утилиты. Центральное место в системных программах, естественно, отводится операционной системе. Среди них длительное время, вплоть до конца 80-х годов, главной была программа MS-DOS. Затем на смену этой операционной системе пришли другие, более развитые и функциональные.

Драйвер (от англ. drive - управлять) – это программа, обеспечивающая связь между операционной системой и различными периферийными устройствами (принтером, клавиатурой, «мышью» и др.) и управление ими, а также регулирующая поток данных, проходящий через эти устройства. Если к компьютеру подключают какое-нибудь

новое устройство, необходимо одновременно установить и новый, соответствующий этому устройству драйвер. С некоторыми оговорками, можно считать драйвер частью операционных систем, тем более, что в некоторых из них обязательно имеется большой пакет готовых к употреблению драйверов для наиболее распространенного периферийного оборудования. Утилита – это также вспомогательная программа, позволяющая пользователю выполнять манипуляции с различными периферийными устройствами, например, форматировать диски, оценивать состояние отдельных частей компьютера и т.д. Как и драйвер, наиболее распространенные утилиты входят в состав многих операционных систем.

В операционной системе MS-DOS врачу работать очень неудобно: для того чтобы выполнить на компьютере какие-либо действия, например, напечатать протокол диагностического исследования, необходимо набрать на клавиатуре ряд слов – имена команды, файла, каталога, их путь. Это все нужно помнить, поэтому были созданы специальные программы-оболочки, которые позволяют просто с помощью клавиатуры или «мыши» выбрать определенное место на экране, и компьютер начнет выполнять желаемые действия. Одной из наиболее распространенных подобных оболочек стала программа Norton Commander, разработанная американским ученым Р. Norton.

В 1990 г. американская компания «Microsoft», под руководством ее создателя В. Gates, выпустила новый программный продукт – графический интерфейс Windows (окна), который значительно облегчил работу с компьютером, сделал ее доступной для самого широкого круга людей. Операционная среда Windows стала поистине всенародной. За короткий отрезок времени сменилось несколько версий Windows. Последними из них являются Windows-95 и Windows-98; в настоящее время разрабатывается Windows-2010. Под их управлением работает большинство прикладных программ – как общего назначения, так и медицинских. С созданием операционной системы Windows-95 (именно уже

системы, а не оболочки) осуществилась мечта о полном «дружеском отношении» между человеком и компьютером. При этом значительно упростилась процедура подключения к компьютеру различных периферийных устройств (принтеров, сканеров и др.). Подобная концепция получила меткое название – «plug and play» («включай и работай»).

Профессиональным вариантом данной операционной системы является Windows-NT, которым оснащаются сложные вычислительные комплексы, серверы, в том числе, используемые в медицине. Главными преимуществами Windows стали не только его простота и доступность, но и многозадачность, т.е., возможность работать одновременно с несколькими программными приложениями (рис. 4.1). Каждой выполняемой программе в Windows отводится одно окно. Все компоненты окон стандартизованы, окна могут свободно перемещаться по экрану с помощью «мыши» (технология «drag and drop» - «тащи и бросай»), занимать весь экран, часть его или вообще сворачиваться, освобождая тем самым рабочую поверхность экрана для других приложений.



*Рис. 4.1. Обработка медицинских изображений на автоматизированном рабочем месте врача.*

Управлять кнопками очень просто, нужно лишь нажать на них курсором «мыши». Кроме окон и панелей, на «рабочем столе» монитора имеются мнемонические картинки (или иконки) для управления программами. Нажав на иконку, можно вызвать соответствующее ей Windows-приложение. Все изложенное делает работу на компьютере не только простой и удобной, но и весьма приятной.

База данных Access предназначена для сортировки и организации больших объемов данных. При этом можно оперировать любыми, сколь угодно обширными массивами информации, например, результатами обследования больных за год или десятилетие. Наконец, программа электронной почты Internet-Mail служит для посылки и приема электронной почты через компьютерную сеть. Дополнительно к офисному пакету может быть приложен один из графических редакторов, например, PhotoShop, который позволяет работать с рисунками и медицинскими изображениями, подвергая их всевозможной обработке: изменять форму и содержание отдельных их частей, характер контуров и фона, раскрашивать и т.д. Имеется ряд других интересных для врача программ-приложений. Например, программа распознавания текста FineReader дает возможность, отсканировав печатный текст (книгу, статью и т.д.), перевести его сразу же в электронный формат для дальнейшего редактирования на компьютере. При этом не нужно пользоваться утомительным набором этого текста посредством клавиатуры.

Кроме названных, существует большое число прикладных программ, предназначенных для других видов работ: статистической обработки данных, книгоиздания, проектирования и др. Следует отметить, что наряду с Windows применяют другие операционные системы, в частности, OS/2 и Unix. Они отличаются более широким спектром предоставляемых пользователю программных услуг, но одновременно и более сложным характером работы на компьютере под их управлением. Для компьютеров Macintosh создана специальная операционная система MacOS.

В медицине, в частности в лучевой диагностике, применяют специализированные программы: для обработки рентгенограмм, радионуклидных изображений, ведения деловой документации и др. Обычно их объединяют по родственному признаку в отдельные пакеты специализированных программ – сокращенно ППП (пакет прикладных программ).

Набор пакетов составляет библиотеку программ. От того, насколько богат ассортимент пакетов и насколько рационально их используют, зависят, в конечном счете, качество диагностического исследования и эффективность работы всей службы компьютеризированной лучевой диагностики.

Наиболее важным информационным прорывом последнего десятилетия стала Всемирная Сеть (Интернет) – своего рода обширное сообщество взаимосвязанных сетей и отдельных компьютеров, предоставляющих информацию для общего пользования. При этом каждый компьютер имеет уникальный адрес, позволяющий идентифицировать и находить его в необъятной Всемирной Сети. Посредством провайдера – организации, ведающей распределением информационных ресурсов в отдельно взятом регионе, компьютер осуществляет связь с Интернетом. Когда говорят об адресах в Интернете, обычно имеют в виду IP-адрес (Internet Protocol адрес), состоящий из набора цифр – от 4 до 12. Однако запоминать эти цифры достаточно сложно, поэтому была создана система адресов, состоящая из слов, имеющих логический смысл (например, имя или фамилия пользователя местонахождение компьютера в государстве и городе). Эти адреса являются уникальными, т.е. отдельно взятый адрес присваивается только одному компьютеру (как почтовый адрес). Под этим адресом понимается, конечно, не географическое месторасположение компьютера, а локализация его в глобальной компьютерной сети. Такие адреса получили названия URL (от англ. Universal Resource Locator – универсальный указатель ресурсов).

Пробиться сквозь необозримые лабиринты информационных ресурсов компьютеру позволяют специальные программы.

Для удобства навигации по Интернету, т.е., поиска интересующей информации, служит особая структура большинства находящихся в нем документов. Эта структура получила название формата гипертекста.

### **Контрольные вопросы**

- 1. Что такое программное обеспечение?*
- 2. Как классифицируется программное обеспечение?*
- 3. Какие программы называют прикладными?*
- 4. Какова роль и назначение системных программ?*
- 5. Что такое операционная система?*
- 6. Что такое файловая система ОС?*
- 7. Какова структура операционной системы MS DOS?*
- 8. Что такое программы-оболочки?*
- 9. Что собой представляют операционные системы Windows, Unix, Linux ?*

## Тестовые вопросы

**1. К форматированию текста относятся следующие действия:**

- 1) копирование фрагмента текста
- 2) удаление символа
- 3) установка режима выравнивания
- 4) выделение фрагмента текста
- 5) вставка нового текста

**2. Вид шрифта – это...**

- 1) гарнитура
- 2) интерлиньяж
- 3) кегль
- 4) колонтитул
- 5) регистр

**3. Ширина; способ выравнивания строк; положение на странице; отступ в первой строке; межстрочное расстояние; интервал между абзацами — все это параметры**

- 1) символа
- 2) блока
- 3) абзаца
- 4) текста
- 5) строки

**4. Меню текстового редактора – это:**

- 1) часть его интерфейса, обеспечивающая переход к выполнению различных операций над текстом
- 2) подпрограмма, обеспечивающая управление ресурсами ПК при создании документов
- 3) «окно», через которое пользователь может выходить в интернет
- 4) своеобразное «окно», через которое текст просматривается на экране

5) информация о текущем состоянии текстового редактора

**5. Колонтитул – это:**

- 1) текст или рисунок, который печатается внизу или вверху каждой страницы документа
- 2) символ
- 3) многоколоночный текст
- 4) помощник в Microsoft Windows
- 5) первая строка таблицы, содержащая номер текущей страницы

**6. Режимом, отображающим документ в точном соответствии с тем, как он будет выведен на печать, является**

- 1) обычный
- 2) Web-документ
- 3) разметка страницы
- 4) структура
- 5) сортировщик

**7. Стиль форматирования - это:**

- 1) внешний вид текста
- 2) панель инструментов
- 3) степень растяжения или сжатия символов
- 4) набор параметров (вид рисунка, его название, тип)
- 5) набор параметров (шрифта, абзаца и пр.), имеющий уникальное имя

**8. Относительная ссылка – это...**

- 1) используемая в формуле ссылка на ячейку с данными, которая автоматически изменяется при изменении положения ячейки с формулой
- 2) ссылка, всегда указывающая на одну и ту же ячейку, независимо от расположения формулы, её содержащей

3) ссылка, указывающая на ячейку, расположенную в другом листе

4) ссылка, указывающая на ячейку, расположенную в другой книге

### **9. Абсолютная ссылка – это...**

1) используемая в формуле ссылка на ячейку с данными, которая автоматически изменяется при изменении положения ячейки с формулой

2) ссылка, всегда указывающая на одну и ту же ячейку, независимо от расположения формулы, её содержащей

3) ссылка, указывающая на ячейку, расположенную в другом листе

4) ссылка, указывающая на ячейку, расположенную в другой книге

### **10. При копировании относительные адреса**

1) изменяются

2) не изменяются

3) не изменяются, только если ячейки находятся на разных листах

4) не изменяются, только если ячейки находятся в разных книгах

### **11. При копировании абсолютные адреса**

1) изменяются

2) не изменяются

3) не изменяются, только если ячейки находятся на разных листах

4) не изменяются, только если ячейки находятся в разных книгах

### **12. Формула в microsoft excel начинается**

1) со знака равенства (=), за которым следует набор вычисляемых величин

2) с абсолютной ссылки

- 3) с имени встроенной функции
- 4) со знака арифметической операции, за которым следует набор вычисляемых величин с относительной ссылки

**13. Автофильтр позволяет...**

- 1) выбрать значения из внешнего списка данных
- 2) выбрать значения, отвечающие какому-либо условию
- 3) сортировать данные таблицы
- 4) сортировать данные таблицы последовательно по нескольким столбцам

**14. Microsoft excel позволяет работать со следующими видами фильтров: а) автофильтр, б) расширенный фильтр, в) пользовательский фильтр, г) активный фильтр**

- 1) а, б, в
- 2) б, в, г
- 3) а, в, г
- 4) а, б, г

**15. Для сортировки таблицы из диапазона А1:F7 по данным столбца С1:С7 необходимо выделить...**

- 1) столбец С целиком и использовать кнопки сортировки на панели инструментов
- 2) ячейки С1:С7 (ячейки, заполнения данными) и использовать кнопки сортировки на панели инструментов
- 3) всю таблицу с данными и использовать кнопки сортировки на панели инструментов
- 4) любую ячейку в диапазоне С1:С7 (ячейки, заполненными данными) и использовать кнопки сортировки на панели инструментов

**16. Представленная на рисунке таблица ms excel отсортирована по убыванию по столбцу...**

	A	B	C	D	E	F	G
1	Ведомость заработной платы ООО "Рога и копыта" за октябрь м.ц 199 г.						
2	№	Ф.И.О.	Отдел	Оклад	Премия	Подэк.нап	На руки
4	8	Шариков Н.Г.	2	650	200	100,98	772,78
5	5	Ефремова К.С.	3	500	150	77,22	576,34
6	6	Кречетова В.	3	470	150	73,66	555,85
7	1	Аксенова Е.С.	2	440	100	64,15	474,66
8	7	Мальшев С.Н.	1	400	150	65,34	496,54
9	4	Полодина М.И.	1	350	100	53,46	390,92
10	2	Аксютин С.Н.	2	350	90	51,08	375,35
11	3	Бригаднова И.	1	340	120	54,65	460,00

- 1) подох. налог
- 2) Ф.И.О.
- 3) Премия
- 4) оклад
- 5) на руки

**17. Диапазон ячеек в ms excel задается...**

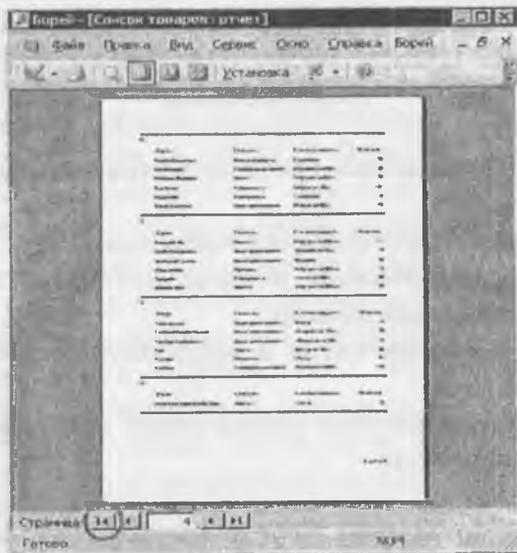
- 1) указанием адресов первой и последней ячейки строки диапазона
- 2) нажатием на кнопку, соответствующую блоку ячеек и указанием размеров блока
- 3) адресами верхней левой и правой нижней ячеек блока, перечисленными через двоеточие
- 4) указанием адресов первой и последней ячейки блока ячеек
- 5) указанием адреса первой ячейки диапазона

**18. Формы предназначены для...**

- 1) удобного представления и ввода информации на экране
- 2) вывода данных на печать
- 3) автоматического выполнения некоторых операций
- 4) выборки, поиска и сортировки данных

5) хранения данных в базе данных

19. При нажатии на выделенную кнопку в режиме предварительного просмотра отчета произойдет...



- 1) Переход на первую запись
- 2) Переход на первую страницу
- 3) Переход на последнюю запись
- 4) Переход на последнюю страницу

## ГЛАВА 5.

### АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

§ 5.1. Программные средства математической статистики

§ 5.2. Особенности медицинских данных

§ 5.3. Использование методов математической статистики для анализа данных

§ 5.4. Интерпретация и представление полученных результатов

§ 5.5. Медицинская информация как объект обработки на компьютере

#### § 5.1. Программные средства математической статистики

Математическая статистика – универсальный инструмент для анализа любых данных, в том числе, экспериментальных клинических и биомедицинских. Но выбираемый метод должен отвечать поставленной цели и быть адекватным по отношению к характеру анализируемых данных. Современный врач-исследователь должен осмысленно выбирать методы, применяемые к конкретной клинической (экспериментальной) задаче, и критически оценивать, а также содержательно интерпретировать полученные результаты.

Статистический анализ можно проводить вручную, если данных немного, используемые методы просты, а расчеты вследствие этого не трудоемки. Но в подавляющем большинстве случаев необходимо пользоваться специаль-

ными программными пакетами для ПК, которые так и называются – статистическими.

С конца 1970-х гг. в России самым популярным для использования в медицине и биологии был пакет BMDP. Обработка данных проводилась на так называемых «больших» машинах серии ЕС с предварительной набивкой данных на перфокарты.

В первой половине 1990-х гг. лидерство захватили статистические пакеты для персональных ЭВМ, работающие под управлением ОС MSDOS. Одним из математически мощных, не накладывающих практически никаких ограничений на объем обрабатываемой информации, был пакет SAS. Часть исследователей работала с пакетом BMDP для ПК, но безусловным лидером по количеству пользователей был пакет Statgraphics, обладающий широкими возможностями, достаточно простой в эксплуатации, но имеющий ограничения по числу анализируемых переменных.

В настоящее время наибольшее распространение в России получили статистические пакеты, работающие под Windows: Statistica, SPSS, SAS.

Для того, чтобы успешно применять математическую статистику, ее нужно знать хотя бы в том объеме, который реально необходим для осознанных действий. Кроме того, нужно уметь использовать статистический пакет. С практической точки зрения, лучше ориентироваться на один и тот же пакет в течение ряда лет. Переход от пакета к пакету ведет к необходимости переучивания, пусть и в относительно небольшом объеме.

## § 5.2. Особенности медицинских данных

Первым шагом, предотвращающим собственно статистический анализ, является исследование типа данных, основными из которых являются количественные и качественные меры.

Качественные данные подразделяются на порядковые, или ранговые (например, тяжесть проявлений заболевания), и классификационные, или номинальные (например, перенесенные заболевания, классы ксенобиотиков). Процедура ранжирования данных, т.е., упорядочивания их в соответствии с числовыми градациями, проводится в возрастающем либо в нисходящем ряду значений. Число градаций, характеризующих данные, не должно быть излишне большим, так как в этом случае увеличивается элемент субъективности.

В клинической и экспериментальной медицинской практике исследователь реже употребляет слово «данные», но чаще - «параметры» или «переменные», ставя между этими понятиями знак равенства.

Нужно отличать понятие «переменная» от понятия «признак»: температура тела - параметр (переменная), температура тела более 37 °С - признак (человек нездоров).

Переменные бывают непрерывными и дискретными, в том числе дихотомическими (принимающими одно из двух значений, например «здоров-болен»).

В клинической практике переменные часто описываются шкалами. Как было отмечено ранее, шкалы бывают качественными (сознание ясное, спутанное и т.д.), классификационными (цвет кожных покровов - розовые, синюшные, желтушные, характер хрипов в легких - сухие, влажные мелкопузырчатые, крупнопузырчатые и т.д.) и количественные, в том числе интервальные, порядковые, балльные.

Интервальные переменные (например, ударный объем, мл: 50-80, менее 50, более 80) полезно использовать для решения конкретной клинической задачи. Их также можно переводить в порядковые (на основе построения шкал), но лучше (при наличии возможности и если это не противоречит смыслу решаемой задачи) использовать собственно количественные значения переменной.

Балльные шкалы получают по-разному: после предварительной математической обработки, на основе чисто клинической оценки параметра, комбинированным способом.

Важен вопрос о точности измерения и представления медицинских параметров. Понятно, что точность исходных данных определяется точностью метода и(или) прибора, с помощью которых осуществляется измерение.

В описательной статистике при работе с медицинскими данными необходимо поступать следующим образом: с одной стороны, не допускать потерь информации исходно – использовать данные с той точностью, которая имеет место при измерении; с другой – при представлении результатов статистической обработки данных не приводить избыточной информации – в большинстве случаев достаточно той точности представления информации, что и в исходных данных, либо использования одного дополнительного разряда.

Обычно при предъявлении числовых данных указываются два знака после запятой. Исключением являются случаи представления констант и весовых коэффициентов функций, полученных в результате многомерного анализа (например, дискриминантного); тогда в результирующих таблицах обязательно должны приводиться все цифры после запятой.

Следует остановиться на еще одной особенности медицинских данных.

В математической статистике выводы основаны на допущении: *то, что верно на случайной выборке, верно и для генеральной совокупности, из которой она получена.*

Генеральная совокупность — это набор данных, описывающих нечто всеобъемлющее, например, все дети, живущие на планете Земля, вся совокупность пациентов, которые могли бы получать определенный препарат и т.п.

Выборка — часть генеральной совокупности, описывающая ее с той или иной долей погрешности.

Часто сформировать истинно случайную выборку из генеральной совокупности не представляется возможным в силу того, что для выполнения требований репрезентативности объекты исследования (пациенты) должны

проживать на разных континентах земного шара. Проведение таких исследований в настоящее время возможно, однако в силу существенных физиологических различий между людьми, живущими в разных уголках планеты, может быть потерян клинический смысл исследования. Это утверждение справедливо для достаточно широко распространенных в настоящее время международных мультицентровых исследований, посвященных, например, метаболическому синдрому, в которых принимают участие крупные отечественные центры и институты. В таких случаях выборка должна быть репрезентативна к исследуемой популяции (населению РФ или определенных, этнически сходных, регионов России).

Современная технология статистического анализа данных включает:

- постановку задачи и планирование исследования: составление детального плана сбора исходных данных, определение характера выборки;

- подготовку данных;
- выбор методов обработки данных;
- проведение анализа данных;
- интерпретацию и представление результатов анализа.

#### Постановка задач и планирование исследования.

Предпочтительным вариантом является строгий подход, когда до проведения исследования есть полная ясность, для чего предпринимается работа, сколько и каких исследований будет осуществлено, какие методы и почему будут применяться для обработки полученного материала. Это позволяет оптимизировать усилия исследователя и затраты ресурсов.

Подготовка данных. Данные для статистического анализа принято готовить в виде таблицы (таблиц). Современные статистические пакеты работают с данными наиболее распространенных в настоящее время форматов, в том числе \*\*dbf u \*\*.xls.

*В строки таблицы заносятся объекты исследования (например, пациенты), а в столбцы - параметры. Если*

конкретное значение параметра отсутствует, клетку таблицы оставляют пустой. Если значение параметра равно нулю, оно все равно обязательно вносится.

После занесения данных в таблицу необходимо их проверить: просматривают значения параметров, выявляют те из них, которые сильно отличаются от остальных. Это могут быть как реальные «выпадающие» значения, так и ошибки ввода, которые необходимо устранить.

Перенос (импорт) данных в статистический пакет затруднений не вызывает. Для этого пользуются стандартными возможностями буфера обмена ОС Windows. Можно также применять специальные модули статистических пакетов, например, модуль «Управление данными» (Datamanagement) пакета Statistica.

Современные статистические пакеты дают возможность управлять данными. часто при решении задач возникает необходимость объединения или разделения файлов (содержащих таблицы) по условию.

Выбор методов анализа и их реализация. Для грамотного выбора метода обработки данных необходимо знать характер распределения используемых переменных, поэтому предварительный анализ данных начинают с определения характера их распределения.

Распределение элементов выборки по значениям параметра – это совокупность частот встречаемости интервалов его значений в данной выборке. К наиболее часто встречающимся видам распределений относятся: колоколообразное (нормальное, гауссово), полимодальное (чаще – бимодальное), равномерное и др.

К основным характеристикам распределения относятся: среднее арифметическое (М) - при непрерывных числовых типах параметров; все значения по выборке сложить и поделить на их количество;

медиана – значение параметра, делящее распределение параметра пополам, выборка значений параметра ранжируется (по возрастанию или убыванию); если число зна-

чений нечетно, то медиана – это центральное значение, если число значений четно, то медиана – это среднее арифметическое двух центральных значений;

квантили (центили) – весь диапазон значений разбивается на 10 интервалов. Границы между интервалами – квантили, от 10%-го до 90%-го квантиля укладываются 80 % значений;

квартили – весь диапазон разбивается на четыре интервала: 50%-й квартиль - медиана, кроме нее, часто указываются 25%-й и 75%-й квартили, т.е. описывается 50 % наиболее «близких к центру» значений;

мода – значение параметра с наибольшей частотой встречаемости на выборке;

асимметрия – характеристика несимметричности распределения элементов выборки относительно среднего арифметического. В случае симметричного распределения значение асимметрии равно нулю.

В медицинских публикациях часто встречается запись значений в виде  $M \pm m$ , где  $m$  - *стандартная ошибка среднего (standard error of mean)*. Это допустимо делать в случае нормально распределенного параметра, а к величине  $m$  нужно относиться с определенной долей скептицизма. Правда, при увеличении выборки распределение параметра достаточно часто стремится к квазинормальному и тогда использование  $m$  в какой-то мере оправданно. Лучше указывать само *выборочное стандартное отклонение (среднее квадратичное отклонение – standard deviation – s)*, которое характеризует ширину нормального распределения. Основанием для такого подхода является то, что  $s$  не уменьшается при увеличении числа наблюдений  $n$ ; в диапазон  $M \pm s$  укладывается около 70 % значений нормального распределения параметра.

Параметрические методы. Для решения многих клиничко-научных задач необходимо формулировать статистические гипотезы. Среди них можно назвать анализ соответствия распределения значений параметра определенному

закону, сравнение групп по характеристикам распределения параметров и др.

Статистическая гипотеза – это формально строго сформулированное предположение.

Статистически значимые различия следует отличать от клинически значимых. Встречаются результаты, значимые статистически, но не значимые с клинической точки зрения, бывает и наоборот. Клинически значимые, но статистически незначимые результаты обычно получаются на малых выборках, а при увеличении выборок они, как правило, подтверждаются и статистически.

Чем распределения отличаются с практической точки зрения? Тем, что наиболее распространенные методы параметрической статистики (например, *t*-критерий Стьюдента) можно применять только для нормально распределенных величин (гауссовых распределений). Неправомочное использование *t*-критерия Стьюдента – самая часто встречающаяся ошибка статистической обработки данных клинических исследований, приводящая к ошибочным выводам

Непараметрические методы. В клинической медицине и при обработке данных медико-биологических экспериментов в большинстве случаев необходимо пользоваться непараметрическими методами статистического анализа. Они являются менее мощными, чем параметрические, но применимы для любых видов распределений.

Анализ характера распределения данных (его еще называют проверкой на нормальность распределения) осуществляется по каждому параметру. Для проверки на нормальность используют как визуализирующие методы (метод построения гистограмм), так и статистические (например, тест Колмогорова-Смирнова, критерий Шапиро-Уилксасм. См. табл.5.1). Для того, чтобы уверенно судить о соответствии распределения параметра нормальному закону, необходимо, чтобы выборка была достаточно многочисленной (не менее 50 значений).

Таблица 5.1.

Методы математической статистики, используемые в  
клинической практике.

Область применения	Метод	
	параметрический	непараметрический
Описательная статистика	Вычисление средних значений, среднеквадратичных отклонений и др.	Вычисление медиан, квартилей, межквартильного размаха, квантилей и др.
Сравнение двух независимых групп по одному	t-Критерий Стьюдента для независимых выборок	Критерий Манна - Уитни, критерий $\chi^2$ , точный критерий Фишера и др.
Сравнение двух зависимых групп по одному	t-Критерий Стьюдента для зависимых выборок	Критерий Вилкоксона, критерий знаков и др.
Анализ взаимосвязи двух	Корреляционный анализ по Пирсону	Корреляционный анализ по Спирмену, Кендаллу и др.
Одновременный анализ трех и более параметров	Регрессионный анализ, дискриминантный анализ, кластерный анализ, дисперсионный анализ	Логистический регрессионный анализ, анализ конъюнкций и др.

Кроме разделения по уже описанному важнейшему статистическому подходу (параметрические, непараметрические), методы статистического анализа данных принято классифицировать несколькими способами:

по количеству одновременно анализируемых параметров (одномерные, двухмерные, многомерные или многофакторные),

имеющимся исходно предположениям о характере распределений выборок (односторонние тесты - при наличии предположения о смещении распределения параметра в одной из групп в определенную сторону относительно другой; двусторонние – при отсутствии такого предположения);

зависимости/независимости выборок.

Таким образом, для решения задач используют ряд параметрических и непараметрических статистических методов.

*Приведенный обзор методов, используемых при решении разных задач, демонстрирует только подход к анализу данных и не претендует на полноту.*

### **§ 5.3. Использование методов математической статистики для анализа данных**

Сравнение двух независимых групп по одному параметру. *t*-Критерий Стьюдента для независимых выборок (групп) является наиболее популярным методом решения этой задачи, суть которой сводится к проверке того, различаются ли средние значения параметра в сравниваемых группах. Критерий корректно использовать только при условии нормального распределения параметров в каждой группе и равенства дисперсий распределений параметров в группах.

Суть применения *t*-критерия Стьюдента для независимых выборок заключается в проверке нулевой гипотезы о том, что средние значения параметра в группах не различаются. Если нулевая гипотеза по результатам анализа отклоняется ( $p < 0,05$ ), принимается альтернативная гипотеза о том, что средние значения параметров в группах различаются.

Правомочно использовать  $t$ -критерий Стьюдента для независимых выборок лишь при достаточно большом объеме выборок, что в клинической медицине бывает редко.

Кроме «классического»  $t$ -критерия Стьюдента, существует его модификация, не требующая равенства дисперсий распределений параметров в группах.

В настоящее время, когда врачи становятся более сведущими в математической статистике, критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney U-test) используют почти так же часто, как  $t$ -критерий. Его применяют для сравнения выборок по количественным параметрам в случаях, когда хотя бы одна из сопоставляемых выборок имеет распределение, отличное от нормального, или если характер распределения параметра неизвестен (проверка на нормальность не проводилась).

Суть метода заключается в проверке нулевой гипотезы о равенстве средних рангов в группах, т. е. до проверки гипотезы осуществляется ранжирование значений параметра в каждой группе. Если нулевая гипотеза отклоняется, принимается альтернативная гипотеза о том, что между рангами групп есть различия.

Сравнение двух зависимых групп по одному параметру.  $t$ -Критерий Стьюдента для зависимых выборок так же, как и  $t$ -критерий Стьюдента для независимых выборок, можно применять только при условии нормального распределения параметров в каждой группе и равенства дисперсий распределений параметров в группах. В большинстве случаев на реальных клинических данных эти условия не выполняются, поэтому применение метода не правомочно.

Критерий Вилкоксона (Wilcoxon matched pairs test) – один из самых мощных непараметрических критериев. Его используют для парного сравнения выборок количественных (или качественных порядковых) параметров в тех случаях, когда хотя бы в одной из анализируемых выборок распределение величин параметра не является нормальным.

При применении критерия Вилкоксона проверяется нулевая гипотеза об отсутствии различий выборок. Если она отклоняется ( $p < 0,05$ ), принимается альтернативная - об их наличии.

Анализ взаимосвязи двух параметров. Общепринятым способом выявления взаимосвязи между переменными является расчет корреляции.

Следует подчеркнуть, что обнаружение корреляции между двумя переменными не свидетельствует о существовании причинной связи между ними, а лишь указывает на возможность таковой (или фактора, определяющего изменение обеих переменных).

Обычно при использовании методов корреляции перед исследователем возникает вопрос о тесноте связи (степени сопряженности) переменных. Если каждому заданному значению одной переменной соответствуют близкие друг к другу, тесно расположенные около средней величины значения другой переменной, то связь является более тесной; если эти значения сильно варьируют, связь менее тесная. Таким образом, мера корреляции (значение коэффициента корреляции  $r$ ) указывает, насколько тесно связаны между собой параметры. Чем больше коэффициент корреляции, тем с большей степенью уверенности можно говорить о наличии линейной зависимости между параметрами.

Условно выделяют следующие уровни корреляционной связи: слабая - около 0,3; умеренная - от 0,31 до 0,5; заметная - от 0,51 до 0,7; высокая - 0,71 и более.

По форме корреляция бывает прямой (при увеличении значений первой переменной значения второй также увеличиваются) и обратной (при увеличении значений первой переменной значения второй убывают). Коэффициент корреляции  $r$  принимает значения от -1 до +1. Обсуждать наличие корреляции имеет смысл только в тех случаях, когда она статистически значима ( $p < 0,05$ ). Отсутствие линейной корреляции не означает, что параметры независимы: связь между ними может быть нелинейной.

Наиболее часто применяемыми в настоящее время методами исследования корреляции являются параметрический анализ по Пирсону и непараметрический анализ по Спирмену.

Корреляционный анализ по Пирсону используется при решении задачи исследования линейной связи двух нормально распределенных параметров. Проверяется нулевая гипотеза об отсутствии связи между параметрами, т. е. что  $r = 0$ . Кроме проверки на нормальность распределения каждого параметра, до проведения корреляционного анализа рекомендуется строить график в координатах оцениваемых параметров, чтобы визуально определить характер зависимости. Если нулевая гипотеза отклоняется ( $p < 0,05$ ), можно говорить о наличии значимой взаимосвязи между параметрами.

Корреляционный анализ по Спирмену применяется для исследования взаимосвязи двух параметров, если распределение хотя бы одного из них отлично от нормального. Проверяется нулевая гипотеза о том, что коэффициент корреляции равен нулю. Если нулевая гипотеза отклоняется ( $p < 0,05$ ), взаимосвязь между параметрами есть.

Одновременный анализ трех и более параметров. Наряду с методами одномерного и двухмерного анализа существует большое количество методов многомерного (многофакторного) анализа данных. Они дают возможность одновременно анализировать три и более переменных. К наиболее используемым методам многомерного анализа относятся: регрессионный анализ, дискриминантный анализ, кластерный анализ, дисперсионный анализ, анализ главных компонент, факторный анализ.

В клинических работах методы многофакторного анализа используются гораздо реже, чем описательная статистика, методы сравнения двух групп по параметру и корреляционный анализ, хотя в последние годы наметилась тенденция к более широкому применению регрессионного анализа.

Регрессионный анализ представляет собой метод статистического анализа, позволяющий исследовать вид зависимости одного параметра от нескольких других. Наряду с дискриминантным и кластерным он является одним из методов статистического моделирования. Моделью при этом является получаемое уравнение регрессии. С помощью рассчитываемых в ходе регрессионного анализа константы и коэффициентов можно прогнозировать величину исследуемого параметра в зависимости от значений других переменных. В отличие от корреляционного анализа, который лишь дает возможность установления факта взаимосвязи параметров, он описывает вид зависимости переменных.

Регрессионный анализ подразделяют на однофакторный (один независимый параметр) и многофакторный (два и более независимых параметра), а также линейный и нелинейный.

Линейный регрессионный анализ используется в тех случаях, когда все задействованные в нем параметры являются нормально распределенными, количество значений параметров намного превышает количество самих параметров и т.д. Число ограничений на корректное проведение регрессионного анализа достаточно велико.

Самым употребляемым видом нелинейного регрессионного анализа в настоящее время является логистический. Главными условиями его применения является возможность принятия зависимым параметром только двух значений (например, есть заболевание – единица, нет заболевания – нуль). Все остальные параметры, задействованные в анализе, должны быть независимыми, при этом они могут быть любыми по типу – как количественными, так и качественными.

Дискриминантный анализ – это один из методов решения задачи классификации – разработки правила отнесения исследуемого объекта к одной из нескольких групп на основании величин выделенных параметров.

Кластерный анализ является методом статистической группировки объектов или параметров исследования в кластеры (от англ. cluster-гроздь, скопление) – подмножества исследуемой выборки.

Использование в практической деятельности врача методов многофакторного статистического анализа выходит за рамки необходимых знаний и навыков, которыми он должен владеть. Их применение требует глубоких знаний математической статистики, определенного опыта работы с медицинскими данными, а порой – даже искусства.

#### **§ 5.4. Интерпретация и представление полученных результатов**

В настоящее время написание клинического отчета, научной статьи и тем более диссертации невозможно без грамотного представления результатов, полученных с помощью методов математической статистики. В работе в явном виде должна присутствовать постановка задачи. Клинический материал представляется как фактически (количество больных, нозологические формы, возрастной состав; данные контрольной группы), так и в отношении технологии его формирования (отбор больных и здоровых, сроки наблюдения, исследования и др.).

Если в исследовании создавались и применялись формализованные карты, их вид обязательно приводят. Читателю должно быть ясно, какие параметры каждого пациента и с помощью какой аппаратуры и методик получены, в каких единицах измерены и какой статистической обработке были подвергнуты.

В случае, если данные помещались в таблицы, например, MSExcel, или создавалась БД, например MSAccess, описывается структура таблиц. Приводится также описание всех манипуляций, которые производились с данными на предварительном этапе исследования.

При описании любых результатов, связанных с использованием методов математической статистики, необходимо точно указывать названия методов, а также название и номер версии статистического пакета, который применялся.

При интерпретации результатов, связанных с проверкой статистических гипотез, необходимо придерживаться простого правила: при  $p > 0,05$  нулевая гипотеза не отклоняется, при  $p < 0,05$  принимается альтернативная гипотеза о существовании различий с полученной величиной уровня статистической значимости  $p$ .

При представлении результатов применения параметрических методов статистического анализа обязательно приводятся: количество объектов исследования в каждой группе, среднее и среднеквадратичное отклонение каждого исследуемого параметра, результаты применения методов проверки на нормальность распределения каждого параметра в группах, точное значение  $p$ .

При представлении результатов применения непараметрических методов статистического анализа обязательно приводятся: количество объектов исследования в каждой группе, медианы и межквартильный размах каждого исследуемого параметра, точное значение  $p$ .

Для наглядности исследуемого материала при использовании как параметрических, так и непараметрических методов имеет смысл приводить данные в графической форме, демонстрирующей характер распределения величин параметров. Представляя результаты анализа связей между параметрами любым из методов корреляционного анализа, кроме указания названия метода, нужно приводить: число анализируемых пар для каждого параметра, величину коэффициента корреляции с точностью до двух значащих цифр, точное значение  $p$ . Желательно приводить графики рассеивания объектов в координатах исследуемых параметров.

## § 5.5. Медицинская информация как объект обработки на компьютере

При обработке материалов клинического, лабораторного и лучевого исследований на компьютере возникает необходимость решить ряд задач, постановка которых должна корректно отражать исходные данные и, главное, соответствовать требованиям, предъявляемым к их компьютерной обработке с помощью прикладных универсальных или специализированных программ. Все медико-биологические данные, учитываемые при лучевой диагностике, могут быть классифицированы следующим образом.

Качественные признаки: однородность изображения органа, форма тени (например, тени сердца на рентгенограмме), ее интенсивность и др., а также такие клинические признаки, как наличие боли, желтушность кожного покрова и пр.

Количественные признаки: интенсивность тени на компьютерной томограмме по шкале Хаунсфилда, показатели радиоактивности введенного в организм радиофармпрепарата, рост и масса тела пациента, концентрация биологически активных веществ в крови и т.п.

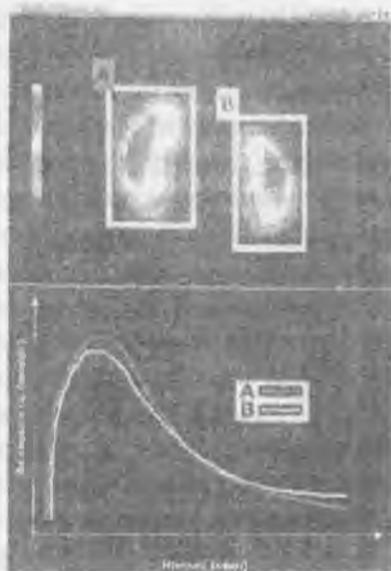
Динамическая регистрация физиологических функций: кривые, записанные при радионуклидном исследовании, доплеровском картировании кровотока, электрокардиографии и др.

Статические изображения: рентгенограммы, томограммы, сонограммы скинтиграммы и т.п.

Серия изображений в динамике, динамическая скинтиграфия (рис. 5.1); рентгенокиносъемка, наблюдение при рентгеноскопии и т.д.

Приведенная группировка условна, поскольку одна и та же характеристика зависит от методики обследования разных групп пациентов. Данные скинтиграфии, например, могут иметь вид то статических, то динамических картин. Серия скинтиграмм может быть обработана таким образом, чтобы получилась кривая прохождения радиофармпрепарата по

органу (см. рис. 5.1). Наконец, та же сцинтиграмма может быть оцифрована и представлена как набор количественных показателей.



*Рис. 5.1. Сцинтиграфия почек. Выделение «зон интереса» и построение кривых функции почек (гистограмм).*

*A - правая почка; B - левая.*

При рассмотрении медико-биологических данных следует различать понятия «признак» и «параметр».

Признак – это характеристика пациента, имеющая только два значения: наличие или отсутствие. Признаком является наличие боли, припухлости, тени очага на рентгенограмме, дефекта накопления радиофармпрепарата на сцинтиграмме и др. Параметр – это величина, характеризующая свойство процесса, явления или системы в абсолютных либо относительных величинах. Параметрами являются температура тела, показатели артериального давления, концентрация отдельных веществ в крови.

Деление характеристик пациента на признаки и параметры, конечно, в определенной степени условно. Признак может перейти в разряд параметра, если определять рассматриваемое свойство по условной шкале. Например, выраженность припухлости можно оценить в баллах: 1 балл, 2 балла и т.д. Аналогичным образом параметр может стать признаком, если оценка его будет производиться альтернативно: отсутствие или наличие повышения артериального давления.

Информацию вводят в компьютер либо с периферийного оборудования – клавиатуры, магнитных накопителей, речевого ввода, либо с терминала диагностического аппарата – рентгеновского, ультразвукового, магнитнорезонансного, радионуклидного. Во втором случае для получения единого формата данных предпочитают использовать терминалы в стандарте DICOM. При этом процедура введения информации с терминала в компьютер может иметь двойкий характер. В автономном режиме (off-line) диагностическая информация из оперативной памяти компьютера переносится на какой-либо промежуточный магнитный носитель и уже потом, после окончания исследования, ее обрабатывают на процессоре. В неавтономном (диалоговом) режиме (on-line) информация, находясь в оперативной памяти, сразу же обрабатывается процессором. В лучевой диагностике по техническим соображениям чаще применяют автономный режим работы с информацией.

Хранение информации (закодированных изображений, результатов работы, списков больных и пр.) в компьютере осуществляется на жестком диске или внешних магнитных носителях - дискетах, лентах.

Каждая порция (массив, набор) информации, записываемая на магнитный носитель, называется файлом (от англ. file - досье, картотека). Управление файлами обеспечивает файловая система, являющаяся частью операционной системы компьютера. Каждый файл имеет свой идентификатор: ему присваивают имя, которое регистрируют в каталоге файлов; обычно указывают также объем файла и дату его

создания. Перечень (каталог) файлов носит название «директорий». Просматривая директорий на экране дисплея, можно найти в каталоге интересующий файл и вызвать его из памяти компьютера.

При записи информации на магнитную ленту, что обычно осуществляется в архивах долговременного хранения, операционная система располагает файлы последовательно один за другим по мере их поступления. Для того чтобы найти нужный файл, необходимо, как в кассетном магнитофоне, просмотреть последовательно все файлы. Несмотря на автоматизм такого поиска, на него затрачивается определенное время (иногда оно исчисляется минутами). Такие системы записи файлов называют системами с последовательным доступом.

### Контрольные вопросы

1. *Какая структура компьютерных сетей?*
2. *Каковы уровни локальных компьютерных сетей?*
3. *Виды медицинских компьютерных сетей?*
4. *Какие существуют способы передачи информации на уровне локальных сетей?*
5. *Кто входит в рабочую группу пользователей?*
6. *Что такое доменная система, назовите ее структуру?*
7. *Перечислите виды локальных сетей.*
8. *Какие существуют уровни медицинских компьютерных систем?*
9. *Какое назначение имеет сервер, его виды?*
10. *Какое назначение у стандартов DICOM и HL7?*
11. *Структура локальной системы PACS ?*
12. *Какие службы входят в Интернет?*
13. *Какова структура адреса электронной почты?*
14. *Какова структура адреса URL?*

## Тестовые вопросы

**1. Специальным образом организованный файл, содержащий в себе один или несколько файлов в сжатом или не сжатом виде – это...**

- 1) вирус
- 2) архивный файл
- 3) архиватор
- 4) временный файл
- 5) многотомный файл

**2. Помещение исходных файлов в архивный файл в сжатом или не сжатом виде – это**

- 1) сжатие информации
- 2) разархивация
- 3) разделение на архивы
- 4) архивация
- 5) дефрагментация

**3. SFX-архив это:**

- 1) самораспаковывающийся архив
- 2) резервная копия файла
- 3) временный файл
- 4) файл, доступ к которому невозможен
- 5) вирусный архив

**4. Процесс преобразования информации, хранящейся в файле, к виду, при котором уменьшается избыточность в ее представлении и соответственно требуется меньший объем дисковой памяти для ее хранения – это...**

- 1) сжатие информации
- 2) архивный файл
- 3) архиватор
- 4) разархивация
- 5) компиляция

**5. Процесс восстановления файлов из архива точно в таком виде, какой они имели до загрузки в архив, - это**

- 1) разархивация
- 2) сжатие информации
- 3) архивный файл
- 4) архиватор
- 5) верификация

**6. Сжатый файл представляет собой файл...**

- 1) скрытый системный файл
- 2) защищенный от копирования
- 3) упакованный с помощью программы winrar или 7z
- 4) защищенный от несанкционированного доступа
- 5) зараженный компьютерным вирусом

**7. Рекомендуемой периодичностью обслуживания компьютера является**

- 1) регулярно в конце рабочего дня
- 2) регулярная проверка жесткого диска при обнаружении сбоев в работе операционной системы, но не реже раза в месяц
- 3) перед каждым сеансом работы (в начале рабочего дня)
- 4) проверка жесткого диска должна проводиться по возможности раз в неделю, ночью (вне рабочего времени)
- 5) один раз в год

**8. Специально написанная небольшая программа, которая может "приписывать" себя к другим программам для выполнения каких-либо вредных действий — портит файлы, "засоряет" оперативную память — это...**

- 1) html - программа
- 2) компьютерный вирус
- 3) драйвер для компьютера
- 4) flash - анимация
- 5) временный интернет файл

**9. Программы, предотвращающие заражение компьютерным вирусом и ликвидирующие последствия заражения – это...**

- 1) архиваторы
- 2) антивирусы
- 3) программы защиты
- 4) драйвера
- 5) стриммеры

**10. Программы, относящиеся к полифагам:**

- 1) SQL
- 2) Bios Setup
- 3) Dr. Web
- 4) MS Word
- 5) Блокнот

**11. Программы, относящиеся к ревизорам:**

- 1) Adinf
- 2) MS Access
- 3) MYSQL
- 4) Scandisk
- 5) Bios Setup

**12. Программы, относящиеся к блокировщикам:**

- 1) Finereader
- 2) Safe'n'sec
- 3) PHP2b
- 4) MS Outlook
- 5) Far Manager

**13. Самые опасные вирусы, разрушающие загрузочный сектор – это...**

- 1) троянские вирусы
- 2) паразитические вирусы
- 3) вирусы черви

- 4) сетевые вирусы
- 5) вирусы-невидимки (стелс-вирусы)

**14. Резидентные вирусы активны...**

- 1) если включен компьютер
- 2) какое-то ограниченное время
- 3) нажать определенную комбинацию клавиш
- 4) ввести ключевое слово
- 5) если отключен интернет

**15. Антивирусная программа dr. Web – это...**

- 1) программа-сторож
- 2) программа-детектор
- 3) программа-ревизор
- 4) программа-доктор
- 5) программа-вирус

**16. Антивирусные программы, которые подают сигнал тревоги, но лечить неспособны, это -**

- 1) сторожа
- 2) детекторы
- 3) ревизоры
- 4) доктора
- 5) захватчики

**17. Антивирусные программы, которые способны идентифицировать только известные им вирусы и требуют обновления антивирусной базы, это -**

- 1) сторожа
- 2) детекторы
- 3) ревизоры
- 4) провизоры
- 5) доктора

**18. Антивирусные программы, которые способны обнаруживать и лечить зараженные файлы, это -**

- 1) сторожа

- 2) детекторы
- 3) ревизоры
- 4) захватчики
- 5) доктора

**19. Программа, обладающая способностью к саморазмножению, – это**

- 1) вирус
- 2) антивирусная программа
- 3) командный файл
- 4) архивный файл
- 5) временный файл

**20. Вирусы, использующие для своего распространения протоколы или команды компьютерных сетей, это -**

- 1) макровирусы
- 2) свободные вирусы
- 3) сетевые вирусы
- 4) исполняемые вирусы
- 5) вирусы протоколов

## ГЛАВА 6.

### КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

§ 6.1. Виды медицинской информации

§ 6.2. Природа медицинских данных

§ 6.3. Специфика представления медицинских данных

§ 6.4. Интерпретация медицинских данных

§ 6.5. Причины применения непараметрической статистики в медицине

§ 6.6. Краткий обзор непараметрических методов

Любая деятельность человека представляет собой *процесс сбора и переработки информации, принятия на её основе решений и их выполнения*. С появлением современных средств вычислительной техники информация стала выступать в качестве одного из важнейших ресурсов научно-технического прогресса.

Понятие информации является одним из базовых общенаучных понятий. Поэтому дать точное определение информации через другие понятия невозможно. Существует множество определений информации. Например, общая теория информации определяет её так (Янковский, 2000): «Любое взаимодействие между объектами, в процессе которого один приобретает некоторую субстанцию, а другой её не теряет, называется информационным взаимодействием. При этом передаваемая субстанция называется Информацией».

Своеобразное определение информации дано Н. Винером (1968): «Информация есть информация, а не материя и не энергия».

Простое и понятное каждому определение информации даётся в энциклопедии (Ожегов и Шведова, 1999): «Инфор-

мация - это: 1) сведения об окружающем мире и протекающих в нём процессах; 2) сообщения, осведомляющие о положении дел, о состоянии чего-либо».

Наряду со множеством определений понятия информации существует множество классификаций информации, одна из которых приведена для примера в табл. 6.1.

В современной литературе за словосочетанием «медицинская информация» скрывается два понятия. Медицинская информация в широком смысле – это любая информация, относящаяся к медицине. А в узком смысле – это информация, относящаяся непосредственно к человеку как к пациенту, то есть информация о его здоровье, особенностях организма, перенесённых заболеваниях и т. д. В последнее время термин «медицинская информация» всё чаще употребляется именно в узком смысле. Далее в тексте мы будем придерживаться именно такого понимания медицинской информации.

Таблица 6.1.

*Виды информации.*

По способам восприятия	По форме представления	По широте адресации	По общественному значению
Визуальная	Текстовая	Массовая	Обыденная
Аудиальная	Числовая	Специальная	Общественно-политическая
Тактильная	Графическая	Личная	Эстетическая
Обонятельная	Звуковая		Научная
Вкусовая			Производственная
			Техническая
			Управленческая
			Знания, умения
			Прогнозы, планы
			Чувства, интуиция

## § 6.1. Виды медицинской информации

Все виды медицинской информации можно разделить на четыре основные группы:

- Алфавитно-цифровая информация;
- Визуальная информация:
  - а) статическая;
  - б) динамическая;
- Звуковая информация;
- Комбинированные виды информации.

### Алфавитно-цифровая информация.

Алфавитно-цифровая информация является основой почти всех форм печатных и рукописных документов (кроме случаев, когда документ представляет собой график или схему). Она составляет большую содержательную часть медицинской информации.

### Статическая визуальная информация.

К этой категории медицинской информации относятся различные изображения (рентгенограммы, эхокардиограммы и т.д.). В зависимости от технических средств и других особенностей полученная информация может быть серошальной (например, рентгеновское изображение) или цветной (например, эндоскопическое изображение).

### Динамическая визуальная информация (видео).

Примерами подобной информации являются походка пациента, мимика или судороги, сухожильные рефлексы, реакция зрачка на свет, генерируемое диагностическим оборудованием динамическое изображение.

### Звуковая информация.

Звуковая информация включает речь, усиленные техническим способом естественные звуки человеческого орга-

низма и звуковые сигналы, генерируемые медицинским оборудованием.

Примерами речевой информации являются комментарий лечащего врача, речь пациента с неврологической или психической патологией, речь пациента с патологией гортани.

Примерами усиленных техническим способом звуковых сигналов являются тоны, шумы, хрипы и другие элементы аускультации, слышимые с помощью фонендоскопа.

Примерами звуковых сигналов, генерируемых медицинским оборудованием, являются доплеровские сигналы кровотока при эхокардиографии, флоуметрические сигналы, сигналы от фетальных мониторов и т.п.

Некоторые виды или отдельные случаи звуковой информации могут входить в состав комбинированных видов медицинской информации (например, в сочетании с визуально-графической информацией).

### Комбинированные виды информации.

Комбинированной называется медицинская информация, представляющая собой любую комбинацию алфавитно-цифровой, визуальнографической и звуковой информации.

Наиболее популярным комбинированным видом информации является сочетание динамической визуальной информации со звуковой. Однако на практике широко применяются и другие сочетания: например, статической визуальной информации со звуковой, статической визуальной информации с алфавитно-цифровой и прочие.

## § 6.2. Природа медицинских данных

В медицинской практике часто используются выражения «сбор данных» или «получение информации». Эти выражения могут трактоваться неверно на основе предположения, что медицинская информация содержится в реальном мире в состоянии доступности для использования её в диагностических или лечебных целях. На самом деле, некоторые

объективные параметры, такие как биологическая дозировка, могут интерпретироваться или, другими словами, становиться информацией только в контексте, например, мотивации назначения, условий получения образца крови, используемого для измерений метода, и так далее. Симптом клинический или радиологический признак – это результат комплексного процесса принятия решений.

Следовательно, медицинская информация как таковая существует только в интерпретируемой среде и должна постоянно обновляться, чтобы избежать диагностических и терапевтических ошибок. Возникающие у врачей гипотезы определяют направление сбора данных и критерии оценки «полезности» информации. Субъективность играет преобладающую роль в медицине. Эта ситуация частично объясняет неисчерпаемую природу медицинской информации. Информация может отсутствовать потому, что пациенту не был задан вопрос, или потому, что ответ пациента не был записан. Считается (Bentsen, 1976), что до 40% проблем, идентифицированных в ходе исследований, были связаны с тем, что медицинская информация не была корректно сохранена.

Следовательно, оценка качества медицинских данных очень важна и должна в первую очередь позволять оценить их информационное значение.

### Конфиденциальность медицинской информации.

Характерной особенностью медицинской информации является её конфиденциальность.

Предоставление сведений, составляющих врачебную тайну, без согласия гражданина или его законного представителя допускается:

в целях обследования и лечения гражданина, неспособного из-за своего состояния выразить свою волю;

при угрозе распространения инфекционных заболеваний, массовых отравлений и поражений;

по запросу органов дознания и следствия, прокурора и суда в связи с проведением расследования или судебным разбирательством;

в случае оказания помощи пациенту в возрасте до 15 лет для информирования его родителей или законных представителей;

при наличии оснований, позволяющих полагать, что вред здоровью гражданина причинён в результате противоправных действий.

Право граждан на конфиденциальность передаваемых ими сведений при получении медицинской помощи, а также иной информации, составляющей врачебную тайну, порождает ответственность медицинских работников и иных лиц за её разглашение. Эта ответственность может быть административной, дисциплинарной или уголовной в соответствии с законодательством Республики Узбекистан, республик в составе Республики Узбекистан.

Уровень, на котором медицинские наблюдения можно оценивать как успешные, зависит от методов, используемых для измерения (аналитическая неоднозначность), операторов, или тех, кто производит наблюдение (интра- и интероператорная неоднозначность), и объекта наблюдения (интра- и интериндивидуальная неоднозначность) (Degoulet and Fieschi, 1997).

Медицинские данные не всегда обеспечивают актуальную информацию и не могут служить для однозначной идентификации заболевания. Результаты измерений (значения медицинских переменных) могут отклоняться от актуальных (реальных) значений из-за неточности и/или погрешности (см. рис. 6.1).

Точность измерения клинической информации установить сложно, так как она в значительной степени, прямо или косвенно, зависит от точки зрения врача на каждый клинический случай.



*Рис. 6.1. Эффект отклонения значений медицинских переменных.*

### § 6.3. Специфика представления медицинских данных

Вероятностная природа медицинской информации позволяет утверждать следующее: повышение качества оказания медицинской помощи может происходить за счёт увеличения объёмов одновременно оцениваемой информации (объёмов статистической выборки) и количества принимаемых во внимание параметров (тестов). Другим способом повышения качества диагностики заболевания и, следовательно, качества лечения становится увеличение качества сохраняемых в информационной системе медицинских данных, которое стало возможным в контексте изменения взгляда на управление данными, происходящего в мире информационных технологий в последние годы. Пользователям информационных систем теперь требуется больше, чем быстрый доступ и манипулирование простыми, алфавитно-цифровыми данными. Экономические отношения, всё больше затрагивающие сегодня ЛПУ, становятся более интеллектуальными, предприятия должны думать о завтрашнем дне и непрерывно адаптироваться к новым условиям рынка, обращая в капитал преимущества новых технологий и возможностей, как только эти возможности возникают в поле их зрения.

Управление и полноценное использование всей сложной информации, которая постоянно проходит через различные подразделения, должно стать основой предприятия завтрашнего дня. Для представления информации необходима надёжная и адекватная информационная система, которая ориентирована не только на алфавитно-цифровые данные, но и на видео, звук, документы, пространственную информацию, изображения и которая позволит принимать своевременные и адекватные решения. Полная и всесторонняя информация может обеспечивать критичное понимание происходящих процессов, позволяя оценивать и постоянно улучшать способы работы внутри предприятия. Особенно это утверждение актуально для медицинских информационных систем, так как медицинские данные, полученные в процессе диагностики и лечения, являются чаще всего мультимедийными.

Кроме того, существует ряд проблем в области представления медицинской информации. Можно выделить следующие основные проблемы в этой области:

- большое количество не связанных между собой специализированных терминологических систем;

- различия в толковании используемых понятий и терминов;

- недостаточное внедрение технологий отражения смыслового значения терминов;

- трудности с повторным использованием кодированных данных в различных медицинских контекстах.

## § 6.4. Интерпретация медицинских данных

В общем, интерпретация данных основывается на механизме аргументации. Аргументация начинается с появления (формирования) гипотез, которые могут объяснить происходящие явления и процессы, с последующей верификацией каждой из них на предмет подтверждения или отмены. Слова, используемые для описания ситуации, симптомов, признаков и отношений, устанавливаемых между этими признаками, в

значительной степени влияют на процесс аргументации. Этот феномен комбинируется с неопределённостью, свойственной различным диагностическим процедурам. Именно этой комбинацией объясняется интра- и интероператорная неоднозначность медицинской информации.

Отсутствие стандартизованного медицинского словаря связано с нечёткостью медицинских наблюдений. Использование близких, но не абсолютно синонимичных терминов для одних и тех же понятий или для понятий, близких к данным терминологически – источник семантической неоднозначности и погрешности.

В медицинской литературе, так же как и в описании клинических случаев, часто встречается количественная и качественная неопределённость, например, термины «часто» и «в общем» используются для определения одних и тех же ситуаций. Количественные признаки также часто являются субъективными и могут интерпретироваться по-разному.

### **§ 6.5. Причины применения непараметрической статистики в медицине**

Производя статическую обработку медицинских данных, необходимо помнить, что:

во-первых, всегда делалось допущение о нормальном распределении (или близком к нормальному) изучаемых случайных величин (СВ) и равенстве их дисперсий;

во-вторых, все СВ, с которыми вы имели дело ранее, являлись количественными признаками объектов наблюдения (число килограммов, число сантиметров и др.);

в-третьих, большинство встречавшихся вам ранее СВ являлись непрерывными величинами, то есть их значения могли сколь угодно мало отличаться друг от друга;

и, наконец, все СВ были представлены абсолютными значениями (килограммы, сантиметры и др.).

При соблюдении перечисленных условий для оценки значимости различий должны применяться параметрические

критерии, каким и является t-критерий Стьюдента, знакомый вам по ручным расчетам и работой с программой Excel. Параметрическим он называется потому, что для его корректного использования необходимо учитывать параметры распределения, сравниваемых СВ, а именно:

- распределение СВ должно быть достаточно нормальным;
- дисперсии должны быть достаточно одинаковыми.

*Однако значительная часть СВ, встречающихся в сфере медицины и здравоохранения, не отвечает выше перечисленным условиям.*

Во-первых, известно много параметров организма и процессов, не соответствующих закону нормального распределения.

В качестве примеров можно привести индивидуальный уровень двигательной активности в популяции человека и животных, концентрацию некоторых гормонов в крови, количество принимаемых медикаментов населением (как правило, люди либо не принимают медикаменты совсем, либо принимают одновременно несколько видов препаратов и в значительных дозах).

Например, является ли доход нормально распределенной величиной? Скорее всего, нет. Случаи редких болезней не являются нормально распределенными в популяции, число автомобильных аварий также не является нормально распределенным, как и многие переменные, интересующие исследователя.

Более того, в большинстве случаев тип распределения СВ неизвестен, либо его невозможно определить вследствие малого объема выборки.

Во-вторых, очень часто врачу приходится иметь дело с качественными (категориальными) признаками, для которых можно определить лишь частоту встречаемости. Это, например, наличие или отсутствие у пациента какого-либо симптома, исходы лечения (выздоровление, хронизация заболевания и др.), степень тяжести больного, оценка результатов

лабораторного теста (низкий, нормальный, высокий уровень показателя) и др.

*В-третьих*, многие СВ, которые нужно оценить, являются по своему смыслу дискретными, то есть величинами имеющими строго раздельные значения, между которыми других значений быть не может. Сюда относятся многие диагностические признаки: число баллов, полученных при анкетировании, число приступов заболевания, число случаев выздоровления и др.

*В-четвертых*, очень часто при статистическом анализе в медицине приходится сравнивать относительные СВ, отражающие долю (проценты, промилле и др.). Так, например, в здравоохранении принято выражать рождаемость, заболеваемость, смертность и многие другие явления в показателях интенсивности. Это число случаев, приходящихся на 1000, 10 000, 100 000 человек.

Поэтому применение параметрических критериев в медицине, в частности *t*-критерия Стьюдента, далеко не всегда оправдано. При невыполнении четырех вышеуказанных условий для проведения корректного исследования и получения верных выводов необходимо использовать непараметрические методы статистической обработки. Свое название они получили в связи с тем, что данные методы не требуют учета параметров распределения СВ, например, его симметричности, пикообразности и других.

С другой стороны, непараметрические тесты имеют меньшую статистическую мощность (менее чувствительны), чем их параметрические аналоги, и если важно обнаружить даже слабые отклонения (например, является ли данная пищевая добавка опасной для здоровья), следует особенно тщательно выбирать статистический критерий и проводить многократные испытания.

Кроме того, *непараметрические методы наиболее приемлемы, когда объем выборок мал. Если данных много (нап-*

пример,  $n > 100$ ), то появляется возможность проверки типа распределения признаков. И если распределение близко к нормальному, то нет смысла использовать непараметрические критерии. В таких случаях параметрические методы будут более чувствительными.

Таким образом, для получения верного вывода, чрезвычайно важен выбор адекватного метода статистической обработки данных.

### § 6.6. Краткий обзор непараметрических методов

По существу, для каждого параметрического критерия имеется по крайней мере один непараметрический аналог. Эти критерии можно отнести к одной из следующих групп:

- описательные статистики;
- критерии различия между независимыми выборками (группами);
- критерии различия между зависимыми выборками;
- критерии зависимости между СВ.

#### Описательные статистики.

Наиболее важными параметрами описательной статистики в изучаемом контексте являются критерии проверки типа распределения, прежде всего на предмет соответствия его нормальному типу. Существует значительное число критериев согласия, предназначенных для данной цели. Наиболее популярны из них показатели асимметрии и эксцесса, критерии Шапиро-Уилка, Колмогорова-Смирнова.

Дело в том, что если данные не являются нормально распределенными, то вычисление обычных описательных статистик (например, среднего, стандартного отклонения) не слишком информативно. Например, в психофизиологии известен закон Вебера-Фехнера, согласно которому, воспринимаемая интенсивность стимулов (например, субъективно воспринимаемая яркость света) представляет собой логарифмическую функцию реальной интенсивности (яркости,

измеренной в объективных единицах – люксах). В данном примере обычное среднее арифметическое не дает верного представления о среднем значении действительной интенсивности стимула. Здесь скорее следует вычислить среднее геометрическое. В подобных случаях вычисляются и другие непараметрические описательные показатели: медиана, мода, гармоническое среднее, геометрическое среднее, квартильный размах и т.д.

### Различия между независимыми выборками.

Обычно, когда имеются две выборки (например, мужчины и женщины), средние данные которых нужно сравнить, используется t-критерий для независимых выборок (в программе *Excel* это ТТЕСТ). Непараметрической альтернативой этому критерию является, например, U-критерий Манна-Уитни.

Если сравниваются частоты качественных признаков, то используется, например, критерий хиквадрат. Если нужно сравнить несколько групп, то используется дисперсионный анализ. Его непараметрическим аналогом является ранговый дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса.

### Зависимости (связи) между переменными.

Для оценки зависимости между двумя переменными (например, между дозой лекарства и его фармакодинамическим эффектом), обычно вычисляют линейный коэффициент корреляции Г.Пирсона. Его непараметрическим аналогом является коэффициент Спирмена R.

Если две рассматриваемые переменные по природе своей категориальны, то подходящими непараметрическими критериями для тестирования зависимости будут: Хи-квадрат и точный критерий Фишера.

Для оценки зависимости между несколькими переменными применяется коэффициент конкордации Кендалла. Этот тест часто используется для оценки согласованности

мнений независимых экспертов, выраженных в баллах, выставленных одному и тому же субъекту.

Программное обеспечение для непараметрической статистики.

В настоящее время существует значительное количество специализированных компьютерных программ, позволяющих быстро, точно, всесторонне и наглядно произвести статистическую обработку данных.

К наиболее популярным программам, позволяющим провести обработку с помощью непараметрических критериев, относятся англоязычный программный пакет Statistica 5 производства корпорации StatSoft, его русскоязычная версия Statistica 6, БИОСТАТ, SPSS, MegaStat - небольшая программная надстройка для Excel, содержащая набор исключительно непараметрических методов.

### Контрольные вопросы

1. *Какие статистические пакеты применяются для обработки медицинских данных?*
2. *Какими особенностями обладают медицинские данные?*
3. *В чём заключается подготовка медицинских данных к анализу?*
4. *Для решения каких клинико-научных задач необходимо формулировать статистические гипотезы?*
5. *Какие существуют основные характеристики распределения параметрических величин?*
6. *Как характер распределения величин связан с выбором метода обработки данных?*
7. *В чём состоит современная технология статистического анализа данных?*
8. *Дайте определение квантилю и перцентиллю. Что они демонстрируют?*
9. *Как классифицируют методы статистического анализа данных?*

## Тестовые вопросы

**1. Компьютерный анализ медицинских данных это**

1) математическое преобразование данных с помощью программных средств

2) математическая обработка медицинских данных

3) статистическая обработка медицинских данных

4) нет правильного ответа

**2. Компьютерный анализ данных НЕ включает в себя следующий раздел**

1) предварительный анализ данных

2) планирование исследования

3) получение представления об основных статистических методах

4) интерпретация результатов

**3. Какой из этапов анализа данных выполняется в первую очередь**

1) подготовка данных к анализу

2) предварительный анализ данных

3) выбор метода анализа

4) интерпретация результатов

**4. Этап приведения данных к виду, позволяющему провести последующую их обработку, называется**

1) планирование исследования

2) подготовка данных к анализу

3) предварительный анализ данных

4) разведывательный анализ данных

**5. Выявление вероятностных законов распределения, которым подчиняются данные, проводится на этапе**

1) планирование исследования

2) подготовка данных к анализу

3) предварительный анализ данных

4) реализация метода анализа данных

**6. Выявление различий между группами данных проводится на этапе**

- 1) планирование исследования
- 2) подготовки данных к анализу
- 3) предварительный анализ данных
- 4) интерпретация результатов

**7. Непосредственный ввод исходных данных проводится на этапе**

- 1) планирования исследования
- 2) подготовки данных к анализу
- 3) предварительный анализ данных
- 4) разведывательный анализ данных

**8. Определение взаимосвязей между переменными происходит на этапе**

- 1) планирования исследования
- 2) предварительного анализа данных
- 3) подготовка данных к анализу
- 4) интерпретации результатов

**9. К какому этапу анализа данных относится разделение объектов на группы в соответствии с общим признаком?**

- 1) подготовка данных к анализу
- 2) предварительный анализ данных
- 3) выбор метода анализа
- 4) интерпретация результатов

**10. К какому этапу анализа данных относится визуализация данных при помощи того или иного типа графиков?**

- 1) предварительный анализ данных

2) получение представления об основных статистических методах

3) планирования исследования

4) выбор метода анализа

**11. К какому этапу анализа данных относится вычисление элементарных статистических характеристик?**

1) подготовка данных к анализу

2) предварительный анализ данных

3) выбор метода анализа

4) интерпретация результатов

**12. К какому этапу анализа данных относится определение коэффициентов корреляции между интересующими параметрами?**

1) подготовка данных к анализу

2) предварительный анализ данных

3) выбор метода анализа

4) интерпретация результатов

## ГЛАВА 7.

### НЕЙРОСЕТЕВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ

- § 7.1. Статистика и диагностика
- § 7.2. Нейронные сети для задач диагностики
- § 7.3. Конкретные системы
- § 7.4. Возможности применения нейросетей
- § 7.5. Борьба с онкологическими заболеваниями
- § 7.6. Нейросистемы, генетика и молекулы
- § 7.7. Общая схема обучения нейронной сети
- § 7.8. Методологические аспекты обучения нейросетей
- § 7.9. Тестирование примеров
- § 7.10. Общие аспекты создания медицинских нейросетевых экспертных систем
- § 7.11. Основные положения теории и методологии создания нейросетевых медицинских экспертных систем

#### § 7.1. Статистика и диагностика

Статистика такова: врач правильно диагностирует инфаркт миокарда у 88% больных и ошибочно ставит этот диагноз в 29% случаев. Ложных тревог (гипердиагностики) чересчур много. История применения различных методов обработки данных для повышения качества диагностики насчитывает десятилетия, однако, лучший из них помог сократить число случаев гипердиагностики лишь на 3%.

В 1990 году Вильям Бакст из Калифорнийского университета в Сан-Диего использовал нейронную сеть – многослойный персептрон – для распознавания инфаркта миокарда у пациентов, поступающих в приемный покой с

острой болью в груди. Его целью было создание инструмента, способного помочь врачам, которые не в силах справиться с потоком данных, характеризующих состояние поступившего больного. Другой целью было совершенствование диагностики. Свою задачу исследователь усложнил, поскольку анализировал данные только тех пациентов, кого уже направили в кардиологическое отделение. Бакст использовал лишь 20 параметров, среди которых были возраст, пол, локализация боли, реакция на нитроглицерин, тошнота и рвота, потение, обмороки, частота дыхания, учащенность сердцебиения, предыдущие инфаркты, диабет, гипертония, вздутие шейной вены, ряд особенностей ЭКГ и наличие значительных ишемических изменений.

Сеть продемонстрировала точность 92% при обнаружении инфаркта миокарда и дала только 4% случаев сигналов ложной тревоги, ошибочно подтверждая направление пациентов без инфаркта в кардиологическое отделение.

Итак, налицо факт успешного применения искусственных нейронных сетей в диагностике заболевания. Теперь необходимо пояснить, в каких параметрах оценивается качество диагноза в общем случае. Предположим, что из десяти человек, у которых инфаркт действительно есть, диагностический метод позволяет обнаружить заболевание у восьми. Тогда чувствительность метода составит 80%. Если же мы возьмем десять человек, у которых инфаркта нет, а метод диагностики заподозрит его у трех человек, то доля ложных тревог составит 30%, при этом дополнительная к нему характеристика – специфичность метода – будет равна 70%.

Идеальный метод диагностики должен иметь стопроцентные чувствительность и специфичность - во-первых, не пропускать ни одного действительно больного человека и, во-вторых, не пугать здоровых людей. Чтобы застраховаться, можно и нужно стараться, прежде всего, обеспечить стопроцентную чувствительность метода – нельзя пропускать заболевание. Но это оборачивается, как правило, низкой специфичностью метода – у многих людей врачи

подозревают заболевания, которыми на самом деле пациенты не страдают.

## § 7.2. Нейронные сети для задач диагностики

Нейронные сети представляют собой нелинейные системы, позволяющие гораздо лучше классифицировать данные, чем обычно используемые линейные методы. В приложении к медицинской диагностике они дают возможность значительно повысить специфичность метода, не снижая его чувствительности.

Отличительное свойство нейросетей состоит в том, что они не программируются - не используют никаких правил вывода для постановки диагноза, а обучаются делать это на примерах. В этом смысле нейросети совсем не похожи на экспертные системы, разработка которых в 70-е годы происходила после временной «победы» Искусственного Интеллекта над тем подходом к моделированию памяти, распознавания образов и обобщения, который основывался на изучении нейронной организации мозга.

Одной из наиболее известных из разработанных экспертных систем, действие которых основывалось на знаниях, извлеченных у экспертов, и на реализации процедур вывода, была система MYCIN.

Данную систему разработали в Стэнфорде в начале 70-х годов для диагностики септического шока. Половина больных умирала от него в течение суток, а врачи могли обнаруживать сепсис лишь в 50% случаев. MYCIN, казалось, была подлинным триумфом технологии экспертных систем – ведь она позволяла обнаружить сепсис в 100% случаев. Однако после более внимательного знакомства с этой экспертной системой врачи значительно усовершенствовали традиционные методы диагностики, и MYCIN потерял свое значение, превратившись в учебную систему. Экспертные системы «пошли» только в кардиологии – для анализа электрокардиограмм. Сложные правила, которые составляют

главное содержание книг по клиническому анализу ЭКГ, использовались соответствующими системами для выдачи диагностического заключения.

Диагностика является частным случаем классификации событий, причем наибольшую ценность представляет классификация тех событий, которые отсутствуют в обучающем нейросетевом наборе. Здесь проявляется преимущество нейросетевых технологий - они способны осуществлять такую классификацию, обобщая прежний опыт и применяя его в новых случаях.

### § 7.3. Конкретные системы

Примером программы диагностики служит пакет кардиодиагностики, разработанный фирмой RES Informatica совместно с Центром кардиологических исследований в Милане. Программа позволяет осуществлять неинвазивную кардиодиагностику на основе распознавания спектров тахограмм. Тахограмма представляет собой гистограмму интервалов между последовательными сердцебиениями, и ее спектр отражает баланс активностей симпатической и парасимпатической нервной системы человека, специфично изменяющейся при различных заболеваниях.

Так или иначе, уже сейчас можно констатировать, что нейронные сети превращаются в инструмент кардиодиагностики. В Англии, например, они используются в четырех госпиталях для предупреждения инфаркта миокарда.

В медицине находит применение и другая особенность нейросетей - их способность предсказывать временные последовательности. Уже отмечалось, что экспертные системы преуспели в анализе ЭКГ. Нейросети здесь тоже приносят пользу. Ки Чженху, Ю Хену и Виллис Томпкинс из университета штата Висконсин разработали нейросетевую систему фильтрации электрокардиограмм, позволяющую подавлять нелинейный и нестационарный шум значительно лучше, чем ранее использовавшиеся методы. Дело в том, что

нейросеть хорошо предсказывала шум по его значениям в предыдущие моменты времени. А то, что нейросети очень эффективны для предсказания временных последовательностей (таких, например, как курс валют или котировки акций), убедительно продемонстрировали результаты соревнования предсказательных программ, проводимых университетом в Санта Фе - нейросети заняли первое место и доминировали среди лучших методов.

#### § 7.4. Возможности применения нейросетей

ЭКГ — это частное, хотя и исключительно важное приложение. Однако сегодня существует и много других примеров использования нейросетей для медицинских прогнозов.

Известно, что длинные очереди в кардиохирургические отделения (от недель до месяцев) вызваны нехваткой реанимационных палат. Увеличить их число не удастся из-за высокой стоимости реанимационной помощи (70% средств американцы тратят в последние 2 недели жизни именно в этом отделении).

Выход только в более эффективном использовании имеющихся средств. Предположим, что состояние прооперированных в некоторый день больных настолько тяжелое, что им необходимо их длительное пребывание в реанимационной палате (более двух суток). Все это время хирурги будут простаивать, поскольку вновь прооперированных больных некуда класть. Тяжелых больных разумнее оперировать перед выходными или праздниками — операционные все равно закрыты в эти дни, хирурги будут отдыхать, а больные восстанавливаться в реанимации. А вот в начале рабочей недели лучше прооперировать тех пациентов, которым нужно будет находиться в реанимационной палате только один-два дня. Тогда койки в реанимации будут освобождаться быстрее, и принимать новых больных, прооперированных во вторник и среду.

Вопрос в том, как угадать, кому придется надолго задержаться в блоке интенсивной терапии после операции, а

*кому - нет. Джек Ту и Майкл Гуэррир* из госпиталя Святого Михаила университета в Торонто использовали нейронные сети для такого предсказания. В качестве исходных данных они взяли только те сведения о пациенте, которые известны в предоперационный период. Ту и Гуэррир обучили двух-слойный перцептрон разделять больных на три группы риска, учитывая их возраст, пол, функциональное состояние левого желудочка, степень сложности предстоящей операции и наличие сопутствующих заболеваний. Из тех пациентов, которых сеть отнесла к группе малого риска задержки в реанимации, только 16,3% действительно провели в ней более двух дней. В то же время свыше 60% из тех, кого сеть отнесла в группу повышенного риска, оправдали неблагоприятный прогноз.

### § 7.5. Борьба с онкологическими заболеваниями

*Мы уделяли особое внимание сердечнососудистым заболеваниям, поскольку именно они удерживают печальное лидерство в списке причин смертности. На втором месте находятся онкологические заболевания.* Одно из главных направлений, в котором сейчас идут работы по использованию нейронных сетей – диагностика рака молочной железы. Этот недуг – причина смерти каждой девятой женщины.

Обнаружение опухоли осуществляется в ходе первичного рентгенографического анализа молочной железы (маммографии) и последующего анализа кусочка ткани новообразования (биопсии). Несмотря на существование общих правил дифференцирования доброкачественных и злокачественных новообразований, по данным маммографии, только от 10 до 20% результатов последующей хирургической биопсии действительно подтверждают наличие рака молочной железы. Снова мы имеем дело со случаем крайне низкой специфичности метода.

Исследователи из университета Дьюка обучили нейронную сеть распознавать маммограммы злокачественной ткани на основе восьми особенностей, с которыми обычно имеют

дело радиологи. Оказалось, что сеть способна решать поставленную задачу с чувствительностью около 100% и специфичностью 59 % (сравните с 10-20 % у радиологов). В клинике Майо (Миннесота) нейросеть анализировала результаты ультразвукового исследования молочной железы и обеспечила специфичность 40 %, в то время как для тех же женщин специфичность заключения радиологов оказалась нулевой. Не правда ли, успех использования нейросетевых технологий выглядит совсем не случайным?

После лечения рака молочной железы возможны рецидивы возникновения опухоли. Нейросети уже помогают эффективно их предсказывать. Подобные исследования проводятся на медицинском факультете Техасского университета. Обученные сети показали свои способности выявлять и учитывать очень сложные связи прогностических переменных, в частности, их тройные связи для улучшения предсказательной способности.

Разнообразны возможности применения нейросетей в медицине, и разнообразна их архитектура. На основе прогноза отдаленных результатов лечения заболевания тем или иным методом, можно предпочесть один из них. Значительного результата в прогнозе лечения рака яичника (болезнь каждой семидесятой женщины) добился известный голландский специалист Герберт Каппен из университета в Нимегене (он использует в своей работе не многослойные перцептроны, а так называемые Машины Больцмана – нейросети для оценки вероятностей).

А вот пример другого онкологического заболевания. Исследователи из медицинской школы в Кагаве (Япония) обучили нейросеть, которая практически безошибочно прогнозировала по предоперационным данным результаты резекции печени у больных печеночно-клеточной карциномой.

В Троицком институте инновационных и термоядерных исследований (ТРИНИТИ), в рамках реализуемого Министерством науки проекта создания нейросетевых консультационных систем, была разработана нейросетевая программа,

которая выбирает метод лечения базальноклеточного рака кожи (базалиомы) на основе долгосрочного прогноза развития рецидива. Число заболеваний базалиомой – онкологическим недугом белокожих людей с тонкой кожей – составляет треть всех онкологических заболеваний.

Диагностика одной из форм меланомы – опухоли, которую иногда непросто отличить от пигментной формы базалиомы, была реализована с помощью нейросетевого симулятора Multineuron, разработанного в ВЦ СОРАН в Красноярске под руководством А.Н.Горбаня.

Нейросети можно использовать и для прогноза действия различных разрабатываемых средств лечения. Они уже успешно применяются в химии для прогноза свойств соединений на основе их молекулярной структуры. Исследователи из Национального института рака в США использовали нейросети для предсказания механизма действия препаратов, применяемых при химиотерапии злокачественных опухолей. Заметим, что существуют миллионы различных молекул, которые необходимо исследовать на предмет их антираковой активности. Специалисты Института рака разбили известные онкологические препараты на шесть групп в соответствии с механизмом их действия на раковые клетки и обучили многослойные сети классифицировать новые вещества и распознавать их действие.

## § 7.6. Нейросистемы, генетика и молекулы

Диагностика и лечение онкологических заболеваний, а также разработка новых медикаментозных средств несомненно представляют собой важнейшую область применения нейросетевых технологий. Однако в последнее время среди исследователей и врачей растет осознание того факта, что будущие успехи должны быть тесно связаны с изучением молекулярных и генетических причин развития заболеваний.

Не случайно в апреле 1997 года эксперты Национального института здоровья (США) выступили с рекомендациями по

усилению исследований, связанных с выявлением причин, вызывающих рак, и разработок, направленных на предупреждение болезней. Нейросети уже довольно давно активно применяются в анализе геномных последовательностей ДНК, в частности для распознавания промоторов – участков, предшествующих генам и связываемых с белком РНК-полимераза, который инициирует транскрипцию. Их используют для дифференциации кодирующих и не кодирующих участков ДНК (экзонов и интронов) и предсказания структуры белков.

В 1996 году было сделано сенсационное открытие, связавшее фундаментальные исследования в молекулярной генетике с проблемой патогенеза и лечения самого распространенного онкологического заболевания – базально-клеточного рака кожи. Исследователи обнаружили в девятой хромосоме человека ген (PТC), мутации в котором, в отличие от гена р53, вызваны воздействием ультрафиолета и являются причиной развития опухоли. Ключом к открытию стало изучение так называемого заплаточного гена, изменения в котором стимулировали дефекты развития плодовой мушки и тот факт, что у детей, также страдающих дефектами развития костной ткани (базальный невусный синдром), часто имеются множественные базалиомы.

Теперь генетики и врачи преисполнены надежд найти медикаментозное средство лечения базалиомы или использовать методы генной хирургии и заменить ими такие не щадящие методы лечения, как обычная лазерная, рентгеновская и криохирургия. Могут ли нейронные сети оказаться полезными для этих исследований? В частности, нельзя ли с их помощью оценить возможное влияние определенной мутации на изменение свойств соответствующих белков или оценить ее прогностическое значение, скажем, для развития рецидива рака молочной железы?

Если бы это можно было сделать, то нейросети значительно уменьшили бы область поиска для молекулярных биологов, часто «на ощупь» проводящих очень доро-

гостоящие эксперименты по оценке роли мутаций в молекуле ДНК. Напомним, что к развитию злокачественных опухолей приводит неконтролируемый рост и деление клеток. Геном человека, в котором записана информация о всех производимых в организме белках, насчитывает около трех миллиардов нуклеотидов. Но только 2-3% из них действительно кодируют белки, остальные нужны самой ДНК для поддержания правильной структуры, репликации и прочего.

В геномных последовательностях ДНК можно приблизительно выделить три составляющие: в первой содержатся многочисленные копии одинаковых фрагментов (сателлитная ДНК); во второй находятся умеренно повторяющиеся последовательности, рассеянные по геному; а в третьей – уникальная ДНК. В сателлитной ДНК различные копии представлены неодинаково – их численность варьируется от сотен до миллионов. Поэтому они обычно еще подразделяются на мини- и микросателлитов.

Замечательно, что распределение микросателлитов по геному столь специфично, что может использоваться в качестве аналога отпечатков пальцев для человека. Полагают также, что это распределение может быть использовано и для диагностики различных заболеваний.

В скрытом виде повторы нуклеотидных последовательностей играют важную роль и в уникальных последовательностях ДНК. Согласно гипотезе Фрэнсиса Крика, эволюция ДНК начинается от квазипериодических структур, и если мы сможем найти скрытые повторы, то узнаем, где произошли мутации, определившие эволюцию, а значит, найдем и древнейшие, и важнейшие участки, мутации в которых наиболее опасны. Распределение скрытых повторов также тесно связано со структурой и функцией белков, кодируемых соответствующей последовательностью.

В ТРИНИТИ была разработана система, в которой для поиска скрытых повторов и оценки роли мутаций в последовательностях ДНК используются модификации нейросетей Хопфилда. Есть надежда, что этот подход можно будет

использовать для обобщенного спектрального анализа последовательностей данных весьма общего вида, например, для анализа электрокардиограмм.

### Нейросети шагают по планете.

География исследовательских групп, применяющих нейросети для разработки медицинских приложений, очень широка.

В России в НИИЯФ МГУ нейросети применяются для анализа заболеваний органов слуха. В Австралии Джордж Христос использовал теорию нейронных сетей для построения первой гипотезы о причинах загадочного синдрома внезапной смерти новорожденных.

### Задачи, решаемые нейронными сетями.

Все задачи, решаемые человеком, с позиций нейроинформационных технологий можно условно классифицировать на 2 группы:

1) Задачи, имеющие известный и определенный набор условий, на основании которого необходимо получить четкий, точный, недвусмысленный ответ по известному и определенному алгоритму;

2) Задачи, в которых не представляется возможным учесть все реально имеющиеся условия, от которых зависит ответ, а можно лишь выделить приблизительный набор наиболее важных условий. Так как часть условий при этом не учитывается, ответ носит неточный, приблизительный характер, а алгоритм нахождения ответа не может быть выписан точно.

Для решения задач первой группы с большим успехом можно использовать традиционные компьютерные программы. Как бы ни был сложен алгоритм, ограниченность набора условий (входных параметров) дает возможность составления алгоритма решения и написания конкретной программы, решающей данную задачу. Нет никакого смысла в использовании нейроинформационных технологий для реше-

ния таких задач, так как в этом случае нейросетевые методы будут априорно хуже решать такие задачи. Единственным исключением является случай, когда алгоритм вычисления ответа слишком большой и громоздкий и время на решение конкретной задачи по этому алгоритму не удовлетворяет практическим требованиям; кроме того, при получении ответа не требуется абсолютная точность.

При решении задач второй группы применение нейротехнологии оправдывает себя по всем параметрам. при выполнении, однако, двух условий: во-первых, наличия универсального типа архитектуры и единого универсального алгоритма обучения (отсутствие необходимости в их разработке для каждого типа задач), во-вторых, наличия примеров (предыстории, фиксированного опыта), на основании которых производится обучение нейронных сетей. При выполнении этих условий скорость создания экспертных систем возрастает в десятки раз, и соответственно снижается их стоимость.

Практически вся медицинская и биологическая наука состоит именно из задач, относящихся ко второй группе, и в большинстве этих задач достаточно легко набрать необходимое количество примеров для выполнения второго условия. Это задачи диагностики, дифференциальной диагностики, прогнозирования, выбора стратегии и тактики лечения и т.д. Медицинские задачи практически всегда имеют несколько способов решения и «нечеткий» характер ответа, совпадающий со способом выдачи результата нейронными сетями.

Все неалгоритмируемые или трудноалгоритмируемые задачи, решаемые нейронными сетями, можно классифицировать на два принципиально различающихся типа в зависимости от характера ответа – *задачи классификации и задачи предикции.*

Задачи классификации. Это основная и очень обширная группа медико-биологических задач. Ответом в них является класс - выбор одного варианта из заранее известного набора

вариантов. Классификация может быть бинарной (элементарная классификация). В этом случае набор возможных ответов состоит из двух вариантов (классов), и бинарной, где число классов более двух. Примерами бинарной классификации могут служить как объективные категории (пол человека – мужской или женский; характер опухоли – доброкачественный или злокачественный), так и субъективные категории (здоров человек или болен; наличие или отсутствие склонности к простудным заболеваниям). В некоторых случаях не представляется возможным отнесение ответа задачи к объективной или субъективной категории, и это не имеет принципиального значения для обучения и работы нейросетевой экспертной системы.

Важной чертой задачи классификации по определению является возможность выбора одного и только одного варианта решения (класса). Поэтому постановка диагноза не может считаться одной классификационной задачей, т.к. у одного человека может одновременно присутствовать несколько патологий. В случае невозможности выбирать один вариант ответа (множественности выбора) задача подразделяется на подзадачи, каждая из которых представляет собой классификационную задачу.

### Архитектура нейронной сети.

Основой работы самообучающихся нейропрограмм является нейронная сеть, представляющая собой совокупность нейронов – простых элементов, связанных между собой определенным образом. Нейроны и межнейронные связи задаются программно на обычном компьютере или могут иметь «материальную» основу – особую микросхему (нейрочип), которые применяются в специально созданных нейрокомпьютерах. Структура взаимосвязей между нейронами в нейрокомпьютере или нейропрограмме аналогична таковой в биологических объектах.

Искусственный нейрон имеет коммуникации с другими нейронами через синапсы, передающие сигналы от других

нейронов к данному (дендриты) или от данного нейрона к другим (аксон). Кроме того, нейрон может быть связан сам с собой. Несколько нейронов, связанных между собой определенным образом, образуют нейронную сеть.

Нейросеть, также как и биологический аналог, должна иметь каналы для связи с внешним миром. Одни каналы обеспечивают поступление информации из внешнего мира на нейросеть, другие выводят информацию из нейросети во внешний мир. Поэтому одни нейроны сети рассматриваются как входные, другие же – как выходные. Часть нейронов может не сообщаться с внешним миром, а взаимодействовать с входными, выходными и такими же нейронами («скрытые» нейроны).

Очевидно, что существует огромное количество способов соединения нейронов, растущее с увеличением числа нейронов в сети. Наиболее употребительной является слоистая архитектура, в которой нейроны располагаются «слоями». В наиболее общем случае аксоны каждого нейрона одного слоя направлены к нейронам следующего слоя. Таким образом, нейроны первого слоя являются входными (принимающими информацию из внешнего мира), нейроны последнего слоя – выходными (выдающими информацию во внешний мир). Схема трехслойной сети изображена на рис. 7.1.

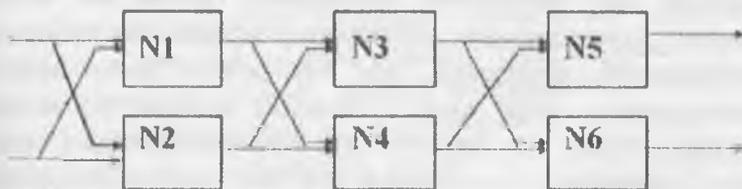
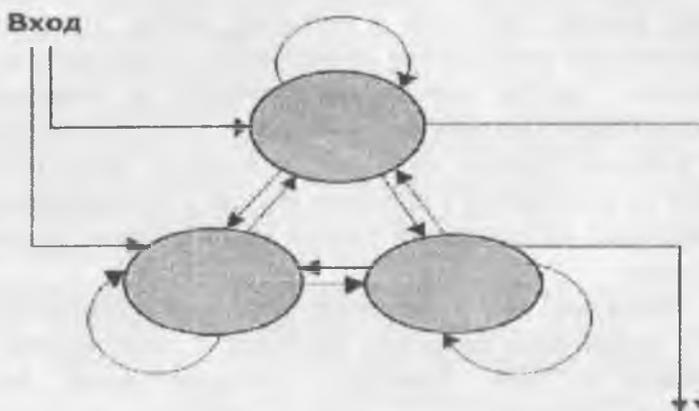


Рис. 7.1. Трехслойная сеть с 6 нейронами.

Другой вид архитектуры – полносвязная, когда каждый нейрон соединен с каждым, в том числе сам с собой. Пример простейшей нейросети из 3 нейронов показан на рис. 7.2. Для

удобства изображения из каждого нейрона выходит не один, а несколько аксонов, направленных на другие нейроны или во внешний мир, что аналогично присоединенным к одному аксону через синапсы нескольким дендритам.



*Рис. 7.2. Схема простейшей нейронной сети из 3 нейронов. Сеть имеет 13 синапсов, 4 из которых служат для связи с внешним миром, а остальные соединяют нейроны между собой.*

Слоистые сети являются частными случаями полносвязных. Для построения экспертных систем мы выбрали именно полносвязные нейросети, исходя из следующих соображений. Во-первых, при одинаковом числе нейронов полносвязные сети имеют большее количество межнейронных связей, что увеличивает информационную емкость сети. Во-вторых, полносвязная архитектура является намного более универсальной, что не требует экспериментов с вариациями схемы соединений для каждой задачи. В-третьих, в случае эмуляции сети на обычной ЭВМ полносвязные сети обладают серьезными преимуществами, прежде всего в скорости функционирования и простоте программной реализации без ущерба качеству обучаемости.

### Функционирование нейрона.

Рассмотрим устройство и функционирование отдельного нейрона. Каждое соединение от нейрона к нейрону называется синапсом. На рис. 7.3. представлен нейрон с группой синапсов, соединяющих нейрон либо с другими нейронами, либо с внешним миром. Для рассмотрения работы нейрона неважно, приходит ли сигнал к нейрону из внешнего мира или с другого нейрона, и неважно, куда отправляется сигнал с нейрона. В полностью связанных сетях выходной сигнал направляется всем остальным нейронам.

Нейрон состоит из двух функциональных блоков: входного сумматора и собственно нейрона, или преобразователя.

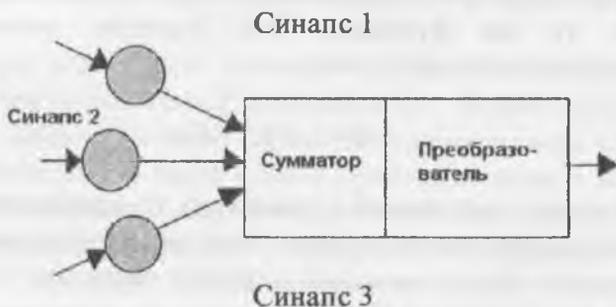


Рис. 7.3. Схема нейрона.

Функционирование нейрона происходит следующим образом: в текущий момент времени через входные синапсы (на рисунке их три) на нейрон направляются сигналы от других нейронов и/или из внешнего мира. Каждый синапс имеет параметр, называемый весом синапса, и представляющий какое-либо число. Сигнал, проходящий через синапс, умножается на вес этого синапса. В зависимости от веса, сигнал может быть усилен (модуль веса  $> 1$ ) или ослаблен (модуль веса  $< 1$ ) по амплитуде. Сигналы от всех синапсов, ведущих к данному нейрону, принимает сумматор.

Сумматор производит суммирование всех пришедших сигналов и подает на собственно нейрон (преобразователь) одно число – полученную сумму. Величина этого числа будет зависеть как от величин исходных сигналов, так и от весов синапсов. Нейрон, получивший это число, преобразует его согласно своей функции, в результате которой получается другое число, и отправляет его по «аксону» всем остальным нейронам через соответствующие синапсы. Последующие нейроны производят с полученными сигналами такие же операции, лишь с тем различием, что, во-первых, веса их синапсов могут быть уже другими, во-вторых, другие нейроны могут иметь другой вид функции преобразования. В конструируемых нами нейронных сетях все нейроны имеют одну и ту же функцию. Эта функция, называемая характеристической, имеет вид:

$$f(X) = X/(C+|X|) \quad (7.1)$$

где  $X$  - сигнал, поступаемый с сумматора,  $C$  - константа, называемая характеристикой нейрона. Экспериментальным путем получили, что оптимальный диапазон характеристики для решения подавляющего большинства задач составляет от 0,1 до 0,8.

#### Функционирование нейросети.

В случае эмуляции (моделирование) нейросети на обычном компьютере все математические операции осуществляет программа. Нейронная сеть при этом представляет собой массив синаптических весов. Этот массив может находиться либо на диске компьютера в виде файла определенного формата (при хранении нейросети) либо в оперативной памяти компьютера (когда нейросеть функционирует).

При создании новой нейросети в памяти компьютера отводится место под массив синаптических весов, называемый картой. Этот массив заполняется совершенно случайными числами из определенного диапазона. Поэтому каждая созданная сеть даже при одних и тех же параметрах

(число нейронов, их характеристика) является уникальной. Уникальность сетей проявляется в том, что сети с одинаковыми параметрами, обучающиеся на одинаковых задачах, ведут себя неодинаково.

Это касается времени обучения, качества обучения, уверенности в выдаваемых ответах при тестировании. В этом еще одно сходство сетей с биообъектами.

Рассмотрим работу сети безотносительно к процессу обучения или выдачи решения. После инициализации (запуска) сети веса всех синапсов случайны. В начальный момент времени на входные нейроны через входные синапсы (один или несколько) подается из внешнего мира вектор входных сигналов, представляющий набор чисел (или одно число).

Далее этот сигнал начинает распространяться по всем связям между нейронами, изменяясь при прохождении через каждый нейрон согласно схеме функционирования нейрона. В конечном итоге, после одного прохода выходные нейроны выдадут во внешний мир какие-либо сигналы. Вся процедура однократного прохождения сигналов по нейронной сети является тактом функционирования сети. Можно не считывать сигналы с выходных нейронов после одного такта функционирования, а продолжить обмен сигналами еще несколько раз, не подавая сигналов на вход.

Обычно количество тактов функционирования между подачей сигналов на вход и снятием сигналов с выхода фиксировано для данной сети. Как правило, этот параметр задается при инициализации сети и хранится в файле сети вместе с матрицей коэффициентов (как и некоторые другие параметры – число нейронов, характеристика нейронов и т.д.).

Таким образом, нейронная сеть, получающая на входе некоторый сигнал, способна после прохода его по нейронам выдавать на выходе определенный ответ, который зависит от весовых коэффициентов всех нейронов и от самого сигнала. Очевидно, что при осуществлении таких процедур на только что инициализированной сети мы будем получать на

выходе сигналы, лишенные всякого смысла (весовые коэффициенты случайны). Чтобы добиться выдачи сетью требуемого результата, необходимо обучить ее.

### § 7.7. Общая схема обучения нейронной сети

Для обучения нейронной сети необходима обучающая выборка (задачник), состоящая из примеров. Каждый пример представляет собой задачу одного и того же типа с индивидуальным набором условий (входных параметров) и заранее известным ответом. Например, в качестве входных параметров в одном примере могут использоваться данные обследования одного больного, тогда заранее известным ответом в этом примере может быть диагноз. Несколько примеров с разными ответами образуют задачник. Задачник располагается в базе данных, каждая запись которой является примером.

#### Рассмотрим общую схему обучения нейросети.

Из обучающей выборки берется текущий пример (исходно, первый) и его входные параметры (представляющие в совокупности вектор входных сигналов) подаются на входные синапсы обучаемой нейросети. Обычно каждый входной параметр примера подается на один соответствующий входной синапс.

Нейросеть производит заданное количество тактов функционирования, при этом вектор входных сигналов распространяется по связям между нейронами (прямое функционирование).

Изменяются сигналы, выданные теми нейронами, которые считаются выходными.

Производится интерпретация выданных сигналов, и вычисляется оценка, характеризующая различие между выданным сетью ответом и требуемым ответом, имеющимся в примере. Оценка вычисляется с помощью соответствующей функции оценки. Чем меньше оценка, тем лучше распознан

пример, тем ближе выданный сетью ответ к требуемому. Оценка, равная нулю, означает, что требуемое соответствие вычисленного и известного ответов достигнуто. Заметим, что только что инициализированная (необученная) нейросеть может выдать правильный ответ только совершенно случайно.

Если оценка примера равна нулю, ничего не предпринимается. В противном случае на основании оценки вычисляются поправочные коэффициенты для каждого синаптического веса матрицы связей, после чего производится подстройка синаптических весов (обратное функционирование). *В коррекции весов синапсов и заключается обучение.*

*Осуществляется переход к следующему примеру заданника и вышеперечисленные операции повторяются.* Проход по всем примерам обучающей выборки с первого до последнего считается одним циклом обучения.

*При прохождении цикла каждый пример имеет свою оценку.* Вычисляется, кроме того, суммарная оценка множества всех примеров обучающей выборки. Если после прохождения нескольких циклов она равна нулю, обучение считается законченным, в противном случае циклы повторяются.

Количество циклов обучения, также как и время, требующееся для полного обучения, зависят от многих факторов – величины обучающей выборки, количества входных параметров, вида задачи, типа и параметров нейросети и даже от случайного расклада весов синапсов при инициализации сети.

С учетом подразделения задач на классификационные и предикционные, рассмотрим принцип вычисления оценки у нейросетей, решающих такие задачи.

### Обучение нейросетей-классификаторов.

*Обучаемая нейросеть может иметь любое количество нейронов, которое, однако, не должно быть меньше числа классов в задаче, решению которой обучается нейросеть.* Обычно количество нейронов устанавливается равным числу

входных сигналов в задаче или меньшим. Как правило, в полносвязных нейросетях, применяемых нами, все нейроны являются входными (каждый из них принимает один, часть или все входные сигналы). Выходными считаются последние нейроны, причем их число в сети-классификаторе равно числу классов в задаче. После работы сети с одним примером выходные сигналы снимаются с каждого выходного нейрона отдельно.

При решении классификационной задачи нужно интерпретировать ответы выходных нейронов, так как окончательным ответом является класс, к которому относится пример. Интерпретация производится следующим образом: так как число выходных нейронов совпадает с количеством классов в решаемой задаче, каждый выходной нейрон отвечает за класс с соответствующим номером. Номер выходного нейрона, выдавшего наибольший выходной сигнал, и есть номер класса, к которому, по мнению нейросети, относится данный пример. Однако при обучении необходимо не только установить факт совпадения или несовпадения ответов, но и вычислить оценку, показывающую, насколько вычисленный ответ отличается от требуемого. Это достигается вычислением разности между двумя максимальными выходными сигналами, выданными выходными нейронами. При этом выявляется не только выходной нейрон, выдавший максимальный сигнал, но и выходной нейрон, выдавший второй по величине сигнал. Если число выходных нейронов больше двух ( $n$ -арная классификация), ответы остальных нейронов не имеют значения. Если разность не превышает заранее установленного значения (уровня надежности), оценка приравнивается к нулю, и пример считается распознанным абсолютно правильно, и коррекции синаптических весов на данном примере не требуется.

Ситуацию распознавания примера в задачах классификации можно представить в виде некоторых действий, производящихся в пространстве, размерность которого равна числу классов в задаче. В случае бинарной классификации рабочее

пространство представляет собой квадратный участок плоскости (двухмерного пространства), минимальные и максимальные координаты которого ограничены значениями  $-1$  и  $1$ .

Рассмотрим рис. 7.4. Значения вертикальной координатной оси соответствуют выходным сигналам 1-го выходного нейрона (ответающего за 1-й класс), значения горизонтальной координатной оси – выходным сигналам второго выходного нейрона (2-й класс). Пространство разделяется на две части диагональной линией. В текущий момент времени параметры очередного примера подаются на входные нейроны нейросети.

После всех преобразований ответ примера проецируется в определенную точку пространства и в зависимости от значений, снятых с выходных нейронов, попадает в одну из областей, разделенных диагональю. Область каждого класса в пространстве соответствует как можно большим значениям (1) «своей» оси координат и как можно меньшим значениям (-1) другой оси координат.



Рис. 7.4. Схема проекции обучающих примеров в двухмерном пространстве при бинарной классификации.

1 – пример 1-го класса, попавший в зону «надежности»;  
2 – пример 1-го класса, распознанный правильно, Класс 2 но с недостаточным уровнем надежности

Таким образом, чем больше будет значение, снятое с какого-либо выходного нейрона, тем больше будет значение координаты точки по оси, соответствующей этому нейрону, и наоборот.

Ситуация, когда значения, снятые с обоих нейронов, равны, приведет к попаданию точки на диагональ (независимо от значений чисел). Пунктирной линией отсечены зоны «надежности», находящиеся у углов квадрата, соответствующих классам задачи. Чем больше расстояния между линиями, тем больше заданный уровень надежности и, соответственно, требования к сети. Пример, ответ которого «попал» в свою область и, к тому же, в зону надежности, считается распознанным абсолютно верно.

В процессе обучения ответы примеров, подаваемых сети многократно, постепенно «разводятся» как можно дальше от диагонали и как можно ближе к углам, каждый из которых соответствует определенному классу. После того, как все примеры попали в зоны «надежности», соответствующие их классам, сеть считается обученной полностью. Постепенно повышая уровень надежности, можно добиваться большей точности ответов сети и лучшего распознавания примеров обучающей выборки.

В приведенной схеме число входных нейронов точно соответствовало количеству обучающих параметров (размерности вектора входных сигналов). Однако в наших экспертных системах мы использовали более гибкую и одновременно более мощную подачу входных сигналов на вход нейросети. Суть ее заключается в том, что вектор входных сигналов перед подачей на сеть преобразуется умножением на адаптивную матрицу приема сигналов, содержащую подстраиваемые, как и веса синапсов, значения. Кроме повышения скорости и качества обучения, это дает возможность задавать произвольное число нейронов в сети, независимое от числа обучающих параметров. Сети с небольшим числом нейронов, естественно, занимают меньше места на диске и в памяти компьютера, быстрее загружаются

с диска для выдачи ответа (иногда для тестирования примеров приходится каждый раз загружать сети с диска, особенно, если сетей много, а все они одновременно не помещаются в оперативной памяти).

## § 7.8. Методологические аспекты обучения нейросетей

Иногда (при решении медико-биологических задач -- крайне редко) встречаются ситуации, когда сеть не может обучаться. Это происходит в том случае, когда на определенном этапе обучения исчерпываются дальнейшие возможности поиска закономерностей между обучающими параметрами и результатами. Простейшая ситуация -- когда два примера с совершенно одинаковыми наборами параметров подаются сети как принадлежащие различным классам (в классификаторах) или имеющие различное значение ответа (в предикторах). Очевидно, оба этих примера всегда будут попадать в одну и ту же точку в пространстве, их невозможно будет отделить друг от друга, и процесс обучения остановится. Программа, управляющая нейросетями, сиг-нализирует об окончании процесса обучения, причем указывает, что дальнейшее обучение невозможно. Задача специалиста, обучающего нейросети -- избежать таких ситуаций, для чего нужны четкая постановка задачи и тщательный контроль обучающей выборки.

Обученная нейросеть автоматически записывается на диск компьютера как обыкновенный файл и может храниться там, сколько необходимо. В любой момент времени можно считать сеть с диска и продолжить обучение решению данной задачи со старой или новой обучающей выборкой.

*Одна нейросеть обучается решать только одну задачу классификации или предикции, однако может использовать для обучения различные обучающие выборки. Они могут различаться по количеству примеров, но должны соответствовать друг другу по числу обучающих параметров,*

числу классов (в классификационной задаче), а главное, по смыслу.

Говоря об обучении нейросетей, следует рассмотреть еще один важный аспект этой темы. Мы уже знаем, что успех обучения во многом зависит от числа нейронов в сети, или, точнее, от числа синапсов. Именно весовые коэффициенты синапсов хранят «опыт» сети. Теоретически, бесконечно увеличивая число нейронов и синапсов, всегда можно добиться полного обучения сети на данном задачнике, однако это ли является целью создателя экспертной системы? Очевидно, нет. Главное, чтобы обученная сеть хорошо распознавала примеры, как раз не входящие в задачник.

Проблема заключается в том, что сеть с заведомо большим (избыточным) числом синапсов (относительно данного задачника) может хорошо обучиться, просто «механически запомнив» имеющиеся примеры. Такая сеть обучится быстро (нет необходимости как можно более точной подстройки весов) за счет количества, а не качества.

Хорошим практическим выходом из данной затруднительной ситуации были бы сети, способные автоматически наращивать число нейронов при невозможности дальнейшего обучения, не теряя при этом уже имеющегося опыта. Последнее условие вызывает значительные трудности. Нейросеть представляет собой единое целое, и добавление нового нейрона к сети, работающей в рамках имеющейся сейчас концепции, приведет к необходимости полностью переучивать сеть. Это требует обращения к первоначальному задачнику, что во многих случаях неприемлемо.

Поэтому создателю самообучающихся систем придется идти на компромисс: либо делать сеть с некоторым избытком нейронов, имеющую резерв для накопления опыта, но обладающую относительно низкой способностью к экстраполяции, либо обучить сеть с небольшим числом нейронов, которая вряд ли сможет набрать потом дополнительный опыт. Все это, конечно, зависит еще и от задачника – насколько тесные взаимосвязи имеются между

обучающими параметрами и известными ответами примеров. Чем больше таких взаимосвязей, тем меньше необходимость в «механическом запоминании» примеров. Практика показывает, что большинство биологических и медицинских задач имеют достаточно хорошие взаимосвязи, конечно, при грамотной постановке задачи и выборе обучающих параметров. Однако в рамках предлагаемой методологии, с учетом высокой скорости обучения нейросетей разработаны стратегия и тактика обучения, позволяющие обойти вышеуказанный компромисс, за счет, правда, большего времени, необходимого для обучения.

### § 7.9. Тестирование примеров

При тестировании примеров необходимость в системе подстройки весов синапсов отпадает, поэтому при создании экспертных систем блок программы, содержащий алгоритмы обучения, может не включаться в программу в случае, если не предполагается доучивать сети в процессе работы экспертной системы. Тестирование примеров нейросетью может проводиться с различными целями:

- Проверка того, как обучилась нейросеть;
- Решение конкретных задач;
- Моделирование.

В первом случае осуществляется тестирование выборки с заранее известными ответами примеров. Таким образом, можно проверить, правильно ли сеть определяет ответы примеров и насколько уверенно она это делает. Определенный сетью ответ примера сравнивается с заранее известным. Как правило, сначала тестирование проводится на той выборке, на которой сеть обучалась. Если сеть обучилась полностью, то при тестировании той же самой обучающей выборки ответы всех примеров будут определяться правильно. Гораздо больший интерес представляет тестирование аналогичной выборки с заранее известными ответами, но примеры которой не участвовали в обучении сети.

*Неправильное определение ответов некоторых примеров может быть вызвано несколькими причинами:*

- *выборка*, по которой обучалась нейросеть, *недостаточно полно отражает картину соответствия ответов обучающим параметрам*, иначе говоря, в обучающей выборке слишком мало примеров;

- *выборка*, по которой обучалась нейросеть, *составлена тенденциозно*. Это означает, что для обучения подбирались примеры, которые, по мнению исследователя, «являются самыми яркими представителями своего класса или группы». Это серьезная ошибка. При такой выборке, конечно, нейросеть будет обучаться намного лучше, но способность ее к тестированию других примеров существенно падает. В действительности необходимо обучать сеть на реальных данных, какими бы они противоречивыми ни были. Если сеть не сможет обучиться полностью, можно применить некоторые меры, которые будут рассмотрены ниже.

*При решении конкретных задач* сети подаются примеры, ответ которых неизвестен. В этой ситуации программа не может проверить правильность решения.

*В классификационных задачах* при ответе нейросеть не только выдает результат - класс тестируемого примера. Как уже говорилось, в отличие от большинства экспертных систем, работающих по четким правилам, решение задачи на основе опыта всегда имеет «нечеткий» характер. Поэтому кроме класса тестируемого примера сеть вычисляет коэффициент уверенности в данном решении. Коэффициент уверенности зависит от заданного уровня надежности и рассчитывается по формуле:

$$KV = (Max1 - Bфч2) \cdot K \cdot 100\% \quad (7.2)$$

где *Max1* – ответ выходного нейрона, отвечающего за класс «победитель», *Max2* - ответ выходного нейрона, выдавшего следующий по максимальной величине сигнал, *R* - уровень надежности. Судя по формуле ясно, что уверенность сети

зависит от того, насколько наибольший из выходных сигналов превышает второй по величине сигнал. Естественно, если КУ получается более 100%, он приравнивается к этому числу. Из того, что в знаменателе правой части формулы стоит уровень надежности, следует, на первый взгляд, парадоксальный вывод: сеть, обученная лучше (уровень надежности больше) даст меньшую уверенность в ответе, чем сеть, обученная хуже. Однако при внимательном рассмотрении проблемы становится ясно, что при тестировании примера первой сетью, выражение, стоящее в числителе, также будет больше (ответ одного нейрона будет намного больше ответа другого) вследствие лучшей обученности. Кроме того, КУ выражает все же уверенность конкретной сети, которая во многом зависит от того, насколько тестируемый пример близок к примерам, на которых обучалась эта сеть.

Если пример отличается достаточно сильно, лучше обученная сеть будет и сомневаться больше, чем сеть с меньшим «опытом».

Один из показателей качества обучения – *определение прогностической способности нейросети* – состоит в подсчете процента правильно распознанных примеров. При сравнении качества обучения двух нейросетей, в случае, когда обе сети дают одинаковую прогностическую способность, можно подсчитывать средний процент уверенности при тестировании выборки. Он рассчитывается как средняя арифметическая процентных величин уверенности, полученных при тестировании каждого примера за известный результат.

*Иногда необходимо знать, к каким еще классам, кроме найденного, близок тестируемый пример.* Это можно сделать несколькими способами, из которых достаточно трудно выбрать наилучший, однако самый оптимальный, на наш взгляд, заключается в том, чтобы просто сравнить сигналы, полученные со всех выходных нейронов (их можно выразить в процентах от максимально возможного). Понятно, что когда

все выходные сигналы близки друг к другу, сеть затрудняется дать уверенный ответ.

Из вышесказанного вытекает *очень полезный для практики вывод. Изменяя в различных направлениях значения параметров примера и повторяя его тестирование, можно видеть, что и насколько нужно изменить, чтобы пример стал принадлежать к требуемому классу. Это может быть полезным для медицинской диагностики и прогнозирования.* Предположим, что сеть обучена дифференцировать больных и здоровых людей по набору клинических параметров. Изменяя на компьютере эти параметры, можно добиться, чтобы пример, определяемый как «больной», стал принадлежать классу «здоровый». Таким образом, станет ясно, какие клинические параметры подлежат изменению для улучшения состояния больного.

### § 7.10. Общие аспекты создания медицинских нейросетевых экспертных систем

Любая экспертная система должна состоять условно из четырех блоков: интерфейс с пользователем, база знаний, вычислительный блок, блок объяснений, позволяющий пользователю проследить «ход рассуждений» системы в конкретном случае. Связующим элементом между этими блоками является метод, с помощью которого экспертная система в ответ на запрос пользователя выдает результат (заключение). В работе предлагается классификация таких методов на три основные группы – методы логических правил «в чистом виде», когда формализация правил получения результата осуществляется специалистом; те же методы, однако формализация правил осуществляется исследователем, наблюдающим за работой специалиста со стороны, и методы, основанные на принципе «смотри и учишься».

Создание даже простых экспертных систем, основанных на методах 1 и 2, представляет собой нелегкую задачу, прежде всего потому, что требует совместной работы специа-

листов различного профиля. Традиционные экспертные системы, основанные на базах знаний и логических правилах, требуют для создания довольно большого времени и средств. Создание традиционной экспертной системы можно условно разделить на несколько этапов.

**Постановка задачи: определение целей работы экспертной системы, набора входных данных и формы представления ответа.**

**Сбор данных:** набор репрезентативного материала для статистических исследований и его структурирование – разделение на подгруппы по разнообразным признакам.

**Статистическая обработка:** выявление закономерностей, связывающих входные данные с ответом – расчет средних и относительных величин, их сравнение, корреляционный, регрессионный, факторный анализы и т.д.

**Создание базы знаний:** оформление логических правил, по которым должна работать экспертная система.

**Программирование алгоритмов:** перенесение логических правил на язык программирования.

**Создание интерфейса системы:** разработка средств взаимодействия системы с пользователем - формы ввода данных, вывода ответа и т.п.

**Отладка и тестирование:** проверка работы программы и испытание в реальных условиях.

При создании логических экспертных систем наибольшую часть времени занимают 3, 4 и 5 этапы, требующие совместной работы как предметных специалистов, так и программистов и математиков. Несмотря на появление компьютерных средств проектирования экспертных систем, основная работа все равно возложена на специалистов. При этом **возникают сразу несколько серьезных проблем.**

**Первая** из них состоит в том, что при решении сложных реальных задач (экономика, проектирование, инженерия, биология) число логических правил значительно увеличивается. Часто возникает настолько сложная система взаимо-

связей между ними, что ее просто не удастся осмыслить. Разбивка задачи на блоки также не всегда помогает: во-первых, это тоже не всегда просто сделать, во-вторых, при разбивке иногда могут теряться некоторые взаимосвязи.

Вторая, еще более серьезная проблема состоит в том, что далеко не всегда удается выразить вычислительный процесс логическими правилами. Это может быть связано как со сложностью самой задачи, так и с особенностями деятельности предметного специалиста. Особенно ярко это проявляется в медицине, где процесс принятия решения во многом опирается на интуицию и опыт врача, не являющегося экспертом в области собственного мышления. Во всех этих случаях говорят, что задача не поддается алгоритмированию. Кроме того, даже если создателям удастся разработать алгоритм, никогда нет достаточной гарантии, что он будет корректно работать в реальных условиях, а это можно проверить только после окончания всех работ по созданию системы.

Постановка задачи. То же, что и для традиционных систем плюс выбор оптимальной структуры нейронной сети и методов обучения (для большинства задач структура и методы стандартны).

Сбор обучающих данных. Набор примеров для обучения сети, каждый из которых представляет массив входных данных и соответствующий ему заранее известный ответ.

Создание и обучение нейросети. Данный этап не требует проведения статистических вычислений, а если задача укладывается в стандартную схему (в большинстве случаев), то и программистской работы. Если задача нестандартная, требуется адаптация структуры нейросети и метода вычисления оценки при обучении. Обучение нейросети в большинстве стандартных случаев представляет собой автоматический процесс, который только после его окончания требует участия специалиста для оценки результатов. Естественно, часто может требоваться корректировка, создание дополнительных сетей с другими параметрами и т.д.,

однако всегда есть возможность оценить работу системы на любом этапе обучения, протестировав контрольную выборку.

Разрабатывая методологию создания нейросетевых экспертных систем, мы исходили из возможности разработки наиболее индивидуализированных (рассчитанных на одного конкретного пользователя-специалиста) систем самим этим специалистом. Конечно, ничто не мешает объединять в одной системе индивидуальный опыт нескольких специалистов. Отсутствие «математических» этапов реализует такие возможности.

Предметный специалист в состоянии самостоятельно поставить задачу, более того, никто, кроме него, не сможет сделать это лучше. Сбор материала также должен осуществлять предметный специалист. Схемы постановки задач, способы представления данных и способы продукции ответа нейросетью разработаны таким образом, что большинство задач во многих областях укладываются в эти стандартные схемы. Поэтому при наличии хорошо продуманных инструментальных программных средств работы с нейронными сетями и документации к ним большинство специалистов способны самостоятельно разрабатывать не очень сложные нейросетевые приложения.

**Создание интерфейса.** То же, что и для традиционных экспертных систем.

**Отладка и тестирование.** Этап включает, в основном, отладку работы программы, т.к. тестирование часто проводится в процессе обучения сетей.

**Доучивание.** Этап, характерный только для обучающихся систем. При создании нейроэкспертных программ довольно редко возможно сразу собрать достаточное количество данных для хорошего обучения сети. Поэтому, создавая нейросистему, исследователи определяют наилучшие параметры сетей и проводят стартовое обучение. В после-

дующем пользователи доучивают систему в условиях реальной работы и реальных данных, передавая ей опыт.

Более того, коренное отличие методологии создания нейросетевых систем от традиционных состоит именно в том, что система никогда не создается сразу готовой и никогда не является полностью законченной, продолжая накапливать опыт в процессе эксплуатации.

Резюмируем имеющиеся преимущества нейросетевых экспертных систем перед обычными, которые, как уже говорилось, проявляются только при решении трудноалгоритмируемых задач.

Нейросети принимают решения на основе опыта, приобретаемого ими самостоятельно. «Самостоятельно» в данном случае означает то, что создателю экспертной системы не требуется устанавливать взаимосвязи между входными данными и необходимым решением, затрачивая время на разнообразную статобработку, подбор математического аппарата, создание и проверку математических моделей.

Решение, принимаемое нейросетью, не является категоричным. Сеть выдает решение вместе со степенью уверенности в нем, что оставляет пользователю возможность критически оценивать ее ответ.

Нейросеть позволяет моделировать ситуацию принятия решения.

Нейросети дают ответ очень быстро (доли секунды), что позволяет использовать их в различных динамических системах, требующих незамедлительного принятия решения.

Возможности нейросетей (коррекция классификационной модели, минимизация обучающих параметров и др.) позволяют упрощать процесс создания экспертных систем, определять направления научного поиска.

Главным критерием работы нейросетевых экспертных систем должна быть практика – многократные испытания и проверки в самых различных условиях.

### Определенным препятствием использования нейросетей

может являться некоторая ограниченность задач, решаемых ими. Иногда в блоке трудноалгоритмируемых задач, решаемых с помощью самообучающейся экспертной системы, могут присутствовать элементы четких правил. В таком случае совершенно логично комбинировать в одной экспертной системе несколько нейросетей или даже обычные математические методы и строить из них иерархические блоки, одни из которых используют для своих действий результаты работы других.

Следует подчеркнуть, что применение неявных алгоритмов не противоречит и не отменяет использование формальных методов, а может дополняться ими при необходимости.

Например, если с помощью нейросети определяется оптимальная комбинация лекарственных препаратов для лечения пациента, и имеется совершенно четкое противопоказание к назначению определенного препарата, в экспертную систему может быть введен простой логический блок, препятствующий назначению этого лекарства независимо от решения нейросетей.

### **§ 7.11. Основные положения теории и методологии создания нейросетевых медицинских экспертных систем**

При создании нейросетевых экспертных систем, работающих с медико-биологическими данными, актуальные задачи разделяются на подзадачи, сводимые к двум элементарным типам – классификации (выбор варианта из известного набора) и предикции (вычисление вектора действительных чисел в пространстве с заданной размерностью  $d$ , где  $d > 1$ ).

Каждая элементарная подзадача решается путем предварительного обучения  $N$  нейросетей-экспертов соответствующего типа; в случае  $N > 1$  окончательное решение задачи определяется путем голосования экспертов, прово-

димого по явному алгоритму или отдельной нейросетью-супервизором.

Для решения элементарных подзадач используются полносвязные сигмоидные нейронные сети, имеющие для каждого нейрона единую функцию вида  $Y = X/(C+|X|)$ , где  $C$  - положительная константа (характеристика нейрона), одинаковая для всех нейронов. Все нейронные сети обучаются по единому алгоритму двойственного функционирования.

Обучение нейросетей проводится на избыточном наборе входных параметров. После полного обучения может проводиться минимизация входных параметров и/или контрастирование нейросети. Минимизация параметров проводится после вычисления значимости входных параметров.

При обучении и тестировании все входные параметры, а также ответы нейросетей-предикторов выражаются в числовом виде и нормируются на диапазон  $[-1...1]$  независимо от типа данных (дискретные, непрерывные; относящиеся к объективной или субъективной категориям), что обеспечивает универсальное представление информации во время обработки ее нейросетью.

Устанавливается фиксированный, единый для всех используемых нейросетей набор стартовых параметров: общее число нейронов; число нейронов, на которое подается каждый входной сигнал (плотность); характеристика нейронов; уровень надежности (для нейросетей-классификаторов) или отклонения (для нейросетей-предикторов), число тактов функционирования.

Цель обучения нейросети на каждой подзадаче - получение полностью обученной сети с максимально возможным параметром характеристики и количеством синаптических связей, приближающимся к минимальному.

Критерием обученности нейросети является результат теста примеров, не входящих в обучающую выборку.

Экспертные системы, созданные на базе нейронных сетей, постоянно доучиваются в процессе работы.

## Контрольные вопросы

1. *Какие составные части включает в себя информационная система?*
2. *Какое техническое и программное обеспечение должна иметь информационная система?*
3. *Какое назначение имеют экспертные системы?*
4. *Какие уровни экспертных систем существуют в здравоохранении?*
5. *Что такое «нечеткая логика» и где она используется?*
6. *Какие типы медицинских задач подлежат компьютерной обработке?*

## Тестовые вопросы

### 1. Цель информатизации общества заключается в

- 1) 1 справедливом распределении материальных благ;
- 2) 2 удовлетворении духовных потребностей человека;
- 3) 3 максимальном удовлетворении информационных потребностей отдельных граждан, их групп, предприятий, организаций и т. д. за счет повсеместного внедрения компьютеров и средств коммуникаций.

### 2. В каком законе отображается объективность процесса информатизации общества

- 1) Закон убывающей доходности.
- 2) Закон циклического развития общества.
- 3) Закон “необходимого разнообразия”.
- 4) Закон единства и борьбы противоположностей.

### 3. Данные об объектах, событиях и процессах, это

- 1) содержимое баз знаний;
- 2) необработанные сообщения, отражающие отдельные факты, процессы, события;
- 3) предварительно обработанная информация;
- 4) сообщения, находящиеся в хранилищах данных.

### 4. Информация это

- 1) сообщения, находящиеся в памяти компьютера;
- 2) сообщения, находящиеся в хранилищах данных;
- 3) предварительно обработанные данные, годные для принятия управленческих решений;
- 4) сообщения, зафиксированные на машинных носителях.

### 5. Экономический показатель состоит из

- 1) реквизита-признака;
- 2) графических элементов;
- 3) арифметических выражений;

- 4) реквизита-основания и реквизита-признака;
- 5) реквизита-основания;
- 6) одного реквизита-основания и относящихся к нему реквизитов-признаков.

**6. Укажите правильную характеристику реквизита-основания экономического показателя**

- 1) Реквизит-основание определяет качественную сторону предмета или процесса.
- 2) Реквизит-основание определяет количественную сторону предмета или процесса.
- 3) Реквизит-основание определяет временную характеристику предмета или процесса.
- 4) Реквизит-основание определяет связь между процессами.

**7. Укажите правильную характеристику реквизита-признака экономического показателя**

- 1) Реквизит-признак определяет качественную сторону предмета или процесса.
- 2) Реквизит-признак определяет количественную сторону предмета или процесса.
- 3) Реквизит-признак определяет временную характеристику предмета или процесса.
- 4) Реквизит-основание определяет составляющие элементы объекта.

**8. Чем продиктована необходимость выделения из управленческих документов экономических показателей в процессе постановки задачи**

- 1) для идентификации структурных подразделений, генерирующих управленческие документы;
- 2) стремлением к правильной формализации расчетов и выполнения логических операций;
- 3) необходимостью защиты информации.

**9. Для решения задачи используются следующие документы:**

- 1) Индивидуальный наряд на сдельную работу.
- 2) Бригадный наряд на сдельную работу.
- 3) Тарифы на изготовление деталей.
- 4) Справочник деталей.
- 5) Календарь рабочих дней.

**10. Для решения задачи используются следующие документы:**

- 1) Номенклатура-ценник.
- 2) Подетально-пооперационные нормы расхода материалов.
- 3) Накладная на приход материалов на склад.
- 4) Накладная на выдачу материалов со склада в цех.

**11. Какие знания человека моделируются и обрабатываются с помощью компьютера**

- 1) декларативные;
- 2) процедурные;
- 3) неосознанные;
- 4) интуитивные;
- 5) ассоциативные
- 6) нечеткие.

## ГЛАВА 8.

### ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРНЕТА В МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКЕ

§ 8.1. Назначение и классификация компьютерных сетей

§ 8.2. Локальные вычислительные сети (ЛВС)

§ 8.3. Интернет

§ 8.4. Теоретические основы Интернета

§ 8.5. Службы интернета

§ 8.6. Браузеры и провайдеры

§ 8.7. Поиск информации в интернет

§ 8.8. Медицинские интернет-ресурсы

#### § 8.1. Назначение и классификация компьютерных сетей

Современные информационные системы продолжают возникшую в конце 70-х гг. тенденцию распределенной обработки данных. Начальным этапом развития таких систем явились многомашинные ассоциации – совокупность вычислительных машин различной производительности, объединенных в систему с помощью каналов связи. Высшей стадией систем распределенной обработки данных являются компьютерные (вычислительные) сети различных уровней – от локальных до глобальных.

Появление малых ЭВМ, микро ЭВМ и, наконец, персональных компьютеров потребовало нового подхода к организации систем обработки данных, к созданию новых информационных технологий. Возникло обоснованное требование перехода от использования отдельных ЭВМ в

системах централизованной обработки данных к распределенной обработке данных.

**Компьютерная (вычислительная) сеть** – совокупность компьютеров и терминалов, соединенных с помощью каналов связи в единую систему, удовлетворяющую требованиям распределенной обработки данных.

Объединение в один комплекс средств вычислительной техники, аппаратуры связи и каналов передачи данных предъявляет специфические требования со стороны каждого элемента многомашинной ассоциации, а также требует формирования специальной терминологии.

**Абоненты сети** – объекты, генерирующие или потребляющие информацию в сети. Абонентами сети могут быть отдельные ЭВМ, терминалы, промышленные роботы, станки с числовым программным управлением и т.д. Любой абонент сети подключается к станции.

**Станция** – аппаратура, которая выполняет функции, связанные с передачей и приемом информации.

Совокупность абонента и станции принято называть **абонентской системой**. Для организации взаимодействия абонентов необходима физическая передающая среда.

**Физическая передающая среда** – линии связи или пространство, в котором распространяются электрические сигналы, и аппаратура передачи данных. На базе физической передающей среды строится **коммуникационная сеть**, которая обеспечивает передачу информации между абонентскими системами.

В зависимости от охвата территориального расположения абонентских систем вычислительные сети можно разделить на 2 основных класса:

- локальные (LAN – Local Area Network);
- удаленные, к которым относятся региональные (MAN – Metropolitan Area Network) и глобальные сети (WINE – Wide Area Network).

**Локальная вычислительная сеть** объединяет абонентов, расположенных в пределах небольшой территории. Обычно

такая сеть привязана к конкретному месту. К классу локальных вычислительных сетей относятся сети отдельных предприятий, фирм, банков, офисов и т.д.

Региональная вычислительная сеть связывает абонентов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга. Она может включать абонентов внутри большого города, экономического региона, отдельной страны.

Глобальная вычислительная сеть объединяет абонентов, расположенных в различных странах, на различных континентах.

По телекоммуникационной связи в системе здравоохранения принята стратегия использования отраслевых вычислительных сетей MedNet и MedLux. В настоящее время по этим сетям происходит передача информации, в т.ч. и медицинской, по типу электронной почты.

Объединение глобальных, региональных и локальных вычислительных сетей позволяет создавать многосетевые иерархии. Они обеспечивают мощные, экономически целесообразные средства обработки огромных информационных массивов и доступ к неограниченным информационным ресурсам.

Для оценки качества коммуникационной сети можно использовать следующие характеристики:

- Скорость передачи данных по каналу связи;
- Пропускную способность канала связи;
- Достоверность передачи информации;
- Надежность канала связи и модемов.

Скорость передачи данных по каналу связи измеряется количеством битов информации, передаваемых за единицу времени – секунду.

Для пользователей вычислительных сетей значение имеют не абстрактные биты в секунду, а информация, единицей измерения которой служат байты или знаки. Поэтому более удобной характеристикой канала является его пропускная способность, которая оценивается количеством

знаком, передаваемых по каналу за единицу времени – секунду.

Существенной характеристикой коммуникационной системы любой сети является достоверность передаваемой информации. Достоверность передачи информации оценивают как отношение количества ошибочно переданных знаков к общему числу переданных знаков.

Наконец, надежность коммуникационной системы определяется либо долей времени исправного состояния в общем времени работы, либо средним временем безотказной работы. Для вычислительных сетей среднее время безотказной работы должно быть достаточно большим и составлять, как минимум, несколько тысяч часов.

## § 8.2. Локальные вычислительные сети (ЛВС)

Основное назначение любой компьютерной сети – предоставление информационных и вычислительных ресурсов подключенным к ней пользователям.

С этой точки зрения локальную вычислительную сеть можно рассматривать как совокупность серверов и рабочих станций в пределах одного здания или учреждения.

Сервер — компьютер, подключенный к сети и обеспечивающий ее пользователей определенными услугами. Серверы могут осуществлять хранение данных, управление базами данных, удаленную обработку заданий, печать заданий и ряд функций, потребность в которых может возникнуть у пользователей сети. Сервер – источник ресурсов сети.

Рабочая станция — персональный компьютер, подключенный к сети, через который пользователь получает доступ к ее ресурсам. Рабочая станция сети функционирует как в сетевом, так и в локальном режиме. Она оснащена собственной операционной системой, обеспечивает пользователя всеми необходимыми инструментами для решения прикладных задач.

Компьютерные сети реализуют распределенную обработку данных. Обработка данных в этом случае распределена между двумя объектами: клиентом и сервером.

Клиент — задача, рабочая станция или пользователь компьютерной сети. В процессе обработки данных клиент может сформировать запрос на сервер для выполнения сложных процедур, чтение файла, поиск информации в базе данных и т.д.

Сервер, определенный ранее, выполняет запрос, поступивший от клиента. Результаты выполнения запроса передаются клиенту. Сервер обеспечивает хранение данных общего пользования, организует доступ к этим данным и передает данные клиенту.

Клиент обрабатывает полученные данные и представляет результаты обработки в виде, удобном для пользователя. В принципе обработка данных может быть выполнена и на сервере. Для подобных систем приняты термины – системы клиент-сервер или архитектура клиент-сервер.

Локальные вычислительные сети за последнее пятилетие получили широкое распространение в самых различных областях науки, техники и производства.

Особенно широко ЛВС применяются при разработке коллективных проектов, например, сложных программных комплексов. На базе ЛВС можно создавать системы автоматизированного проектирования. Это позволяет реализовывать новые технологии проектирования изделий машиностроения, радиоэлектроники и вычислительной техники.

ЛВС позволяют также реализовывать новые информационные технологии в системах организационно-экономического управления.

В учебных лабораториях университетов ЛВС позволяют повысить качество обучения и внедрять интеллектуальные технологии обучения.

При физическом соединении двух или более компьютеров образуется компьютерная сеть. В общем случае, для создания компьютерных сетей необходимо специальное

аппаратное обеспечение (сетевое оборудование) и специальное программное обеспечение (сетевые программные средства). Основной задачей, решаемой при создании компьютерных сетей, является обеспечение совместимости оборудования по электрическим и механическим характеристикам и обеспечение совместимости информационного обеспечения (программ и данных) по системе кодирования и формату данных. Для обеспечения необходимой совместимости компьютерной сети действуют специальные стандарты, называемые протоколами. Они определяют характер аппаратного взаимодействия компонентов сети (аппаратные протоколы) и характер взаимодействия программ и данных (программные протоколы). Физически функции поддержки протоколов исполняют аппаратные устройства (интерфейсы) и программные средства (программы поддержки протоколов).

В соответствии с используемыми протоколами компьютерные сети принято разделять на локальные (LAN - Local Area Network) и глобальные (WAN - Wide Area Network). Компьютеры локальной сети преимущественно используют единый комплект протоколов для всех участников. По территориальному признаку локальные сети отличаются компактностью. Они могут объединять компьютеры одного помещения, этажа, здания, группы компактно расположенных сооружений. Глобальные сети имеют, как правило, увеличенные географические размеры. Они могут объединять как отдельные компьютеры, так и отдельные локальные сети, в том числе и использующие различные протоколы. Основной глобальной сетью в настоящее время является Интернет.

### § 8.3. Интернет

В дословном переводе на русский язык интернет – это межсеть, то есть, в узком смысле слова Интернет – это объединение сетей. Однако, постепенно у этого слова появился и более широкий смысл: Всемирная компьютерная сеть. Интернет можно рассматривать в физическом смысле как

несколько миллионов компьютеров, связанных друг с другом всевозможными линиями связи, однако такой «физический» взгляд на Интернет слишком узок. Лучше рассматривать Интернет как некое информационное пространство.

Интернет — это не совокупность прямых соединений между компьютерами. Так, например, если два компьютера, находящиеся на разных континентах, обмениваются данными в Интернете, это совсем не значит, что между ними действует одно прямое или виртуальное соединение. Данные, которые они посылают друг другу, разбиваются на пакеты, и даже в одном сеансе связи разные пакеты одного сообщения могут пройти разными маршрутами. Какими бы маршрутами ни двигались пакеты данных, они все равно достигнут пункта назначения и будут собраны вместе в цельный документ. При этом данные, отправленные позже, могут приходить раньше, но это не помешает правильно собрать документ, поскольку каждый пакет имеет свою маркировку.

Таким образом, Интернет представляет собой как бы «пространство», внутри которого осуществляется непрерывная циркуляция данных. В этом смысле его можно сравнить с теле- и радиозэфиром, хотя есть очевидная разница хотя бы в том, что в эфире никакая информация храниться не может, а в Интернете она перемещается между компьютерами, составляющими узлы сети, и какое-то время хранится на их жестких дисках.

#### § 8.4. Теоретические основы Интернета

Ранние эксперименты по передаче и приему информации с помощью компьютеров начались еще в 50-х годах 20-го века и имели лабораторный характер. Лишь в конце 60-х годов на средства Агентства Перспективных Разработок министерства обороны США (DARPA — Defense Advanced Research Project Agency) была создана первая сеть национального масштаба. По имени агентства она получила название ARPANET. Эта сеть связала несколько крупных

научных, исследовательских и образовательных центров. Ее основной задачей стала координация групп коллективов, работающих над едиными научно-техническими проектами, а основным назначением стал обмен электронной почтой и файлами с научной и проектно-конструкторской документацией.

Сеть ARPANET заработала в 1969 году. Немногочисленные узлы, входившие в нее в то время, были связаны выделенными линиями. Прием и передача информации обеспечивались программами, работающими на узловых компьютерах. Сеть постепенно расширялась за счет подключения новых узлов, а к началу 80-х годов на базе наиболее крупных узлов были созданы свои региональные сети, воссоздающие общую архитектуру ARPANET на более низком уровне (в региональном или локальном масштабе).

Всякий раз, когда мы говорим о вычислительной технике, нам надо иметь в виду принцип единства аппаратного и программного обеспечения. Пока глобальное расширение ARPANET происходило за счет механического подключения все новых и новых аппаратных средств (узлов и сетей), до Интернета в современном понимании этого слова было еще очень далеко. По-настоящему рождением Интернета принято считать 1983 год. В этом году произошли революционные изменения в программном обеспечении компьютерной связи. Днем рождения Интернета в современном понимании этого слова стала дата стандартизация протокола связи TCP/IP, лежащего в основе Всемирной сети по нынешний день.

Здесь требуется уточнить, что в современном понимании TCP/IP – это не один сетевой протокол, а два протокола, лежащих на разных уровнях (это так называемый стек протоколов). Протокол TCP – протокол транспортного уровня. Он управляет тем, как происходит передача информации. Протокол IP – адресный. Он принадлежит сетевому уровню и определяет, куда происходит передача.

Протокол TCP. Согласно протоколу TCP, отправляемые данные «нарезаются» на небольшие пакеты, после чего

каждый пакет маркируется таким образом, чтобы в нем были данные, необходимые для правильной сборки документа на компьютере получателя.

Для понимания сути протокола TCP можно представить игру в шахматы по переписке, когда двое участников разыгрывают одновременно десяток партий. Каждый ход записывается на отдельной открытке с указанием номера партии и номера хода. В этом случае между двумя партнерами через один и тот же почтовый канал работает как бы десяток соединений (по одному на партию). Два компьютера, связанные между собой одним физическим соединением, могут точно так же поддерживать одновременно несколько TCP-соединений. Так, например, два промежуточных сетевых сервера могут одновременно по одной линии связи передавать друг другу в обе стороны множество TCP-пакетов от многочисленных клиентов.

Теперь рассмотрим адресный протокол – IP (Internet Protocol). Его суть состоит в том, что у каждого участника Всемирной сети должен быть свой уникальный адрес (IP-адрес). Без этого нельзя говорить о точной доставке TCP-пакетов на нужное рабочее место. Этот адрес выражается очень просто – четырьмя байтами, например: 195.38.46.11. Поскольку один байт содержит до 256 различных значений, то теоретически с помощью четырех байтов можно выразить более четырех миллиардов уникальных IP-адресов (2564 за вычетом некоторого количества адресов, используемых в качестве служебных). На практике же из-за особенностей адресации к некоторым типам локальных сетей количество возможных адресов составляет порядка двух миллиардов.

## § 8.5. Службы интернета

Когда говорят о работе в Интернете или об использовании Интернета, то на самом деле речь идет не об Интернете в целом, а только об одной или нескольких из его многочисленных служб. В зависимости от конкретных

целей и задач клиенты Сети используют те службы, которые им необходимы.

Разные службы имеют разные протоколы. Они называются прикладными протоколами. Их соблюдение обеспечивается и поддерживается работой специальных программ. Таким образом, чтобы воспользоваться какой-то из служб Интернета, необходимо установить на компьютере программу, способную работать по протоколу данной службы. Такие программы называют клиентскими или просто клиентами.

Электронная почта (E-Mail) является одной из наиболее ранних. Ее обеспечением в Интернете занимаются специальные почтовые серверы. Обратите внимание на то, что когда мы говорим о каком-либо сервере, не имеется в виду, что это специальный выделенный компьютер. Здесь и далее под сервером может пониматься программное обеспечение. Таким образом, один узловой компьютер Интернета может выполнять функции нескольких серверов и обеспечивать работу различных служб, оставаясь при этом универсальным компьютером, на котором можно выполнять и другие задачи, характерные для средств вычислительной техники.

Почтовые серверы получают сообщения от клиентов и пересылают их по цепочке к почтовым серверам адресатов, где эти сообщения накапливаются. При установлении соединения между адресатом и его почтовым сервером происходит автоматическая передача поступивших сообщений на компьютер адресата.

Существует большое разнообразие клиентских почтовых программ. К ним относится, например, программа Microsoft Outlook Express, входящая в состав ОС Windows как стандартная.

Списки рассылки (Mail list). Обычная электронная почта предполагает наличие двух партнеров по переписке. Если же партнеров нет, то достаточно большой поток почтовой информации в свой адрес можно обеспечить, подписавшись

на списки рассылки. Это специальные тематические серверы, собирающие информацию по определенным темам и переправляющие ее подписчикам в виде сообщений электронной почты.

Темами списков рассылки может быть что угодно, например вопросы, связанные с изучением иностранных языков, научно-технические обзоры, презентация новых программных и аппаратных средств вычислительной техники. Большинство телекомпаний создают списки рассылки на своих узлах, через которые рассылают клиентам аннотированные обзоры телепрограмм.

Служба World Wide Web (WWW). Безусловно, это самая популярная служба современного Интернета. Ее нередко отождествляют с Интернетом, хотя на самом деле это лишь одна из его многочисленных служб.

World Wide Web – это единое информационное пространство, состоящее из сотен миллионов взаимосвязанных электронных документов, хранящихся на Web-серверах. Отдельные документы, составляющие пространство Web, называют Web-страницами. Группы тематически объединенных Web-страниц называют Web - узлами (жаргонный термин - Web- сайт или просто сайт). Один физический Web-сервер может содержать достаточно много Web-узлов, каждому из которых, как правило, отводится отдельный каталог на жестком диске сервера.

От обычных текстовых документов Web-страницы отличаются тем, что они оформлены без привязки к конкретному носителю. Например, оформление документа, напечатанного на бумаге, привязано к параметрам печатного листа, который имеет определенную ширину, высоту и размеры полей. Электронные Web-документы предназначены для просмотра на экране компьютера, причем заранее не известно на каком. Неизвестны ни размеры экрана, ни

параметры цветового и графического разрешения, неизвестна даже ОС, с которой работает компьютер клиента.

Поэтому Web-документы не могут иметь «жесткого» форматирования. Оформление выполняется непосредственно во время их воспроизведения на компьютере клиента и происходит оно в соответствии с настройками программы, выполняющей просмотр.

Программы для просмотра Web-страниц называют браузерами или обозревателями. Web-документ представляет собой текстовый документ, написанный с помощью языка HTML (HyperText Markup Language - язык разметки гипертекста). Такие документы также называют HTML - документами или документами в формате HTML.

Наиболее важной чертой Web-страниц, реализуемой с помощью HTML, являются гипертекстовые ссылки. С любым фрагментом текста или с рисунком можно связать иной Web-документ, то есть установить гиперссылку. В этом случае при щелчке мыши на тексте или рисунке, являющемся гиперссылкой, отправляется запрос на доставку нового документа. Этот документ, в свою очередь, тоже может иметь гиперссылки на другие документы.

Таким образом, совокупность огромного числа гипертекстовых электронных документов, хранящихся на серверах WWW, образует своеобразное гиперпространство документов, между которыми возможно перемещение. Целенаправленное перемещение между Web-документами называют Web-навигацией (выполняется с целью поиска нужной информации).

Гипертекстовая связь между сотнями миллионов документов, хранящихся на физических серверах Интернета, является основой существования логического пространства World Wide Web. Однако такая связь не могла бы существовать, если бы каждый документ в этом пространстве не обладал своим уникальным адресом. Выше мы говорили, что каждый файл одного локального компьютера обладает уникальным полным именем, в которое входит собственное

имя файла (включая расширение имени) и путь доступа к файлу, начиная от имени устройства, на котором он хранится. Теперь мы можем расширить представление об уникальном имени файла и развить его до Всемирной сети. Адрес любого файла во всемирном масштабе определяется унифицированным указателем ресурса - URL.

Служба имен доменов (DNS). Каждый компьютер в сети Интернет имеет две разных формы записи адреса. Человеку удобнее работать с доменным именем, так как оно имеет содержание. Например, Web-сервер компании Microsoft имеет имя www.microsoft.com, а Web-сервер компании «Космос ТВ» имеет имя www.kosmostv.ru. С другой стороны, автоматическая работа серверов сети организована с использованием четырехзначного числового адреса. Поэтому необходим перевод доменных имен в связанные с ними IP-адреса. Этим и занимаются серверы службы имен доменов DNS. Запрос на получение одной из страниц сервера сначала обрабатывается сервером DNS, и далее он направляется по IP-адресу, а не по доменному имени.

Служба передачи файлов (FTP). Прием и передача файлов составляют значительный процент от прочих Интернет-услуг. Необходимость в передаче файлов возникает, например, при приеме файлов программ, при пересылке крупных документов (например, книг), а также при передаче архивных файлов, в которых запакованы большие объемы информации.

Служба FTP имеет свои серверы в мировой сети, на которых хранятся архивы данных. Со стороны клиента для работы с серверами FTP может быть установлено специальное программное обеспечение, хотя в большинстве случаев браузеры WWW обладают встроенными возможностями для работы и по протоколу FTP.

Протокол FTP работает одновременно с двумя TCP-соединениями между сервером и клиентом. По одному соединению идет передача данных, а второе соединение

используется как управляющее. Протокол FTP также предоставляет серверу средства для идентификации обратившегося клиента. Этим часто пользуются коммерческие серверы и серверы ограниченного доступа, поставляющие информацию только зарегистрированным клиентам, — они выдают запрос на ввод имени пользователя и связанного с ним пароля. Однако существуют и десятки тысяч FTP-серверов с анонимным доступом для всех желающих. В этом случае в качестве имени пользователя надо ввести слово: anonymous, а в качестве пароля задать адрес электронной почты. В большинстве случаев программы-клиенты FTP делают это автоматически.

IRC. Служба IRC (Internet Relay Chat) предназначена для прямого общения нескольких человек в режиме реального времени. Иногда службу IRC называют чат-конференциями или просто чатом. В отличие от системы телеконференций, в которой общение между участниками обсуждения темы открыто всему миру, в системе IRC общение происходит только в пределах одного канала, в работе которого принимают участие обычно лишь несколько человек. Каждый пользователь может создать собственный канал и пригласить в него участников «беседы» или присоединиться к одному из открытых в данный момент каналов.

ICQ. Эта служба предназначена для поиска сетевого IP-адреса человека, подключенного в данный момент к Интернету. Необходимость в подобной услуге связана с тем, что большинство пользователей не имеют постоянного IP-адреса. Название службы является акронимом выражения I seek you — я тебя ищу. Для пользования этой службой надо зарегистрироваться на ее центральном сервере (<http://www.icq.com>) и получить персональный идентификационный номер UIN (Universal Internet Number). Данный номер можно сообщить партнерам по контактам, и тогда служба ICQ приобретает характер Интернет-пейджера. Зная номер UIN партнера, но не зная его текущий IP-адрес, можно

через центральный сервер службы отправить ему сообщение с предложением установить соединение.

Как было указано выше, каждый компьютер, подключенный к Интернету, имеет четырёхзначный IP-адрес. Этот адрес может быть постоянным или динамически временным. Те компьютеры, которые включены в Интернет на постоянной основе, имеют постоянные IP-адреса. Большинство же пользователей подключаются к Интернету лишь на время сеанса. Им выдается динамический IP-адрес, действующий только в течение данного сеанса. Этот адрес выдает тот сервер, через который происходит подключение. В разных сеансах динамический IP-адрес может быть различным, причем заранее неизвестно каким.

При каждом подключении к Интернету программа ICO, установленная на нашем компьютере, определяет текущий IP-адрес и сообщает его центральной службе, которая, в свою очередь, оповещает наших партнеров по контактам. Далее наши партнеры (если они тоже являются клиентами данной службы) могут установить с нами прямую связь. Программа предоставляет возможность выбора режима связи («готов к контакту»; «прошу не беспокоить, но готов принять срочное сообщение»; «закрит для контакта» и т. п.).

## § 8.6. Браузеры и провайдеры

Программа для просмотра сайтов (браузер) является стандартной программой ОС Windows. Она называется Internet Explorer. В настоящее время существуют различные версии этой программы до 9 включительно. Обновление версий можно осуществить в Интернет.

Браузер Internet Explorer не является единственной программой для работы в Интернет, В настоящее время используются Firefox, Opera, Google Chrome и другие, причем на одном компьютере могут быть одновременно несколько браузеров. *Структура всех браузеров одинакова и состоит из следующих элементов:*

• Адресная строка – в ней указывается URL-адрес необходимого сайта.

• Меню поиска – отправка запросов одному из поисковиков Интернета.

• Окно – часть экрана для просмотра сайта.

• Навигационные кнопки – для перемещения по страницам.

• Меню – для управления браузером.

• Контекстное меню – дополнительное меню пользователя.

• Статусная строка – информация о работе браузера.

Организация, предоставляющая подключение к своему узлу называется поставщиком услуг Интернета – провайдер. Она оказывает подобную услугу на договорной основе.

Физическое подключение может быть выделенным, коммутируемым или беспроводным. Для выделенного соединения необходимо проложить новую или арендовать готовую физическую линию связи (кабельную, оптоволоконную, радиоканал, спутниковый канал и т.п.). Такое подключение используют организации и предприятия, нуждающиеся в передаче больших объемов данных. От типа линии связи зависит ее пропускная способность (измеряется в единицах бит в секунду).

Для подключения к компьютеру провайдера Интернета надо правильно настроить программу «Удаленный доступ к сети». При настройке программы необходимы данные, которые должен сообщить поставщик услуг:

• имя пользователя (login);

• пароль (password);

• IP-адрес сервера DNS (на всякий случай вводят два адреса - основной и дополнительный, используемый, если основной сервер DNS по каким-то причинам временно не работает).

Этих данных достаточно для подключения к Интернету, хотя при заключении договора с провайдером можно полу-

чить и дополнительную информацию, например, номера телефонов службы поддержки. Вводить собственный IP-адрес для настройки программы не надо. Сервер поставщика услуг выделит его автоматически на время проведения сеанса работы.

В настоящее время все большее распространение получают провайдеры, использующие сотовую связь для подключения Интернет с помощью специальных беспроводных модемов. В этом случае настройки соединения с интернет минимальны, так как уже заложены в эти устройства.

### § 8.7. Поиск информации в интернет

Самый распространенный, на сегодняшний день, ресурс сети Internet – это Всемирная паутина (WWW). На долю этого ресурса приходится более 80% информационных запасов сети. Такое лидерство WWW имеет за счет самой адаптированной для сети Internet формы представления информации - гипертекста.

Гипертекст, в отличие от обычного текста, содержит в себе гипертекстовые ссылки (информационные мостики). Они позволяют соединять логическими связями части одного документа или отдельные документы друг с другом. За счет гипертекстовых ссылок можно удобно и интуитивно понятно структурировать очень большие объемы информации (сотни и тысячи многостраничных документов). Всемирная паутина ориентирована на графическую информацию, что также очень важно в современном компьютерном мире.

WWW, как и другие ресурсы Internet, организована по клиент-серверной архитектуре. Web-сервера в огромном количестве разбросаны по всему миру. Они хранят на своих носителях информации гипертекстовые документы и предоставляют их пользователям сети в ответ на их запросы.

Поиск нужной информации в Интернет достаточно сложное занятие, Его результативность зависит от умения пользоваться поисковыми службами (системами) Интернет. Поисковые системы позволяют искать информацию по

ключевым словам. Они ведут поиск заданных пользователем ключевых слов на всех доступных страницах и выдают результат в виде списка Internet - адресов.

Наиболее распространенные в настоящее время поисковики в Интернете - Google, Yandex, Mail, Rambler и др. Главный недостаток поисковых систем - относительно низкий процент соответствия информации в списке результатов поиска. Т.е., далеко не каждый адрес в списке результатов поиска отвечает запросу пользователя. Иногда запрос пользователя сформулирован слишком широко, и результат поиска необъятно велик (десятки тысяч страниц), иногда поисковая система неправильно интерпретирует ключевые слова.

Для повышения качества поиска практически каждая поисковая система имеет два механизма. Первый - это расширенный поиск или фильтрация. Пользователь оставляет запрос без изменений, но к результату поиска может применить некоторые фильтры. Например: выбрать только самые свежие документы и т.д. Второй - использование в запросе специального синтаксиса - языка запросов. Язык запросов устраняет разночтения между пользователем и поисковой системой.

Следующий шаг повышения качества поиска - метапоисковые системы.

Метапоисковые системы, как следует из названия, являются своего рода надстройками над универсальными поисковыми системами (специализированные поисковые системы, например медицинские, в эту конструкцию, как правило, не включаются). Работа метапоисковых систем основана на передаче запроса и последующем использовании ресурсов, которые находят поисковые системы. Благодаря этому полнота поиска и вероятность нахождения нужной информации увеличиваются. Примерами могут служить:

[www.quintura.ru](http://www.quintura.ru);

[www.nigma.ru](http://www.nigma.ru);

[www.exactus.ru](http://www.exactus.ru);

## § 8.8. Медицинские интернет-ресурсы

Информационная ёмкость всемирной сети Интернет просто огромна! Каждая сфера деятельности, любые вопросы, волнующие человека, находят свое отражение на множестве сайтов. В Сети можно найти материалы, представляющие интерес для пациентов, практикующих врачей, организаторов здравоохранения, научных работников, страховых компаний, коммерсантов и т.д. Существуют специфические ресурсы, интересные каждой отдельной группе, но есть и такие, которые необходимы многим.

При отсутствии адреса (URL) нужной информации (иными словами, если не известно где, на каком www-сервере она хранится) для поиска обычно используется следующая стратегия.

Пользователь, прежде всего, должен обратиться к серверу поиска, в задачу которого входит:

во-первых, формирование базы данных имеющихся в Интернете URL-адресов информационных ресурсов и ее постоянное обновление;

во-вторых, обеспечение быстрого и эффективного полнотекстового поиска в этих базах ссылок и страниц интересующих пользователя ресурсов.

Доступ к серверам может осуществляться несколькими способами.

Первый способ можно назвать прямым: задается конкретный адрес нужного сервера поиска и сразу же к нему осуществляется переход.

Вторым способом является опосредованная возможность «вываливания» всей найденной в сети информации по запросу поиска (в широко известном браузере Internet Explorer фирмы Microsoft). Для этого нужно нажать кнопку Поиск). После загрузки такого списка пользователь может выбрать нужный ему сервер. После получения доступа к серверу поиска пользователь стандартным образом должен ввести в компьютер те или иные «ключевые слова» (т. е.,

слова или выражения, которые, по его мнению, могут встречаться в интересующих его документах). Далее, сервер осуществляет процедуру поиска, в результате которой на экран выводится список найденных ссылок (адресов) ресурсов, в которых встречается заданное пользователем ключевое слово.

### **Контрольные вопросы**

- 1. Каковая структура компьютерных сетей?*
- 2. Каковы уровни локальных компьютерных сетей?*
- 3. Виды медицинских компьютерных сетей?*
- 4. Какие существуют способы передачи информации на уровне локальных сетей?*
- 5. Кто входит в рабочую группу пользователей?*
- 6. Что такое доменная система, назовите ее структуру?*
- 7. Перечислите виды локальных сетей.*
- 8. Какие существуют уровни медицинских компьютерных систем?*
- 9. Какое назначение имеет сервер, его виды?*
- 10. Какое назначение у стандартов DICOM и HL7?*
- 11. Структура локальной системы PACS ?*
- 12. Какие службы входят в Интернет?*
- 13. Какова структура адреса электронной почты?*
- 14. Какова структура адреса URL?*

## Тестовые вопросы

1. Точный порядок слов в запросе при поиске можно указать с помощью:

- 1) ()
- 2) «»
- 3) ||
- 4> []
- 5) {}

2. Для отключения морфологии в поисковых машинах (к примеру, яндексе) необходимо...

- 1) указать нормальную форму слова с помощью группы операторов ()
- 2) использовать оператор «!» перед словом (без пробела)
- 3) использовать оператор ~
- 4) использовать оператор «!!»
- 5) использовать оператор \$

3. Для поиска профессиональной и научной медицинской литературы на иностранном языке необходимо воспользоваться следующей базой данных:

- 1) consilium Medicum (<http://www.consilium-medicum.com>)
- 2) сайт Кокрановского сообщества (<http://www.cochrane.ru>)
- 3) HighWire Press (<http://highwire.stanford.edu>)
- 4) русский медицинский журнал (<http://www.rmj.ru>)
- 5) академия Google (<http://scholar.google.ru>)

4. Для поиска профессиональной и научной медицинской литературы на русском языке необходимо воспользоваться следующей базой данных:

- 1) Consilium Medicum (<http://www.consilium-medicum.com>)
- 2) British Medical Journal (<http://www.bmj.com>)

- 3) Elibrary (<http://elibrary.ru>)
- 4) академия Google (<http://scholar.google.com>)
- 5) New England Journal of Medicine (<http://www.nejm.org>)

**5. Критерием качества интерактивности медицинских ресурсов сети интернет является...**

- 1) соответствие нормам этики
- 2) наличие формы поиска
- 3) индикация даты последнего обновления содержания сайта
- 4) регулярная проверка внешних и внутренних ссылок
- 5) наличие средств высказывания комментариев, предложений, критики

**6. Домен – это:**

- 1) адрес в Интернете;
- 2) протокол связи;
- 3) браузер;
- 4) зона Интернета.

**7. Локальная сеть «типа звезда» – это:**

- 1) соединение компьютеров в цепочку;
- 2) соединение компьютеров по их сложности;
- 3) соединение каждого компьютера с единым сервером;
- 4) последовательное соединение компьютеров.

**8. Служба передачи файлов – это:**

- 1) обслуживание электронной почты;
- 2) тип соединения компьютеров в сеть;
- 3) разновидность телемедицины;
- 4) вид почтового клиента.

**9. Адрес электронной почты включает в себя:**

- 1) имя пользователя;
- 2) фамилию пользователя;
- 3) условное имя компьютера пользователя;
- 4) домашний адрес пользователя.

## ГЛАВА 9.

### ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЛЕЧЕБНО- ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

§ 9.1. Основные составляющие лечебнодиагностического или оздоровительно-профилактического процесса

§ 9.2. Процесс деятельности медицинского работника как объект информатизации

§ 9.3. Моделирование и использование моделей в медицине

§ 9.4. Поддержка лечебно-диагностического процесса методами кибернетики и информатики

§ 9.5. Автоматизированные системы для обработки медицинских сигналов и изображений

§ 9.6. Автоматизированные консультативные системы для помощи в принятии решений на основе интеллектуального (экспертного) подхода

§ 9.7. Автоматизированные системы для управления жизненно важными функциями организма

§ 9.8. Автоматизированное рабочее место медицинского работника

§ 9.9. Классификация автоматизированных рабочих мест в здравоохранении

§ 9.10. Особенности интеллектуальных автоматизированных рабочих мест

§ 9.11. Специализированные рабочие места

§ 9.12. Системы для проведения мониторинга

§ 9.13. Телемедицина

Разработка и внедрение информационных систем в области медицинских технологий является достаточно актуальной задачей. Анализ применения персональных ЭВМ в

медицинских учреждениях показывает, что компьютеры, в основном используются для обработки текстовой документации, хранения и обработки баз данных, статистики. Часть ЭВМ используется совместно с различными диагностическими и лечебными приборами. В большинстве этих областей использования ЭВМ применяют стандартное программное обеспечение – текстовые редакторы, СУБД и др. Поэтому создание информационной организационно-технической системы, способной своевременно и достоверно установить диагноз больного и выбрать эффективную тактику лечения, является актуальной задачей информатизации.

*Задачу диагностики в области медицины можно поставить как нахождение зависимости между симптомами (входными данными) и диагнозом (выходными данными). Для реализации эффективной организационно-технической системы диагностики необходимо использовать методы искусственного интеллекта. Целесообразность такого подхода подтверждает анализ данных, используемых при медицинской диагностике, который показывает, что они обладают целым рядом особенностей, таких как качественный характер информации, наличие пропусков данных; большое число переменных при относительно небольшом числе наблюдений. Кроме того, значительная сложность объекта наблюдения (заболеваний) нередко не позволяет построить даже вербальное описание врачом процедуры диагноза.*

*Интерпретация медицинских данных, полученных в результате диагностики и лечения, становится одним из серьезных направлений нейронных сетей. При этом существует проблема их корректной интерпретации. Широкий круг задач, решаемых с помощью нейросетей, не позволяет пока создать универсальные мощные сети, вынуждая разрабатывать специализированные нейронные сети, функционирующие по различным алгоритмам. Основными преимуществами нейронных сетей для решения сложных задач медицинской диагностики являются: отсутствие необходимости задания в явной форме математической модели и проверки справедливости*

ности серьезных допущений для использования статистических методов; инвариантность метода синтеза от размерности пространства, признаков и размеров нейронных сетей и др. Однако использование нейронных сетей для задач медицинской диагностики связано также с рядом серьезных трудностей. К ним следует отнести необходимость относительно большого объема выборки для настройки сети, ориентированность математического аппарата на количественные переменные.

### § 9.1. Основные составляющие лечебно-диагностического или оздоровительно-профилактического процесса

Медицинский технологический процесс – это оздоровительно-профилактический или лечебно-диагностический процесс (ЛДП) управления организмом (изменением структуры и функций), который реализуется в пространстве и времени с целью улучшения его состояния.

Конечной целью оздоровительно-профилактического процесса является ликвидация отклонений в состоянии здоровья пациента (при пограничных, донозологических состояниях и ранних проявлениях болезни), а целью ЛДП – ликвидация патологии (в случае острого заболевания) или перевод пациента в ремиссию (в случае хронического заболевания). Далее, при рассмотрении ЛДП будем иметь в виду и оздоровительно-профилактический процесс.

Лечебно-диагностический процесс является частным случаем процесса управления в любой технологической системе. В клинической медицине объектом исследования и управления является организм пациента и внешняя по отношению к нему среда, субъектом управления – врач.

Объект – это то, на что обращена познавательная деятельность. Субъект – противоположное объекту – мыслящее «я». Необходимо заметить, что противопоставление объекта и субъекта относительно, так как при обращении на

себя (или коллег) познавательной деятельности субъект становится объектом.

По отношению к состоянию пациента врач является лицом, принимающим решения (ЛПР).

*Процесс управления включает в себя четыре этапа:*

1) сбор и обработку информации о состоянии объекта управления;

2) диагностику, т. е. отнесение состояния объекта к одному из известных классов состояний;

3) принятие решения о воздействии на объект;

4) реализацию принятого решения.

Эти этапы представляют собой контур управления. Реальные системы управления сложнее, однако в целом такой контур управления применим к любой предметной области, в том числе, к медицинскому технологическому процессу.

Задачи, которые решает врач любого лечебного отделения, однотипны и сводятся к сбору информации, решению диагностических и лечебных тактических вопросов, ведению медицинской документации. Несколько особняком стоят задачи, решаемые врачами диагностических и ряда других специализированных отделений, но в большинстве случаев они являются частным случаем задач, стоящих перед врачом лечебного отделения.

Для решения задач медицинского технологического процесса врач использует различную клинико-диагностическую информацию: жалобы больного, данные анамнеза, осмотра и физикального обследования (пальпация, перкуссия, аускультация), результаты инструментальных и лабораторных методов исследования. При этом, за исключением ознакомления с медицинскими документами других учреждений, *врач получает информацию тремя способами.*

- вербальным - из беседы с больным;
- сенситивным - с помощью органов чувств врача и медицинских приборов (фонендоскопа, тонометра и т.д.);
- объективизированным, основанным на результатах лабораторных и инструментальных исследований.

(Данное деление несколько условно, так как, например, современные приборы для измерения давления относятся к третьему способу получения информации.)

Процесс получения врачом информации может быть достаточно продолжительным, так как зависит от сроков поступления результатов дополнительных исследований. Рассмотрим это на примере типовой ситуации в стационаре. Сведения о жалобах и данные осмотра врач получает при первом контакте с больным и в процессе наблюдения за пациентом в отделении, данные общих анализов крови и мочи – в течение 1-х суток пребывания больного в стационаре, результаты электрокардиографии – обычно на 2-е сутки, рентгенографии, УЗИ – на 3-4-е сутки и т.д.

Диагностические задачи включают распознавание текущего состояния организма пациента, постановку развернутого нозологического диагноза, оценку тяжести состояния больного. Кроме того, в процессе наблюдения за больным врач решает задачи оценки динамики состояния пациента и прогнозирования развития патологического процесса, включая возможность и характер осложнений, исход заболевания.

В приемном отделении пациента осматривает врач приемного отделения, выставляющий предварительный диагноз, назначающий план обследования и лечения и направляющий в лечебное отделение.

Диагноз, поставленный в приемном отделении, является для врача лечебного отделения стационара одной из диагностических гипотез, которую необходимо подтвердить или опровергнуть. При этом последовательность диагностических исследований в зависимости от получаемых в процессе обследования результатов может подвергаться коррекции, а иногда и коренной трансформации.

Аргументация врача направлена, с одной стороны, на выявление признаков, являющихся характерными для предполагаемого им диагноза, а с другой – на поиск альтернативных признаков, отрицающих другие заболевания (например, высокий рост является однозначно отрицающим

болезни, при которых обязательно значительно снижается рост), т. е. используются аргументы и контраргументы или факты «за» и «против». В самом общем виде можно говорить, что одновременно с исключением одного диагноза имеет место подтверждение другого (или других) диагноза (диагностической гипотезы).

*На основе диагностической рабочей гипотезы врач* принимает лечебные и тактические решения при каждом контакте с больным. В ходе обследования и лечения такие гипотезы возникают, сменяя друг друга, до тех пор, пока последняя, выдержав ряд проверок, не станет окончательным и обоснованным клиническим диагнозом. *Диагностический процесс можно условно подразделить на три взаимосвязанных этапа:*

1) постановка первичного диагноза (предварительная гипотеза);

2) построение дифференциально-диагностического ряда (выдвижение дополнительных гипотез);

3) окончательный диагноз (обоснование окончательной гипотезы).

*Общим является* то, что диагностический процесс, построенный на рассуждениях о признаках и их сочетаниях, обосновывающих или отвергающих определенную диагностическую гипотезу, опирается на логику аргументации.

Лечебные задачи включают в себя принятие решений о медикаментозных и немедикаментозных воздействиях на выявленное патологическое состояние с учетом индивидуальных особенностей организма пациента и на основе оценки динамики его состояния.

Среди тактических решений врача лечебного отделения можно выделить:

1) решения о прекращении диагностического поиска, если тяжесть состояния больного такова, что не позволяет провести сложные диагностические процедуры;

2) решения о переводе пациента в отделение интенсивной терапии, если его состояние ухудшилось (осложнилось)

течение основного заболевания или остро возникло новое, требующее проведения интенсивной терапии);

3) решения о переводе в другое лечебное отделение, если впервые выявляется заболевание другого профиля (инфекционное, хирургическое, гинекологическое и др.), проявления которого становятся ведущими в клинической картине, или на передний план выходит сопутствующая патология. В этом случае врач может принять решение самостоятельно или пригласить врача-консультанта и принять совместное решение;

4) решение о выписке больного под наблюдение участкового врача.

Ведение медицинской документации – одна из важных составляющих медицинского технологического процесса. Сведения о всех составляющих ЛДП конкретного больного должны быть зафиксированы в медицинской карте или истории болезни. На ведение документации затрачивается большое количество времени врача. Старой и известной проблемой остается «врачебный» почерк.

Итак, в медицинском технологическом процессе на первом этапе управления осуществляются сбор и обработка информации о пациенте и его состоянии с помощью всех имеющихся в арсенале современной медицины методов.

На втором диагностируется состояние организма – это может быть нозологическая диагностика, синдромальная диагностика, наконец, диагностика некоего состояния пациента, на которое необходимо реагировать.

На третьем осуществляется выбор управляющих воздействий на основе прогнозирования возможных результатов их применения: выбор лечебных и профилактических мероприятий, оценка риска, связанного с их проведением, выбор тактических решений и т.д.

На четвертом этапе осуществляются управляющие воздействия. После реализации выбранного комплекса управляющих воздействий вновь начинается сбор информации о

состоянии пациента и(или) внешней среды для контроля состояния и своевременного внесения корректив в ЛДП.

Таким образом, медицинский технологический процесс является циклическим. Все этапы управления в ЛДП осуществляются субъектом управления - врачом (ЛПП).

## **§ 9.2. Процесс деятельности медицинского работника как объект информатизации**

На современном этапе развития информационных технологий обеспечение нужной информацией (информационное обеспечение деятельности) невозможно без компьютеризации учреждения и автоматизации работы персонала.

Информационное обеспечение является важным фактором в работе как врачей МО, так и руководителей всех уровней здравоохранения. Своевременное получение нужной информации позволяет не только облегчить работу медицинских работников, но и повысить качество оказываемой населению медицинской помощи.

В ходе ЛДП в деятельности медицинского персонала и, в первую очередь, врача можно выделить множество элементов, обуславливающих необходимость работы непосредственно с медицинской информацией.

Полнота информатизации дает возможность оценить долю функций медицинского персонала, при реализации которых используются информационные технологии, в списке потенциально автоматизируемых функций. Полнота информатизации деятельности медицинского работника может быть представлена тремя уровнями: информатизацией основных функций, информатизацией части функций и начальным уровнем информатизации. К последнему можно отнести ситуацию, когда при выполнении должностных функций медицинские работники используют на компьютере только стандартные приложения (текстовый редактор, электронные таблицы) и статистические пакеты для обра-

ботки данных. Фактически в этом случае речь идет об использовании лишь отдельных функций процесса автоматизации.

Информатизация любой функции врача может быть реализована на разных уровнях:

- ввод в компьютер произвольной информации с ее последующим хранением и использованием в процессе деятельности;
- использование шаблонов, справочников и БД;
- автоматизация сбора и обработки регистрируемой физиологической и лабораторной информации;
- интеллектуальная поддержка деятельности врача при принятии решений на разных этапах оказания пациенту медицинской помощи.

Реализация алгоритмов информатизации более высокого уровня не исключает возможности использования алгоритмов информатизации относительно простых функций.

### § 9.3. Моделирование и использование моделей в медицине

**Модель** — это создаваемое человеком подобие изучаемого объекта (макет, изображение, схема, карта, словесное описание, математическое представление и т.п.). **Метод моделирования** состоит в исследовании объекта, явления или процесса путем построения моделей и их изучения. Модель всегда проще реального объекта, но она позволяет выделить главное, не отвлекаясь на детали. Необходимость моделирования объясняется принципиальной невозможностью исследования многих объектов или большой ресурсоемкостью их изучения.

Различают биофизические, физические, электрические, ситуационные, информационные, математические и другие модели.

**Информационная модель** — модель объекта, процесса или явления, в которой представлены информационные

аспекты моделируемого объекта, процесса или явления. Среди информационных моделей особое место занимают модели представления знаний.

Математическая модель — приближенное описание объекта, явления или процесса с помощью математической символики. Эта модель представляет собой систему математических соотношений: формул, функций, уравнений, систем уравнений, описывающих те или иные стороны изучаемого объекта, явления или процесса. Математическое моделирование — мощное средство познания, прогнозирования и управления. Анализ математической модели помогает проникнуть в суть изучаемого объекта или явления.

Математические модели строятся на основе данных эксперимента или умозрительно, описывают гипотезу, теорию или закономерность того или иного феномена и требуют дальнейшей проверки на практике. Различные варианты проводимых экспериментов выявляют границы применения математической модели и создают условия для ее дальнейшей коррекции. Математическое моделирование часто позволяет предвидеть характер изменения исследуемого процесса в условиях, трудно воспроизводимых в эксперименте, а в отдельных случаях — предсказать ранее неизвестные явления и процессы.

Процесс математического моделирования принято делить на несколько этапов.

Постановка задачи. Необходимо отметить, что построение модели подразумевает наличие у специалиста хорошего уровня знаний предметной области, в рамках которой осуществляется моделирование. В постановку задачи входят определение цели исследования, выделение объекта исследования, определение параметров исследуемого объекта, выявление взаимосвязей между параметрами. Этап завершается записью модели в математическом виде.

Проведение модельных экспериментов. На этом этапе осуществляется решение прямой задачи, для которой предназначена математическая модель, т. е. получение выходных

данных для дальнейшего сопоставления с результатами наблюдений изучаемых явлений. Исследователь сознательно изменяет условия функционирования модели, регистрирует ее «поведение» в разных условиях. Важная роль при проведении модельных экспериментов принадлежит вычислительной технике. Именно она обеспечивает возможность обчета многочисленных модельных экспериментов. Итогом второго этапа моделирования является множество результатов модельных экспериментов.

При математическом моделировании разных процессов и явлений может использоваться один и тот же математический аппарат. Это упрощает задачу моделирования, дает возможность выбора из полученных вариантов.

Оценка реализованной модели. Выясняют, удовлетворяет ли созданная математическая модель критерию практики, т. е. согласуются ли результаты наблюдений с теоретическими (гипотетическими, модельными) данными в пределах заданной точности. Достижение такого результата означает, что положения, лежащие в основе модели, правильны, и модель пригодна для исследования выбранного объекта или явления.

Анализ модели на основе накопленных данных об изучаемом объекте, модернизация первоначально построенной модели. С получением новых научных данных знания об исследуемом объекте уточняются, и наступает момент, когда результаты, получаемые на основании существующей модели, перестают им соответствовать. Возникает необходимость уточнения данной модели или построения новой. Между моментами построения исходной и последующей моделей проходят разные промежутки времени в зависимости от сути изучаемого явления, уровня и скорости исследования данной предметной области, характера полученных новых знаний и данных.

В медицине модели применяются для исследования структур, функций и процессов на разных уровнях организации живого организма: атомарно-молекулярном, субклеточ-

ном, клеточно-тканевом, органно-системном, организменном, биоценоотическом.

В медицине, как и в биологии, используются в большинстве случаев биологические, физико-химические, математические модели. Исторически сложилось, что в медицине до сих пор широко распространены словесные описания объектов и процессов (например, заболеваний), а в последние десятилетия все чаще применяются информационные модели.

Биологические модели в медицине применяются для воспроизводства на лабораторных животных заболеваний или состояний, встречающихся у человека. Таким образом, в эксперименте исследуются механизмы возникновения заболевания, его этиология, патогенез, течение, изучаются варианты воздействия на протекание болезни, сравнивается эффективность применения различных лечебных пособий. В эксперименте, например, моделируются ишемические нарушения и гипертоническая болезнь, злокачественные новообразования и генетические заболевания, инфекционные процессы и др.

Для реализации биологических моделей экспериментальным животным вводят токсины, заражают их микробами, перевязывают сосуды, исключают из пищи определенные вещества, помещают в искусственно создаваемую среду обитания и др. Подобные экспериментальные модели применяются в нормальной и патологической физиологии, генетике, фармакологии, хирургии, реаниматологии. Физико-химические модели имитируют сложные акты поведения, например, формирование условного рефлекса.

Удачным следует признать опыт построения электронных схем, моделирующих биоэлектрические потенциалы в нервной клетке и синапсе на основе данных электро-физиологических исследований.

В настоящее время в медицине самое широкое распространение получили математические модели. Они используются практически во всех ее областях. Математические модели применяются для изучения сложных физиологических процессов, диагностики патологических состояний,

исследования взаимодействия систем организма в норме и патологии, при изучении эпидемических процессов, в клинической иммунологии, фармакокинетике.

Из математических моделей, известных в физиологии, следует упомянуть модель возбуждения нервного волокна, предложенную А.Ходжкином и А. Хаксли.

Модель сердечной деятельности Ван дер Пола и Ван дер Марка, основанная на теории релаксационных колебаний, позволила предсказать возможность особого нарушения сердечного ритма, впоследствии обнаруженного у человека.

Ярким примером использования математической модели для обобщения накопленных экспериментальных знаний является модель кровообращения Ф.Гродинза. Построением и исследованием моделей кровообращения, применяющихся в практике российской сердечно-сосудистой хирургии, занимается В.А.Лищук.

В медицинской информатике широко используется моделирование, особенно часто математическое и информационное. Математические модели используются для расчета клинически значимых показателей при обработке сигналов и изображений, для описания заболеваний и состояний при вычислительной диагностике и прогнозировании. Информационное моделирование все чаще применяется при описании деятельности МО и их подразделений. И информационное, и математическое моделирование применяется в задачах, связанных с управлением здравоохранением.

#### **§ 9.4. Поддержка лечебно-диагностического процесса методами кибернетики и информатики**

Медико-технологические системы — это системы, обеспечивающие обработку и анализ информации, представленной в электронной форме, для поддержки принятия решений и информационной поддержки медицинских технологических процессов. Они являются самыми многочисленными среди ИМС.

Пользователями таких систем являются врачи-клиницисты, врачи-функционалисты, врачи-лаборанты, врачи-фармакологи, врачи-гигиенисты, а также средний медицинский персонал

Медико-технологические системы обеспечивают:

- сбор информации о пациенте;
- накопление информации (в БД);
- обработку информации, включая расчеты интегральных показателей;
- поиск аналогов (прецедентов);
- интерпретацию информации (генерацию заключений на профессиональном языке пользователя);
- поддержку при диагностике заболеваний;
- поддержку при прогнозировании состояния пациента;
- помощь при назначении лечения;
- динамический контроль персональных характеристик здоровья;
- контроль угрожающих состояний и управление состоянием пациента;
- анализ и поддержку управления медицинскими технологическими процессами;
- представление информации в наглядном виде;
- предоставление справочной информации.

По целевому назначению медико-технологические системы можно подразделить на автоматизированные системы для обработки медицинских сигналов и изображений, консультативной помощи в принятии решений и управления жизненно важными функциями организма.

### **§ 9.5. Автоматизированные системы для обработки медицинских сигналов и изображений**

Автоматизированные системы (АС) обработки кривых и изображений являются самыми многочисленными среди разработанных систем. Разные авторы называют их по-раз-

ному: АС клинико-лабораторных исследований, медицинские приборно-компьютерные системы, измерительные или микропроцессорные медико-технологические системы и т.д. Такое разнообразие частично объясняется тем, что с самого начала разработки (конец 1960 - начало 1970-х гг.) их развитие шло двумя путями:

- подключением медицинской аппаратуры к ЭВМ;
- оснащением специализированными микропроцессорными устройствами медицинской аппаратуры.

Первый способ развития АС для обработки медицинских сигналов и изображений осуществлялся в вузах, клинических НИИ; второй – в технических НИИ, на заводах и фирмах, производящих медицинскую аппаратуру. Оба пути имели свои достоинства и недостатки. Постепенно шло их сближение. В настоящее время АС для обработки медицинских сигналов и изображений, сопоставимые по целевому назначению, но построенные разными способами, обладают практически одинаковыми возможностями. Среди них широкое распространение получили АС для функциональной, ультразвуковой, лабораторной и морфологической диагностики.

Техническое обеспечение АС обработки медицинских сигналов и изображений включает:

- средства для съема информации;
- средства для измерения, преобразования, аппаратной фильтрации, усиления сигналов;
- аналого-цифровое преобразование;
- вычислительные средства для обработки сигналов.

При регистрации кривых и изображений осуществляется преобразование физических характеристик организма в электрические сигналы. Получаемые кривые (электрокардиограмма, реограмма, пневмотахограмма, капнограмма, фотоплетизмограмма и др.) являются аналоговыми (непрерывными) сигналами. Современная вычислительная машина может обрабатывать информацию, представленную только в цифровой форме. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП)

является стандартным устройством для преобразования непрерывного сигнала в дискретную цифровую форму.

Суть аналого-цифрового преобразования сводится к многократным, сделанным с определенной частотой, измерениям напряжения вводимого аналогового сигнала. Частота, с которой осуществляется преобразование, называется частотой дискретизации сигнала. Она измеряется в герцах.

Любой периодический сигнал можно представить набором синусоид. Чем чаще изменяется сигнал, тем больше синусоид нужно для его описания. Представление сигнала как набора синусоид называется его спектром. Чтобы получить представление сигнала в цифровой форме, достаточное для выявления характерных точек, которые необходимы для обработки сигнала, частота дискретизации должна вдвое превышать максимальную частоту его спектра.

Для оцифровки кардиологических кривых используется большая частота дискретизации, чем для респираторных: например, для электрокардиографического сигнала используется частота дискретизации 500 Гц, реографического - 100, а капнографического - 25 Гц.

Полученный в результате оцифровки аналогового сигнала цифровой массив обрабатывается с помощью специальных алгоритмов. Алгоритмы для ввода, обработки медицинских сигналов и изображений, а также построения заключений составляют основу программного обеспечения таких систем.

В самом простом и до сих пор распространенном варианте суть обработки сигналов сводится к поиску характерных точек (минимумов, максимумов, перегибов, переходов через нулевое значение и т.д.), расчету временных интервалов и амплитуд, необходимых для получения величин физиологических параметров.

Сигналы могут обрабатываться автоматически, т.е. полностью без участия врача. Но до сих пор существуют АС с возможностью полуавтоматической обработки кривых - это особенно важно при обработке «сложных» неритмичных

сигналов, когда врачу предъявляется кривая, а он с помощью специальных реперов выделяет характерные точки. Наконец, возможен автоматизированный вариант, когда разметка сигнала осуществляется автоматически, а ее результат предъявляется врачу, который может отредактировать его. В АС обработки медицинских кривых и изображений встречаются все три варианта.

Автоматизированные системы для обработки изображений имеют специфику как по применяемым средствам для съема информации, так и по используемым специализированным алгоритмам обработки. Важное значение имеют характеристики регистрируемого изображения, особенности выведения его на экран (число точек по вертикали и горизонтали, число градаций степеней яркости, особенности цветопередачи и т.д.). В таких системах обязательно должны реализовываться возможности выделения контура исследуемых областей, изменения контрастности, масштабирование. В результате обработки должно получаться новое изображение, лучше исходного, в частности, возможно создание и псевдотрехмерного изображения.

При построении заключений в АС обработки медицинских сигналов и изображений используются разные методы и подходы.

Кроме специализированных алгоритмов для ввода и обработки сигналов и изображений программное обеспечение таких систем включает встроенную БД для хранения архива сигналов, изображений, заключений, а также интерфейс, обеспечивающий взаимодействие медицинского работника с АС. В последнее время в связи с появлением очень больших по объему изображений (типа МРТ) такие архивы сохраняются не на ПК, а в специальных хранилищах на дисковых массивах серверов.

Таким образом, современная АС обработки медицинских сигналов и изображений позволяет осуществлять:

- настройку на исследование: ввод паспортных, антропометрических данных, определение объема и режима исследу-

дования, ввод специализированной информации после установки датчиков на пациента;

- проведение исследования с визуализацией кривых, изображений (при необходимости в режиме реального времени), возможностями остановки изображения, выбора необходимых участков для анализа, занесение в БД;

- построение заключения с визуализацией результата в табличной и графической формах, облегчающих интерпретацию данных;

- получение твердых копий (распечатку) как исходных сигналов, так и всех результатов;

- работу с БД системы.

К сожалению, широко внедряемых АС обработки медицинских сигналов и изображений немного. Причин этому, как объективных, так и субъективных, несколько. Автоматизированные системы для обработки сигналов и изображений отличаются по используемым алгоритмам и вычислительной технике, возможностям расчета производных показателей и построения заключений, настройке на конкретную медицинскую аппаратуру и т.д. Тем не менее, рынок АС обработки медицинских сигналов и изображений (для отделений функциональной диагностики, лабораторной диагностики и др.) заполнен как зарубежными, так и отечественными системами, и пришло время для исследования его качественного состава.

#### **Автоматизированные системы для консультативной помощи в принятии решений.**

Среди систем для помощи в принятии решений на основании используемых методов выделяют:

- автоматизированные системы для распознавания патологических состояний методами вычислительной диагностики;

- автоматизированные консультативные системы для помощи в принятии решений на основе интеллектуального (экспертного) подхода;

- автоматизированные гибридные (экспертно-статистические, экспертно-моделирующие) системы для консультативной помощи в принятии решений.

Далее, эти системы будут рассматриваться подробнее.

## § 9.6. Автоматизированные консультативные системы для помощи в принятии решений на основе интеллектуального (экспертного) подхода

Искусственный интеллект — это область компьютерной науки, занимающаяся, по определению Дж. Ф. Люгера (Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: пер. с англ./Дж.Ф. Люгер.-М.: Изд. дом «Вильямс», 2003), «автоматизацией разумного поведения» на основе использования знаний, получаемых от экспертов или из литературных источников.

Диагностическое заключение врача представляет собой результат логических умозаключений, базирующихся на научных знаниях, субъективном опыте, полученном в процессе работы, и здравом смысле. Принципы математической статистики не всегда эффективны при анализе клинических данных, в особенности при редких заболеваниях, когда имеются малые выборки. Поэтому наряду с обработкой данных широкое применение нашла и «обработка» знаний.

Под знаниями подразумеваются закономерности предметной области (принципы, связи, законы), полученные в результате теоретических исследований, практической деятельности и профессионального опыта, позволяющие специалистам ставить и решать задачи в этой области. Если знания отражены в литературе, системы, построенные на основе их использования, называют интеллектуальными. Если же знания были получены в процессе собеседований с высококвалифицированными специалистами (экспертами в конкретной области медицины), системы называют экспертными (ЭС).

Для того, чтобы знания можно было использовать при построении систем, их формализуют. Под формализацией понимается однозначное (иногда многозначное) описание клинических проявлений заболеваний (включающее дифференциально значимые признаки и их сочетания для отдельных или групп заболеваний), профессиональных навыков, технологий, методов принятия решений, на основе которого возможно последующее моделирование деятельности врача и использование знаний в автоматизированных системах, в данном случае – экспертных.

*Знания предметной области по источникам можно разделить на фактические и эвристические. Фактические знания – хорошо известные в данной предметной области факты, описанные в специальной литературе. Эвристические знания основаны на собственном опыте специалиста-эксперта, пользоваться ими нужно осмотрительно, но именно они определяют эффективность ЭС.*

*Экспертная система – это программа для компьютера, оперирующая с формализованными знаниями врачей-специалистов и имитирующая логику человеческого мышления, основанную на знаниях и опыте экспертов с целью выработки рекомендаций или решения проблем. Одним из важных свойств ЭС является ее способность объяснить понятным для пользователя образом, как и почему принято то или иное решение. Экспертные системы эффективны в специфических областях, таких как медицина, в которых существует много вариантов проявлений заболеваний, и поэтому отсутствуют однозначные критерии диагностики и лечения, в связи с чем важен эмпирический опыт специалистов, и качество принятия решения зависит от уровня экспертизы. По областям применения можно выделить ЭС для диагностики, интерпретации данных, лечения, прогнозирования и мониторинга состояния больных. По данным исследования, проведенного в США в середине 1990-х гг., медицина является одним из основных потребителей ЭС - около 23 % всех имеющихся.*

Пользователем ЭС обычно является специалист в той же предметной области, для которой разработана система, но его квалификация недостаточно высока по конкретному профилю патологии, в связи с чем он нуждается в поддержке принятия решений. Пользователями медицинских ЭС могут быть также врачи смежных специальностей, общей практики, ординаторы, интерны.

*Как разработчики, так и пользователи предъявляют к медицинским ЭС ряд требований.*

Система должна обеспечивать высокий уровень решения задач в своей предметной области.

«Поведение» ЭС (задаваемые врачу вопросы, рекомендации, логика работы и принятия решений) должно моделировать поведение грамотного врача.

Система должна объяснять получаемые решения, используя конструкции, понятные врачу.

Созданные ЭС должны обеспечивать возможность модификации при обновлении медицинских знаний по данной предметной области.

Близки к процессу дифференциальной диагностики заболеваний предложенные В. К. Финном интеллектуальные системы на основе ДСМ-рассуждений (ДСМ – по инициалам Джона Стюарта Милля), использующие понятия аргументов и контраргументов, т.е. утверждений «за» или «против» диагноза при наличии определенных признаков (показателей).

*В ЭС реализуются четыре базовые функции:*

- приобретение (извлечение) знаний;
- представление знаний;
- управление процессом поиска решения;
- разъяснение принятого решения.

Приобретение знаний — это восприятие опыта решения проблемы от источника знаний (эксперт, литература) и преобразование его в вид, который позволяет использовать эти знания в экспертной или интеллектуальной системе. Для извлечения знаний необходимы усилия не только эксперта,

знающего предметную область, но и когнитолога или инженера по знаниям (knowledge engineer) либо аналитика, владеющего методами извлечения, структуризации и организации знаний предметной области. Извлечение знаний может происходить в процессе собеседований между инженером по знаниям и экспертом в конкретной проблемной области или в результате взаимодействия эксперта со специальной программой, замещающей в этом случае когнитолога.

Представление знаний — описание приобретенных знаний с помощью машинного языка (языка представления знаний), включая проверку на корректность и полноту. Существует несколько языков представления знаний. Самыми распространенными из них в настоящее время являются продукционные модели, фреймы, семантические сети.

Продукционная модель, или модель, основанная на правилах, позволяет представить знания в виде предложений типа «Если (условие), то (действие)». При выполнении условия реализуется действие.

К достоинствам продукционных моделей можно отнести простоту и наглядность представления знаний, их модульность, что обеспечивает легкую модификацию имеющихся и добавление новых правил. Однако у этого подхода имеются и недостатки. Главным из них является ограниченность его использования для представления знаний, которые выходят за рамки утверждений типа «Если..., то...».

Фрейм (от англ. Frame - рамка) – структура данных для представления стереотипных знаний. Он представляет собой логическую запись, включающую поля (подструктуры) для хранения информации. Эти поля называют слотами (от англ. slot- щель). Некоторые слоты могут хранить неизменную информацию. Слоты могут также содержать перечень возможных значений, присоединенные процедуры (позволяющие производить операции для получения значения этого слота) или другие фреймы. В каждом слоте задается условие, которое должно выполняться при установлении соответствия между значениями. Соединив множество фреймов,

являющихся отношениями, можно построить фреймовую систему.

Использование фреймов для представления знаний позволяет получить описание проблемной области в виде связанных, иерархически упорядоченных, крупных информационных структур.

*Семантические сети состоят из узлов, представляющих концепты (понятия), и связей – отношений между ними.* Все узлы сети определяются через другие узлы.

Отношения между концептами могут быть двух типов. Первый тип отношений может быть сформулирован как отношения «от общего к частному», чему могут соответствовать фразы «включает в себя», «состоит из», «содержит». Второй тип - это отношение «от частного к общему», чему соответствуют формулировки «является частью», «характерно для». Частным случаем семантических сетей являются семантические пороговые иерархические сети. Они устроены таким образом, что «переключение» на узлы более высоких по иерархии уровней происходит только после того, как будет преодолен заданный порог.

Особенностью семантической сети, являющейся и ее недостатком, является ее целостность – невозможность разделить базу фактических знаний и механизм поиска решения.

*Каждая модель представления знаний имеет свои достоинства и недостатки, поэтому при решении клинических задач в настоящее время обычно используется не одна, а несколько взаимно дополняющих моделей представления знаний: продукционная модель, фреймовая структура.*

Управление процессом поиска решения — это осуществление доступа к знаниям, порядок и способ их использования в процессе формирования решения

Разъяснение принятого решения — важная базовая функция, обеспечивающая высокий уровень доверия к ЭС. Данная функция позволяет врачу понять логику, оценить качество и безопасность решений, предлагаемых системой, и сделать окончательный обоснованный выбор.

## § 9.7. Автоматизированные системы для управления жизненно важными функциями организма

В отделениях реанимации и интенсивной терапии используют АС для помощи врачу при управлении жизненно важными функциями организма или для постоянного интенсивного наблюдения. Большая часть из них предназначена для индивидуализированного мониторингового наблюдения за витальными параметрами организма. Такие системы называют прикроватными или мониторно-компьютерными системами (МКС). В настоящее время нормой для клинической практики является оборудование отделения реанимации и интенсивной терапии одной или даже несколькими МКС.

Безусловными достоинствами большинства импортных МКС являются их высокая надежность, простота съема данных, высокое качество датчиков и измерительных блоков. Отечественные разработки отличаются более выраженной интеллектуальной емкостью.

Мониторно-компьютерные системы призваны обеспечивать в режиме реального времени (online) регистрацию основных физиологических сигналов для исследования систем гомеостаза, расчет величин витальных параметров, представление волновых форм снимаемых кривых и цифровой информации на мониторе. До сих пор некоторые МКС имеют «моносистемную» (в плане физиологических систем) или близкую к ней направленность, например, системы для наблюдения за состоянием кровообращения с возможностью регистрации респираторной кривой и расчетом частоты дыхания. Но становится все больше систем, в которых реализованы съем и обработка сигналов для получения оптимизированного набора жизненно важных показателей по принципу разумной достаточности.

Наиболее распространенный набор мониторируемых кривых включает: электрокардиограмму (мониторное отведение), сигнал для расчета артериального давления, кривую

венозного давления, кривую для расчета минутного объема крови, капнограмму, фотоплетизмограмму.

В течение нескольких десятилетий обсуждается идея модульного построения прикроватных систем – несколько вариантов оформления со стандартным числом блоков для мониторинга и общим модулем питания.

Каждый блок представляет собой небольшой (стандартного размера) монитор определенного сигнала, блоки комбинируются в любой последовательности в зависимости от профиля отделения реанимации и интенсивной терапии. Несмотря на безусловную привлекательность, эта идея до сих пор не завоевала достойного места на рынке автоматизированных приборов и систем для слежения за витальными параметрами.

В МКС, как и в АС обработки сигналов для отделений функциональной и лабораторной диагностики, реализуется следующая технологическая цепочка:

- датчики и электроды, наложенные на пациента;
- измерительные блоки;
- аналого-цифровой преобразователь;
- вычислительные средства.

В результате аналого-цифрового преобразования непрерывные сигналы становятся массивами чисел, после чего обрабатываются с помощью специальных алгоритмов. При обработке сигналов широко используются модельные представления о физиологических системах организма. В МКС используется только автоматический способ обработки сигналов (без участия медицинского персонала). Однако до 15 % всей мониторинговой информации составляют артефакты.

Некоторую информацию вводят в МКС вручную: это паспортные, антропометрические данные (рост, масса тела, геометрические параметры тела), некоторые специальные параметры (атмосферное давление, влажность воздуха и др.), необходимые для расчетов. Ввод величин параметров вручную в основном осуществляется на этапе настройки АС

на конкретного пациента и занимает до 5 мин. В определенных клинических ситуациях при необходимости экстренного начала мониторинга большую часть настройки можно опустить. Нельзя исключать лишь выбор мониторируемых сигналов и ввод необходимой для их обработки специальной информации.

*В мониторинговом режиме современные МКС работают столь угодно долго.* Работа осуществляется по циклическому принципу. Цикл мониторинга включает периоды:

- съема сигналов;
- их обработки;
- представления обновленной информации на экране.

Длительность цикла мониторинга в современных автоматизированных следящих системах для отделения реанимации и интенсивной терапии составляет 1 мин. При этом визуализация регистрируемых кривых происходит практически в режиме реального времени.

Представление информации на дисплее осуществляется в нескольких стандартных формах, для каждой из которых обязательными являются краткая информация о пациенте – фамилия, инициалы, номер истории болезни, обновляемые величины заданных в данной МКС витальных параметров и «подсказки» по работе с системой.

*В МКС применяются три наиболее используемые формы представления.*

Экран волновых форм. На экране «плывут» несколько мониторируемых кривых (по выбору пользователя). Врач-реаниматолог оценивает состояние больного, ориентируясь в том числе и на форму регистрируемых кривых (мониторного отведения ЭКГ, кривой потока крови в крупных сосудах и т.д.).

Экран динамических трендов (тренд – изменение параметра во времени). На основной части экрана выводится динамика нескольких витальных параметров по выбору врача. По окончании каждой минуты осуществляется вывод вновь полученных величин. Такая форма представления особенно

хорошо себя зарекомендовала при использовании быстро (и не всегда одинаково) действующих медикаментов и при использовании экстракорпоральных пособий.

Табличная форма представления витальных параметров

По оси абсцисс указаны параметры, по оси ординат – время. Форма снабжена линейками прокрутки. Получаемые в процессе мониторинга величины все время появляются в соответствующих ячейках таблицы. Таблица включает не только определенный в данной системе и относительно короткий перечень витальных параметров, но и все рассчитываемые показатели (40 - 60).

По окончании мониторинга или в любой момент по желанию пользователя выводятся табличный и графический отчеты в исходном или «свернутом» виде. Мониторно-компьютерная система хранит информацию за последние 24 - 48 ч. динамического наблюдения. Информация может передаваться в отдельную БД для долгосрочного хранения.

В таких системах, кроме поврежденных срезов основных физиологических параметров (частоты сердечных сокращений, ударного и сердечного индексов, артериального давления, центрального венозного давления, частоты дыхания, напряжения углекислого газа в конце выдоха, оценки неравномерности вентиляционно-перфузионных отношений и др.), используются результаты всех проводимых анализов, данные карты ведения больного, например, жидкостного баланса.

*В последнее десятилетие в разработке систем для управления жизненно важными функциями организма произошел качественный скачок.* Отмечается рост числа АС для поддержки решений врача при интерпретации данных пациента отделения реанимации и интенсивной терапии – интеллектуальных автоматизированных систем для постоянного интенсивного наблюдения. Эти системы не являются системами для слежения за величинами витальных параметров. Они ориентированы на анализ не только информации, получаемой в процессе мониторинга, но всех имеющихся на момент анализа сведений о пациенте, включая анамнес-

тические, клинические, лабораторные данные, а также информацию, полученную с помощью инструментальных методов исследования вне мониторинга. В реанимационной интеллектуальной АС должны реализовываться диагностические алгоритмы и решающие правила, полученные на больших объемах клинической информации путем интегрирования вычислительных процедур и экспертных оценок.

В интеллектуальных АС, предназначенных для помощи врачу при интерпретации данных, выделяют режимы:

- для анализа состояния физиологических систем организма;
- интерпретации динамики количественных параметров;
- прогнозирования.

Режимы для анализа состояния физиологических систем организма предоставляют возможность оценки систем кровообращения, дыхания, кислотно-щелочного равновесия и др. По выбранному врачом временному срезу осуществляется построение заключения и выведение графического «портрета» состояния соответствующей системы организма. «Портреты» могут «пролистываться» и «накладываться» друг на друга, что облегчает оценку динамики.

Режимы интеллектуальной АС, нацеленные на помощь врачу при оценке количественных параметров, предоставляют возможность выводить динамику одного или нескольких клинически значимых параметров пациента (в любых сочетаниях) в разных графических формах.

Самой востребованной является экран линейных трендов. На экран выводится динамика нескольких параметров по выбору врача за определенный промежуток времени. Каждый параметр выводится на отдельном графике, на котором также выведен диапазон условной нормы по данному параметру.

Одна из первых таких систем, в которой реализованы описанные режимы, - «Гастроэнтер» - была разработана в Российском государственном медицинском университете (руководитель разработки - Т.В.Зарубина).

Как МКС, так и интеллектуальные АС для постоянного интенсивного наблюдения могут использоваться в отделениях реанимации и интенсивной терапии независимо. Даже при отсутствии их интеграции они помогают врачу-реаниматологу в его непростой деятельности.

В ряде МО автоматизированные системы для постоянного интенсивного наблюдения являются важной составляющей АРМ медицинского персонала отделения реанимации и интенсивной терапии.

### § 9.8. Автоматизированное рабочее место медицинского работника

Автоматизированное рабочее место (АРМ) медицинского работника – это комплекс, обеспечивающий ведение БД, обработку информации и поддержку процессов принятия решений в определенной предметной области.

Аналогом АРМ в зарубежных источниках является компьютеризированная врачебная система записи состояния здоровья – Computerized physician order entry (СРОЕ).

*Можно выделить несколько основных функций АРМ.*

Регистрация пациентов (в АРМ медицинской сестры регистратуры, приемного отделения) и направление на обследование, к врачам-специалистам и на госпитализацию (в АРМ врача, заведующего отделением, главного врача и его заместителя, главного специалиста).

Ведение медицинской документации. Эта функция реализуется в большинстве АРМ медицинских работников. Она включает обеспечение ввода, коррекции и хранения данных. Специальный модуль обеспечивает доступ к личному архиву и общим архивным данным с целью поиска прецедентов, что особенно важно при диагностике редких и сложных случаев заболеваний и выборе оптимальной для конкретного случая схемы лечения.

Сортировка заявок в АРМ врачей, фельдшеров и медицинских сестер: в системе скорой медицинской помощи, при

телемедицинском консультировании, массовом поражении в чрезвычайных ситуациях и военно-полевых условиях.

Планирование профилактических эпидемиологических мероприятий (вакцинации, иммунизации) и контроль их выполнения в установленные сроки (в АРМ медицинской сестры прививочного кабинета). Модуль вакцинации и иммунизации должен включать медицинские показания и противопоказания к проведению прививок как постоянного, так и временного характера (например, эпидемиологическая обстановка в регионе, недавно перенесенное пациентом заболевание, выраженные аллергические реакции в анамнезе и т.д.). Этот АРМ строится в соответствии с установленными нормативными требованиями, включая автоматическое формирование журнала прививочного кабинета.

Планирование диспансерных осмотров. Это функция АРМ врача поликлиники (общей практики, участкового, специалистов).

Поддержка лечебно-диагностических мероприятий. В АРМ врачей эта функция включает компьютерную диагностику, прогнозирование осложнений и динамики патологического процесса, выбор плана обследования и лечения (на основе утвержденных для конкретной патологии стандартов).

Поддержка процесса выбора лечебной тактики предусматривает прогностическую оценку предлагаемого подхода, а конкретные методы лечения - учет показаний, противопоказаний, ограничений, совместимости и побочных эффектов препаратов для конкретного больного, расчет дозировок, ингредиентного баланса жидкостей и парентерального питания в перерасчете на массу или поверхность тела. При планировании оперативного вмешательства проводится автоматическая оценка риска предполагаемого исследования с учетом критерия альтернативы, обусловленного тяжестью состояния.

Обработка данных и ведение электронного документооборота при проведении лабораторных, функциональных, радиологических и инструментальных исследований, в том

числе с использованием программно-аппаратных комплексов. Поддержка лабораторной диагностики включает оценку результатов исследований в сравнении с нормальными половозрастными значениями показателей, при учете установленного или предполагаемого диагноза и тяжести состояния, а также контроль качества исследований для оценки воспроизводимости, точности, правильности получаемых результатов.

Поддержка функциональной и лучевой диагностики в рамках соответствующих АРМ включает: а) проведение расчетов (например, при анализе медицинских сигналов); б) сравнительный анализ физиологических параметров в разные возрастные периоды жизни и при различной патологии, масштабирование и контрастирование изображений, их наложение и сопоставление за различные временные интервалы, т.е. сравнение различных наблюдаемых паттернов (образов) с возможностью их представления в графической форме. Возможен просмотр как отдельных хранимых изображений, так и видеорядов, характеризующих процесс в динамике.

Поддержка врачебных решений в процессе контроля мониторируемых показателей физиологического состояния организма. Непрерывный или дискретный контроль параметров жизненно важных систем организма с учетом диагноза и тяжести состояния пациента при одновременном анализе предшествующих и текущих записей в БД позволяет повысить эффективность поддержки принятия врачом оперативных решений.

Компьютерное экспериментирование в фармакологии при создании новых фармакологических препаратов и при анализе взаимодействия лекарственных средств между собой. Виртуальный аспект процесса разработки новых медикаментов предполагает использование БД имеющихся фармакологических средств, включающее полный спектр их структуры и физико-химических свойств. Это необходимо для определения будущей реакционной способности метаболита, оценки потенциальной биотрансформации веществ, прогнозирования антипродуктивных качеств лекарственных

препаратов и т.д. Аналогичным образом на основании знаний о химических и физических свойствах препаратов обеспечивается анализ взаимодействия лекарственных средств между собой.

Поддержка организационных решений, включая прогнозирование и медико-тактические решения в чрезвычайных ситуациях.

Медико-статистическая обработка данных. Эта функция должна быть предусмотрена в любом АРМ, но только в АРМ врача статистика является основной наряду с поддержкой базы медико-статистических данных.

Расчет стоимости консультаций, обследования и лечения. Эта функция может осуществляться при необходимости на любом АРМ, но является основной для АРМ экономиста МО, в котором обычно предусмотрены возможности для углубленного экономического анализа деятельности медицинского учреждения, специальных служб или системы здравоохранения.

Доступ к информационным ресурсам и дистанционный обмен данными. Эта функция предполагает возможность: а) обращения к разнообразным базам медицинских данных внутри учреждения (включая БД других АРМ), в специализированной корпоративной сети, в Интернете; б) обмена данными с использованием wifi-технологий в целях телеконсультирования и интерактивного аудио/видеообмена при телеконсультациях.

Как видно из изложенного, АРМ медицинского работника – это общее понятие, объединяющее большой ряд АРМ, специализированных в соответствии с профилем деятельности работника. Почти любые проблемно-ориентированные АРМ могут функционировать самостоятельно или в составе ИМС.

## § 9.9. Классификация автоматизированных рабочих мест в здравоохранении

Автоматизированные рабочие места классифицируют по разным критериям: назначению, технологии построения и т.д. Рассмотрим классификацию АРМ, используемых в медицинских учреждениях, в соответствии с их предназначением. Они подразделяются на три класса, внутри которых выделяют еще по несколько подклассов.

### Медико-технологические:

- клинические – АРМ врачей лечебных отделений, врачей-консультантов, фельдшеров, медицинских сестер;
- функциональные, радиологические, лабораторные - АРМ врачей функциональной диагностики, радиологических отделений, клиничко-биохимических лабораторий и др.;
- фармакологические - АРМ специалистов, осуществляющих разработку лекарственных средств.

### Организационно-технологические:

- организационно-клинические - АРМ заведующих отделениями, заместителей главных врачей по лечебной работе, главных специалистов;
- телемедицинские - АРМ сотрудников, обеспечивающих проведение телеконсультаций.

### Административные:

- административно-управленческие - АРМ главных врачей, руководителей органов управления здравоохранением всех уровней;
- медико-статистические - АРМ сотрудников организационно-методических отделов и отделов статистики МО;
- медико-экономические - АРМ заместителей главных врачей МО по экономике, сотрудников экономических подразделений органов управления здравоохранением.

АРМ в некоторой степени могут быть отнесены к классу Decision Support Systems (DSS) (системам поддержки принятия решений (СППР)).

В 2005 г. С. А. Гаспарян предложил классификацию АРМ по их принадлежности к определенному функциональному классу или уровню. Автоматизированное рабочее место первого уровня позволяет осуществлять ввод информации, ее хранение, поиск и выдачу по запросу; второго уровня – должно реализовать расчет параметров, характеризующих состояние объекта управления; третьего уровня – обеспечивать диагностику, дифференциальную диагностику; четвертого уровня – включать функцию прогнозирования и выбора способа воздействия на объект управления.

Такая классификация определяет реализацию отдельных функций, простейшие из которых (ввод, хранение, поиск, обработка и др.) являются обязательными для АРМ более высокого уровня.

#### **§ 9.10. Особенности интеллектуальных автоматизированных рабочих мест**

Интеллектуальное АРМ – это программный продукт, в котором некоторая часть или все модули поддержки процесса принятия решений реализованы с использованием систем, основанных на знаниях (экспертных и(или) литературных). Такое АРМ позволяет осуществлять содержательный (в отличие от формального) анализ данных и предоставлять врачу объяснение предложенного решения, учитывающее его профессиональный уровень.

Все сведения, сообщаемые экспертом или извлекаемые из литературных источников при создании интеллектуального АРМ, должны быть проверены на внутреннюю непротиворечивость, полноту и соответствие реальной врачебной практике с учетом предполагаемого использования конкретного АРМ. Для этого можно осуществлять сопоставление с реальными медицинскими картами (историями болезни), описывающими результаты исследований и их медицинскую интерпретацию. Существуют и другие способы проверки интеллектуальных алгоритмов: рецензирование экспертных

заключений, использование «игрового» интервью, когда врачу-эксперту задаются вопросы типа «А что, если...?» и др.

Проверку полноты и избыточности списка заболеваний и состояний, а также используемой терминологии проводят путем формального сравнения фраз из предложенного экспертом списка с реальными врачебными заключениями. Для этого выписываются фразы из реальных заключений, не вошедшие в список возможных заключений (это носит название предположительного нарушения полноты), и фразы из списка, не встретившиеся в реальных заключениях (это носит название нарушения неизбыточности).

Особенно важна проверка на соответствие заключения и клинического описания. При этом проверяются две альтернативы:

- в описании могут быть указаны признаки, сочетание которых практически наверняка достаточно для справедливости определенной фразы из заключения, но врачом эта фраза не указана;

- может быть такой вариант заключения, для которого в описании не указан ни один из необходимых для этого признаков.

Интеллектуальное АРМ, содержимое БЗ которого отвечает всем принципам верификации в конкретной предметной области, обеспечивает более высокое качество предлагаемых врачу – пользователю решений.

### § 9.11. Специализированные рабочие места

Понятие «типовое АРМ» базируется на общих принципах его построения и функционирования. Это необходимое условие для разработки совместимых АРМ. Такой подход не исключает, однако, того, что в реальности большинство АРМ имеет особенности, обусловленные их профилем, которые реализуются в виде определенного набора функций. *Рассмотрим примеры АРМ различного профиля.*

В АРМ врача-терапевта в системе «ТАИС» предусмотрен учет особенностей осуществления диагностического процесса в клинической практике.

• Система включает три уровня автоматизации каждой функции врача:

• обеспечение возможности ввода в компьютер и последующего хранения произвольной текстовой информации, касающейся диагностики и лечения больных;

• информационная поддержка деятельности врача: обеспечение возможности ввода информации (включая принятые решения) посредством выбора из соответствующих БД;

• интеллектуальная поддержка деятельности врача: руководство сбором информации и формирование рекомендаций в отношении диагностических или лечебных решений.

Оптимизация процесса сбора информации обеспечивается двумя различными механизмами: настройкой на определенный круг диагностических гипотез, ограничивающий поле исходных признаков в целом, и специальной организацией вопросника. Этот опросник представляет собой динамически ветвящуюся в процессе диалога структуру. Наряду с безусловно задающимися вопросами в него включаются и такие, которые предлагаются только при определенных предшествующих ответах. Перечень диагностических гипотез в процессе работы системы автоматически дополняется диагнозами, сходными по клинической картине с выбранными первоначально врачом.

Для АРМ врача в операционных (рабочее место анестезиолога) и последующего наблюдения в палатах интенсивной терапии (рабочее место реаниматолога) важной частью является система сбора, хранения и представления мониторируемых непрерывно (ЭКГ, артериального давления и т.п.) и дискретно (неинвазивного артериального давления, сердечного выброса и т.п.) параметров, а также данных с устройств, например, с автоматических капельниц (скорость, время подачи лекарств и т.п.), аппарата искусственного

дыхания (газовый состав, объем вдыхаемой смеси и т.п.), аппарата искусственного кровообращения (расход крови, температура и т.п.).

Автоматизированное рабочее место врача-хирурга должно включать конструктор протоколов операций на основе типовых шаблонов в соответствии с профилем отделения, что ускоряет работу врача и предотвращает пропуск необходимых записей.

Автоматизированное рабочее место врача-эндоскописта обеспечивает привязку описания к технологии обследования и включает диагностические описания, сопровождаемые видеозаписями наблюдаемой у больного картины и произведенных манипуляций.

Автоматизированное рабочее место врача общей практики (семейного врача) должно наряду с базой медицинских данных наблюдаемых пациентов содержать:

- краткий справочник по всем клиническим специальностям, включая жалобы, симптомы, методы исследования и тактику лечения распространенных заболеваний;
- справочно-консультативный блок по неотложным состояниям;
- базу данных лекарственных препаратов;
- модуль поддержки принятия лечебно-диагностических решений;
- модуль анализа результатов основных функциональных исследований;
- блок формирования направлений к врачам узкой специализации, на исследования, лечебные процедуры (физиотерапия и т.д.), выписку рецептов и справок;
- блок учета оказываемых пациентам медицинских услуг, формирования отчетных форм.

Это АРМ должно иметь связь со стационарным компьютерным комплексом в МО.

Функциями АРМ невролога-электрофизиолога (на примере ЭЭГ-диагностики) являются:

• преобразование биоэлектрических сигналов из аналоговой формы в цифровую (при использовании аналоговой аппаратуры);

- запись калибровочного сигнала;
- запись ЭЭГ (фон, фото - или фоностимуляция, гипервентиляция);
- просмотр записи ЭЭГ;
- описание и анализ характеристик ЭЭГ;
- отбор среди множества нозологических форм, содержащихся в БД, наиболее близких к совокупности признаков обследуемого пациента;
- формирование заключения (с использованием электронного атласа энцефалограмм, включающего возрастные и нозологические особенности ЭЭГ);
- архивация файлов ЭЭГ.

Автоматизированное рабочее место клинического фармаколога поддерживает следующие функции:

- ведение фармакологического справочника;
- ведение стандартных схем лечения;
- анализ взаимодействия лекарственных средств;
- анализ и профилактика побочных эффектов лекарственных веществ;
- разработка индивидуальных схем лечения;
- формирование, анализ и корректировка назначений с учетом подбора оптимальных для конкретного больного препаратов среди медикаментов-аналогов.

Автоматизированное рабочее место врача-реабилитолога предполагает наличие методик расчета реабилитационного потенциала конкретного пациента. Простой реабилитационный потенциал – это разница между текущей степенью тяжести и потенциально достижимой (более низкой). Интегральный реабилитационный потенциал определяется на основе причинно-следственного дерева связей различных патологических проявлений. При низкой эффективности интегрального реабилитационного потенциала в

системе должно быть предусмотрено выявление причин, помешавших достижению предполагаемого уровня адаптации.

Информационное обеспечение АРМ и алгоритмы принятия решений должны учитывать индивидуальную программу реабилитации пациента.

## § 9.12. Системы для проведения мониторинга

Задача оперативной оценки состояния пациента возникает в ряде весьма важных практических направлений в медицине и, в первую очередь при непрерывном наблюдении за больным в палатах интенсивной терапии, операционных и послеоперационных отделениях.

В этом случае требуется, на основании длительного и непрерывного анализа большого объема данных, характеризующих состояние физиологических систем организма обеспечить не только оперативную диагностику осложнений при лечении, но и прогнозирование состояния пациента, а также определить оптимальную коррекцию возникающих нарушений. Для решения этой задачи предназначены мониторные МПКС. К числу наиболее часто используемых при мониторинге параметров относятся: электрокардиограмма, давление крови в различных точках, частота дыхания, температурная кривая, содержание газов крови, минутный объем кровообращения, содержание газов в выдыхаемом воздухе. Аппаратное обеспечение мониторных систем и аналогичных систем для функциональной диагностики принципиально практически не отличается. Важной особенностью мониторных систем является наличие средств экспресс-анализа и визуализации их результатов в режиме реального времени. Это позволяет отображать на экране монитора также динамику различных производных от контролируемых величин. Все это осуществляется в различных временных масштабах. Причем чем выше качество системы, тем больше возможностей наблюдения динамики контролируемых и связанных с ними показателей она

предоставляет. Чаще всего мониторинговые системы используются для одновременного слежения за состоянием от одного до 6 больных, причем у каждого из них может изучаться до 16 основных физиологических параметров.

### Системы управления лечебным процессом.

К системам управления процессами лечения и реабилитации относятся автоматизированные системы интенсивной терапии, биологической обратной связи, а также протезы и искусственные органы, создаваемые на основе микропроцессорной технологии. В системах управления лечебным процессом на первое место выходят задачи точного дозирования количественных параметров работы, стабильного удержания их заданных значений в условиях изменчивости физиологических характеристик организма пациента. Под автоматизированными системами интенсивной терапии понимают системы, предназначенные для управления состоянием организма в лечебных целях, а также для его нормализации, восстановления естественных функций органов и физиологических систем больного человека, поддержания их в пределах нормы. По реализуемой в них структурной конфигурации системы интенсивной терапии разделяют на два класса – системы программного управления и замкнутые управляющие системы.

К системам программного управления относятся системы для осуществления лечебных воздействий. Например, различная физиотерапевтическая аппаратура, оснащенная средствами вычислительной техники, устройства для вливания лекарственных препаратов, аппаратура для искусственной вентиляции легких и ингаляционного наркоза, аппараты искусственного кровообращения и т. д.

Замкнутые системы интенсивной терапии структурно являются более сложными МПКС, так как они объединяют в себе задачи мониторинга, оценки состояния больного и выработки управляющих лечебных воздействий. Поэтому на практике замкнутые системы интенсивной терапии создаются только для очень частных, строго фиксированных задач.

Системы биологической обратной связи предназначены для предоставления пациенту текущей информации о функционировании его внутренних органов и систем, что позволяет путем сознательного волевого воздействия пациента достигать терапевтического эффекта при определенном виде патологий.

Системы протезирования и искусственные органы.

Системы протезирования и искусственные органы предназначены для замещения отсутствующих или коррекции неудовлетворительно функционирующих органов и систем организма человека. По существу протезы – это носимые (имплантируемые) системы интенсивной терапии. К числу наиболее широко распространенных систем протезирования относятся микропроцессорные водители сердечного ритма, имплантируемые дозаторы инсулина, элекромиостимуляторы и т. п.

Пути развития медицинских информационных технологий.

Медицинские информационные технологии включают в себя средства воздействия на организм внешними информационными факторами, описание способов и методов их применения и процесс обучения навыкам практической деятельности. Соответственно, дальнейшее развитие этих технологий требует рассмотрения и решения следующих практических вопросов. На первом месте стоит насущный вопрос о необходимости широкого внедрения в клиническую практику апробированных средств и методов информационного воздействия, отвечающих таким требованиям, как безопасность и простота их использования, высокая терапевтическая эффективность их применения.

Следующим актуальным вопросом является стимулирование и поощрение разработки и создания новых средств и методов воздействия на организм человека, соответствующих принципам и постулатам информационной медицины. Дальнейшее развитие и совершенствование данной области медицины связано с оптимизацией средств и методов обрат-

ной биологической связи при информационном воздействии, адекватных изменениям в организме в соответствии с принципами и постулатами информационной медицины.

Один из главных путей решения ряда медицинских, социальных и экономических проблем в настоящее время представляет информатизация работы медицинского персонала. К этим проблемам относится поиска действенных инструментов, способных обеспечить повышение трех важнейших показателей здравоохранения: качества лечения, уровня безопасности пациентов, экономической эффективности медицинской помощи. Базовым звеном информатизации является использование в больницах современных клинических информационных систем, снабженных механизмами поддержки принятия решений. Однако, эти системы не получили широкого распространения, так как пока не разработаны научные и методологические подходы к созданию клинических информационных систем.

### § 9.13. Телемедицина

По мнению большинства экспертов, прогнозирующих развитие науки и техники, 21 век должен стать «веком коммуникаций», что подразумевает повсеместное использование глобальных информационных систем. *Использование таких систем в медицине открывает качественно новые возможности:*

- обеспечение взаимодействия региональных клиник с крупными медицинскими центрами;
- оперативное получение результатов последних научных исследований;
- подготовка и переподготовка кадров.

Перечисленные возможности можно охарактеризовать одним общим понятием – телемедицина.

Телемедицина – это комплекс современных лечебно-диагностических методик, предусматривающих дистанцион-

ное управление медицинской информацией. Возникновение телемедицины обычно связывают с врачебным контролем при космических полетах. Первоначально это было измерение показателей жизнедеятельности у животных на космических аппаратах, затем у космонавтов.

С появлением сетевых технологий телемедицина получила мощный импульс в своем развитии. Конкретной причиной прорыва телемедицины в практику послужило бурное развитие коммуникационных сетей, а также методов работы с информацией, позволивших обеспечить двух- и многосторонний обмен видео- и аудиоинформацией и любой сопроводительной документацией. Простейшим случаем реализации возможностей телемедицины является быстрый доступ врача к необходимой справочной информации. Основным приложением телемедицины является обслуживание тех групп населения, которые оказались вдали от медицинских центров или имеют ограниченный доступ к медицинским службам. Другим важным объектом телемедицины является система диагностических центров регионов, когда необходима оперативная связь между лечащим врачом и врачом-диагностом, которые оказываются в разных лечебных учреждениях, часто разнесенных на большие расстояния.

Еще одним важным направлением телемедицины является скоропомощная ситуация и сложные случаи, когда требуется срочная консультация специалистов из центральных медучреждений для спасения больного или определения тактики лечения в сложных ситуациях, в том числе, в крупнейших мировых медицинских центрах.

Следующим направлением является также дистанционное медицинское образование. Наиболее перспективные тенденции в создании современных информационных систем можно объединить понятием «архитектура, обусловленная моделированием» (MDA). Философия этого подхода заключается в том, что в сложной системе невозможно предусмотреть все возможные сценарии, будущее развитие

системы и т.д. Поэтому целесообразно разрабатывать некоторую общую для всех участников объектную модель и определять принципы ее наращивания и интеграции приложений в систему.

MDA решает эти вопросы посредством разделения задач проектирования и реализации. Это позволяет быстро разрабатывать и внедрять новые спецификации взаимодействия, используя новые развернутые технологии, базирующиеся на достоверно проверенных моделях.

Процесс создания информационных MDA представляет собой типичный сложившийся цикл разработки любого сложного информационного проекта: фаза выработки требований – фаза анализа – фаза реализации. В рамках каждой из фаз прорабатываются специфические для нее вопросы соответствия требованиям, согласованности и функциональности. Современные информационные системы, как правило, разворачиваются в глобальных сетях типа сети Интернет. Не являются исключением и системы телемедицины.

Время автономных, локальных приложений уходит в прошлое. Их место занимают информационные системы, характеризующиеся многообразием архитектур, многоплатформенностью, разнообразием форматов данных и протоколов. На серверах США и Европы представлено поразжающее воображение количество медицинских ресурсов. Анатомические мультимедиа атласы, электронные версии медицинских журналов, материалы многочисленных конференций и симпозиумов, результаты различных научных исследований и достижения практической медицины, обширные базы данных по лекарственным препаратам, телемедицина – вот далеко не полный перечень направлений, которые представлены в Интернете.

Существует большое количество медицинских библиографических и библиотечных систем. Наиболее мощными из них являются системы Medline, SearchMedWeb, Medscape и система Национальной медицинской библиотеки США. Medline – это база данных научно-медицинской информации,

снабженная поисковыми системами и являющаяся основной реферативной базой данных по биомедицинской литературе мира. Наиболее мощной медицинской библиотекой является Национальная медицинская библиотека США. В ней, помимо системы Medline, создана система on-line доступа к информации с помощью такого мощного средства, как HyperDoc. Соответственно и задачи создания современных информационных систем оказываются значительно сложнее и требуют специалистов гораздо более высокой квалификации.

Образно говоря, на сегодняшний день в области телемедицины должны быть востребованы специалисты с глобальным системным мышлением, владеющие последними технологическими достижениями. Более отдаленной перспективой телемедицины является задача обеспечения единого стандарта качества медицинского обслуживания в любом медицинском учреждении страны. Для обеспечения единого стандарта медицинского обслуживания потребуется создание единой распределенной базы данных медицинской информации, обеспечивающей сбор, хранение и доступ к медицинской управленческой информации вплоть до истории болезни каждого пациента. Более полное обеспечение функций телемедицины вплоть до двухсторонних консультаций непосредственно во время операций является абсолютно необходимым для обеспечения высокого медицинского стандарта обслуживания пациентов.

*Телемедицинские АРМ подразделяются следующим образом:*

- АРМ координатора телемедицинского центра поддерживает определенный регламент проведения дистанционных консультаций (передача и прием заявок на телеконсультации, направление/перенаправление медицинских карт и их фрагментов с необходимыми медицинскими приложениями (результаты исследований, фотографии, видеозаписи, аудио-записи), обмен вопросами и ответами, контроль финансовых расчетов и т. д.);

• АРМ врача-телеконсультанта включает обмен сообщениями (с прикрепленными к ним медицинскими документами), вопросами, заключениями, необходимые преобразования исходных медицинских изображений, совместную с лечащим врачом и другими консультантами работу с изображениями на дисплее и др.;

• АРМ консультирующегося врача обеспечивает подготовку медицинских данных для телеконсультации, направление/перенаправление медицинских карт и их фрагментов с необходимыми медицинскими приложениями, обмен вопросами и ответами, совместную с консультантами работу с изображениями на дисплее и др.

Телемедицинские АРМ консультирующих и консультируемых врачей могут входить в состав региональной, корпоративной или внутрибольничной телемедицинской сети.

При этом обеспечивается как поддержка работы с пересылаемыми медицинскими изображениями до и во время телеконсультаций, так и контроль различных аспектов дистанционного обмена электронными документами и своевременности выполнения заявок.

Автоматизированное рабочее место руководителя МО предполагает доступ к электронным записям о пациентах, статистической, финансовой и хозяйственной информации, а также предоставляет современные средства обмена данными.

Автоматизированное рабочее место главного специалиста той или иной службы региона позволяет анализировать деятельность службы в целом и ее структурных подразделений в разрезе районов и городов территории.

Автоматизированное рабочее место организатора здравоохранения должно обеспечивать поддержку текущих и перспективных решений, включая прогнозирование уровня заболеваемости населения в разных ситуациях и при различном уровне экологического загрязнения района проживания, экономические аспекты деятельности.

## Контрольные вопросы

1. *Определение медицинского технологического процесса.*
2. *Кто является объектом и субъектом управления в медицинском технологическом процессе?*
3. *Этапы управления состоянием пациента в лечебно-диагностическом процессе.*
4. *Какие элементы деятельности врача подлежат информатизации?*
5. *Уровни информатизации врачебной деятельности.*
6. *Что представляют собой модель и моделирование?*
7. *Характеристики информационной и математической моделей.*
8. *Этапы процесса математического моделирования.*

## Тестовые вопросы

### 1. Index medicus издается:

- 1) национальной медицинской библиотекой Канады-удаление символа
- 2) национальной медицинской библиотекой Великобритании
- 3) региональной медицинской библиотекой Канады
- 4) национальной медицинской библиотекой США
- 5) многими западноевропейскими странами

### 2. Medline - это ...

- 1) «горячая» линия консультирования у мед. специалистов
- 2) тестирование в режиме реального времени
- 3) база данных описаний медицинской литературы
- 4) база данных определенной категории больных
- 5) справочник лекарственных средств

### 3. Поддержание своей осведомленности о новых публикациях в интересующей области, в базе данных описаний медицинской литературы medline, называют....

- 1) наблюдением за публикациями
- 2) ретроспективным анализом
- 3) оперативным анализом
- 4) осведомленным анализом
- 5) техническим анализом

### 4. Поиск ответа на возникший клинический вопрос в базе данных описаний медицинской литературы medline, называют:

- 1) клиническим анализом
- 2) ретроспективным анализом
- 3) оперативным анализом
- 4) техническим анализом
- 5) наблюдением за публикациями

**5. Анализ литературы по проблеме в базе данных описаний медицинской литературы medline, опубликованной до текущего момента, называют**

- 1) оперативным анализом
- 2) наблюдением за публикациями
- 3) ретроспективным анализом
- 4) техническим анализом
- 5) булинговым анализом

## ГЛАВА 10.

### О КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

§ 10.1. Медицина на начальной фазе кибернетической революции

§ 10.2. Медицина на модернизационной фазе кибернетической революции

§ 10.3. Подготовка к завершающей фазе кибернетической революции

§ 10.4. Медицина в ближайшем будущем. Два десятилетия до начала завершающей фазы кибернетической революции

§ 10.5. Изменения в ходе завершающей фазы кибернетической революции

§ 10.6. Развитие характеристик кибернетической революции

§ 10.7. Непрерывный мониторинг здоровья как самоуправляемая суперсистема

§ 10.8. Прогнозы развития отдельных медицинских технологий. Улучшение иммунной системы, искусственный иммунитет

§ 10.9. Управление запрограммированной гибелью клеток – путь к самоуправляемым системам излечения

§ 10.10. Генная терапия – перспективная форма коррекции организма

§ 10.11. Изменение репродуктивных возможностей человека

§ 10.12. Перспективное направление в медицине – замедление старения организма

## § 10.1. Медицина на начальной фазе кибернетической революции

В начальной фазе кибернетической революции, с 1950-х гг., происходит радикальный подъем роли медицины как все более важной и быстрорастущей отрасли экономики и сферы услуг. При этом рост медицинских услуг шел в общем процессе быстрого роста сферы услуг. Напомним, что сектор услуг по объему вклада в ВВП является ведущим в экономике развитых стран.

В течение начальной фазы кибернетической революции (1950-1990-е гг.) зарождаются новые направления медицины или достигают определенного уровня зрелости те, что зародились ранее. В этот период развиваются, например, электроэнцефалография, электросудорожная терапия, трансплантология, радиобиология, лучевая диагностика и лучевая терапия. Происходит активное использование электроники, лазеров, ультразвука и др. Значительных результатов удалось достичь в области снижения детской смертности, лечения бесплодия, геронтологии, психиатрии, развития методов контрацепции, пересадки органов и создания искусственных органов, смены пола, пластических операций и т. д. Медицина стала делиться на многочисленные отрасли. В настоящий момент, например, только в плане выделения подотраслей для классификации при защите диссертаций существует почти 70 подотраслей медицины или смежных с ней дисциплин. Среди них много новых, таких как, например, биомеханика, биофизика, трансплантология и искусственные органы, аллергология, спортивная, космическая и другие. Фактически же отраслей медицины (и смежных отраслей) существенно больше, чем в классификаторе, поскольку еще не все новые отрасли получили соответствующий статус. В целом благодаря медицине в ряде случаев улучшилась управляемость человеческим организмом.

Стоит дополнительно сказать о важных достижениях в области иммунологии.

В 1940 г. К. Ландштейнером и А. Винером было сделано открытие резус-фактора – второй по значимости антигенной системы, играющей важную роль в иммунологии. Практически с этого момента во всех странах стали интенсивно изучать антигенный состав крови человека. Кроме уже известных эритроцитарных антигенов, в 1953 г. были открыты тромбоцитарные антигены, в 1954 г. – лейкоцитарные, а в 1956 г. выявлены антигенные различия глобулинов крови. Во второй половине XX в. были разработаны способы консервирования крови, внедрены в практику препараты направленного действия, полученные методом фракционирования крови и плазмы. В это же время началась интенсивная работа по созданию кровезаменителей. Благодаря успехам химической науки появилась возможность синтезировать соединения, моделирующие отдельные компоненты плазмы и форменные элементы крови, возник вопрос о создании искусственной крови и плазмы.

Чтобы лучше понять, какие прорывы происходили в медицине в течение начальной фазы кибернетической революции, имеет смысл обратиться также к самой престижной научной награде. В период с 1930-х по 1980-е гг. Нобелевские премии получили авторы открытий в области витаминов, гормонов, антибиотиков, нервной регуляции, ферментов. Все эти открытия быстро стали применяться в фармакологии. После 1958 г. Нобелевские премии начали получать, в основном, исследователи в области генома.

## § 10.2. Медицина на модернизационной фазе кибернетической революции

Общие изменения. Начиная с 1990-х гг. и по настоящее время, медицина находится в модернизационной фазе кибернетической революции. Отрасль при этом активно компьютеризируется, особенно, в области диагностики, создаются различные автоматические системы управления дыханием, снабжением организма питательными веществами,

артериальным давлением, работой некоторых внутренних органов и т. п. Идет стремительное распространение медицинских услуг и препаратов. Активно развиваются направления, зародившиеся ранее. Например, основы таких сложных современных методов диагностики, как компьютерная томография, ядерно-магнитно-резонансная интроскопия, рентгенофлюоресцентный анализ и ряд других (Мирский 2010: 19), появились еще в предшествующие десятилетия (1970-1980-е гг.). В настоящее время в использовании этих методов достигнуты значительные успехи. Как уже сказано, появляются все новые отрасли медицины, среди не упомянутых такие как ударно-волновая терапия, борьба с повышенным холестерином. Отдельно стоит упомянуть исследование стволовых клеток и регеративную медицину (Regenerative Medicine 2006), опирающуюся на возможности целого ряда смежных с медициной отраслей, в том числе биотехнологии, биоинженерии, а также технической инженерии. Активно развиваются направления, зародившиеся ранее, в частности связанные с искусственным оплодотворением, сохранением беременности, принятием родов и т. д.

Разрабатывается огромное количество медицинских препаратов, которые становятся более доступными и дешевыми. Развиваются новые направления хирургии, пересадка органов и замена отдельных участков тела на искусственные, новые методы диагностики заболеваний, восстановительная медицина и т. п.

Борьба с неизлечимыми заболеваниями – важнейшее направление медицины. По данным ВОЗ, в мире наиболее частыми заболеваниями, приводящими к летальному исходу, на 2012-й г. являлись сердечно-сосудистые заболевания; заболевания дыхательных путей; ВИЧ/СПИД; диарейные заболевания (WHO 2014). В развивающихся странах, до недавнего времени в связи с худшими условиями жизни, слабым развитием медицины, более молодым населением большую долю занимали инфекционные заболевания. В развитых странах уже длительное время наиболее

распространена смертность от ишемической болезни сердца (12-15 %), инсульта и других цереброваскулярных болезней (8,7 %), раковых заболеваний трахеи, бронхов и легких (5,9 %), а в целом смертность от онкологических заболеваний в развитых странах приближается к смертности от ишемической болезни сердца.

Однако в 2012 г., как отмечается в докладе ВОЗ 2013 года, неинфекционные заболевания стали важнейшей причиной смертности также в средне- и слаборазвитых странах. В целом в мире сердечно-сосудистые заболевания стали наиболее распространенной причиной смертности от НИЗ (неинфекционных заболеваний): на их долю пришлось 17,5 млн смертей (46 % от всех смертей, вызванных НИЗ). Из них около 7,4 млн смертей были вызваны инфарктом, а 6,7 миллиона - инсультом (ВОЗ 2014: IX). Если на долю НИЗ приходилось две трети от 57 млн ежегодных смертей во всем мире, то из этих двух третей 80 % смертей (то есть 53 % от общей смертности) приходилось на страны с низким и средним уровнем доходов (ВОЗ 2013: 91). При этом прогнозируется рост смертности от НИЗ (Там же). Таким образом, болезни старости (неинфекционные) стали доминировать не только в развитых, но и во многих развивающихся странах.

Начиная с 1980-1990-х гг. делаются заметные успехи в области борьбы с наиболее частыми причинами смертности - инфарктом, инсультом, а также с редкими и сложными заболеваниями, в том числе наследственными.

Отличительной чертой современной медицинской науки является ее «биологизация»: широкое применение подходов, базирующихся на методах молекулярной и клеточной биологии. Возникло новое перспективное направление – биомедицина (см. подробнее, например: Стратегия... 2013). Отметим, что рост значения медицины проявляется также в феномене медикилизации. Он выражается в том, что многие аспекты проявления человеческого поведения (особенно девиантного) и психики, которые ранее никак не связывались с медициной, начинают описываться в медицинских терминах

и требовать медицинского наблюдения и вмешательства (см. подробнее: Юдин 2008). Медикализация, разумеется, активно поддерживается фармакологией и другими заинтересованными корпорациями. Кроме того, налицо и стремление тех, кто отмечается медициной как имеющий ту или иную вновь открытую «болезнь», получить соответствующие льготы и привилегии. Таким образом, социальная и политическая роль медицины в этом плане интенсивно растет. Отметим также, что все более распространяются практики изменения тех или иных характеристик человека (от формы носа до выбора пола).

### § 10.3. Подготовка к завершающей фазе кибернетической революции

Как уже сказано, в настоящий момент наиболее заметным трендом является усовершенствование инноваций, многочисленные улучшающие (к базовым) инновации, автоматизация многочисленных процессов и т. п. В то же время в медицине зреют прорывные инновации, которые станут ощутимыми через два-три десятилетия (а некоторые и ранее). Сегодня медицина неразрывно связана с биотехнологиями через фармацевтику, генные технологии, новые материалы и многое другое.

Распространение инноваций. Современный этап является этапом массового распространения инноваций, накопленных за последние десятилетия, поскольку большинство новых технологий построены на улучшении ранее сделанных открытий и изобретений. В этот период также возникли и продолжают появляться многочисленные улучшения и модификации уже созданных технологий, что значительно способствует их популяризации, удешевлению и распространению. Налицо также автоматизация разных процессов и синтез различных новых методов (а мы уже отмечали, что медицина имеет огромные перспективы именно в плане интеграции и синтеза разных направлений). С.

В. Петров, указывает, что современный период развития хирургии в начале XXI в. можно назвать периодом технологическим. Это связано с тем, что прогресс хирургии в последнее время определяется не столько развитием каких-то анатомо-физиологических представлений или улучшением мануальных хирургических способностей, сколько более совершенным техническим обеспечением, мощной фармакологической поддержкой. Кроме того, темпы внедрения инноваций в разных областях медицины, в том числе хирургии, очень высоки, и то, что еще вчера казалось новым и публиковалось только в специализированных журналах, сегодня становится рутинной, повседневной работой. Такая быстрота внедрения также является характерной для модернизационной фазы производственной революции.

Хирургия. «Каковы же самые яркие достижения современной хирургии?» – задают вопрос авторы учебника (Там же). По их мнению, таковыми являются следующие.

Трансплантология. Выполняя даже самые сложные хирургические манипуляции, не во всех случаях удается восстановить функции органа. И хирургия пошла дальше – пораженный орган можно заменить. В настоящее время успешно пересаживают сердце, легкие, печень и другие органы, а операция трансплантации почки стала совсем обычной. Подобные операции еще несколько десятков лет назад казались невыполнимыми. И дело здесь не в проблемах с хирургической техникой выполнения вмешательств. Трансплантология – огромная индустрия. Для того чтобы пересадить орган, нужно решить вопросы донорства, консервации органов, иммунологической совместимости и иммуносупрессии. Особую роль играют анестезиология, реаниматология и трансфузиология (о трансплантологии см. также далее).

Кардиохирургия. Разве можно было раньше представить, что сердце, работа которого всегда ассоциировалась с жизнью человека, можно искусственно остановить, исправить внутри него разнообразные дефекты (заменить или видоизменить клапан, ушить дефект межжелудочковой перегородки,

создать аортокоронарные шунты для улучшения кровоснабжения миокарда), а затем вновь его запустить? Сейчас такие операции выполняют повсеместно и с весьма удовлетворительными результатами. Но для их проведения необходима хорошо отлаженная система технического обеспечения. Вместо сердца, пока оно остановлено, функционирует аппарат искусственного кровообращения, не только перегоняющий кровь, но и обогащающий ее кислородом. Нужны специальные инструменты, качественные мониторы, следящие за работой сердца и организма в целом, аппараты для длительной ИВЛ и многое другое. Все эти проблемы принципиально решены.

Сосудистая хирургия и микрохирургия. Развитие оптической техники и применение специальных микрохирургических инструментов позволили реконструировать тончайшие кровеносные и лимфатические сосуды, сшивать нервы. Стало возможным пришить (реплантировать) отсеченную в результате несчастного случая конечность или ее часть с полным восстановлением функций. Метод интересен еще и потому, что он позволяет брать участок кожи или какого-то органа (кишки, например) и использовать в качестве пластического материала, соединив его сосуды с артериями и венами в соответствующей области.

Эндовидеохирургия и другие методы малоинвазивной хирургии. Используя специальную технику, можно проводить довольно сложные операции под контролем видеокамеры без выполнения традиционных хирургических разрезов. Так, можно осмотреть полости и органы изнутри, удалить полипы, конкременты, а иногда и целые органы (червеобразный отросток, желчный пузырь и др.). Без большого разреза через специальные узкие катетеры можно изнутри сосуда восстановить его проходимость, а в ряде случаев, например при аневризме, перекрыть сосуд — эмболизировать (эндоваскулярная хирургия). Под контролем ультразвука можно выполнить дренирование кист, абсцессов и полостей. Применение подобных методов значительно уменьшает травма-

тичность хирургического вмешательства (об этом см. ниже). Больные встают с операционного стола практически здоровыми, быстро и легко проходит послеоперационная реабилитация.

#### **§ 10.4. Медицина в ближайшем будущем. Два десятилетия до начала завершающей фазы кибернетической революции**

***Общие идеи.*** С учетом быстрого старения населения потенциальная опасность болезней старости будет возрастать. Тенденция сегодня такова, что по мере роста продолжительности жизни именно онкологические и сердечно-сосудистые заболевания выходят на первое место. И, по прогнозам, смертность от них будет расти. Так, согласно «Всемирному докладу о раковых заболеваниях 2014», за ближайшие 20 лет число новых случаев заболевания возрастет примерно на 70 % (ВОЗ 2015б). Поэтому важнейшей задачей медицины будет борьба с онкологией и другими недугами старости. *В плане борьбы с онкологическими заболеваниями есть позитивные изменения, связанные с возможностью раннего диагностирования и роста процента излечения* (о них еще будет сказано ниже), однако, в решении этой проблемы пока нет кардинальных перемен. Не исключено, что и к 2030-м гг. еще не сумеют победить рак. По-видимому, для этого требуются очень значительные сдвиги в разных областях биотехнологии и медицины (см., например: Медиавилья 2015). Зато сама победа может стать мощным импульсом для перехода медицины в целом на качественно новый уровень.

Сложность борьбы с неизлечимыми заболеваниями и болезнями старости, связанная с необходимостью влиять на общие клеточные процессы в организме, потребность в качественно новой диагностике и постоянном мониторинге процессов внутри организма (в том числе, на микроуровне), рост стоимости лечения вместе с ростом обязательств общества и государства в этом плане, а также демографические процессы

старения населения — это и многое другое должно привести к новым решениям в области медицины (что и даст импульс для начала завершающей фазы кибернетической революции). Как мы увидим из следующего раздела, двигаться по прежним траекториям уже становится затруднительно.

**Разработка новых лекарственных препаратов. Проблемы фармацевтики и поиски путей выхода.** Одним из критериев оценки развития медицины является производство медикаментов, которое в настоящее время достигло невиданного уровня (об этом пойдет речь в следующей главе). Однако вместе со значительными успехами наметился и определенный кризис в фармацевтике и фармакологии, связанный с рядом причин. Во-первых, *разработка новых эффективных лекарств и препаратов стала очень долгим и дорогостоящим делом* (цикл разработки и внедрения одного лекарства занимает до 15 лет и стоит до 3 млрд долларов). Во-вторых, очень жесткий контроль со стороны государственных органов делает этот процесс еще сложнее. В-третьих, компании, естественно, стремятся окупить расходы, делая по возможности *лекарства наиболее массового применения*. Но *эффективность новых препаратов оказывается не столь высокой, многим пациентам они не помогают, а ущерб от неправильно подобранных лекарств огромен*. Наметилась тенденция к тому, что люди, *часто неоправданно, используют слишком много лекарств*. Реклама также побуждает людей *потреблять их как можно больше*. Между тем лекарства в таком объеме далеко не всегда нужны, не говоря уже о том, что *они всегда имеют побочные эффекты*.

Таким образом, в целом наметился определенный тупик на пути прогресса фармацевтики. Одна из главных причин в том, что в современной фармацевтике слабо развивается такое важнейшее направление кибернетической революции, как индивидуализация/персонализация. Эта отрасль еще не сошла с рельсов массового производства (чему мешает общая организация фармацевтического производства, монополизация и гигантомания). Ряд исследователей (и мы с ними

согласны) видят путь выхода из кризиса именно в направлении персонализации. Этим проблемам посвящен параграф в следующей главе.

Движение к управляемости систем и минимизации вмешательства. Рост управляемости систем налицо в разных областях медицины. Некоторые из этих систем уже достигли стадии, близкой к настоящей самоуправляемости, к примеру, системы поддержки жизнедеятельности, искусственные органы. Другие системы находятся на пути к самоуправляемости, при этом неразрывно сочетаясь с минимизацией травмирования пациента и все более «умными» инструментами. В хирургии, например, развивается оперирование с помощью специальных гибких инструментов, с помощью которых можно проникнуть в самые труднодоступные места организма без значительных надрезов внутренней полости. При этом во время операций используются эндоскопы и видеокамеры, при помощи которых изображение передается на монитор со значительным увеличением. Для решения проблемы дрожания человеческих рук применяются специальные установки, заменяющие руку хирурга. Управляя ими, врач контролирует самые мелкие движения инструмента (в том числе лазера или ультразвука). Все активнее в хирургии и других областях медицины применяются роботы (см. об этом дальше). Дело идет к тому, что в относительно скором времени немало операций будет осуществляться без участия хирурга. В 2011 г. прошла первая в мире операция по пересадке поджелудочной железы, полностью проведенная роботом da Vinci SHDI.

### § 10.5. Изменения в ходе завершающей фазы кибернетической революции

В течение завершающей фазы кибернетической революции начнется переворот в медицине. Важно понять, что изменения в разных областях медицины будут проходить неодновременно и весьма неровно: это будет зависеть от многих вещей, в значительной мере от консерватизма

структур и областей, а также от действий организаций медиков, которые при угрозе потери части своего влияния или благополучия могут вести себя неоднозначно. Но рано или поздно инновации, конечно, начнут распространяться в самых разных областях медицины и смежных с ней.

Глубокие изменения будут, в частности, связаны с созданием систем, с помощью которых мониторинг состояния здоровья, поддержания организма в нужном состоянии и лечение будут в значительной мере осуществляться автономными системами, которые смогут функционировать в регулярном или даже постоянном режиме. Кроме того, активно продолжится выравнивание условий для пациентов в связи с возможностью стандартизации медицины (за счет более равного доступа к ресурсам) и работы при помощи удаленного доступа (то есть уровень услуг будет в меньшей степени зависеть от квалификации медицинского персонала в конкретном месте, чем теперь).

Произойдет рывок в области борьбы с неизлечимыми заболеваниями, но главное – в области повышения качества жизни и продления трудоспособного возраста. Медицина также будет развиваться по пути: а) профилактики и преемственности заболеваний, возникающих в процессе жизнедеятельности; б) возможности контролировать процессы жизнедеятельности и сокращать отклонения организма от нормы; в) максимального учета индивидуальных особенностей организма.

## **§ 10.6. Развитие характеристик кибернетической революции**

Создание и синтез новых материалов и систем, переход на более фундаментальные уровни управления, усложнение взаимодействия с окружающей средой и другие характеристики, даже объем монографии не позволяет системно описать все возможные изменения в соответствии со всеми вышеперечисленными характеристиками и трендами кибер-

нетической революции. Однако, в отношении некоторых из них, вероятно, этого и не требуется. Очевиден рост объемов и сложности переработки информации в будущих системах, которые начнут получать данные едва ли не от отдельных клеток. Понятно, что обратная связь между внешней средой в отношении систем (равно как и между ее собственными центрами и периферийными устройствами) усилится и усложнится на порядок. Ниже мы будем постоянно приводить примеры тех или иных «умных» технологий, которые уже имеются и могут появиться. Медицина, как и другие инновационные направления (и благодаря им), все активнее работает на микро- и даже уже наноуровне, влияя на все более фундаментальные элементы (влияние идет реально на клеточном и внутриклеточном уровнях в разных тканях, не говоря уже о геной инженерии).

Медицина (особенно ее новейшие области) дает множество примеров синтеза материалов и характеристик систем разной природы (например, живой и неживой). Биосенсоры, в частности, позволяют преобразовывать биологическую энергию в электрическую, в нейроинтерфейсах возникает эффект преобразования мозгового импульса в энергию мышц, благодаря чему силой мысли инвалид может двигать протезом. Другие способы использования имплантатов (созданных из биологических и небιологических материалов), таких как микрочипы, микрорезервуары, микронасосы и др., также разнообразны. Эти конструкции составляют основу микроимплантируемых устройств, управляемых по протоколам беспроводной связи с помощью внешних приспособлений. Основное их назначение – длительное микродозирование лекарственных средств у людей с хроническими или опасными болезнями (в том числе с ВИЧ-инфекцией) с низкой приверженностью к лечению (то есть с низкой степенью соответствия поведения пациента рекомендациям врача). Ожидается, что решение этой проблемы позволит добиться снижения риска смерти и возникновения жизнеугрожающих осложнений у большего

числа людей (Сайгитов 2015). Таким образом, вполне отчетливо просматривается движение в сторону создания транскибернетических самоуправляемых систем (соединяющих в себе разные типы материалов, энергии и разные принципы действия).

Наконец, медицина вкупе со смежными направлениями постоянно являет примеры развития такого важного направления кибернетической революции, как создание искусственных веществ и материалов с новыми, неизвестными ранее свойствами. Мы это увидим, в частности, на примере искусственного иммунитета и искусственных органов, но вообще каждое принципиально новое лекарство по определению относится к данному направлению.

В данном параграфе мы остановимся только на некоторых (крайне важных для понимания будущих тенденций) характеристиках кибернетической революции. При этом, чтобы не повторяться, часть относящегося к данным разделам материала будет изложена в следующих параграфах и главах.

Управляемость и контролируемость систем, а также элементы самоуправляемости проявляются во многих областях медицины. Вполне наглядно управляемость может проявиться в том, что курс лечения, операции и последующая реабилитация будут находиться под все более полным контролем полуавтономных и автономных систем. Звено за звеном отдельные функции, процедуры и фазы процесса лечения станут возможным отдавать под наблюдение тех или иных специальных аппаратов, систем, роботов и т. п., пока процесс лечения заболеваний от начала до конца не будет проходить под контролем сложных систем. Это одно из важнейших направлений, которое будет реализовываться в течение 2030-2050-х гг.

Другое проявление управляемости будет основано на влиянии на некоторые системы, а также на ключевые факторы и элементы процессов человеческого организма (через нужные белковые соединения, клетки, антитела, активизацию иммунной системы и т. п.). Другими словами,

лечение станет более направленным, а также более локализованным (точечным). Возможности использования управляемой гибели клеток (на базе явления апоптоза), о которых будет сказано в следующем параграфе, могут служить ярким примером такого способа влияния на систему. Суть еще одной инновационной технологии в области так называемой оптогенетики (кстати, еще одной новой области) заключается в том, что в геном встраивают фрагмент ДНК, который кодирует особые мембранные белки. Эти белки под воздействием света (из источника, непосредственно подведенного к ткани мозга, либо путем чрезкостного свечения) могут открываться, создавая ток ионов внутрь клетки. Это ведет к ее активации (Сайгитов 2015). Данный пример (инициации нужного процесса путем контролируемого сигнала) хорошо демонстрирует разнообразие возможностей для создания различных управляющих технологий, которые перерастают в возможность формирования и распространения самоуправляемых технологий.

А вот пример «умной» технологии, которая, будучи внедренной, заставляет систему работать нужным образом (исправляя биологическую систему так, чтобы она в нужное время работала, как требуется). Как мы уже говорили, 3D-принтеры сейчас используются во многих сферах (даже в аэрокосмической промышленности). Работают с этими системами и в медицине. Прошла информация о распечатанном на таком принтере участке трахеи, который может изменять форму одновременно с ростом ребенка. На момент публикации информации эта технология уже спасла жизни троим малышам, у которых наблюдались проблемы с дыхательными путями. Причем эти проблемы угрожали жизни детей. Технология создания деталей, которые могут расти вместе с организмом ребенка, – важное достижение медицины. Первый ребенок получил такой имплантат три года назад, и кусочек пластика помог маленькому человеку выздороветь. Речь идет о разновидности трахейной бронхомаляции – относительно редком заболевании, которое

приводит к «схлопыванию» дыхательных путей и, соответственно, смерти ребенка. Это заболевание наблюдается у 1 из 2000 детей. Обычно дети перерастают заболевание, достигая трехлетнего возраста. Но в серьезных случаях до трех лет ребенок просто не доживает. Один ребенок не только не мог нормально дышать, но и не был способен принимать пищу. Если бы не врачи, малыш умер бы через несколько дней. Для того чтобы создать имплантат, исследователи внимательно изучали изображения трахей пациентов с последующим моделированием необходимого участка. Сам имплантат создавался по технологии лазерного спекания, при этом на его создание ушло 13 дней. Стоимость материала – всего 10 долларов за штуку. Поскольку имплантат не замкнут, пластик давал расширяться трахее по мере роста ребенка. Все три проведенные операции закончились успешно (Morrison *et al.* 2015; см. также: Галайко 2015).

Третье направление может быть связано с развитием системы мониторинга состояния организма, что позволит проводить профилактику болезней и их раннюю диагностику. Все это также обеспечит процесс управляемости лечением. Мониторинг может быть обеспечен использованием биосенсоров и биочипов (технологии, связанные между собой и не всегда легко разводимые).

**Биосенсоры** — очень перспективное направление медицины и одновременно хороший пример развития в сторону самоуправляемых систем (за счет множества «умных» технологий, соединенных в единую систему), а также и пример индивидуализации. **Биосенсоры** – это электронные регистрирующие устройства, которые состоят из биологических систем распознавания веществ (включающих различные биохимические маркеры, а также ферменты, клетки, антитела и т. п. [Vo-Dinh *et al.* 2001; Rusmini *et al.* 2007]). Эти системы часто называют также биорецепторами или трансдусерами (то есть приемниками, датчиками) (Ferrari 2006). **Биосенсоры способны** трансформировать биологическую энергию в электрическую. Таким образом, **биосенсорная**

технология сочетает в себе достижения биологии и современной микроэлектроники. И это один из важнейших способов объединения в единую систему технических и биологических элементов будущих самоуправляемых систем.

Биосенсор обычно состоит из биологического компонента (клетки, фермента или антитела), соединенного с крошечным преобразователем – прибором, приводимым в действие одной системой и передающим энергию (обычно в иной форме) другой системе. Биосенсоры являются детекторами, действие которых основано на специфичности клеток и молекул и используется для идентификации и измерения количества малейших концентраций различных веществ. При связывании искомого вещества с биологическим компонентом биосенсора преобразователь генерирует электрический или оптический сигнал, мощность которого пропорциональна концентрации вещества (Рябцева 2006). Однако, биосенсоры бывают разных типов и разных размеров. Например, бытовой пример биосенсора - глюкометр, прибор для измерения уровня глюкозы в крови, - отнюдь не микроскопических размеров. Некоторые биосенсоры, таким образом, представляют собой измеритель определенных параметров (тот же глюкометр), другие призваны отображать множество показателей. Они активно применяются сегодня для самых разных анализов. Такие биосенсоры используются в производстве для измерений разных параметров: пищевой ценности, свежести и безопасности продуктов питания; составов смесей, обнаружения токсинов, ядовитых газов, определения количества взрывчатых веществ для анализа экологических загрязнений. Для спортсменов биосенсоры сегодня являются инструментами контроля их физиологических показателей для точного расчета нагрузки, и, вероятно, возможности последних в данной области еще больше расширятся. В медицине биосенсоры используют для анализа содержания метабо-литов, гормонов, в том числе, для экспресс-анализа крови непосредственно у кровати больного. Уже используются биосенсоры и биочипы, позволяющие

контролировать изменения, происходящие в организме во время операции. Они дают информацию о состоянии организма и реагируют на критические изменения. Разрабатываются биосенсоры и нанороботы, которые, например, способны отслеживать распространение вируса в крови в онлайн-режиме (Cavalcanti *et al.* 2008). Как уже сказано, одни и те же устройства часто называют как биочипами, так и биосенсорами. Иногда биочипами называют миниатюрные устройства, представляющие собой, по сути, целую лабораторию, которая может диагностировать тысячи одновременных биохимических реакций. Для этого в биочипе используют сотни и тысячи биорецепторов (иногда их также называют биосенсорами). Биочипы помогают произвести быстрый анализ большого числа биологических параметров для разных целей, включая диагностику рака, инфекций и интоксикаций (Fung *et al.* 2001). Технологии биочипов постоянно совершенствуются и удешевляются в производстве (Rusmini *et al.* 2007).

### § 10.7. Непрерывный мониторинг здоровья как самоуправляемая суперсистема

Как мы предполагаем, в будущем биосенсоры и биочипы станут частью более сложной самоуправляемой системы, включающей ряд других технологий. Такие самоуправляемые системы могут стать неотъемлемой принадлежностью жизни человека. В частности, они позволят (с помощью встроенных сенсоров и биочипов) контролировать ход всех жизненно важных процессов, подсказывать время приема и дозировку необходимых лекарств, время занятий физкультурой и необходимую нагрузку с учетом различных обстоятельств, определенную диету и т. п. Эти мониторинговые системы будут периодически или постоянно сканировать состояние организма или отдельных органов и даже, возможно, передавать их в аналитические

(медицинские) центры при возникновении потенциальных угроз либо резком ухудшении самочувствия.

Мы уже движемся в этом направлении. Вот, например, фрагмент из анонса проекта Национальной медицинской системы для Сколково.

Мобильный диагностический прибор для превентивного персонализированного здравоохранения. Портативный комплекс превентивного телемедицинского наблюдения, построен на базе модуля неинвазивного исследования центральной гемодинамики методом объемной компрессионной осциллометрии, предназначенный для съема, отображения и хранения информации и позволяющий наблюдать за состоянием сердечно-сосудистой системы человека по 20 показателям. Прибор позволяет подключать дополнительные модули: персональную биохимическую лабораторию, кардиорегистратор, пульсоксиметр, глюкометр, спирометр, жиронализатор, электронный термометр, а также устройства на основе биосенсоров и биочипов для неинвазивного контроля состояния жизнедеятельности организма, которые будут созданы в будущем (Платформа... 2014).

Во время операции биосенсоры будут контролировать ход нужных процессов и подсказывать врачу ход ее проведения. Реальностью станут программы с индивидуальными рекомендациями конкретным людям, при этом системы смогут отслеживать существенные отклонения в показателях и давать рекомендации относительно образа жизни на короткий период и длительную перспективу.

Словом, такие системы начнут формировать распорядок жизни, рекомендации и рецепты поведения для каждого из нас. Хорошо это или плохо? Естественно, свобода воли людей будет ограничена, тем более что сопротивляться машине иногда сложнее, чем воле человека. Одновременно сформируются определенные императивы в отношении здоровья. По сути, у каждого будет своя электронная нянька (подобно тому как у детей древнегреческих зажиточных граждан был раб-педагог, а у отпрысков дворян-землевладельцев – воспитатель

из числа слуг). Впрочем, это может быть особенно важно для наблюдения за маленькими детьми и больными, которые находятся дома. Если к этому позже добавятся еще и двигающиеся, хорошо ориентирующиеся в пространстве роботы, то комфортность жизни людей существенно возрастет (но в то же время уменьшится их самостоятельность).

Соответственно такие мини-системы могут быть объединены в крупную систему, включающую наблюдение за большим количеством людей, например в лечебном учреждении, санатории, гостинице и т. п. Мы уже говорили о сокращении стационарного лечения, а возможности подобного мониторинга и действия по удаленному доступу в режиме онлайн способны существенно разгрузить больницы. Нетрудно представить, что такого рода системы смогут обнаруживать потенциально опасные случаи и быстро реагировать на критические ситуации. Это хороший пример прогностики и пропедевтики проблем. Мы полагаем, что до создания подобных систем пройдет еще достаточно времени. К тому же на пути к такому мониторингу стоят сложные этические и правовые проблемы, поскольку всегда существует опасность, что наблюдающий «Большой брат» станет использовать полученные данные для собственных целей.

### **§ 10.8. Прогнозы развития отдельных медицинских технологий. Улучшение иммунной системы, искусственный иммунитет**

Единого лекарства от всех болезней никогда не будет. Но есть универсальные направления, которые могут переломить исход борьбы со многими заболеваниями. Одно из них - укрепление иммунной системы человека. В организме существует специальный инструмент иммунитета - антитела, молекулы, которые синтезируются для борьбы с чужеродными организмами. Антитела накапливаются и хранятся в течение всей жизни. Таким образом, у каждого человека образуется индивидуальная система защиты.

основанная на его «истории болезней». Улучшение иммунитета человека является магистральным путем к повышению уровня здоровья и увеличению продолжительности жизни. И поскольку иммунитет является индивидуальной системой защиты, то медицина в этом направлении будет также идти по пути индивидуализации.

Особенно интересной и перспективной кажется возможность развития искусственного иммунитета (технологии, которая может повлиять на формирование самоуправляющихся систем определенного типа). С помощью различных технологий вырабатываются антитела с определенными свойствами, которыми они ранее не обладали. Напомним, что создание искусственных веществ и материалов (а в данном случае – искусственных биологических систем) с новыми свойствами является важнейшим направлением кибернетической революции.

Важным направлением здесь явились моноклональные антитела. За их открытие в 1984 г. Цезарь Мильштейн и Георг Кёлер удостоились Нобелевской премии. Ученые вводили определенные чужеродные вещества в организм мыши и выделяли антитела из ее селезенки, в результате чего удалось получить отдельно выделенные антитела, которые клонировались, образуя многочисленные копии самих себя. Такие антитела называли моноклональными. Выработанной методикой можно получить антитела к определенному веществу или микроорганизму (антигену), а после ввести их в организм пациента, где антитела будут активно бороться с антигеном, против которого их вырастили. Сейчас получают нужные антитела и другими способами (Schirhagl *et al.* 2012).

Антитела уже широко используются в лечении болезней, различных тестах, например, на беременность, в диагностике многих заболеваний, лабораторных опытах.

Помимо этого, идут работы по созданию антител небιологического происхождения, например, так называемых хемотрецепторов – рецепторов, способных улавливать определенные химические соединения и выдавать специфический ответ на них (Dickert *et al.* 2001). Это еще один из множества

примеров создания нового типа искусственных веществ и материалов. Мы предполагаем, что в ходе завершающей фазы кибернетической революции удастся добиться заметных успехов в создании искусственных антител и их приживления в организме. Безусловно, успех в создании искусственных антител приведет к прорыву в медицине. Их перспективы огромны – в профилактике и лечении многих тяжелых болезней, предотвращении отторжения пересаженных органов и др. В целом искусственный иммунитет позволит управляемо влиять на прежде недоступные контролируемому вмешательству процессы. Большие перспективы для искусственного иммунитета открывают нанотехнологии. Уже сейчас делают нанороботов, способных путешествовать по крови и отслеживать различные параметры (Cavalcanti *et al.* 2008). Нанороботы могут поглощать чужеродные организмы, переваривать их, а составляющие органические веществ (белки, жиры, углеводы) использовать для нужд человеческого организма.

Компания Google анонсировала на ближайшее десятилетие проект так называемых нанороботов Google X - это наноструктуры, которые функционируют в крови человека и отслеживают различные параметры: злокачественные клетки, бляшки в сосудах, уровень кальция и др. Нанороботы принимаются с таблеткой, и, поскольку обладают магнитными свойствами, могут в любой момент быть собраны вместе и выведены из организма (Barr, Winslow 2014). Но скорее всего, такие прогнозы на ближайшее десятилетие слишком оптимистичны, что-то подобное сможет реализоваться лишь существенно позже (и, возможно, совсем в ином виде).

### § 10.9. Управление запрограммированной гибелью клеток – путь к самоуправляемым системам излечения

Иммунитет — орудие борьбы против чужеродных веществ и организмов, вид природной самоуправляемой подсистемы. Но что делать, если вред наносят собственные

клетки организма? Иммунитет против них бессилён. Ответ на этот вопрос существует. В науке ещё с 60-х гг. XX в. открыт механизм самоуничтожения клеток – апоптоз. Это один из очень перспективных способов победить сложные заболевания, в том числе, возможно, рак. При этом апоптоз – довольно частое явление в природе. Например, у микроскопического червя нематоды эмбрион перед рождением из яйца состоит из 1090 клеток, но затем часть из них погибает, оставляя взрослый организм ровно с 959 клетками (Raff 1998; Ridley 1996; Ридли 2011). Таким же механизмом редуцируется остаток хвоста у человека до его рождения. Механизм апоптоза связан с работой сигнальных молекул и специальных рецепторов, которые, принимая сигнал, запускают процессы морфологических и биохимических изменений, ведущих в итоге к гибели клетки. Главная роль процесса апоптоза в том, что он придает клетке способность к саморазрушению в тех случаях, когда она, «захваченная врагом», становится опасной для организма в целом, например, зараженная вирусом или ставшая злокачественной. Когда клетки иммунной системы обнаруживают такую клетку, они связываются с ее поверхностью, подавая сигнал митохондриям разрушить клетку. Сигнал к самоуничтожению (апоптозу) подается также в случае необходимости уничтожения лишних клеток, которые уже выполнили свою задачу и становятся не нужны. Таковы, например, большинство Т-лимфоцитов после того, как опасность инфекции миновала (см.: Грей, Рэй 2014: 82, 207 и др.).

Обретение возможности давать клеткам, провоцирующим заболевания, команду о самоуничтожении способно сделать борьбу с заболеванием управляемой. Кроме того, это обеспечивает быстрое выздоровление без длительного этапа реабилитации, необходимого после операционного вмешательства, химиотерапии или облучения (это пример экономии энергии, сил и времени больного в будущем). Также и наоборот, отключение механизма самоуничтожения клеток

поможет спасти организм от некоторых заболеваний и, возможно, управлять процессом старения (см. об этом ниже).

Мы предполагаем, что в ходе завершающей фазы кибернетической революции медицина сумеет продвинуться в этом направлении, а на зрелых этапах научно-кибернетического принципа производства – контролировать значительное количество процессов. В данном случае, как и в случае с искусственными антителами, продвижение в область создания самоуправляемых систем будет происходить на основе воздействия на ключевые элементы этих подсистем организма, с тем чтобы использовать их определенные функции и потенциальные возможности для решения конкретных задач. То есть в одних случаях можно будет искусственно вызывать смерть ненужных клеток, а в других – блокировать механизм умирания нужных.

#### *Прорывы в управлении человеческим организмом.*

*Органозамещение:* на пути к биотехническим системам высшего уровня. Важное направление медицины связано с регенерацией и пересадкой органов и частей человеческого тела, о чем мы уже неоднократно упоминали. В настоящее время проводятся операции по пересадке сердца, легких, печени, поджелудочной железы, почки и т. д. Однако человеческие донорские органы – очень редкий материал, его распространение без специальных согласований во всем мире подлежит уголовному преследованию. Тысячи и десятки тысяч таких операций, к сожалению, совершенно недостаточное число в сравнении с потребностями. Например, известный специалист в области регенеративной медицины из США Энтони Атала говорит, что лишь 35 % ожидающих пересадки почки имеют шанс получить донорский орган в течение пяти лет (Атала 2015). Но думается, что это еще оптимистические цифры. В любом случае, везет в этом плане лишь небольшой доле больных, а так, как Дэвиду Рокфеллеру, которому пересадили сердце в шестой раз, и вовсе может повезти только миллиардеру, и даже среди них – лишь единицам.

Миллиардеру-филантропу Дэвиду Рокфеллеру пересадили шестое (!) сердце в 99 лет! Первая операция по пересадке состоялась в 1976 г., после автомобильной аварии, которая привела к сердечному приступу и потребовалась срочная трансплантация, которая была проведена через 24 часа. Через неделю после операции Дэвид уже совершал пробежки трусцой. И вот шестая пересадка в 99 лет! Операция длилась 6 часов и была сделана командой частных хирургов в его главной резиденции, в любимом родовом имени в Покантико Хиллз, Нью-Йорк. Через 36 часов после операции Рокфеллер дал интервью журналистам, где он, в частности, сказал: «Каждый раз, когда я получаю новое сердце, как будто глоток жизни прокатывается по моему телу. Я чувствую, что я активизировался и еще жив». На вопрос о секрете своего долголетия Дэвид ответил: «Люди часто задают мне этот вопрос, и я всегда отвечаю одно и то же: любить жизнь. Жить простой жизнью, играть со своими детьми, наслаждаться тем, что вам нравится, проводить время с хорошими верными друзьями». «Я сделал много денег в своей жизни, но я отдал большую часть из них. Нет смысла их иметь, если вы не можете поделиться», – закончил короткий брифинг миллиардер-филантроп. Кстати, в 1988 и 2004 гг. он перенес операции и по пересадке почек. Рокфеллер часто шутит, что собирается дожить до 200 лет. Кто знает, с таким набором запчастей, пожалуй, это возможно (Петров 2015).

Таким образом, сегодня только очень богатые (и очень здоровые) люди могут «ремонттировать» себя периодически. Но с появлением искусственных органов такая возможность явно расширится.

*Решение проблемы недостатка органов осуществляется разными способами:*

- Выращивание нового органа на основе стволовых клеток, которые могут делиться бесконечно и которые можно заставить специализироваться.
- Пересадка органов крупных животных.

- Регенерация, с помощью которой поврежденный орган может восстановиться самостоятельно.

- Разработка различных органозамещающих инженерных и биоинженерных конструкций.

- Нарращивание («печатание») органов с помощью 3D-биопринтеров и других методов биопринтинга.

- Используется также и сочетание перечисленных возможностей, особенно четвертого и пятого способов (см. ниже).

*О направлениях и сложностях путей регенеративной медицины рассказывает Э. Атала:*

*При стратегии создания большинства тканей принимается в расчет то, что у клеток уже есть «генетическая пространственная инструкция». Мы разделяем воспроизводимые структуры человеческого организма на четыре «архитектурных» типа: плоские – например, кожа; трубчатые – кровеносные сосуды; полые органы – мочевого пузыря; плотные, или солидные, органы, к которым относят печень и почки. Первые три типа структур мы уже успешно пересаживаем пациентам и в этом добились определенных успехов. А вот солидные органы – самые сложные. Мы пытаемся их создавать, но пока ни один из них не был трансплантирован в человеческий организм. Что касается биоинженерной почки человека, пока у нас в лаборатории получен только прототип. Недавно мы опубликовали результаты этой работы. Нам удалось сделать миниатюрную почку, которая производит мочу и сохраняет все метаболические функции, присущие обычной почке. Мы судим об этом по уровням витамина D и эритропоэтина. В биоинженерной ткани миниатюрного органа воссоздаются и структура, и все элементы нефрона. Но проблема заключается в том, как сделать полноразмерную почку. Чем больше орган, тем больше требуется кровеносных сосудов, снабжающих его кровью. На сегодняшний день эту проблему пока не удалось преодолеть. Мы возлагаем надежды на метод биопринтинга.*

*Биопринтинг – по сути, 3D-печать, где используется «каркас», децеллюляризованный матрикс органа, в который по аналогии с чернилами из картриджа поступают живые клетки. Так создается трехмерная живая структура. С помощью иглы мы брали кросс-секционную биопсию почки живого пациента. В этот биоптат попали клетки капсулы и почечной паренхимы из коркового и мозгового слоев. На то, чтобы вырастить одну искусственную мини-почку, уходит шесть-восемь недель.*

*Мы параллельно работаем сразу над пятью стратегиями. Первая заключается в создании «кассетных тканей». Это очень актуально, поскольку большинство солидных органов имеют высокий запас функциональной прочности и окончательно выходят из строя, если повреждено примерно 90 % их тканей. Поэтому мы видим возможность улучшить функцию поврежденного органа с помощью таких небольших «кассет». С помощью «кассет» можно будет «доставлять» органы, расширяя их функцию. Такую стратегию мы уже используем для трех первых типов структур, о которых упоминалось выше (плоские, трубчатые и полые структуры). Вторая стратегия состоит в следующем: берем донорскую почку, по определенной методике растворителями вымываем из нее все клетки, а оставшийся «каркас» органа, матрикс, засеваем клетками почки пациента. Третья стратегия – биопринтинг. Четвертая стратегия – использование клеток для терапии. И именно четвертая стратегия наиболее перспективна и пройдет клинические испытания в первую очередь. Пятая стратегия – заставить почку регенерировать самостоятельно. Если говорить, какие направления регенеративной медицины наиболее актуальны, то много усилий уходит на то, чтобы заставить орган регенерировать самостоятельно. Мы используем малые молекулы и белки, чтобы направить стволовые клетки на путь специализации. Если бы удалось добиться того, чтобы поврежденный орган смог восстановить свои ткани самостоятельно, наверное, была*

*бы достигнута самая главная цель регенеративной медицины (Атала 2015).*

В настоящее время уже создано много искусственных органов: сердце, легкое, печень, почки, мочевой пузырь, матка, глаза и др. Но, как мы видели из вышеприведенного материала, медицина здесь еще только в самом начале пути.

Использование для выращивания тканей и органов собственных клеток больного имеет ряд преимуществ. Дело в том, что пересадка органов и тканей от других людей, животных либо искусственных биологических наталкивается на отторжение иммунитетом организма больного. Можно прогнозировать, что прорывом в трансплантации станет нахождение возможности «обмануть» механизм иммунного подавления чужеродных клеток. Здесь опять же наблюдается возможность управления процессами путем воздействия на ключевые элементы, в данном случае, выключая бдительные системы иммунной защиты (подобно тому, как отключается болевой синдром при операции).

### **§ 10.10. Генная терапия – перспективная форма коррекции организма**

Генная терапия занимается исправлением генетической информации различными медицинскими способами. Со времен открытия генома накоплен огромный пласт информации о функциях генов и принципе их работы. Значительный вклад в развитие генотерапии внес проект «Геном человека», цель которого – расшифровка последовательности человеческой ДНК (Stein 2004; Brown 2000). Однако путь от исследования структуры генома до понимания его функций столь огромен, что при всем объеме накопленного материала наука едва сделала свои первые шаги на этом пути.

Различают фетальную генотерапию, при которой чужеродную ДНК вводят в оплодотворенную яйцеклетку или эмбрион на ранней стадии развития – при этом ожидается, что введенный материал будет передаваться по наследству, и

соматическую генотерапию, при которой генетический материал вводят только в соматические (то есть неполовые) клетки, и гены не передаются по наследству.

Существует и третий подход – активация или деактивация собственных генов организма. Это позволяет исправлять мутации и повреждения генетического материала даже у взрослых людей. Таким образом уже лечатся некоторые наследственные болезни, например, серповидноклеточная анемия (тяжелая наследственная болезнь, при которой образуется мутационный гемоглобин, что ведет к кислородной недостаточности организма и заболеваниям костного мозга).

В настоящее время генная терапия имеет внушительный арсенал приемов работы с генетическим материалом. В этом проявляется одна из важных характеристик кибернетической революции – выбор оптимальных режимов в рамках конкретных целей и задач. И несмотря на то, что исторически генная терапия нацеливалась на лечение наследственных генетических заболеваний, умение манипулировать генами дает потенциальную возможность лечения большого спектра ненаследственных болезней, в том числе, инфекционных.

В связи с тем, что технология редактирования генома уже достигла значительного совершенства (к этому мы еще вернемся в следующей главе), некоторые исследователи считают, что редактирование генома является наиболее перспективной технологией обозримого будущего. Постоянно проходят сообщения о новых важных продвижениях. В частности, китайские исследователи опубликовали данные по редактированию генома мартышек. При этом речь шла не о редактировании отдельных клеток, которые потом трансплантируются в организм. Исследователям удалось «отредактировать» геном на уровне зиготы – зародышевой клетки (см.: Сайгитов 2015). Не исключено, что в этом случае можно говорить о настоящем прорыве, поскольку сделан шаг в направлении возможности менять геном, в том числе, начиная с генома ребенка.

Другая характеристика кибернетической революции, проявляющаяся в геной терапии – индивидуализация. Каждому пациенту на основе его генетических данных в будущем станут подбирать наиболее подходящее лечение и при необходимости исправлять дефектные гены. Предпо-ложительно генотерапия проявит себя раньше всего в спортивной медицине, поскольку, во-первых, в нее вкладываются колоссальные средства и привлекаются лучшие умы (в США, например, зарплата спортивного врача в среднем составляет около 200 000 \$ в год [Physician. 2015]), во-вторых, это может стать новым способом, позволяющим обойти антидопинговые комитеты, а в-третьих, в профессиональном спорте есть огромный спрос на увеличение способностей спортсменов, врожденных генетических данных которых становится уже недостаточно для рекордного результата.

Также возможно использование генотерапии при выборе особенностей будущего ребенка (цвета его глаз, кожи и т. д.). Более того, не исключено, что в дальнейшем качества ребенка будут подбираться родителями еще до его рождения. Если, конечно, генетики все-таки найдут «гены» таких свойств, как благородство, агрессивность или самооценка и даже уровень интеллекта, и с помощью этого знания создадут «улучшенный» вариант ребенка. То есть, это будет что-то вроде «младенца на заказ» или «совершенного ребенка» (“the perfect babies”) [см.: McGee 1997, цит. по: Фукуяма 2004]. Возможно, в чем-то такое генетическое улучшение будет напоминать вариант улучшения лица или фигуры путем пластической операции. Иными словами, невозможно будет сделать из любого ребенка гения или чемпиона, но не исключено, что улучшить его данные станет возможным. Аналогично тому, как возможно сегодня путем различных методик «подтянуть» посредственные данные детей (спортивные, интеллектуальные, музыкальные и другие). В известной мере такое улучшение будет также напоминать то, что делается в сельскохозяйственной биотехнологии: растениям и животным

встраивают гены, которые в итоге значительно повышают выход полезного продукта.

И все же насколько такой ребенок будет «совершенным» и какие проблемы здесь могут возникнуть, конечно, сказать трудно. Ясно одно: свободный выбор качеств вполне может привести к диспропорциям и проблемам. Например, возможность узнать пол будущего ребенка в Китае, Индии и Южной Корее привела к существенной диспропорции между мальчиками и девочками в пользу первых. Здесь было бы кстати подчеркнуть, что сам Ф. Фукуяма призывал принимать будущие достижения «биотехнической революции» с большой осмотрительностью (Фукуяма 2004; Fukuyama 2002). В частности, он не исключал сценариев возникновения различий между богатыми и бедными уже на генетическом уровне (если первые смогут активно использовать достижения биотехнологии для улучшения генетических качеств своих детей), а также возникновения «генетической гонки вооружений», когда улучшения в геноме детей в одних семьях потребует аналогичных изменений в других. Мы полностью согласны, что здесь возможны различные болезненные перекосы. И вполне естественно существуют опасения, что развитие технологии редактирования генома приведет к неконтролируемым результатам, этичность которых еще только предстоит оценить. Данная проблематика начала активно обсуждаться в научной среде.

### § 10.11. Изменение репродуктивных возможностей человека

Изменение репродуктивных возможностей человека – особая важная область медицины. Все больше сужается круг не поддающихся лечению недугов, в результате которых люди не могут иметь детей. Тем не менее для части таких пациентов единственная возможность – использовать варианты искусственного либо внематочного оплодотворения. Кроме того, с развитием медицины растет желание иметь детей

после прохождения детородного возраста. Стоит отдельно отметить технологии, направленные на искусственное выращивание плода вне матери. Становится возможной трансплантация репродуктивных органов, и уже проведены удачные операции (Woman. 2014). Исследователи также работают над созданием искусственной матки, которая может быть пересажена женщине с нарушенной способностью к деторождению, либо даже мужчине, что в принципе может коренным образом изменить понятие пола (McKie 2002), создав новые этические сложности. Уже зафиксированы удачные эксперименты с выращиванием искусственных маток и пересадкой их пациенткам. В книге Фукуямы (2004, со ссылкой на: Silver 1998: 233-247) также довольно много внимания уделено будущим возможным технологиям оплодотворения *in vitro*. Предполагается, что в будущем можно будет сделать несколько таких зародышей, из которых путем генетического скрининга врачи отберут вариант с наилучшими генами (как сейчас при экстракорпоральном оплодотворении отбирают наилучшую яйцеклетку на глаз). В этом случае, по мнению Фукуямы, опять же богатые люди смогут получить существенные преимущества в плане генетического улучшения своего потомства. Насколько это будет реально, пока сказать сложно.

## § 10.12. Перспективное направление в медицине – замедление старения организма

Старение организма является многофакторным процессом. Существуют разные мнения по поводу того, что является ведущим фактором старения – естественный износ тканей и органов (включая влияние так называемых свободных радикалов, клеточного и внеклеточного мусора, слипания белков и др. процессов) или это запрограммированный процесс. Есть сторонники первого подхода, которые считают, что старение – это своего рода болезнь, которую можно лечить и в принципе научиться вылечивать (см., например:

Грей, Рэй 2014). Но более распространены теории, согласно которым старение неизбежно и его можно только затормозить. Популярной является, в частности, теория о том, что за старение отвечают особые структуры клеток, необходимые для деления – теломеры. Выяснилось, что каждый раз после копирования хромосомы число теломер на ее концах уменьшается. Это одна из причин, почему клетки определенных типов стареют и умирают по достижении организмом определенного возраста. Возможно, по этой же причине стареет и наше тело, хотя это только предположения (Slagboom *et al.* 1994). За открытие защитных механизмов хромосом с помощью теломер Э. Блэкберн, К. Грейдер и Дж. Шостаку в 2009 г. была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине.

Вполне вероятно, что генетическими методами удастся значительно продлить жизнь человека в будущем. Динамику увеличения средней продолжительности жизни мы отчетливо видим в настоящее время, в некоторых странах она достигла 80 и более лет. И, по общему мнению, будет расти и далее (прогнозы см. в Главе 7). Правда, в модернизационной фазе кибернетической революции наибольшим будет рост продолжительности жизни в развивающихся и среднеразвитых странах, где она значительно отстает от этого показателя в развитых государствах. В последних же пока продвижение будет не особенно значительным. Прорыв в области медицинских технологий произойдет несколько позже, как мы говорили, в 2030-2050-е гг. Тогда, вероятно, будет наблюдаться новый рывок и в плане увеличения продолжительности жизни, примерно на 5-15 лет. Продление жизни к тому же – одна из возможностей сохранения опыта в поколениях. Ведь каждый человек в течение жизни приобретает бесценный опыт.

Усовершенствования естественных способностей человека. Все вышеописанные технологии направлены пока на восстановление утраченных функций человека. Это не исключает того, что в будущем откроется возможность продвигнуться в данном направлении и в плане усовершенствования естественных физических и интеллектуальных способ-

ностей сверх отпущенного природой (некоторые варианты мы рассматривали в связи с возможностью искусственного генетического отбора и усовершенствования при оплодотворении). *Возможно, процесс здесь пойдет так же как и в области пластической хирургии. Сначала она была создана для восстановления поврежденных тканей, но затем стала целой индустрией красоты, с помощью которой лицу и телу придают самые разные формы. Тем не менее стремление стать сверхчеловеком может таить в себе неведомые опасности, и относиться к этому следует с осторожностью, поскольку приобретение одних качеств может стать причиной деградации других.* Кроме того, все растущее число технических и иных средств и без того очень заметно повышает уровень человеческого восприятия мира.

Мы полагаем, что реальное продвижение в плане существенного развития человеческих способностей в любом случае может произойти не раньше конца XXI в.

### Контрольные вопросы

1. *Медицина на начальной фазе кибернетической революции*
2. *Медицина на модернизационной фазе кибернетической революции*
3. *Подготовка к завершающей фазе кибернетической революции*
4. *Медицина в ближайшем будущем. Два десятилетия до начала завершающей фазы кибернетической революции*
5. *Изменения в ходе завершающей фазы кибернетической революции*
6. *Развитие характеристик кибернетической революции*
7. *Непрерывный мониторинг здоровья как самоуправляемая суперсистема*
8. *Прогнозы развития отдельных медицинских технологий. Улучшение иммунной системы, искусственный иммунитет*

## Тестовые вопросы

**1. Наука, предметом изучения которой являются процессы сбора, преобразования, хранения, защиты, поиска и передачи всех видов информации и средства их автоматизированной обработки.**

- 1) кибернетика
- 2) информатика
- 3) информационные технологии
- 4) программирование
- 5) искусственный интеллект

**2. В качестве источников информатики выделяют науки:**

- 1) математика
- 2) физика
- 3) документалистика
- 4) экономика
- 5) юриспруденция

**3. В качестве источников информатики выделяют науки:**

- 1) кибернетика
- 2) искусственный интеллект
- 3) информационные системы
- 4) программирование
- 5) астрофизика

**4. В качестве источников информатики выделяют науки:**

- 1) приборостроение
- 2) интернетика
- 3) математика
- 4) микрофизика
- 5) радиозлектроника

**5. Ученый Блез Паскаль стал известен благодаря следующему достижению:**

1) он предложил арифмометр, выполняющий четыре арифметических действия

2) он определил кибернетику как науку об управлении в живой природе и в технических системах

3) он предложил устройство, механически выполняющее сложение чисел

4) он предложил аналитическую машину, которая могла работать без участия человека

5) в предложенной классификации наук ввел несуществующую еще науку кибернетику

**6. Ученый Чарльз Бэббидж стал известен благодаря следующему достижению:**

1) он предложил арифмометр, выполняющий четыре арифметических действия

2) он определил кибернетику как науку об управлении в живой природе и в технических системах

3) он предложил устройство, механически выполняющее сложение чисел

4) он предложил аналитическую машину, которая могла работать без участия человека

5) в предложенной классификации наук ввел несуществующую еще науку кибернетику

**7. Ученый Готфрид Вильгельм Лейбниц стал известен благодаря следующему достижению:**

1) он предложил арифмометр, выполняющий четыре арифметических действия

2) он определил кибернетику как науку об управлении в живой природе и в технических системах

3) он предложил устройство, механически выполняющее сложение чисел

4) он предложил аналитическую машину, которая могла работать без участия человека

5) в предложенной классификации наук ввел несуществующую еще науку кибернетику

**8. Ученый андре мари ампер стал известен благодаря следующему достижению:**

1) он предложил арифмометр, выполняющий четыре арифметических действия

2) он определил кибернетику как науку об управлении в живой природе и в технических системах

3) он предложил устройство, механически выполняющее сложение чисел

4) он предложил аналитическую машину, которая могла работать без участия человека

5) в предложенной классификации наук ввел несуществующую еще науку кибернетику

**9. Ученый норберт винер стал известен благодаря следующему достижению:**

1) он предложил арифмометр, выполняющий четыре арифметических действия

2) он определил кибернетику как науку об управлении в живой природе и в технических системах

3) он предложил устройство, механически выполняющее сложение чисел

4) он предложил аналитическую машину, которая могла работать без участия человека

5) в предложенной классификации наук ввел несуществующую еще науку кибернетику

**10. Ученый говард эйкен стал известен благодаря следующему достижению:**

1) он построил первый компьютер на принципах Фона Неймана

2) он разработчик счетной машины «Марк-1» на электромеханических реле

3) он разработал первые интегральные схемы (чипы)

4) он опубликовал доклад о принципах функционирования универсального вычислительного устройства (компьютера)

5) он разработал вычислительную машину ENIAC на электронных лампах

**11. Ученый Джон фон Нейман стал известен благодаря следующему достижению:**

1) он построил первый компьютер на принципах Фона Неймана

2) он разработчик счетной машины «Марк-1» на электромеханических реле

3) он разработал первые интегральные схемы (чипы)

4) он опубликовал доклад о принципах функционирования универсального вычислительного устройства (компьютера)

5) он разработал вычислительную машину ENIAC на электронных лампах

## ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ

### ГЛАВА 1. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Правильный ответ</i>	4	1	3	5	3	1	2	2	2	4	2

### ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Правильный ответ</i>	4	4	5	1	4	2	1	1	3	2	3	1	1	3	4

<i>№ вопроса</i>	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<i>Правильный ответ</i>	2	3	1	2	3	3	1	2	4	3	3	3	5	2	2

### ГЛАВА 3. КАК УСТРОЕН КОМПЬЮТЕР

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Правильный ответ</i>	2	5	2	1	3	2	1	1	1	5	3

<i>№ вопроса</i>	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>Правильный ответ</i>	1	2	5	4	4	2	5	5

### ГЛАВА 4. ПРИНЦИПЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗ ДАННЫХ

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Правильный ответ</i>	3	1	3	1	1	3	5	1	2	1	2

<i>№ вопроса</i>	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>Правильный ответ</i>	1	2	1	4	4	3	1	2

## ГЛАВА 5. АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Правильный ответ</i>	2	4	1	1	1	3	2	2	5	3	1	2

<i>№ вопроса</i>	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Правильный ответ</i>	1	1	4	1	2	5	1	3

## ГЛАВА 6. КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Правильный ответ</i>	1	3	1	2	3	3	2	2	1	1	2	2

## ГЛАВА 7. НЕЙРОСЕТЕВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Правильный ответ</i>	3	3	2	3	6	2	1	2	1,2	1,2	1,2,6

## ГЛАВА 8. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРНЕТА В МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКЕ

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Правильный ответ</i>	1	2	3	3	5	1	3	3	1,2

## ГЛАВА 9. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЛЕЧЕБНО- ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5
<i>Правильный ответ</i>	4	1	1	3	3

## ГЛАВА 10. О КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

<i>№ вопроса</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Правильный ответ</i>	2	2	5	4	1	3	4	1	3	2	3

## ГЛОССАРИЙ

**Автоматизированные рабочие места медицинских работников** — комплексы, обеспечивающие ведение базы данных, обработку информации и поддержку процессов принятия решений в определенной предметной области.

**База данных** — объективная форма представления и организации совокупности данных, систематизированных таким образом, чтобы эти данные могли быть найдены и обработаны с помощью ЭВМ.

**База знаний** — совокупность знаний предметной области, записанная на машинный носитель в форме, понятной пользователю и эксперту, которая является ядром экспертной или интеллектуальной системы.

**Банк данных** — совокупность баз данных, а также программные, языковые и другие средства, предназначенные для централизованного накопления данных и их использования с помощью электронных вычислительных машин.

**Генеральная совокупность** — набор данных, описывающих нечто всеобъемлющее.

**Географическая информационная (геоинформационная) система** — система визуального представления геогра-

фически или координатно «привязанной» проблемно-ориентированной информации.

**Доказательная медицина** (*evidence-based medicine*) — медицина, основанная на фактах и доказательствах.

**Медико-технологические системы** — системы, обеспечивающие обработку и анализ информации, представленной в электронной форме, для поддержки принятия решений и информационной поддержки медицинских технологических процессов.

**Медицинская кибернетика** — наука об управлении в сложных динамических медицинских системах.

**Медицинский технологический процесс** — оздоровительно-профилактический или лечебно-диагностический процесс управления организмом (изменением структуры и функций), который реализуется в пространстве и времени с целью улучшения его состояния.

**Модель** — создаваемое человеком подобие изучаемого объекта.

**Мониторинг здоровья населения** — система оперативного слежения за состоянием здоровья населения и его изменением, представляющая собой постоянно совершенствующийся механизм получения разноуровневой информации для углубленной оценки и прогноза здоровья населения за различные временные интервалы.

**Общее информационное медицинское пространство** — совокупность информации (данных), находящейся в различных БД, в том числе разных территорий или ведомств, получение которой возможно при направлении официального запроса.

**Общее медико-статистическое пространство** — интеграция «свернутых» (статистических) данных, накапливаемых в системах обработки информации разных уровней.

**Региональные и глобальные сети** — интегрированные локальные сети определенной территории, обеспечивающие функционирование информационных систем определенной направленности (территориальное здравоохранение, онкологическая служба и т.д.).

**Регистры (специализированные ИТС) служб и направлений медицины** — системы поддержки электронного документооборота персональных данных в проблемно-ориентированных областях медицинской деятельности, включающие аналитические и управленческие функции.

**Рейнжиниринг** — переосмысление и перепроектирование так называемых бизнес-процессов (*business process reengineering*).

**Система** — совокупность взаимозависимых и взаимобусловленных элементов, обладающая свойствами, не присущими каждому элементу в отдельности.

**Система управления базами данных** — программное обеспечение, предназначенное для работы с БД: их определения (структура таблиц параметров и их отношений), создания, поддержки, осуществления контролируемого доступа.

**Специфичность** — доля пациентов с диагностированным заболеванием среди пациентов без данного заболевания в обучающей выборке, т.е. отношение числа истинно отрицательных результатов к общему числу случаев с отсутствием заболевания.

**Структура** — пространственное отношение элементов между собой.

**Телемедицина** — метод предоставления услуг по медицинскому обслуживанию там, где расстояние является критическим фактором.

**Территориальная информационная медицинская система** — интегрированная система сбора, обработки, передачи и хранения данных о состоянии здоровья населения, окружающей среды, материально-технической базе и экономических аспектах функционирования службы здравоохранения региона.

**Федеральная информационная медицинская система здравоохранения** — интегрированная система сбора, обработки и хранения данных о состоянии здоровья населения, окружающей природной среды, материально-технической

базы и об экономических аспектах функционирования отрасли здравоохранения страны.

**Федеральная информационная система мониторинга состояния здоровья** — комплекс проблемно-ориентированных иерархических ИМС, включающих регулярно обновляемые персонифицированные базы медицинских (медико-социальных) данных по месту первичного наблюдения пациентов, на региональном и на федеральном уровнях, обеспечивающих сбор, передачу, хранение и полипараметрический анализ данных для многокритериальной оценки динамики изменений в различных группах населения.

**Функции** — энергетические связи между элементами, в результате которых получается та выходная функция, которой обладает система.

**Чувствительность** — доля пациентов с диагностированным заболеванием среди всех пациентов с данным заболеванием в обучающей выборке, т.е. отношение числа истинно положительных результатов к числу случаев с наличием заболевания.

**Экспертная система** — система, оперирующая с формализованными знаниями врачей-специалистов и имитирующая логику человеческого мышления, основанную на знаниях и опыте экспертов с целью выработки рекомендаций или решения проблем.

**Электронная история болезни** — информационная система, обеспечивающая автоматизацию ведения и формирования медицинской документации, оперативный обмен между участниками лечебно-диагностического процесса и поддержку их деятельности.

**Электронное здравоохранение** — система, направленная на решение всего спектра задач охраны здоровья населения, реализуемая на основе всеобъемлющего электронного документооборота (обязательно включающего персональные медицинские данные), обеспечивающего оперативный доступ ко всей информации, возможность ее совместного дистанционного анализа врачами и контактов врачей с пациентами на основе телемедицинских технологий.

*Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)* — стандарт на цифровые изображения с различных приборов для лучевой диагностики (растровые медицинские изображения) и обмен ими.

*Health Level Seven (HL7)* — группа стандартов единых правил обмена медицинской информацией в различных областях здравоохранения.

*Logical observation identifier names and codes (LOINC)* — номенклатура лабораторных и клинических исследований.

*Read Clinical codes (RCQ)* — система клинических терминов Рида.

**SNOMED International** — международная систематизированная номенклатура медицинских терминов.

**Web-caÿm**—совокупность web-страниц с повторяющимся дизайном, объединенных навигационно по смыслу и физически находящихся на одном web-сервере.

**Web-сервер** — специализированный компьютер, обеспечивающий хранение и доступ из внешней сети к данным, организованным в виде страниц.

**Web-страница** — документ, снабженный уникальным адресом, реализованный в виде гипертекста с включением текста, графики, звука, видео или анимации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И., Вишневский А.А., Быховский М.Л. Информационнопоисковые системы в медицине // Машинная диагностика и информационный поиск в медицине. - М.: Наука, 1969. - С.19-34.
2. Барцев С.И., Охонин В.А. Адаптивные сети обработки информации // Препринт ин-та физики СО АН СССР, N 59Б. Красноярск, 1986. - 20 с.
3. Бедрековский М.А., Гамкрелидзе С.А., Федченко О.И. Элементная база нейрокомпьютеров // Зарубежная радиоэлектроника. - 1991.- N.6. - С.45-49.
4. Быховский М.Л., Вишневский А.А., Харнас С.Ш. Вопросы построения диагностического процесса при помощи математических машин // Экспериментальная хирургия и анестезиология. - 1961 - N.4.- С.3-15.
5. Гаврилин Ю.В. Расследование неправомерного доступа к компьютерной информации: учебное пособие. - М., 2001.
6. Кобринский Б.А., Зарубина Т.В. Медицинская информатика, учебник, с 26-37.

7. Гаспарян С.А. Классификация медицинских информационных систем. Информационные технологии в здравоохранении. - 2001. - № 10-12.

8. Гельман В.Я. Компьютерные коммуникации в медицине. - СПб, 2000.

9. Гельман В.Я. Медицинская информатика. Практикум. - СПб: Питер, 2001.

10. Гельфанд И.М., Губерман Ш.А., Гиндикин С.Г и др. Некоторые задачи классификации и прогнозирования из различных областей медицины. - Вопросы кибернетики. Задачи медицинской диагностики и прогнозирования с точки зрения математика. М., 1985. - С.110-125.

11. Генкин А.А. Новая информационная технология анализа медицинских данных (программный комплекс ОМИС). СПб, 1999.

12. Гельман В.Я. Медицинская информатика: практикум. - СПб: Питер, 2010.

13. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. М.: Параграф, 1990.- 160 с.

14. Дюк В., Эмануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. - СПб, 2003.

15. Иванов Л.В. Прикладная компьютерная электроэнцефалография. - М., 2000.

16. Интернет, Энциклопедия/ под ред. Л. В. Мелиховой. - СПб, 2001.
17. Информатика. Книга 2. Основы медицинской информатики: Учебник / Чернов В.И., Есауленко И.Э., Фролов М.В. и др. - М.: Дрофа, 2009. - 205 с.
18. Информатика: учебник / под ред. Макаровой Н.В.. - М., 2001.
19. Информационные технологии территориального управления. Специализированный выпуск «Телемедицина». - М.: ВНИИ проблем вычислительной техники и информатизации. - Т. 40. - 2003.
20. Леонтьев В.П. Новейшая энциклопедия персонального компьютера 2013. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2013.
21. Эд Ботт, Вуди Леонард. Использование Microsoft Office XP. Специальное издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2012.
22. Кудрина В.Г Медицинская информатика. - М., 1999.
23. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология в клинической и исследовательской практике. - М., 1998.
24. Дюк В., Эммануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2013.
25. Марасанов В.В. Математические модели дифференциальной диагностики заболеваний. Кишинев: Штиинца, 1973.- 62 с.

26. Герасевич В.А. Самоучитель. Компьютер для врача. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
27. Немирко А. П. Автоматизированные системы для медико-биологических исследований. - СПб., 1991.
28. Омельченко В.П., Демидова А.А. Практикум по медицинской информатике. - Ростов н/Д, 2001.
29. Основы медицинской информатики: учебно-методическое пособие / Аладышев А.В., Субботин Е.А. - Барнаул: Издательство Алтайский государственный медицинский университет, 2008. - 140 с.
30. Плотников В.А., Прилуцкий Д.А., Селищев С.В. Стандарты 8СР-ЕСО в программных системах для электрокардиографии // Мед. техника. - 1999. - № 2.
31. Постнова Т.Б. Информационно-диагностические системы в медицине. М.: Наука, 1972. - 233 с.
32. Россиев Д.А. Самообучающиеся нейросетевые экспертные системы в медицине: теория, методология, инструментарий, внедрение. Диссертация на соискание звания д.м.н. 03.00.02. - Биофизика. Красноярск -1995, 121 с.
33. Симонович С.В. Интернет у вас дома. - М., 2001.
34. Тавровский В.М. Лечебно-диагностический процесс. Теория. Алгоритмы. Автоматизация. - Тюмень, 1997.
35. Кудрина В.Г. Медицинская информатика: Учеб. пособие. – М.: РМАПО, 2009.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>ГЛАВА 1. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....</b>	<b>10</b>
§ 1.1. Путь медицинской информатики в Узбекистан и России: кибернетика – медицинская кибернетика – информатика.....	10
§ 1.2. Краткая история развития компьютеров.....	19
§ 1.3. Персональный компьютер.....	24
§ 1.4. Программное обеспечение компьютеров.....	39
Контрольные вопросы.....	44
Тестовые вопросы.....	46
<b>ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ.....</b>	<b>49</b>
§ 2.1. Мультимедийные технологии .....	51
§ 2.2. Компьютер и здоровье.....	52
§ 2.3. Классификация медицинских информационных систем.....	54
§ 2.4. Предмет и задачи медицинской информатики.....	57
§ 2.5. Место медицинской информатики в здравоохранении.....	61

Контрольные вопросы.....	64
Тестовые вопросы.....	66

### **ГЛАВА 3. КАК УСТРОЕН КОМПЬЮТЕР..... 73**

§ 3.1. Общие сведения.....	73
§ 3.2 Компьютер как средство обработки информации. 75	
§ 3.3. Внешняя память компьютера. Основные типы носителей информации и их важнейшие характеристики.....	88
§ 3.4. Медицинские приборно-компьютерные системы ...	90
Контрольные вопросы .....	92
Тестовые вопросы.....	93

### **ГЛАВА 4. ПРИНЦИПЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ**

#### **ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗ ДАННЫХ ..... 99**

§ 4.1. Особенности компьютерного анализа данных.....	99
§ 4.2. Современная технология анализа данных.....	101
§ 4.3. Программные средства анализа данных .....	104
§ 4.4. Общие принципы использования Microsoft Word. 109	
§ 4.5. Основные принципы создания комплексных документов, содержащих списки и таблицы.....	111
§ 4.6. Программное обеспечение компьютера. Сервисное программное обеспечение компьютера .....	112

§ 4.7. Файловая система. Имена файлов и правила их написания. Типы файлов. Ассоциация файлов с программными средствами.....	118
§ 4.8. Правило образования имени.....	119
§ 4.9. "Горячие" клавиши в Windows и приложениях ....	122
Контрольные вопросы.....	131
Тестовые вопросы.....	132

## **ГЛАВА 5. АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ..... 138**

§ 5.1. Программные средства математической статистики.....	138
§ 5.2. Особенности медицинских данных.....	139
§ 5.3. Использование методов математической статистики для анализа данных .....	147
§ 5.4. Интерпретация и представление полученных результатов .....	152
§ 5.5. Медицинская информация как объект обработки на компьютере.....	154
Контрольные вопросы.....	157
Тестовые вопросы.....	158

## **ГЛАВА 6. КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ**

<b>МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ</b> .....	163
§ 6.1. Виды медицинской информации .....	165
§ 6.2. Природа медицинских данных .....	166
§ 6.3. Специфика представления медицинских данных	169
§ 6.4. Интерпретация медицинских данных .....	170
§ 6.5. Причины применения непараметрической статистики в медицине .....	171
§ 6.6. Краткий обзор непараметрических методов .....	174
Контрольные вопросы .....	176
Тестовые вопросы .....	177

## **ГЛАВА 7. НЕЙРОСЕТЕВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ**

<b>ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ</b> .....	180
§ 7.1. Статистика и диагностика .....	180
§ 7.2. Нейронные сети для задач диагностики .....	182
§ 7.3. Конкретные системы .....	183
§ 7.4. Возможности применения нейросетей .....	184
§ 7.5. Борьба с онкологическими заболеваниями .....	185
§ 7.6. Нейросистемы, генетика и молекулы .....	187
§ 7.7. Общая схема обучения нейронной сети .....	198
§ 7.8. Методологические аспекты обучения нейросетей .....	203
§ 7.9. Тестирование примеров .....	205

§ 7.10. Общие аспекты создания медицинских нейросетевых экспертных систем. ....	208
§ 7.11. Основные положения теории и методологии создания нейросетевых медицинских экспертных систем. ....	213
Контрольные вопросы.....	215
Тестовые вопросы.....	216

## **ГЛАВА 8. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРНЕТА**

<b>В МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКЕ.....</b>	<b>219</b>
§ 8.1. Назначение и классификация компьютерных сетей .....	219
§ 8.2. Локальные вычислительные сети (ЛВС). ....	222
§ 8.3. Интернет. ....	224
§ 8.4. Теоретические основы Интернета. ....	225
§ 8.5. Службы интернета. ....	227
§ 8.6. Браузеры и провайдеры. ....	233
§ 8.7. Поиск информации в интернет. ....	235
§ 8.8. Медицинские интернет-ресурсы. ....	237
Контрольные вопросы.....	238
Тестовые вопросы.....	239

<b>ГЛАВА 9. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЛЕЧЕБНО- ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА</b> .....	242
§ 9.1. Основные составляющие лечебно- диагностического или оздоровительно- профилактического процесса. ....	244
§ 9.2. Процесс деятельности медицинского работника как объект информатизации. ....	249
§ 9.3. Моделирование и использование моделей в медицине. ....	250
§ 9.4. Поддержка лечебно-диагностического процесса методами кибернетики и информатики. ....	254
§ 9.5. Автоматизированные системы для обработки медицинских сигналов и изображений. ....	255
§ 9.6. Автоматизированные консультативные системы для помощи в принятии решений на основе интеллектуального (экспертного) подхода. ....	260
§ 9.7. Автоматизированные системы для управления жизненно важными функциями организма. ....	265
§ 9.8. Автоматизированное рабочее место медицинского работника. ....	270
§ 9.9. Классификация автоматизированных рабочих мест в здравоохранении. ....	274
§ 9.10. Особенности интеллектуальных автоматизированных рабочих мест. ....	275

§ 9.11. Специализированные рабочие места. ....	276
§ 9.12. Системы для проведения мониторинга. ....	280
§ 9.13. Телемедицина. ....	283
Контрольные вопросы. ....	288
Тестовые вопросы. ....	289

## **ГЛАВА 10. О КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ. ....291**

§ 10.1. Медицина на начальной фазе кибернетической революции. ....	292
§ 10.2. Медицина на модернизационной фазе кибернетической революции. ....	293
§ 10.3. Подготовка к завершающей фазе кибернетической революции. ....	296
§ 10.4. Медицина в ближайшем будущем. Два десятилетия до начала завершающей фазы кибернетической революции. ....	299
§ 10.5. Изменения в ходе завершающей фазы кибернетической революции. ....	301
§ 10.6. Развитие характеристик кибернетической революции. ....	302
§ 10.7. Непрерывный мониторинг здоровья как самоуправляемая суперсистема. ....	308
§ 10.8. Прогнозы развития отдельных медицинских технологий. Улучшение иммунной системы, искусственный иммунитет. ....	310

§ 10.9. Управление запрограммированной гибелью клеток – путь к самоуправляемым системам излечения. ....	312
§ 10.10. Генная терапия – перспективная форма коррекции организма. ....	318
§ 10.11. Изменение репродуктивных возможностей человека. ....	321
§ 10.12. Перспективное направление в медицине – замедление старения организма. ...	322
Контрольные вопросы.....	324
Тестовые вопросы.....	325
<b>ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>329</b>
<b>ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>332</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>339</b>

# МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАТИКА

Ташкент – «Fan va texnologiya» – 2019

Редактор: Д.Вахидова  
Тех. редактор: А.Мойдинов  
Художник: А.Шушунов  
Корректор: Ш.Миркасимова  
Компьютерная  
вёрстка: Н.Рахматуллаева

E-mail: [tipografiyasnt@mail.ru](mailto:tipografiyasnt@mail.ru) Тел: 71-245-57-63, 71-245-61-61.  
Изд.лиц. АЛ№149, 14.08.09. Разрешено в печать 24.12.2019.  
Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура «Times New Roman».  
Офсетная печать. Усл. печ.л. 21,75. Изд. печ.л. 22,0.  
Тираж 200. Заказ № 282.

**F**  
**AN VA**   
**TEKNOLOGİYALAR**

ISBN 978-9943-6152-5-0



9 789943 615250