Б.А. Кобринский

Медицинская информатика

Год издания 2016

Оглавление

СПИСОК АББРЕВИАТУР 6
ПРЕДИСЛОВИЕ 8
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНФОРМАТИКИ 11
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ 11
1.1. ИНФОРМАЦИЯ И ДАННЫЕ 11
1.2. ОСНОВЫ ФОРМАЛЬНОЙ ЛОГИКИ 14
1.3. ОСНОВЫ АЛГОРИТМИЗАЦИИ 17
1.4. АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭВМ 18
ГЛАВА 2. ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА 22
2.1. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАБЛИЦЫ 38
2.2. СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ 55
РАЗДЕЛ 2. ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ИНФОРМАЦИИ В МЕДИЦИНЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИИ 70
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ 70
3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ 71
3.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАКЕТЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ SPSS 73
..... 78
3.3 Сравнение двух выборок в случае нормально распределенных исходных данных ... 82
ГЛАВА 4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ И ТЕХНОЛОГИЯ DATA MINING 94
4.1. ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА 94
4.2. ТЕХНОЛОГИЯ DATA MINING 97
ГЛАВА 5. МЕДИЦИНА, ОСНОВАННАЯ НА ДОКАЗАТЕЛЬСТВАХ 100
5.1. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ИССЛЕДОВАНИИ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ 100
5.2. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЙ 101
РАЗДЕЛ 3. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ В МЕДИЦИНЕ 106
ГЛАВА 6. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ 106
6.1. ПОНЯТИЕ О СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ 106
6.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ 107
ГЛАВА 7. БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 111
7.1. УПРАВЛЕНИЕ ДОСТУПОМ К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ 112
7.2. КРИПТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ 113
7.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ УНИЧТОЖЕНИЯ ДАННЫХ 113

7.4. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ВИРУСОВ 114
ГЛАВА 8. ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ В МЕДИЦИНЕ 115
8.1. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ: АРХИТЕКТУРА, ИНСТРУМЕНТЫ ПОИСКА 115
8.2. ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ 116
8.3. ПОИСКОВЫЕ КАТАЛОГИ 117
8.4. МЕТАПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ 117
8.5. ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ ЗАПРОСОВ 119
8.6. МЕДИЦИНСКИЕ РЕСУРСЫ ИНТЕРНЕТА 120
ГЛАВА 9. ТЕЛЕМЕДИЦИНА 122
9.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ 122
9.2. ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ 123
9.3. ТЕЛЕКОНСУЛЬТИРОВАНИЕ, ТЕЛЕНАБЛЮДЕНИЕ И ТЕЛЕПОМОЩЬ 124
9.4. ДЕОНТОЛОГИЯ В ТЕЛЕМЕДИЦИНЕ 132
9.5. ТЕЛЕМЕДИЦИНА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ 132
9.6. ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ 133
РАЗДЕЛ 4. ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ИНФОРМАТИКУ 135
ГЛАВА 10. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ 135
10.1. ОСНОВНЫЕ ВЕХИ В СТАНОВЛЕНИИ КИБЕРНЕТИКИ И ИНФОРМАТИКИ 135
10.2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕДИЦИНСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ И ИНФОРМАТИКИ 139
10.3. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ 146
ГЛАВА 11. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ 148
11.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ 148
11.2. ПРИМЕРЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В МЕДИЦИНЕ 153
ГЛАВА 12. СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 173
12.1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ 175
12.2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УРОВНЯ 183
ГЛАВА 13. ЗНАЧЕНИЕ СТАНДАРТОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 187
13.1. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТАНДАРТОВ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ 187
13.2. ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТОВ ПО ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ 189
13.3. СТАНДАРТЫ HEALTH LEVEL SEVEN 192
13.4. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НОМЕНКЛАТУРЫ И СТАНДАРТЫ 194
РАЗДЕЛ 5. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ 201

ГЛАВА 14. МЕДИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ 201
14.1. МЕДИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ 201
14.2. ВОЗМОЖНОСТИ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ 202
ГЛАВА 15. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА 213
15.1. ЭЛЕМЕНТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВРАЧА КАК ОБЪЕКТЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ 213
15.2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ И СТРУКТУРИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ 216
ГЛАВА 16. АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ 221
16.1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ 222
16.2. АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ, ОСНОВАННЫЙ НА ЗНАНИЯХ, И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ 228
16.3. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ/ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ 234
16.4. КЛИНИЧЕСКИЕ И ОБУЧАЮЩИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ 241
ГЛАВА 17. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ВРАЧА 247
17.1. ЭЛЕМЕНТЫ В СОСТАВЕ ТИПОВОГО АРМ ВРАЧА 249
ГЛАВА 18. ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОТДЕЛЕНИЙ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ 252
18.1. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ 252
18.2. СИСТЕМЫ АРХИВИРОВАНИЯ, ХРАНЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯМИ 262
18.3. МЕДИЦИНСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ОТДЕЛЕНИЯХ РЕАНИМАЦИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ 267
ГЛАВА 19. ЭЛЕКТРОННАЯ ИСТОРИЯ БОЛЕЗНИ 274
19.1. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ЭЛЕКТРОННОЙ ИСТОРИИ БОЛЕЗНИ 275
19.2. ЭМК - ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ И ВЕДЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ 276
19.3. ИДЕНТИФИКАЦИЯ АВТОРА ЭЛЕКТРОННОЙ ПЕРСОНАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ЗАПИСИ 278
19.4. РОЛЬ ЭЛЕКТРОННОЙ ИСТОРИИ БОЛЕЗНИ В ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ 279
РАЗДЕЛ 6. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЕМ 282
ГЛАВА 20. АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ 282
20.1. УРОВНИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ 282
20.2. СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МО 285

20.3. ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В МИС МО 286
20.4. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ МИС МО 286
20.5. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МО 292
20.6. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ МО 294
20.7. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МО 296
20.8. ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ АИС МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ 297
20.9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ МИС МО 297
20.10. ТЕХНОЛОГИЯ «ОБЛАЧНЫХ» ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МО 298
20.11. ОПЫТ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН 299
ГЛАВА 21. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МУНИЦИПАЛЬНОГО, ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО И ФЕДЕРАЛЬНОГО УРОВНЕЙ 300
21.1. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МУНИЦИПАЛЬНОГО И ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО УРОВНЕЙ 302
21.2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО УРОВНЯ 305
21.3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ 309
21.4. СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ И ФЕДЕРАЛЬНЫХ МИС 321
21.5. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ И ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИС 324
ГЛАВА 22. РЕГИСТРЫ 327
22.1. МОНИТОРИНГ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ И ФУНКЦИИ РЕГИСТРОВ 328
22.2. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ РЕГИСТРА 329
22.3. НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГИСТРОВ 330
22.4. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МЕДИЦИНСКИМ РЕГИСТРАМ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ 338
РАЗДЕЛ 7. ПЕРСПЕКТИВЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИИ 340
ГЛАВА 23. ЭЛЕКТРОННОЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЕ 340
23.1. КОНЦЕПЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ 340
23.2. КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ 342
23.4. АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕЛ ПО ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В РОССИИ 348
23.5. ПЕРСПЕКТИВНАЯ СХЕМА ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИИ 350
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 351
ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ 352

http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970436899.html
512 с. : ил. ISBN 978-5-9704-3689-9.

СПИСОК АББРЕВИАТУР

АИС - автоматизированная информационная система

АРМ - автоматизированное рабочее место

АС - автоматизированная система

АТС - автоматическая телефонная станция

АЦП - аналого-цифровой преобразователь

БД - база данных

БЗ - база знаний

БИМС - банк информации медицинских служб

БЭСМ - большая электронная счетная машина

ВМП - высокотехнологичная медицинская помощь

ГИС - географическая информационная (геоинформационная) система

ЕГИСЗ - Единая государственная информационная система здравоохранения

ЕС ЭВМ - единая система электронно-вычислительных машин

ЖКТ - желудочно-кишечный тракт

ИАД - интеллектуальный анализ данных

ИВК - изоклины вертикальных касательных

ИГК - изоклины горизонтальных касательных

ИМС - информационная медицинская система

ИС - информационная система

ИТС - информационно-технологическая система

ИЭМК - интегрированная электронная медицинская карта

КДЦ - консультативно-диагностический центр

КПЭ (KPI) - ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicators)

ЛВС (LAN) - локальная вычислительная сеть (Local Area Network)

ЛДП - лечебно-диагностический процесс

ЛИС - лабораторная информационная система

ЛЛО - льготное лекарственное обеспечение

ЛПР - лицо, принимающее решение

МИАЦ - медицинский информационно-аналитический центр

МИС (ИМС) - медицинская информационная (информационная медицинская) система

МКБ - Международная классификация болезней, травм и причин смерти

МКС - мониторно-компьютерная система

МО - медицинская организация

МТС - медико-технологическая система

МЭСМ - малая электронная счетная машина

НИМС - научно-исследовательская информационная медицинская система

ОМС - обязательное медицинское страхование

ОРИТ - отделение реанимации и интенсивной терапии

ОС - операционная система
ПДн - персональные данные

ПМЗ - персональная медицинская запись

РИС - радиологическая информационная система

СЗИ - средства защиты информации

СИМС - статистическая информационная медицинская система

СМО - страховая медицинская организация

СУБД - система управления базами данных

ТЗ - техническое задание

ТИМС - технологическая информационная медицинская система

УЗИ - ультразвуковое исследование

ФВД - функция внешнего дыхания

ЦАМИ - Центральный архив медицинских изображений

ЦГД - центральная гемодинамика

ЦОД - центр обработки данных

ЦСУИ - централизованная служба архивирования, визуализации и управления изображениями

ЭАК - электронная амбулаторная карта

ЭВМ - электронно-вычислительная машина

ЭИБ - электронная история болезни

ЭМК - электронная медицинская карта

ЭПМЗ - электронная персональная медицинская запись

ЭС - экспертная система

ЭП - электронная подпись

CAD - Computer Added Diagnostic

CDA - архитектура клинических документов HL7 версии 3 (Clinical Document Architecture)

CPOE - компьютерная система записи состояния здоровья (Computerized Physician Order Entry)

CT Terms - систематизированная номенклатура медицинских/клинических терминов

DICOM - стандарт создания, визуализации, хранения и передачи растровых медицинских изображений (Digital Imaging and Communications in Medicine)

DSS - система поддержки принятия решений (Decision Support System)

epSOS - european patients Smart Open Services

HL7 - организация, регламентирующая разработку международных стандартов в области медицинской информатики и интероперабельности (Health Level Seven)

ISO (ИСО) - Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization)

LOINC - классификатор лабораторных и клинических идентификаторов исследований (Logical Observation Identifier Names and Codes)

mHealth - мобильное здравоохранение

OLAP-технология - On-Line Analytical Processing

PACS - система архивации и передачи изображений (Picture Archiving and Communication System)

SNOMED CT - Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms

TCP/IP - протокол управления передачей данных/протокол Интернет (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Медицинская информатика» была включена в учебные планы всех специальностей высших медицинских учебных заведений в 2000 г. Тогда же в Российском государственном медицинском университете (ныне - Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова) была создана первая Программа по медицинской информатике для студентов медицинских вузов, утвержденная Министерством здравоохранения РФ.

За прошедшие годы накоплен большой опыт преподавания дисциплины. На базе РНИМУ им. Н.И. Пирогова были проведены две всероссийские учебно-методические конференции по преподаванию медицинской информатики в образовательных учреждениях высшего и дополнительного профессионального образования (2005 и 2009 гг.). Становление как самой дисциплины, так и ее преподавания в Российской Федерации продолжается.

В 2010 г. были утверждены Федеральные государственные образовательные стандарты 3-го поколения, созданы новые учебные планы. Написание учебника по медицинской информатике, соответствующего ФГОС-3, для будущих врачей стало актуальной и важной задачей.

Материал учебника написан сотрудниками кафедры медицинской кибернетики и информатики РНИМУ им. Н.И. Пирогова - разработчиками медицинских информационных систем и учеными, преподающими курс с момента включения его в учебные планы. В нем представлены воззрения отечественных специалистов, учтен зарубежный опыт преподавания информатики и медицинской информатики.

Данный учебник является развитием вышедших в разные годы учебных пособий по медицинской информатике *(Кудрина В.Г.* Медицинская информатика, 1999; *Гельман В.Я.* Медицинская информатика: практикум, 2001; *Чернов В.И.* и соавт. Медицинская информатика, 2004 и др.), отличается от них упором на широкий диапазон вопросов именно медицинской информатики, а не на компьютерную грамотность и приложение в области общественного здоровья и здравоохранения.

Учебник предназначен студентам медицинских высших учебных заведений, изучающим медицинскую информатику. Может быть полезен ординаторам, практикующим врачам, начавшим работать с медицинскими информационными системами, а также аспирантам и научным сотрудникам, занимающимся исследовательской деятельностью во всех сферах медицины.

Медицинская информатика как самостоятельная наука и практическое направление в медицине и здравоохранении стала развиваться в конце XX в. на основе медицинской кибернетики, начавшей формироваться на четверть века раньше. Практическими задачами, ставшими «вызовами» для медицинской информатики, послужили разработка электронных медицинских карт, в том числе электронной истории болезни, и множество аналитических и управленческих задач, связанных с организацией деятельности медицинских организаций и служб.

Медицинская информатика относится к бурно развивающимся дисциплинам. И хотя проблем на пути ее развития чрезвычайно много, перспектива построения единого информационного пространства как медицинских данных, так и здравоохранения в целом уже не кажется утопией. Все чаще как о парадигме здравоохранения XXI в. говорят об электронном здравоохранении (e-Health), обеспечивающем доступность лечащему врачу к любым данным пациента, где бы он раньше ни лечился. Электронное здравоохранение, в свою очередь, должно стать «вызовом» для модернизации всей отрасли здравоохранения.

Информационно-коммуникационные технологии стали неотъемлемой частью профессиональной деятельности врача любого профиля, и он должен успешно использовать их при решении задач медицинской практики и науки.

Умение свободно пользоваться стандартными приложениями и статистическими программами, работать «в среде» медицинских информационных систем при заполнении электронной медицинской карты и применять средства поддержки принятия решений при непосредственном ведении пациента - это то, чему необходимо учиться уже сегодня.

Предлагаемый учебник включает в себя как устоявшиеся представления по медицинской информатике, так и видение перспективы ее развития, приложения для информатизации здравоохранения. Учебник ориентирован в основном на теоретические и прикладные аспекты медицинской информатики.

В силу того что по ФГОС-3 в дисциплину «Медицинская информатика» включены основные элементы информатики, учебник начинается с такого раздела. В нем отражены теоретические основы информатики, представлены прикладные программные средства, однако и в этой части учебника упор сделан на их применение в ходе врачебной деятельности.

В книге значительное место уделено современным подходам к анализу данных в медицине и здравоохранении, включая анализ результатов медицинских исследований с помощью методов математической статистики и подходы к интеллектуальному анализу данных. В главе, посвященной применению статистических методов, авторы попытались совместить теоретические основы анализа с практическим использованием одного из современных статистических пакетов.

Отдельный раздел учебника посвящен телекоммуникационным технологиям и интернет-ресурсам в медицине, он включает в себя описание технологий передачи данных в информационных системах, базовые сведения об информационной безопасности таких систем, основные понятия телемедицины.

Особое внимание в учебнике (разделы 4-7) уделено вопросам информатизации клинической практики в привязке к информационной модели лечебно-диагностического процесса и управления здравоохранением. Большое место в учебнике посвящено медицинским информационным системам. Приведены самые современные сведения об их

классификации, стандартах для обеспечения их взаимодействия, системах обработки медицинских сигналов и изображений, консультативных системах. Одна из глав содержит материалы о переходе к электронной медицинской карте, о современных системах отделений медицинских организаций - лабораторных, радиологических, реанимации и интенсивной терапии.

Отдельные главы посвящены системам медицинских организаций, информатизация которых является существенной составляющей современного здравоохранения; автоматизированным информационным системам для муниципального, территориального и федерального уровней здравоохранения; регистрам по разным направлениям медицины. Заканчивается учебник главой об электронном здравоохранении, включающей перспективную схему информатизации здравоохранения России, и терминологическим словарем.

Авторы будут благодарны за замечания по содержанию учебника и предложения по его совершенствованию.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ИНФОРМАТИКИ

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ

1.1. ИНФОРМАЦИЯ И ДАННЫЕ

Термин «информация» происходит от латинского слова *informatio,* что означает - сведения, разъяснения, изложение. Информация - это широкое и глубокое понятие. В это слово вкладывается различный смысл в медицине, технике, науке. В обиходе информацией называют любые данные или сведения. Например, сообщение о каких-либо событиях, о чьей-либо деятельности и т.п., о состоянии здоровья. «Информировать» в этом смысле означает - сообщить нечто, неизвестное раньше, или уточнить, дополнить.

Информация - *сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии, которые воспринимаются информационными системами (живые организмы, управляющие машины и др.) в процессе жизнедеятельности и работы.*

Одно и то же информационное сообщение (статья в газете, объявление, радиопередача, рассказ, чертеж, письмо, телеграмма, справка, выписка из истории болезни и т.п.) может содержать разное количество информации для разных людей - в зависимости от их предшествующих знаний, от уровня понимания этого сообщения, его значения и интереса к нему. Так, сообщение, составленное на японском языке, не несет никакой новой информации человеку, не знающему этого языка, но может быть высокоинформативным для человека, владеющего японским. Никакой новой информации не содержит и сообщение, изложенное на знакомом языке, если его содержание непонятно или уже известно.

Информация есть характеристика не сообщения, а соотношения между сообщением и его потребителем.

В случаях, когда говорят об автоматизированной работе с информацией посредством каких-либо технических устройств, обычно в первую очередь интересуются не содержанием сообщения, а тем, сколько символов это сообщение содержит.

Применительно к компьютерной обработке данных под информацией понимают некоторую последовательность символических обозначений (букв, цифр, закодированных графических образов и звуков и т.п.), несущую смысловую нагрузку и представленную в понятном компьютеру виде. Каждый новый символ в такой последовательности символов увеличивает информационный объем сообщения.

Информация может существовать в самых разнообразных формах - в виде текстов, рисунков, фотографий, световых или звуковых сигналов, электрических и нервных импульсов, магнитных записей и т.д.

Передача информации осуществляется в виде сообщений от некоторого источника информации к ее приемнику посредством канала связи между ними. Источник посылает передаваемое сообщение, которое кодируется в передаваемый сигнал. Этот сигнал посылается по каналу связи. В результате в приемнике появляется принимаемый сигнал, который декодируется и становится принимаемым сообщением. Например, сообщение, содержащее информацию о прогнозе погоды, передается приемнику (телезрителю) от источника - специалиста-метеоролога посредством канала связи - телевизионной передающей аппаратуры и телевизора. Живое существо своими органами чувств воспринимает информацию из внешнего мира, перерабатывает ее в определенную последовательность нервных импульсов, передает импульсы по нервным волокнам, хранит в памяти в виде состояния нейронных структур мозга, воспроизводит в виде звуковых сигналов, движений и т.п., использует в процессе своей жизнедеятельности.

Передача информации по каналам связи часто сопровождается воздействием помех, вызывающих искажение и (или) потерю информации.

Можно ли объективно измерить количество информации? Какое количество информации содержится, к примеру, во фресках Рафаэля? Ответа на этот вопрос нет, хотя важнейшим результатом теории информации является вывод: в определенных, весьма широких условиях можно пренебречь качественными особенностями информации, выразить ее количество числом, а также сравнить количество информации, содержащейся в различных группах данных.

Получили распространение подходы к определению понятия «количество информации», основанные на том, что информацию, содержащуюся в сообщении, можно нестрого трактовать в смысле уменьшения неопределенности наших знаний об объекте. Так, американский инженер Р. Хартли (1928) процесс получения информации рассматривал как выбор одного сообщения из конечного, заранее заданного множества из *N*равновероятных сообщений, а количество информации I, содержащееся в выбранном сообщении, определял как двоичный логарифм $N (I) = \log_2/N$).

Допустим, нужно угадать одно число из набора чисел от единицы до ста. По формуле Хартли можно вычислить, какое количество информации для этого требуется: $I = \log_2(100)$, т.е. сообщение о верно угаданном числе содержит количество информации, приблизительно равное 6,644 единицы информации. Примеры равновероятных сообщений - бросание монеты («выпала решка», «выпал орел»), на странице книги - «количество букв четное», «количество букв нечетное». Определим теперь, являются ли равновероятными сообщения «Первой выйдет из дверей здания женщина» и «Первым выйдет из дверей здания мужчина». Однозначно ответить на этот вопрос нельзя. Все зависит от того, о каком именно здании идет речь. Если это, например, станция метро, то вероятность выйти из дверей первым одинакова и для мужчины, и для женщины, а если это военная казарма, то для мужчины эта вероятность значительно выше, чем для женщины.

Для задач такого рода американский ученый Клод Шеннон предложил в 1948 г. другую формулу определения количества информации, учитывающую возможную неодинаковую вероятность сообщений в наборе:

$$I = -(P_1 \log_2 P_1 + P_2 \log_2 P_2 + \ldots + P_N \log_2 P_N),$$

где P_i - вероятность того, что именно *i-e* сообщение выделено в наборе из *N* сообщений.

Легко заметить, что если вероятности P_1 - ... - P_N равны, то каждая из них равна $1/N$, и формула Шеннона превращается в формулу Хартли.

Помимо двух рассмотренных подходов к определению количества информации, существуют и другие, однако необходимо учесть, что любые теоретические результаты применимы лишь к определенному кругу случаев, очерченному первоначальными допущениями.

Решая различные задачи, человек вынужден использовать информацию об окружающем нас мире. И чем более полно и подробно человеком изучены те или иные явления, тем подчас проще найти ответ на поставленный вопрос. Так, например, знание законов физики позволяет создавать сложные приборы, а для того чтобы перевести текст на иностранный язык, нужно знать грамматические правила и помнить много слов.

Часто приходится слышать, что то или иное сообщение несет мало информации или, наоборот, содержит исчерпывающую информацию. При этом разные люди, получившие одно и то же сообщение (например, прочитав статью в газете), по-разному оценивают количество информации, содержащейся в нем. Это происходит оттого, что знания людей

об этих событиях (явлениях) до получения сообщения были различными. Поэтому те, кто знал об этом мало, сочтут, что получили много информации, те же, кто знал больше, чем написано в статье, скажут, что информации не получили вовсе. Количество информации в сообщении, таким образом, зависит от того, насколько ново это сообщение для получателя. Однако иногда возникает ситуация, когда людям сообщают много новых для них сведений, а информацию при этом они практически не воспринимают. Происходит это от того, что сама тема в данный момент слушателям не представляется интересной.

Итак, количество информации зависит от новизны сведений об интересном для получателя информации явлении. Иными словами, неопределенность (т.е. неполнота знания) по интересующему нас вопросу с получением информации уменьшается. Если в результате получения сообщения будет достигнута полная ясность в данном вопросе (т.е. неопределенность исчезнет), говорят, что была получена *исчерпывающая информация.* Это означает, что необходимости в получении дополнительной информации на эту тему нет. Напротив, если после получения сообщения неопределенность осталась прежней (сообщаемые сведения или уже были известны, или не относятся к делу), значит, информации получено не было *(нулевая информация).*

Если подбросить монету и проследить, какой стороной она упадет, то будет получена определенная информация. Обе стороны монеты «равноправны», поэтому одинаково вероятно, что выпадет как одна, так и другая сторона. В таких случаях говорят, что событие несет информацию в 1 бит. Если положить в мешок два шарика разного цвета, то, вытащив вслепую один шарик, мы также получим информацию о цвете шарика в 1 бит.

Один бит (от англ. *bit - binary, digit* - двоичная цифра) условились принять за единицу информации. Бит -*количество информации, достаточное для различия двух равновероятных сообщений, а в вычислительной технике битом называют наименьший объем памяти, необходимый для хранения одного из двух знаков «О» или*«1», *используемых для внутримашинного представления данных и команд.* Бит - мелкая единица измерения. На практике чаще применяется более крупная единица - байт, равная восьми битам. Широко используются также еще более крупные производные единицы информации: 1 Килобайт (Кбайт) = 1024 байт = 2^{10} байт; 1 Мегабайт (Мбайт) = 1024 Кбайт = 2^{20} байт; 1 Гигабайт (Гбайт) = 1024 Мбайт = 2^{30} байт.

В последнее время в связи с увеличением объемов обрабатываемой информации входят в употребление такие производные единицы, как: 1 Терабайт (Тбайт) = 1024 Гбайт = 2^{40} байт; 1 Петабайт (Пбайт) = 1024 Тбайт = 2^{50}байт.

Информацию можно создавать, передавать, воспринимать, использовать, запоминать, принимать, копировать, делить на части, упрощать, собирать, хранить, искать, измерять, разрушать и др. При этом информация может обладать следующими свойствами - достоверностью, полнотой, ценностью, понятностью, доступностью, точностью и др.

Информация достоверна, если она отражает истинное положение дел. Недостоверная или неточная информация может привести к неправильному пониманию или принятию неправильных решений. Достоверная информация со временем может стать недостоверной, так как она обладает свойством устаревать, т.е. перестает отражать истинное положение дел.

Информация полна, если ее достаточно для понимания явлений и принятия решений. Как неполная, так и избыточная информация сдерживает принятие решений или может вызвать ошибки. Точность информации определяется степенью ее близости к реальному состоянию объекта, процесса или явления.

Ценность информации зависит от того, насколько она важна для решения задачи, а также от того, какое в дальнейшем она найдет применение в каких-либо видах деятельности человека. Только своевременно полученная информация может принести

ожидаемую пользу. Одинаково нежелательны как преждевременная подача информации (когда она еще не может быть усвоена), так и ее задержка. Если ценная и своевременная информация выражена непонятным образом, она бесполезна.

Информация понятна, если она выражена языком, на котором говорят те, кому предназначена эта информация.

Информация должна преподноситься в доступной (по уровню восприятия) форме. Поэтому одни и те же вопросы по-разному излагаются в школьных учебниках и научных изданиях.

Информацию по одному и тому же вопросу можно изложить нечетко (невнятное описание, без определенных деталей).

Обработка информации - получение одних информационных объектов из других информационных объектов путем выполнения некоторых алгоритмов. Обработка - одна из основных операций, выполняемых над информацией, и может быть средством увеличения объема и разнообразия информации.

Средства обработки информации - это всевозможные устройства и системы, созданные человечеством, например это компьютер - универсальная машина для обработки информации. Компьютеры обрабатывают информацию путем выполнения некоторых алгоритмов. Живые организмы и растения обрабатывают информацию с помощью своих органов и систем.

Информационные ресурсы - это совокупность данных, организованных для эффективного получения достоверной информации. Это книги, статьи, патенты, научно-исследовательская и опытно-конструкторская документация, технические переводы, медицинские данные и др.

Информационная технология - это совокупность методов и устройств, используемых людьми для обработки информации. Человечество занималось обработкой информации тысячи лет. Первые информационные технологии основывались на использовании различных счетов (для выполнения расчетов) и письменности (для представления и передачи данных). Более пятидесяти лет назад началось быстрое развитие этих технологий, что связано с появлением ЭВМ.

В настоящее время термин «информационная технология» употребляется в связи с использованием компьютеров для обработки информации.

Информационные технологии охватывают всю вычислительную технику и средства связи. Они находят широкое применение в промышленности, торговле, управлении, банковской системе, образовании, здравоохранении, медицине, т.е. практически во всех сферах деятельности современного человека.

1.2. ОСНОВЫ ФОРМАЛЬНОЙ ЛОГИКИ

Появление математической логики относится еще ко временам Древнего Рима и связано с именем Лукулла. Позже Аристотель написал труд, посвященный вопросам умозрительных логических заключений, послуживший основой для дальнейшего ее развития. В более поздние времена Лейбниц (1646-1716) внес некоторый прогресс в эту область, но наиболее интенсивно математическая логика стала развиваться во второй половине XIX в. и в начале XX в. Наибольший вклад в эту науку внесли Дж. Буль (1815-1864), Г. Фреге (1848-1925), Давид Гильберт (1862-1943) и др.

Математическая логика возникла в результате изучения умозаключений, используемых в построениях математических доказательств. Особенно это относится к открытию великим русским математиком Н.И. Лобачевским возможности построить

непротиворечивым образом геометрию, исходя из систем аксиом, отличной от евклидовой. В дальнейшем, на основании изучения рассуждений в математике и попытке их описания с помощью введенной системы символов, была создана математическая логика. Особая роль здесь принадлежит Дж. Булю, который ввел в математическую логику символику и раздел переключательных функций; данная часть математической логики нашла широкое практическое применение в вычислительной технике для описания различных логических функций, а также в программировании при создании современных информационных систем.

В современном компьютере для преобразования информации используется двоичная система счисления, т.е. различаются только два состояния. Эти состояния принимаются за символы двоичного алфавита «0» и «1». Их физические аналоги - это низкий и высокий потенциал, наличие или отсутствие импульса, наличие или отсутствие намагниченности. Действия над ними внутри компьютера осуществляются с помощью типовых элементов, соединенных между собой определенным образом. Следовательно, задача построения любого устройства персонального компьютера заключается, прежде всего, в выборе необходимых элементов, а затем - в отыскании способов такого их соединения между собой, которое обеспечивало бы выполнение устройством заданного преобразования. Эту задачу решает математическая логика, которая, отвлекаясь от физической природы изучаемых явлений или событий, анализирует высказывания о них лишь с позиций истинности или ложности.

Высказывание в математической логике - это утверждение, которое может быть либо истинным, либо ложным. Различают простые и сложные высказывания. Высказывание, значение истинности которого не зависит от значений истинности других высказываний, называется *простым.* Высказывание, значение истинности которого зависит от других высказываний, называется *сложным.* Сложные высказывания образуются из простых с помощью так называемых связок. Для простоты и удобства ложное высказывание обозначается цифрой «0», а истинное - «1».

Сложные высказывания являются логическими функциями простых и тоже могут принимать значения «0» или «1». В этом случае простые высказывания называются *двоичными переменными* (аргументами), а функции двоичных аргументов называются *переключательными,* или булевыми. Итак, переключательными функциями называют сложные высказывания, которые являются логическими функциями простых высказываний и могут принимать значения «0» или «1».

Характерным для этих функций по сравнению с алгебраическими функциями является ограниченность их значений. Поэтому их значения можно задавать в табличной форме. Табличная запись логической функции в зависимости от значений двоичных аргументов называется *таблицей состояний,* или *таблицей истинности.*

В таблице истинности значения аргументов представлены всевозможными комбинациями нулей и единиц. Если число двоичных элементов, от которых зависит функция, равно k, то максимально возможное число различных наборов равно 2^k.

Будем обозначать булеву функцию символом F, где *i* - это число, соответствующее двоичному набору функций, читаемых сверху вниз (если она задана в виде таблицы состояний), записанное в десятичной системе.

Рассмотрим четыре булевы функции одного аргумента (табл. 1.1). Общее число наборов 2, а число возможных значений функций - $2^2=4$.

Таблица 1.1. Переключательные функции одного аргумента

X	F_1	F_2	F_3	F_4
0	0	0	1	1
1	0	1	0	1

Особенности этих функций: F_1 и F_4 не зависят от значения переменной X, при этом F_1 - константа 0, а F_4- константа 1, $F_2 = X$, F_3= отрицание X.

Если рассматривать два аргумента, то возможное число наборов значений, на которых может быть определена функция, равно 4, а число самих функций равно 16. Все существующие функции представлены в табл. 1.2. Переключательные функции двух аргументов имеют особый смысл для логики переключательных функций, так как с их помощью вводятся все основные понятия для функций большего количества аргументов.

Таблица 1.2. Переключательные функции двух аргументов

X_1	X_2	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{14}	F_{15}	F_{16}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Шесть функций нам известны по аналогии с функцией одного аргумента: F_1- константа 0, F_{16}- константа 1, $F_4 = X_1$, $F_6 = X_2$, F_{13}= отрицание X_1, F_{11} = отрицание X_2. Оставшиеся функции имеют самостоятельное значение.

F_2носит название *конъюнкции,* или *логического произведения.* Она равна 1, когда оба аргумента равны 1. Эти значения совпадают с произведением одноразрядных двоичных чисел. Для обозначения конъюнкции используют символы «Λ» или «*». Часто ее называют операцией логического «И».

F_3 называют *запретом по* × Эта функция равна 1 только в одном случае - при равенстве первого аргумента «1», а второго «0». Если аргументы поменять местами, то можно найти еще одну функцию запрета - F_5 (запрет поX_1).

Функция F_7носит название *неравнозначности.* Иногда ее называют «сложение по модулю 2», так как значения этой функции представляют собой поразрядную сумму аргументов X_1и X_2, F_7принимает значение «1» тогда и только тогда, когда оба аргумента отличны друг от друга.

Функцию F_8 называют *дизъюнкцией,* или *логическим сложением,* и обозначают символом «+» или «V». Она равна «1», если хотя бы один из аргументов равен «1». Данную функцию часто называют операцией «ИЛИ».

Функция F_9 называется *функцией Даггера,* или *стрелкой Пирса.* Она равняется единице только в одном случае - при равенстве обоих аргументов нулю. Поэтому функцию Даггера часто называют операцией «ИЛИ-НЕ».

Функцию F_{10}называют *равнозначностью,* так как она принимает значение, равное «1», только при условии равенства обоих аргументов. Обозначают эту функцию символом «~».

Две функции - F_{12} и F_{14}- носят название *импликации и обратной импликации.* Эти функции обозначаются горизонтальной стрелкой и равны нулю только в одном случае - если первый аргумент равен нулю, а второй - единице, и наоборот.

Функция F_{15}называется *функцией Шеффера* и обозначается вертикальной чертой. Эта функция равна нулю только в одном случае - при равенстве единице обоих аргументов. Функцию Шеффера часто называют операцией «И-НЕ».

Из табл. 1.2 можно видеть, что все существующие функции из двух аргументов попарно связаны между собой с помощью инверсии. Сравнивая значения функций различных столбцов, видим, что можно выразить ряд одних функций через другие. Возникает вопрос, сколько и каких функций необходимо для представления любой функции двух аргументов. Такие наборы называют *функционально полными.* Оказывается, что таких наборов функций может быть несколько. Наибольшее распространение получил набор функций «И», «ИЛИ», «НЕ».

Строго говоря, набор «И», «ИЛИ», «НЕ» может быть сокращен до двух функций с помощью преобразования де Моргана, которое заключается в том, что конъюнкция представляется через дизъюнкцию, и наоборот. Однако такое сокращение не является особо выгодным. Указанное соотношение часто называют *законом инверсии* и используют при преобразовании логических выражений.

Интересно, что одна единственная функция Шеффера может составить функционально полный набор, т.е. с ее помощью можно построить любую переключательную функцию. Таким же замечательным свойством обладает стрелка Пирса.

Рассмотренные свойства 16 функций двух аргументов позволяют описывать функции большего, чем 2, числа аргументов, так как любую функцию можно представить как функцию двух аргументов.

1.3. ОСНОВЫ АЛГОРИТМИЗАЦИИ

Алгоритм - это конечная последовательность операторов из ограниченного набора, выполнение которой позволяет получить из конкретных исходных данных за конечное число шагов конкретный результат. При этом алгоритм должен обладать следующими свойствами:

• детерминированность (определенность), которая заключается в том, что каждому оператору соответствует однозначно определенное действие;

• результативность, т.е. получение во всех случаях конкретного конечного результата за конечное число шагов;

• массовость, т.е. возможность использования для большого набора исходных данных.

Существуют различные способы представления и записи алгоритмов : словесное описание, графическое в виде структурной схемы, на языке программирования. Словесное описание используется в основном для целей обучения, для введения основных понятий. Схемы алгоритмов используются при проектировании программ. Языки программирования - при записи алгоритма для последующего ввода в ЭВМ.

При записи алгоритмов используется пять основных алгоритмических операторов.

Оператор присваивания записывается в следующей форме: <ПЕРЕМЕННАЯ> := <ВЫРАЖЕНИЕ>, где «:=» - знак присваивания, <выражение> - переменные или константы, соединенные знаками операций (например, а :=2). Действие оператора присваивания означает, что значение переменной, стоящей слева от знака «:=», заменяется на значение переменной, либо константы, либо выражения, стоящего справа от знака «:=».

Оператор перехода (безусловный переход) в словесной форме записывается в виде: <ПЕРЕЙТИ К ШАГУ №>. Действие оператора изменяет естественную последовательность выполнения операторов (в порядке номеров).

Оператор ветвления (условия). В словесной форме записывается в виде:

ЕСЛИ <ОТНОШЕНИЕ>, ТО {<1-й оператор> или <2-й оператор>},

где <ОТНОШЕНИЕ> - это переменная или константа, соединенная знаком отношения: < ,> , = и др.

При выполнении отношения могут получиться логические значения: «ИСТИНА» или «ЛОЖЬ», которые можно обозначить 1 или 0. Фигурные скобки обозначают, что выполняется один из перечисленных операторов (1-й или 2-й).

Действие оператора вызывает альтернативное изменение естественной последовательности либо выполнение дополнительного действия (например, оператор присваивания) в зависимости от условий выполнения <ОТНОШЕНИЕ>. В результате выполнения всегда существует две альтернативы: либо выполнение алгоритма обычным последовательным ходом, т.е. выполнение 1-го оператора, если значение <ОТНОШЕНИЕ> истинно, либо выполнение 2-го оператора, если значение <ОТНОШЕНИЕ> ложно.

Оператор ввода в словесной форме записывается в виде:

ВВОД (<СПИСОК ПЕРЕМЕННЫХ>),

где список переменных - перечень переменных через запятую, например ВВОД *(X, Y)*. Действие оператора - задание конкретных значений переменным списка. В программировании соответствует передаче в память ЭВМ конкретных значений переменных.

Оператор вывода в словесной форме можно представить так:

ПЕЧАТЬ (<СПИСОК ПЕРЕМЕННЫХ>),

где список переменных - перечень переменных через запятую, например Печать (X, Y). Действие оператора - выдача конкретных значений переменных списка (например, на устройство печати для представления результатов). Необходимо отметить, что в списке переменных могут встречаться не только переменные, но и константы, в частности символьные константы. Символьные константы - это текст, заключенный в кавычки, например: «ЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ X=». Тогда на печать вместе со значением переменной можно выдать пояснительный текст.

При записи алгоритмов используют также пустые операторы, которые в словесном виде записываются как НАЧАЛО и КОНЕЦ. Данные операторы служат для указания начала алгоритма и его окончания.

1.4. АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭВМ

В ЭВМ арифметические действия производятся над числами, представленными в виде специальных машинных кодов в принятой для данной машины системе счисления.

Под системой счисления понимается способ наименования и изображения чисел с помощью символов, имеющих определенное количественное значение. Используемые для изображения чисел символы называются цифрами.

Существуют позиционные и непозиционные системы счисления. *Позиционной системой счисления* называется такая, в которой количественное значение каждой цифры зависит от ее места (позиции) в числе, например арабская система счисления, которой мы широко пользуемся.

В *непозиционной системе счисления* цифры не меняют своего количественного значения при изменении положения в записи числа, например римская система счисления.

Здесь число выражается совокупностью цифр, значение которой определяется конфигурацией символов.

Римская система счисления относится к аддитивным непозиционным системам, в которых значения числа получаются суммированием значений цифр, а соседние цифры получаются сложением или вычитанием. Существуют еще *мультипликативные системы счисления,* которые используют операцию умножения для получения соседних цифр.

Одна из наиболее древних систем счисления - египетская иероглифическая, которая возникла 2500-3000 лет до н.э. Эта система является аддитивной непозиционной десятичной. Числа в ней получаются в виде сумм рядом стоящих цифр.

Более совершенными были алфавитные системы - ионийская, еврейская, славянская, арабская, грузинская, армянская. Наиболее ранняя из них - ионийская, V век до н.э. В алфавитных системах числа от 1 до 9, десятки и сотни обозначались буквами алфавита с отличительной чертой. Арифметические операции в этих системах выполняются значительно легче, чем в аддитивных непозиционных.

Наиболее ранней из позиционных систем счисления была вавилонская, возникшая за 2000 лет до н.э. Позиционной с основанием 20 была система, которой пользовалось индейское племя майя в Центральной Америке. Ее возникновение относится к середине I тысячелетия н.э.

Современная десятичная система счисления возникла в Индии не позднее V в. н.э. До этого времени в Индии применялись аддитивные и мультипликативные системы. Вскоре после возникновения десятичная система была заимствована другими народами, в том числе и арабами. Появление ее в Европе связано с переводом арабских рукописей. В России замена алфавитной системы на десятичную позиционную произошла в начале XVIII в.

Достоинство позиционной системы - компактность записи, недостаток - наличие переносов при выполнении арифметических операций с числами.

В позиционных системах счисления различают однородные и неоднородные (смешанные) системы.*Однородная* - это система, в которой количество допустимых символов всех разрядов одинаково. *Неоднороднаясистема* - это система, в которой количество допустимых цифр для разных разрядов различно. Например, система измерения времени: в разряде часов 24 символа, в разрядах минут и секунд - 60.

В вычислительной технике нашли применение в основном однородные позиционные системы счисления со значением основания $n = 1$ (унитарная), 2, 3, 8, 10, 16. Наиболее широко используется двоичная система. Есть машины с троичным представлением чисел. Используется также смешанная однородная двоично-десятичная система.

Вернемся к однородной позиционной системе счисления. Запись числа в такой системе можно представить следующим образом:

$$A = a_{m-1}a_{m-2} \dots a_k \dots a_1a_0, a_{-1} \dots a_{-k},$$

т.е. в виде последовательности цифр. Позиции с индексом k называются разрядами числа.

Число получается в виде суммы:

$$A = [a_{m-1}N^{m-1} + a_{m-2}N^{m-2} + \dots + a_1N + a_0 + a_{-1}N^{-1} + \dots + a_{-l}N^{-l}],$$

где N - основание системы, m - позиция.

Основание системы счисления определяет и ее название: десятичная, двоичная и др.

В ЭВМ наиболее просто реализуются процессы выполнения арифметических и логических действий над числами в двоичной системе, так как:

• в ЭВМ используются логические элементы с двумя устойчивыми состояниями;

• для реализации двоичных чисел требуется меньшее количество элементов по сравнению, например, с десятичной (наиболее экономная в этом смысле троичная система);

• в двоичной системе просто реализовать арифметические и логические операции над числами.

Обычно при арифметических операциях числа имеют одинаковое количество разрядов. Однако для увеличения точности в машинах может предусматриваться увеличение разрядов в 2 раза. Наибольший интерес представляет выполнение операций умножения и деления.

В запоминающем устройстве ЭВМ числа хранятся в прямом коде, где старший разряд определяет знак числа - 0 для положительных и 1 для отрицательных чисел соответственно. Операции алгебраического сложения или вычитания осуществляются с учетом знаков, при этом одно из чисел представляется в обратном (дополнение двоичного числа в прямом коде до максимально возможного в данном количестве разрядов) или дополнительном коде (обратный код + 1). При отсылке результатов в запоминающее устройство производится преобразование обратного и дополнительного кодов в прямой.

При умножении цифровая часть числа и знаковая разделяются в операции. Знак анализируется отдельно, а цифровые части рассматриваются как абсолютные числа.

Процесс перемножения цифровых частей сомножителей заключается в поразрядном умножении цифровой части множимого на каждую цифру множителя. При этом умножение может производиться со сдвигом множимого или сумм частных произведений как влево, так и вправо. Сдвиги влево происходят в случае, если умножение осуществляется с младшего разряда множителя, вправо - если оно начинается со старшего.

Процесс деления в машинах состоит из последовательности операций вычитания и сдвигов, во многом аналогичен делению вручную. В то же время процесс машинного деления имеет специфические особенности. Одна из них - представление делителя в дополнительном или обратном коде при вычитании его из делимого или остатков.

Другая особенность заключается в том, что перед каждым очередным вычитанием обычно сдвигается на разряд влево остаток, получаемый на предыдущем шаге деления, а не делитель вправо, как это делается вручную. Существует два метода деления: с восстановлением остатка и без восстановления остатка. Если при делении с восстановлением остатка очередной остаток отрицательный, то для получения следующего разряда частного восстанавливается предыдущий положительный остаток путем прибавления делителя к отрицательному остатку. Восстановленный остаток сдвигается на один разряд влево, и теперь уже из него вычитается делитель.

При втором методе деления отрицательный остаток не восстанавливается. Для определения очередного разряда частного отрицательный остаток сдвигается на один разряд влево, и к нему прибавляется делитель. Поскольку сдвиг двоичного остатка на один разряд влево соответствует в этом случае умножению его на 10_2, то прибавление к сдвинутому отрицательному остатку делителя равносильно вычитанию делителя для предварительно восстановленного и сдвинутого остатка, следовательно, при таком способе продолжения деления восстановление остатка происходит автоматически.

Знак определяется аналогично умножению и добавляется после.

Арифметические операции над числами с плавающей запятой отличаются от предыдущих тем, что здесь вводятся операции над порядками - как с целью определения порядка результата, так и для подготовки мантисс, например к сложению и вычитанию.

При выполнении операции сложения коды чисел при выборе из запоминающего устройства разделяются на порядки и мантиссы, затем они поступают в различные схемы арифметико-логического устройства. В схемах, оперирующих с порядками, они сравниваются. Наиболее просто это осуществляется, если вместо истинных порядков используются характеристики. Если порядки слагаемых неодинаковы, то осуществляется выравнивание порядков путем сдвига вправо мантиссы числа с меньшим порядком и, соответственно, увеличением последнего. Поскольку мантиссы представляются меньшими единицы, то чтобы не получить мантиссы больше единицы, порядки следует выравнивать в сторону большего порядка.

Таким образом, сложение чисел с разными порядками состоит из трех этапов:

- выравнивания порядков слагаемых;
- сложения мантисс;
- нормализации результата (значение мантиссы принимает значение от 0,1 до 1).

Мантиссы слагаемых с выровненными порядками складываются аналогично сложению чисел с фиксированной запятой. Для представления отрицательных мантисс используют дополнительный и обратный коды.

Результат алгебраического сложения может превысить максимально возможное число, которое может быть представлено в машине. В этом случае возникает сигнал прерывания или аварийный останов.

При вычитании в машине производится вычитание чисел с разными порядками или алгебраическое сложение чисел с разными знаками.

Это производится аналогично сложению в три этапа:

- выравнивание порядка;
- вычитание мантисс;
- нормализация результата.

Перед выравниванием порядка анализируется знак вычитаемого и меняется на обратный. Далее все делается, как при сложении.

При операции умножения перемножение мантисс чисел, представленных в форме с плавающей запятой, выполняется аналогично умножению чисел, представленных в естественной форме с фиксированной запятой. Порядок произведения определяется путем суммирования порядков сомножителей.

В общем случае процесс умножения состоит из следующих этапов:

- определение знака произведения путем сложения знаковых разрядов мантисс сомножителей;
- определение порядка произведения;
- перемножение мантисс;
- нормализация результата.

При делении чисел, представленных в полулогарифмическом масштабе, мантисса частного определяется путем деления мантисс делимого на мантиссу делителя, а порядок частного - вычитанием порядка делителя из порядка делимого. Деление мантисс

выполняется точно так же, как и деление чисел с фиксированной запятой, выраженных в виде правильных дробей.

В общем случае процесс деления в машинах с плавающей запятой состоит из следующих этапов:

- определение знака частного;
- определение порядка частного;
- деление мантисс;
- нормализация результата.

ГЛАВА 2. ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

2.1. ТЕКСТОВЫЕ РЕДАКТОРЫ

Введение

Общее название программных средств, предназначенных для создания, редактирования и форматирования простых и комплексных текстовых документов - текстовые процессоры. В настоящее время наибольшее распространение имеет текстовый процессор Microsoft Word (MS Word). Это связано прежде всего с тем, что разработчики предусмотрели локализацию программы в России путем включения в нее средств поддержки работы с документами, выполненными на русском языке.

Возможности MS Word

В основном текстовый процессор предназначен для работы с текстом, но это не исключает работу с графикой. Под графикой подразумеваются рисованные картинки, фотографии, а также фигуры, создаваемые вручную. Встроенный редактор формул позволяет строить самые сложные математические и химические формулы.

Кроме всего перечисленного в MS Word имеется множество дополнительных функций, ускоряющих и облегчающих работу с текстом:

- расстановка переносов;
- изменение масштаба просмотра документа;
- автоматическая нумерация страниц;
- создание границ вокруг текста и страниц;
- обтекание текстом изображений;
- разработка своего стиля и использование его в дальнейшем для быстрого форматирования текста;
- поддержка нескольких словарей для проверки правописания;
- работа с макросами;
- поддержка нескольких окон;
- удобная справочная система;
- проверка орфографии, грамматики и синтаксиса;
- настройка панелей инструментов (добавление и удаление кнопок и команд);
- возможность предварительного просмотра перед печатью;
- настройка параметров страницы и поддержка нестандартных форматов бумаги;

• вставка специальных символов.

Основные объекты и приемы работы с MS Word

Любой текст, набранный в MS Word, называется *документом*. Каждый документ получает свое собственное имя.

Окно - прямоугольная область, в которой располагается активный документ.

При работе с компьютером наиболее часто используется манипулятор *«мышь»*. Выражение «Щелчок» означает одинарное нажатие кнопки мыши. «Двойной щелчок» - соответственно два поочередных быстрых нажатия кнопки.

В большинстве случаев используют левую кнопку мыши; правую кнопку применяют в основном для вызова контекстного меню с дополнительными функциями.

Все перемещения по столу мыши на экране повторяет так называемый *указатель.* Основная (но не единственная) его форма - стрелка.

Ввод текста с клавиатуры называется *набором,* а вывод на принтер - *печатью.*

Запуск MS Word

Существует несколько способов запуска MS Word, как и любого другого приложения, работающего под управлением операционной системы Windows. Запустить MS Word можно одним из перечисленных ниже способов.

1. Выбрать соответствующую команду в стартовом меню (Пуск→Программы→Microsoft Word).

2. С помощью ярлыка MS Word, расположенного на рабочем столе.

3. С помощью кнопки MS Word, расположенной на одной из панелей быстрого запуска Панели задач.

Если необходимо не только запустить MS Word, но и открыть документ, можно использовать программу Проводник:

1) запустить Проводник любым известным способом;

2) открыть папку, содержащую требуемый файл MS Word, и дважды щелкнуть по его значку левой клавишей мыши.

Можно использовать меню Пуск→Документы. В появившемся на экране списке содержатся наименования документов, с которыми пользователь работал в последнее время. Щелкнуть мышью по наименованию требуемого документа.

Структура окна MS Word

Главное окно MS Word, содержащее пустой документ, показано на рис. 2.1.

Главное окно можно разделить на пять основных областей:

1) строка заголовка;

2) строка меню;

3) панели управления;

4) рабочая область;

5) строка состояния.

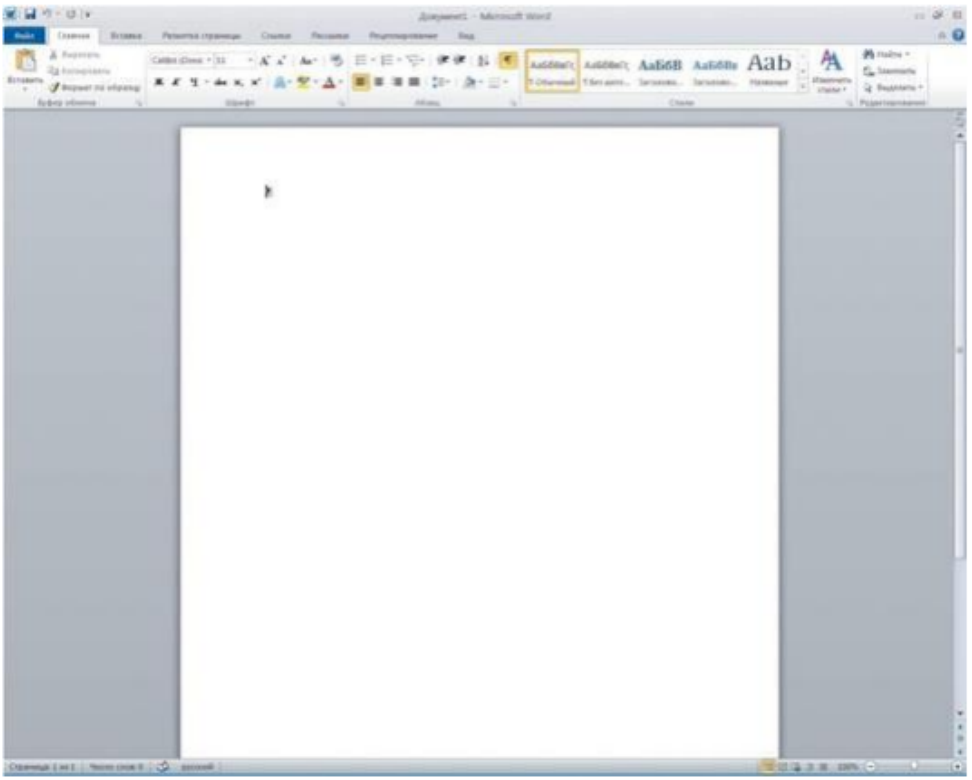


Рис. 2.1. Главное окно редактора MS Word

Строка заголовка

Строка заголовка, помимо заголовка приложения, содержит кнопку системного меню и кнопки управления окном. Команды системного меню в основном дублируют кнопки управления (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Кнопки управления размером окна

Кнопка	Назначение
	Свернуть окно в Панель задач
	Полноэкранное представление окна
	Отображение окна в нормальном виде
	Закрытие окна

Строка меню

Строка меню содержит команды основного меню. Все команды являются иерархическими. Это означает, что при выборе одной из таких команд на экране появляется меню следующего уровня. Для ускорения выполнения многих операций существует контекстное меню, оно позволяет выполнить многие операции, не обращаясь к строке меню. Для вызова контекстного меню необходимо нажать правой кнопкой мыши

на объекте в документе, с которым нужно выполнить действие. Содержание меню зависит от того, что вы имеете право выполнить с выделенным объектом в настоящий момент.

Панели инструментов

Панели инструментов предоставляют в распоряжение удобное средство для быстрого выполнения команд и процедур. Для того чтобы выполнить команду или процедуру, представленную на панели инструментов соответствующей кнопкой, достаточно установить курсор мыши на эту кнопку и нажать левую клавишу мыши.

Строка состояния

Строка состояния расположена в нижней части окна. В левой части строки состояния отображается информация о текущем документе.

Кроме того, строка состояния содержит индикаторы режима работы, которые информируют, в каком из режимов редактор работает в настоящий момент. Черный цвет индикаторов соответствует включенному состоянию режима, серый - выключенному.

Контекстное меню

Контекстное меню позволяет выполнять многие из команд, не обращаясь к строке меню. Это средство позволяет ускорить выполнение многих операций. Для вызова контекстного меню необходимо нажать правой кнопкой мыши на том объекте, с которым необходимо произвести действие, или Shift+F10 на клавиатуре. Содержание меню определяется тем, что пользователь делает в данный момент, и включает только самые необходимые команды.

Выход из MS Word

После завершения текущего сеанса работы необходимо выйти из MS Word. Для этого можно воспользоваться одним из следующих способов.

- Выбрать меню Фаил→Выход.
- Выбрать пункт Закрыть в системном меню главного окна MS Word.
- Установить указатель мыши на значок системного меню в главном окне MS Word и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши.
- Нажать кнопку Закрыть в строке заголовка главного окна.
- Нажать Alt+F4 на клавиатуре.

Если в каком-либо из открытых окон содержится несохраненная информация, то MS Word предложит сохранить или не сохранить изменения в документе.

Справочная система MS Word

Подобно большинству наиболее популярных программ, MS Word имеет контекстно-зависимую справочную систему. Это означает, что можно получить справку по использованию средства, с которым идет работа в настоящий момент.

Для получения справочной информации достаточно нажать клавишу F1 в любой момент сеанса работы с MS Word.

Создание и сохранение документов в MS Word

Работа в текстовом процессоре MS Word начинается с создания документа и выполнения следующих операций.

- Ввод текста.
- Редактирование текста.

• Форматирование символов.

• Форматирование абзацев.

• Вставка иллюстраций.

• Вставка сносок.

• Вставка колонтитулов.

• Форматирование страниц.

В текстовом процессоре MS Word принято использовать два метода создания нового документа: на основе готового шаблона или на основе существующего документа. Второй метод проще, но первый более корректен.

Мои документы - традиционная папка для хранения авторских документов в операционных системах Windows.

Избранное - особая логическая папка пользователя, предназначенная для хранения ярлыков Web-страниц.

Web-папки - особые папки, хранящиеся в Web-структурах, например в WorldWideWeb или в корпоративной сети Intranet. В общем случае при использовании Web-папок сохранение документа происходит не на локальном компьютере, а на удаленном Web-сервере.

При необходимости сохранить документ в произвольную папку, не представленную в данном списке, следует выполнить навигацию по файловой структуре с использованием раскрывающей кнопки на правом краю поля Папка.

Специальные средства ввода текста

Текст вводится с помощью алфавитно-цифровых клавиш. Для ввода прописных букв используется клавиша Shift. Если нужно ввести длинный ряд (поток) прописных символов, клавиатуру можно переключить с помощью клавиши Caps Lock.

При вводе текста необходимо соблюдать следующие правила.

• Во всех современных текстовых редакторах переход на новую строку в процессе набора текста происходит автоматически, не требуя ввода специального символа.

• Окончание абзаца определяется нажатием клавиши Enter, что позволяет перейти на новую строку.

• Пробел обязателен после знака препинания; перед знаком препинания пробел не ставится.

• Специальные знаки препинания устанавливаются с помощью комбинаций клавиш (табл. 2.2).

Место документа, в которое происходит ввод текста (точка ввода), отмечается на экране вертикальной чертой, которую называют *курсором.* Не следует путать курсор с указателем мыши, это два разных понятия: указатель - активный элемент управления, а курсор - это только маркер, не выходящий за пределы документа.

Таблица 2.2. Клавиши установки специальных знаков препинания

Знаки	Клавиша или комбинация клавиш
Дефис	<->
Неразрывный дефис	<Ctrl>+<Shift>+<дефис>
Тире	<Ctrl>+<серый минус>
Неразрывный пробел	<Ctrl>+<Shift>+<пробел>

Все операции ввода, редактирования и форматирования текста протоколируются текстовым процессором, и поэтому некоторое количество последних действий можно отменить. Последние действия отменяют комбинацией клавиш CTRL+Z или кнопкой Undo (оборотная стрелка в верхнем меню).

После отмены действия существует возможность вернуться к состоянию, предшествовавшему отмене. Для этого служит кнопка в верхнем меню, следующая за Undo.

После открытия программы MS Word можно сразу начать вводить текст. До тех пор пока файл не сохранен, документ временно находится в оперативной памяти. Для его сохранения необходимо записать его на жесткий диск, воспользовавшись командой Файл→Сохранить.

При первом сохранении документа необходимо указать в окне диалога Сохранить как имя файла, в котором будет храниться документ. В последующих сеансах работы файл можно оставить под тем же именем(ФайлСохранить) или под другим именем (ФайлСохранить как), в том числе на другом внешнем устройстве. Кроме того, для сохранения файла можно воспользоваться кнопкой Сохранить на стандартной панели инструментов или комбинацией клавиш Shift+F12.

Создание документа

При создании нового документа MS Word строит его на основе одного из шаблонов. Шаблон определяет совокупность параметров, с помощью которых будет осуществляться форматирование документа. К этим параметрам можно отнести начертание шрифта, величину полей, установки табуляторов и т.д.

По умолчанию для создания документа используется шаблон «Обычный». Этот шаблон полезен в тех случаях, когда нужен пустой документ и при этом к документу не предъявляется каких-либо специальных требований по оформлению или форматированию.

Основным средством открытия существующего документа MS Word является команда Фаил→Открыть.

По умолчанию окно диалога Открытие документа содержит список документов папки «Мои документы». Необходимо найти нужный документ в соответствующей папке и нажать в окне кнопку Открыть или дважды щелкнуть мышкой по значку документа.

MS Word запоминает место расположения определенного количества последних документов, с которыми работал пользователь. Обычно они внесены в список меню Файл→Последние.

Для открытия недавно закрытого файла нужно открыть меню Файл→Последние и выбрать имя файла из представленного списка.

MS Word позволяет открывать файлы, созданные в других форматах, например, MS Word Perfect, MS Word для DOS, MS Word Star, Works и др. Для этого используется обычный путь: Файл→Открыть, но в строке «Тип файла» нужно выбрать соответствующий тип или указать «Все файлы», тогда в основном окне появится список всех файлов, из которых нужно выбрать нужный.

Иногда возникает необходимость работать с несколькими документами одновременно. Это удобно как при просмотре версий одного документа, когда можно легко скопировать или переместить текст или рисунок, редактировать их, так и при работе с разными документами.

В процессе работы можно открывать уже существующие документы или создавать новые, вывести их на экран одновременно в виде окон или показывать по мере необходимости, используя меню Вид.

Для того, чтобы разделить экран на две части, надо выбрать команду Вид→Разделить, установить указатель мыши на разделительной линии и, передвинув его в нужном направлении, отпустить кнопку мыши. Если нужно увидеть одновременно все открытые документы, выбрать команду Вид→Упорядочить все.

В список меню Окно MS Word вносит все открытые в настоящее время файлы. Кроме того, все открытые документы представлены на Панели задач внизу экрана.

Для сохранения документа необходимо выбрать пункт меню Файл→Сохранить или нажать клавишу F12.

Документ, в который вносятся какие-то изменения, надо также периодически сохранять. Все изменения во время работы находятся в оперативной памяти и не гарантированы от случайностей, одна из которых - сбой питания в электрической сети - в одно мгновение может уничтожить труд, на который потрачено значительное время. Процедура сохранения заключается в следующем: надо установить указатель мыши на кнопку с изображением дискеты и щелкнуть левой кнопкой мыши. Только после этого изменения в документе будут записаны на жесткий диск.

В MS Word предусмотрена возможность автоматического сохранения документа с определенным временным интервалом. При автоматическом сохранении документ будет временно сохранен в специальном, созданном для этого системой рабочем файле. Однако в конце сеанса работы необходимо сохранить файл, как обычно, используя команду Файл→Сохранитъ или Файл→Сохранить как. Таким образом, использование автоматического сохранения не освобождает от сохранения в процессе и в конце работы, зато страхует от потери информации.

После того как работа с документом окончена и файл сохранен, документ можно закрыть. Если открыто сразу несколько документов, необходимо закрыть каждый документ в отдельности.

Редактирование документа

Под редактированием подразумевается внесение каких-либо изменений в существующий документ. Работа с документом в MS Word может осуществляться в одном из следующих режимов.

- Обычный режим.
- Режим разметки страницы.
- Режим схемы документа.
- Режим предварительного просмотра.
- Полноэкранный режим.
- Режим структуры документа.
- Режим главного документа.
- Режим Web-документа.

При редактировании документа используют первые три режима.

Обычный режим обеспечивает наиболее высокую скорость работы с документом. Однако часть элементов оформления в этом режиме оказывается недоступна.

Режим разметки страницы позволяет получить представление о странице документа.

Режим структуры документа предоставляет удобные средства для работы со структурой.

Режим главного документа основан на режиме структуры. Он полезен при работе с большими документами и позволяет оптимизировать некоторые процедуры.

Режим схемы документа специально предназначен для чтения документа с экрана. Это режим MS Word, предлагаемый для применения в Internet. При этом страница делится на две части: схему документа и текст, который представлен более крупными буквами; длина строки изменяется, чтобы помещаться в окне целиком. Схема документа очень удобна для быстрого поиска нужного раздела в большом документе.

Режим Web-документа применяется в Internet.

Все режимы можно сочетать для удобства пользователя, а также применять независимо друг от друга.

Режим *предварительного просмотра* и *полноэкранный режим,* как правило, не используются для редактирования документа.

Основные приемы редактирования

Самые простые операции редактирования сводятся к вставке или удалению символа. Вставка символа осуществляется его непосредственным вводом с клавиатуры. Для удаления символа используются клавиши Delete и Backspace в зависимости от того, требуется удалить символ справа или слева от курсора. Более сложные операции предполагают работу с фрагментами документа, которые могут содержать рисунки, таблицы и другие объекты. В MS Word можно перемещать, копировать и удалять фрагменты документа. Однако прежде чем приступить к операциям с фрагментами, необходимо выделить фрагмент в документе. Для выделения текста можно использовать мышь или клавиатуру.

Мышь удобна при выделении небольших фрагментов текста. С помощью нее можно выделить фрагмент произвольного размера (табл. 2.3).

Выделенный фрагмент текста изменяет свою окраску на инверсную. Для отмены выделения нужно щелкнуть мышью в произвольном месте документа.

Для выделения больших фрагментов, когда осуществляется прокрутка выделяемого текста в окне, такой способ неудобен. В этом случае целесообразно использовать клавиатуру или комбинировать мышь с клавиатурой, что дает более удобные средства выделения. Ниже приведены клавишные команды для выделения текста (табл. 2.4).

Дополнительные средства выделения предоставляет клавиша F8. Каждое нажатие этой клавиши расширяет фрагмент выделения текста (табл. 2.5).

Таблица 2.3. Выделение фрагментов текста с помощью манипулятора «мышь»

Для выделения...	Выполнить действие
Слова	Двойной щелчок мышью по требуемому слову
Строки	Установить указатель мыши напротив выделяемой строки слева от документа, вне его пределов. Указатель изменит вид на наклонную стрелку, указывающую на нужную строку. Нажать кнопку мыши
Абзаца	Установить указатель мыши у выделяемого абзаца слева от документа, вне его пределов. Дважды нажать кнопку мыши
Фрагмента	Установить указатель мыши в начале фрагмента. Нажать кнопку мыши и, не отпуская ее, переместить указатель в конец фрагмента. Для

произвольного размера	завершения выделения отпустите кнопку мыши

Таблица 2.4. Выделение текста с помощью клавиатуры

Для выделения...	Нажать
Слова	Shift+Ctrl + -> (или <-)
Текста до начала строки	Shift+Home
Текста до конца строки	Shift+End
Расширить (или сузить) выделение фрагмента на одну строку	Shift+«стрелка вверх» или «стрелка вниз»
Фрагмента до начала документа	Shift+Ctrl+Home
Фрагмента до конца документа	Shift+Ctrl+End

Таблица 2.5. Выделение текста с помощью клавиши F8

Для выделения...	Нажать F8
Слова	2 раза
Предложения	3 раза
Абзаца	4 раза
Главы	5 раз
Всего документа	6 раз

Для отмены режима выделения необходимо нажать клавишу Esc.

Довольно часто при редактировании документа приходится удалять фрагмент документа. В MS Word эта процедура выполняется достаточно просто. Ниже приведены клавиши, предназначенные для удаления отдельного слова или символа (табл. 2.6).

Таблица 2.6. Способы удаления слова или символа

Для удаления...	Нажать клавиши
Символа справа от курсора	Delete
Символа слева от курсора	Backspace
Следующего слова	Ctrl+Delete
Предыдущего слова	Ctrl+Backspace

Для удаления фрагмента документа необходимо выделить его, воспользовавшись любым из известных способов, а затем нажать клавишу Delete или Backspace.

Перемещение и копирование фрагмента документа

Наиболее простой способ перемещения и копирования фрагмента документа, содержащего текст и другие объекты, - способ, называемый Перенести-и-оставить. Этот способ предполагает выполнение следующей последовательности действий.

1. Выделить требуемый фрагмент.

2. Установить указатель мыши в пределах выделенного фрагмента.

3. Нажать кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, переместить фрагмент в требуемое место. При нажатии кнопки мыши указатель принимает вид наклонной стрелки, на нижнем конце которой расположен пунктирный прямоугольник; в процессе

перемещения в документе отображается пунктирная вертикальная черта, указывающая то место, которое займет фрагмент, если в этот момент будет отпущена кнопка мыши.

4. Для завершения перемещения отпустить кнопку мыши. Копирование фрагмента осуществляется аналогичным образом, но перед нажатием мышью выделенного фрагмента необходимо нажать клавишу Ctrl и удерживать ее до тех пор, пока фрагмент не будет скопирован.

Для переноса фрагмента на большое расстояние этот способ становится неудобным. Необходимо поступить следующим образом.

1. Выделить требуемый фрагмент.

2. Нажать клавишу F2.

3. Установить указатель мыши в то место, куда нужно переместить фрагмент.

4. Нажать Enter.

Копирование фрагмента отличается тем, что вместо клавиши F2 следует нажать Shift+F2.

Для копирования и перемещения текста можно воспользоваться буфером обмена.

Буфер обмена представляет собой область временного хранения информации. Это средство MS Office. С помощью буфера обмена можно:

• вырезать фрагмент документа, содержащий текст и другие объекты, из одного места и вставить в другое место;

• перенести целый документ или его часть в другой документ;

• скопировать фрагмент в буфер, не удаляя его из документа, что позволяет многократно использовать его в различных местах документа и в других документах.

Специальные средства редактирования

Помимо простейших средств, описанных выше, в процессе редактирования можно использовать инструмент поиска и замены, который позволяет найти в документе нужное место или формат, а также осуществить контекстную замену всех вхождений указанных символов.

Немаловажный вопрос редактирования - проверка орфографии, грамматики и стиля.

На заключительном этапе редактирования возможно выполнение переноса слов, позволяющего более компактно расположить текст в документе.

С помощью инструмента поиска-замены можно найти и заменить не только фрагменты текста, стили оформления или абзацы. Этот инструмент полезен и в тех случаях, когда в документе использовались иностранные слова, термины, команды и фразы, которые необходимо заменить русскими словами.

Проверка правописания облегчает работу над документом, но ни одно средство проверки правописания не избавляет от внимательной проверки документа на заключительном этапе работы.

Перенос слов целесообразно выполнять на завершающей стадии редактирования. Разделение слов для переноса в документе может осуществляться автоматически или вручную. В режиме автоматического переноса в новом документе MS Word разделяет слова в тексте по мере ввода, без участия пользователя. Недостаток автоматического переноса - отсутствие контроля при переносе слов. Принудительный перенос позволяет осуществить контроль, предлагая варианты для переноса и предоставляя возможность решить, где именно он будет выполнен.

Форматирование символов

Форматирование символов включает в себя установку различных параметров шрифта, интервалов между символами и смещений. С помощью этих средств можно выделить в документе наиболее важные места (например, заголовки). Кроме того, существуют дополнительные средства, позволяющие устанавливать отображение символов малыми прописными буквами, в виде верхних и нижних индексов. Помимо этих средств форматирования, при работе над документом могут быть использованы специальные символы шрифтов, которые позволяют внести разнообразие в оформление документа.

В понятие шрифта входят параметры: тип и размер шрифта, начертание, цвет, специальные эффекты.

Существует множество разнообразных шрифтов, предназначенных для различных целей. Для каждого конкретного случая принято использовать шрифты определенного размера: для основного текста обычно выбирают размер 10-12 пт, для заголовков - более крупные размеры (14 пт и выше), для сносок и примечаний - 8 пт.

При работе с текстом пользователь неизбежно сталкивается с понятием абзаца. Абзац - это фрагмент текста или графики, ограниченный символом абзаца. Знак абзаца (или маркер абзаца) - непечатаемый символ, который содержит все параметры форматирования соответствующего абзаца. Таким образом, абзац также является объектом форматирования.

При форматировании абзаца оперируют следующими понятиями.

Отступ - устанавливает расстояние текста абзаца (или только первой строки) от поля страницы.

Выравнивание текста - распределение текста на строке.

Табуляция - применяется для создания фиксированного отступа в начале первой строки каждого абзаца, а также позволяет оформить текст в несколько выровненных колонок.

Междустрочный интервал - позволяет установить расстояние между строками абзаца.

Кроме междустрочного интервала, можно установить расстояние перед абзацем и после него.

Границы, заливка и узор - предназначены для создания дизайна абзаца.

При создании новых абзацев на них распространяются все установленные параметры форматирования абзаца для данного стиля. Это происходит при каждом нажатии клавиши Enter.

Символы абзаца можно вывести на экран или спрятать в зависимости от действий, выполняемых в настоящий момент. При редактировании текста целесообразно установить режим, при котором символы абзаца будут отображаться на экране.

Для выполнения этой процедуры можно воспользоваться стандартной панелью управления или клавиатурой:

- нажать кнопку Отобразить все знаки  на панели инструментов;
- нажать комбинацию клавиш Ctrl+Shift+*.

Оба эти способа являются переключателями, повторное нажатие комбинации клавиш или кнопки на стандартной панели инструментов приведет к исчезновению с экрана всех непечатаемых символов.

Правила оформления различных документов иногда требуют наличия в документах списков. Принято выделять три типа списков.

• Маркированные списки (или списки-бюллетени) используются при перечислении или выделении отдельных фрагментов текста. В качестве примера можно указать на данный фрагмент текста, оформленный с помощью средств маркированного списка.

• Нумерованные списки полезны в тех случаях, когда нужно определить порядок изложения.

• Многоуровневые (или иерархические) списки, т.е. имеющие несколько уровней. В таких списках допустимы как нумерованные элементы, так и символы маркера.

Использование стилей для форматирования документа.

Стиль - это совокупность параметров форматирования, имеющая свое название.

Для того чтобы текст был удобен для чтения, его необходимо отформатировать следующим образом: выделить заголовки, оформить подзаголовки в соответствии с их уровнем, выполнить подписи к рисункам и таблицам, выделить новые термины, примечания, установить колонтитулы и т.д. Форматировать каждый из элементов вручную долго и неэффективно. С помощью же стилей можно установить несколько параметров форматирования за один шаг. При этом для каждого из элементов оформления можно установить собственный стиль, который будет иметь уникальное наименование. Достаточно установить требуемые стили, а затем каждый раз просто выбирать из списка необходимый. Использование стилей позволяет повысить эффективность и ускорить выполнение работы.

В MS Word стиль может быть применен как к целому абзацу, так и к нескольким символам.

В качестве основного стиля, установленного по умолчанию, используется стиль «Обычный». Этот стиль применяется для основного текста любого документа и служит основой для создания других стилей. Параметры форматирования можно узнать из описания стиля, содержащегося в окнах диалога Стиль, Изменение стиля, Создание стиля, Организатор. Все перечисленные выше окна диалога содержат раздел Описание, в котором представлены все параметры формата.

Оглавление

Оглавление можно создать с помощью встроенных стилей форматирования, предлагаемых MS Word. Создание оглавления сводится к сбору тех заголовков, которым назначены стили Заголовок 1-Заголовок 9. Поэтому перед составлением оглавления следует убедиться, что заголовкам разделов, глав и параграфов назначены именно эти стили.

В набор заголовков документа редко включают заголовки всех уровней. Оглавление, содержащее названия всех частей документа, может выглядеть слишком громоздким. С другой стороны, оглавление, содержащее только заголовки верхнего уровня, дает слишком мало информации о содержании документа.

Автоформат

Автоформат может форматировать документ без участия пользователя. MS Word производит анализ документа, идентифицирует отдельные элементы, а затем форматирует текст, применяя стили подключенного шаблона.

Автоформатирование можно производить как по мере ввода текста, так и после его ввода. При этом пользователь оставляет за собой право принять или отвергнуть форматирование, произведенное с помощью автоформата. Кроме того, можно частично принять внесенные изменения, а от части их отказаться.

Автоформатирование в процессе ввода - одно из наиболее удачных средств, облегчающих создание документа.

При автоматическом форматировании документа MS Word производит следующие изменения:

- к каждому абзацу применяется стиль;
- удаляются лишние маркеры абзацев;
- отступы, сделанные с помощью клавиши Tab, заменяются на отступы абзацев;
- вместо звездочек (*), дефисов (-) или аналогичных символов, используемых для обозначения маркированных списков, вставляются символы бюллетеня;
- символы (c), (r) и (тм) заменяются на символы из установленного шрифта: символ авторского права, символ зарегистрированного товарного знака и символ товарного знака ©, ® и ?.

С помощью кнопки Автоформат можно быстро отформатировать текст и, если результат неудовлетворителен, можно отменить автоформатирование нажатием кнопки Отменить.

Форматирование страниц документа

В документе или печатном издании страница оформляется по определенным правилам. Обычно на странице имеются поля: боковые, верхнее и нижнее. Боковые поля могут использоваться под переплет или для заметок. Верхнее или нижнее поля обычно содержат колонтитул. В колонтитуле можно поместить номер страницы, дату создания, название главы, документа и т.д.

Средства разметки страницы предоставляют следующие возможности:

- установка конца раздела;
- установка конца страницы или абзаца;
- установка ширины полей;
- изменение размеров листа;
- создание верхних и нижних колонтитулов;
- нумерация страниц;
- вертикальное выравнивание на странице;
- разбивка текста на колонки.

Для того чтобы эти средства форматирования могли применяться к фрагменту документа, предусмотрена разбивка на разделы. Разбив документ на разделы, их можно по-разному оформить (например, установить различные размеры полей в разделах, использовать для таблиц альбомную ориентацию страницы, в некоторых разделах разбить текст на колонки).

Колонтитулы

Колонтитул - обычный элемент оформления документа, расположенный в верхнем поле страницы (верхний колонтитул), либо в нижнем (нижний колонтитул).

В колонтитул могут быть вынесены название документа, название главы, нумерация страниц, имя автора, дата создания, сноски и т.п. Колонтитул также может содержать графику (например, логотип фирмы).

Нумерация страниц

Любым документом удобнее пользоваться, если в нем пронумерованы страницы. В MS Word можно вставить номера страниц, которые будут оформлены в виде верхних или нижних колонтитулов. При работе с номерами страниц можно пользоваться всеми средствами, предназначенными для работы с колонтитулами.

Создание колонок

В MS Word можно создавать различные варианты колонок: одинаковой ширины, разной ширины, одинаковой длины, разной длины, с разделителем, со встроенными рисунками.

Во всех случаях речь идет о колонках газетного типа, т.е. таких, в которых текст по завершении одной колонки переходит в другую.

В обычном режиме просмотра колонки не видны, их можно увидеть только в режиме разметки страницы и режиме предварительного просмотра.

Документ может быть разбит на колонки полностью или частично. На странице можно расположить столько колонок, на сколько хватит места.

Работа с таблицами

В работе с текстовыми редакторами достаточно часто приходится сталкиваться с упорядоченной информацией. Наилучший способ хранения такой информации в документах - таблицы. Таблицами можно пользоваться для представления разнообразных списков, перечней, лабораторных анализов, финансовой информации и решения большого количества других задач. Таблицы могут даже включать в себя иллюстрации для улучшения восприятия информации, содержащейся в таблице.

Для создания таблицы можно воспользоваться командой Вставка→Таблица на стандартной панели инструментов.

Команда Нарисовать таблицу предоставляет в распоряжение альтернативное средство, с помощью которого можно создать таблицу более сложной конфигурации (например, с ячейками разной высоты или различным количеством столбцов на строку). При использовании этой команды можно просто рисовать требуемую таблицу с помощью мыши, как карандашом на бумаге.

Если информация, которую требуется поместить в таблицу, уже присутствует в документе в виде текста, можно преобразовать текст в таблицу. Если таблица содержит числовые значения, можно выполнять вычисления над строками, столбцами или отдельными ячейками таблицы.

Ввод данных (текст или цифры) в таблицу производится с помощью клавиатуры. Если введено больше символов, чем может поместиться в одной строке, MS Word автоматически перенесет символы, которые не поместились в текущей строке, на следующую строку в той же ячейке.

Наиболее простой способ перемещения по ячейкам таблицы заключается в использовании мыши. Для того чтобы перейти в требуемую ячейку, достаточно

установить на нее указатель мыши и нажать левую кнопку. Ниже приведены клавиши, позволяющие перемещаться по таблице (табл. 2.7).

Таблица 2.7. Комбинации клавиш для перемещения по таблице

Комбинация клавиш	Назначение
Tab	Перемещает курсор вправо на одну ячейку. Добавляет новую строку, если курсор расположен в последней ячейке
Shift+Tab	Перемещает курсор влево на одну ячейку
«стрелка вверх» и «стрелка вниз»	Перемещает курсор в последующую или предыдущую строку соответственно
<-- и -->	Перемещает курсор на один символ в пределах ячейки. Нажатие этих клавиш соответственно в начале и конце ячейки приведет к перемещению в предыдущую или последующую ячейку
Alt+Home и Alt+End	Перемещает курсор в первую или последнюю ячейку строки соответственно
Alt+PgUp и Alt+PgDn	Перемещает курсор в первую или последнюю строку столбца соответственно

MS Word предоставляет средство, с помощью которого можно автоматически изменить ширину столбцов и высоту строк. Для этого предназначена команда Автоподбор, которая позволяет для выбранных строк или столбцов:

- выровнять высоту строк;
- выровнять ширину столбцов;
- выровнять ширину столбцов по содержимому, по ширине окна;
- подобрать фиксированную ширину столбцов.

MS Word позволяет преобразовать содержимое таблицы в абзацы обычного текста, разделенные запятыми, знаками табуляции, маркерами абзацев или другими символами-разделителями. Для этого необходимо выделить строки, которые предполагается преобразовать в текст, или всю таблицу, затем выбрать командуПреобразовать в текст.

При преобразовании текста в таблицу можно использовать текст, уже содержащий символы-разделители (запятые, знаки табуляции или маркеры абзаца), или добавить их перед выделением текста, который требуется преобразовать.

На основании выбранного текста MS Word предлагает создать таблицу с указанным количеством столбцов и строк, а также автоматически устанавливает ширину столбцов и символ-разделитель, который используется при преобразовании выделенного текста в таблицу путем разделения текста на столбцы. Можно признать предлагаемые установки или изменить их по своему усмотрению.

Создание и редактирование графических изображений

В составных документах MS Word часто используется различного вида графика:

- клипы - рисунки из коллекции, созданной производителями программного обеспечения;
- графические объекты, хранящиеся в файлах и созданные специализированными средствами машинной графики;
- графические объекты, созданные с помощью панели инструментов Рисование.

Вставка графических объектов из файлов осуществляется по технологии OLE (англ. Object Linking and Embedding):

• внедрение графических объектов;

• связь с графическим объектом (файлом).

Импорт графических изображений осуществляется в двух вариантах:

• в виде целого графического файла;

• в виде части графического изображения, сохраненного как фрагмент в другом файле.

Редактирование рисунка осуществляется после его выделения. Рисунки векторного типа допускают поэлементное редактирование, для этого выделяют определенные элементы рисунка нажатием левой кнопки мыши и выполняют их графическую настройку (цвет, линия, размер, местоположение). Возможно добавление новых графических элементов, сдвиг всего рисунка за первоначально заданный контур, изменение размеров контура.

Предварительный просмотр и печать документов

Печать документов была и остается одной из важных функций текстовых редакторов.

MS Word позволяет напечатать требуемый документ одним нажатием кнопки на панели быстрого запуска. Однако возможности MS Word, предоставляемые при печати документов, гораздо шире. С его помощью можно:

• осуществить предварительный просмотр одной или нескольких страниц документа;

• напечатать более одной копии документа;

• напечатать отдельные страницы документа;

• напечатать черновую копию без графики (для ускорения печати);

• вывести документ в файл, который впоследствии может быть напечатан без MS Word.

Перед выводом документа на печать целесообразно просмотреть, как он будет выглядеть на бумаге. Это сэкономит время и расходные материалы.

Для просмотра документа можно пользоваться любым из четырех режимов: обычным, разметки страницы, структуры документа и предварительного просмотра перед печатью.

В режиме предварительного просмотра можно выполнить следующие действия.

• Печатать документ в соответствии с опциями, установленными в окне диалога Печать.

• Осуществлять переключение между режимами увеличение/уменьшение (курсор мыши имеет форму увеличительного стекла) и редактирование (стандартная форма курсора).

• Осуществлять просмотр одиночных страниц документа.

• Осуществлять просмотр нескольких страниц документа одновременно.

• Изменить масштаб отображения документа на экране.

• Отобразить/спрятать горизонтальную и вертикальную линейки.

• Сжать документ. Целесообразно использовать в том случае, если последняя страница содержит небольшой объем текста.

• Максимально увеличить область, предназначенную для просмотра документа, за счет удаления с экрана панелей и других элементов.

• Осуществить выход из режима предварительного просмотра. Находясь в режиме предварительного просмотра, можно осуществить печать документа. Для этого надо нажать кнопку Печать.

Для завершения работы в окне предварительного просмотра нажать кнопку Esc.

2.1. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАБЛИЦЫ

Введение

Microsoft Excel (MS Excel) входит в состав системы автоматизации офисной деятельности Microsoft Office (MS Office). Он хорошо взаимодействует с другими программными приложениями, входящими в MS Office. Прежде всего это касается возможности создавать собственные программы, работающие в среде MS Excel. Принципиальное свойство процесса создания таких программных надстроек - использование среды программирования Visual Basic for Applications (VBA), что в конечном счете открывает широкие возможности для решения различных задач.

Особенность электронных таблиц MS Excel - то, что в них структурирование информации начинается непосредственно на этапе ввода данных: с самого начала данные привязываются к структурным единицам таблиц - ячейкам.

Основное назначение MS Excel - обработка таблично организованной информации (данных, представленных в виде строк и столбцов), проведение расчетов и обеспечение визуального представления данных и результатов их обработки (в виде графиков, диаграмм и т.п.).

Важнейшая особенность электронных таблиц - их способность обеспечивать автоматический пересчет и обновление связей при вводе или изменении данных. Как только вводятся новые данные, электронная таблица мгновенно проводит перерасчет по ранее заданным формулам, и информация сразу же обновляется.

Понятие электронной таблицы

Документ приложения MS Excel называется рабочей книгой, или просто книгой MS Excel. Такая книга состоит из листов, которые представляют собой большие таблицы из ячеек с числами и текстовой информацией. Таблицы MS Excel похожи на базы данных, но предназначены не столько для хранения информации, сколько для проведения математических и статистических расчетов.

Книга MS Excel

После запуска программы MS Excel в окне сразу откроется новая рабочая книга (рис. 2.2).

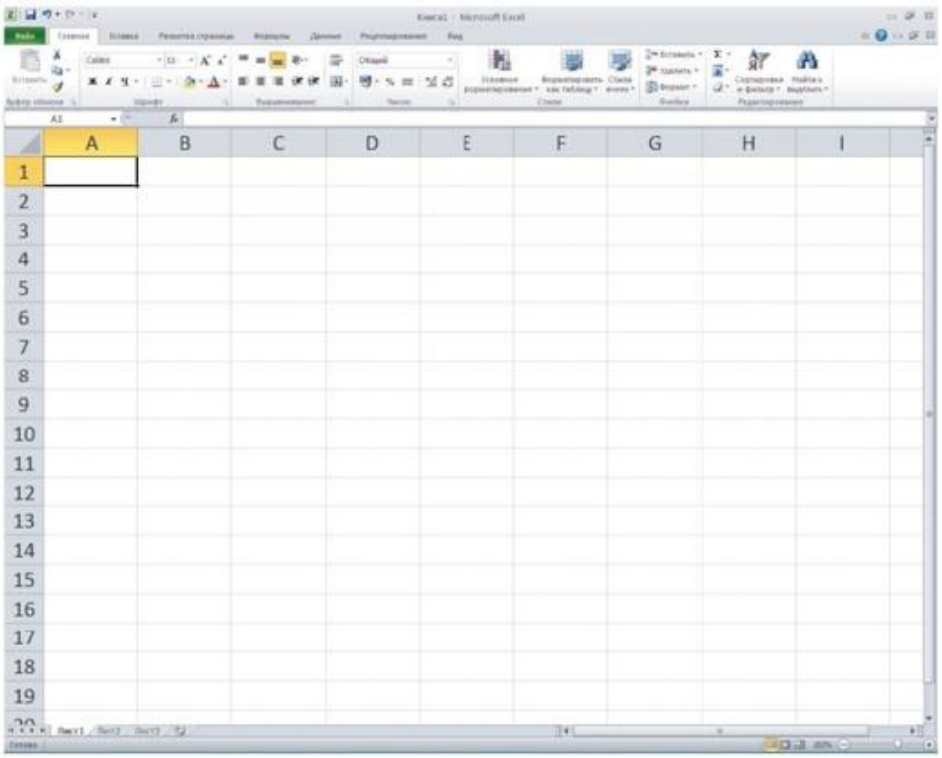


Рис. 2.2. Лист Excel

По умолчанию книга имеет три листа со стандартными именами. Трех листов может не хватить для всех данных, а стандартные названия листов (Лист 1, Лист 2, Лист 3) никак не раскрывают их назначение. Для изменения названия листов необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по корешку Лист 1, выбрать в контекстном меню команду Переименовать и ввести новое имя (например, Пациенты), а для добавления нового листа - выбрать команду Вставить→Лист.

Чтобы сохранить созданную книгу, необходимо выполнить команду Файл→Сохранить. Откроется окно сохранения. В поле Имя файла ввести имя, например «Курсовая работа», и щелкнуть на кнопке Сохранить.

Ввод данных

Электронные таблицы обрабатывают числовые данные, которые размещаются в ячейках листа MS Excel. Столбцы и строки таблицы могут иметь текстовые названия. На листе MS Excel могут также располагаться заголовки, подписи и дополнительные ячейки данных с пояснительным текстом. Ввод информации - это один из первых шагов в построении электронной таблицы.

Откройте созданный файл. Щелкните по ячейке В3 (рис. 2.3) и введите в нее текст, например Январь.

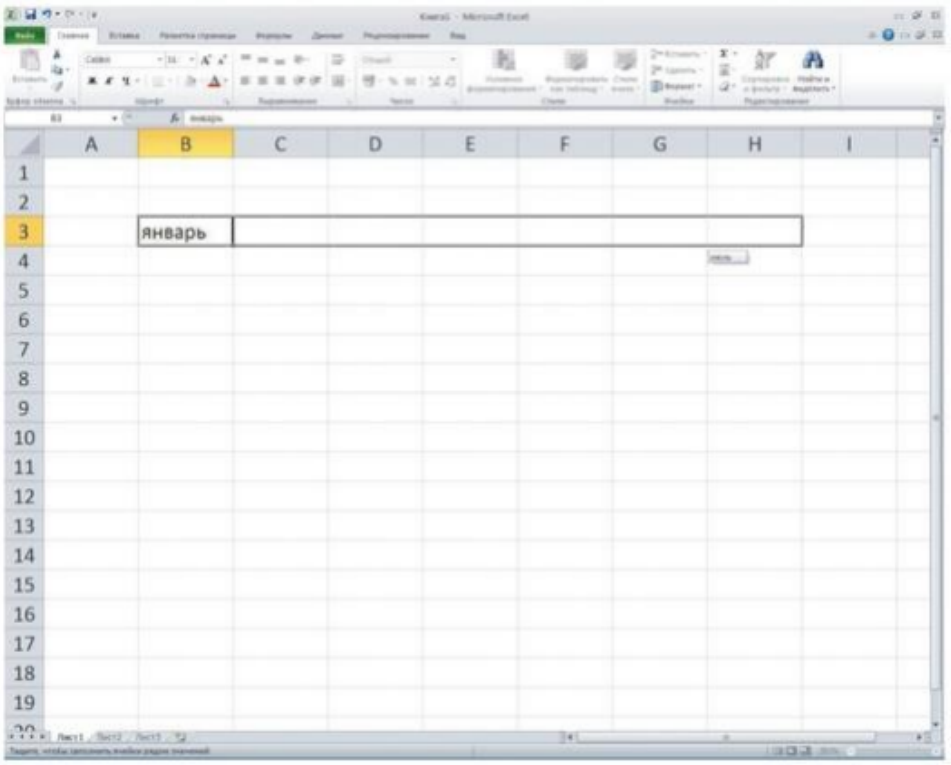


Рис. 2.3. Заполнение ячеек последовательными значениями

MS Excel позволяет автоматически заполнять ячейки листа последовательными, логически связанными значениями.

Поместите указатель на квадратный маркер в правом нижнем углу активной ячейки. Нажмите кнопку мыши и протащите указатель вправо, чтобы рамка охватила ячейки с B3 по H3 (см. рис. 2.3), и отпустите кнопку мыши. Семь ячеек строки заполнятся последовательными названиями месяцев года.

Введите в ячейку A4 число 2002, а в ячейку A5 число 2005. Щелкните на клетке A4.

Нажмите клавишу Shift и щелкните на ячейке A5, чтобы выделить сразу две ячейки.

Для выделения ячеек листа Excel можно пользоваться следующими приемами:

• щелчок по ячейке выделяет ее;

• чтобы выделить прямоугольную область, щелкните на ее угловой клетке, нажмите клавишу Shift и, удерживая ее, щелкните на клетке противоположного угла области либо протащите мышь по диагонали от первого угла области до второго;

• строка или столбец выделяются щелчком на кнопке заголовка строки или столбца;

• чтобы выделить несколько строк или столбцов, протащите мышь по их заголовкам или щелкните на первом заголовке, нажмите клавишу Shift и, удерживая ее, щелкните на последнем заголовке группы;

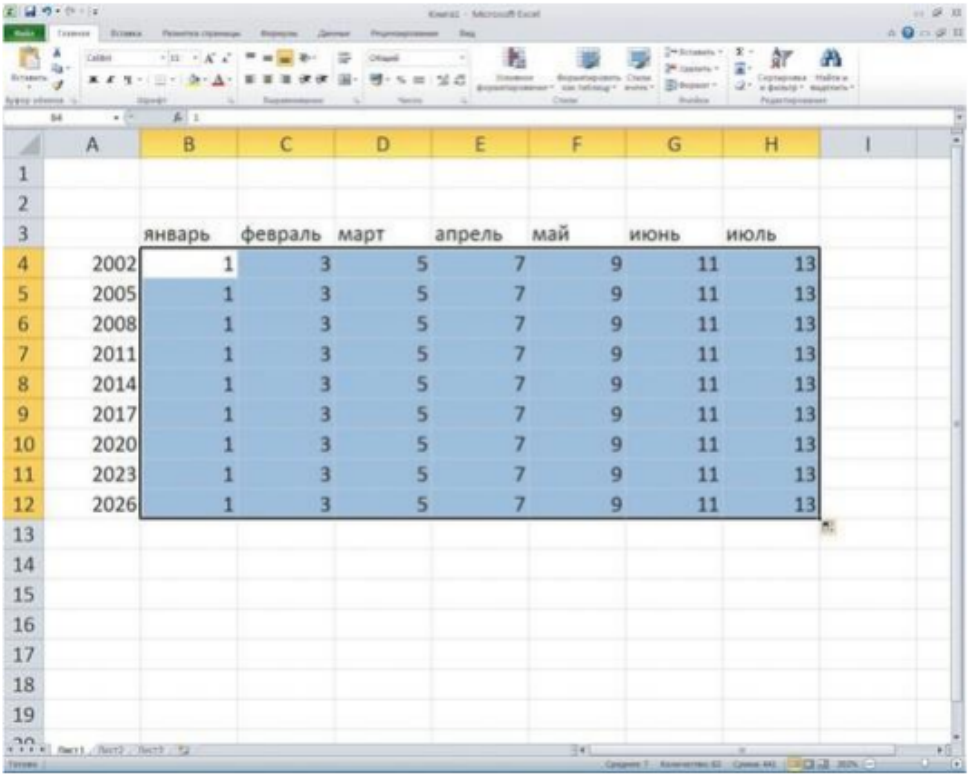
• нажав клавишу Ctrl и щелкая в клетках листа, можно выделить несколько разрозненных ячеек;

• чтобы выделить весь лист, щелкните по кнопке листа, расположенной на пересечении линеек заголовков строк и столбцов.

Протащите угловой маркер рамки выделения вниз, чтобы рамка охватила ячейки с A4 по A12. Указанная серия ячеек будет заполнена последовательными числами с шагом 3, который определяется разницей чисел, введенных в две первые ячейки серии.

Введите 1 в ячейку B4 и 3 в ячейку C4. Выделите эти две ячейки и протащите маркер рамки вправо, чтобы охватить все клетки строки вплоть до H4.

Протащите маркер полученной рамки шириной в 7 клеток вниз, чтобы охватить все строки вплоть до 12-й. Теперь таблица будет выглядеть так, как показано на рис. 2.4. С помощью подобных приемов таблица быстро заполняется исходными значениями, которые позже можно корректировать по мере надобности.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	
4	2002	1	3	5	7	9	11	13	
5	2005	1	3	5	7	9	11	13	
6	2008	1	3	5	7	9	11	13	
7	2011	1	3	5	7	9	11	13	
8	2014	1	3	5	7	9	11	13	
9	2017	1	3	5	7	9	11	13	
10	2020	1	3	5	7	9	11	13	
11	2023	1	3	5	7	9	11	13	
12	2026	1	3	5	7	9	11	13	
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									

Рис. 2.4. Автозаполнение ячеек

Форматирование листа MS Excel

Формат чисел

Поскольку программа MS Excel предназначена для обработки чисел, важную роль играет правильный выбор их формата. Для человека число 10 - это просто единица и ноль. С точки зрения MS Excel эти две цифры могут нести совершенно разную информацию в зависимости от того, обозначают ли они количество пациентов, денежную величину, процентную часть целого или фрагмент заголовка «10 пациентов». Во всех четырех ситуациях это число должно отображаться и обрабатываться по-разному.

MS Excel поддерживает следующие форматы данных:

- общий - текст и числовые значения произвольного типа;
- числовой - наиболее общий способ представления чисел;

• денежный - денежные величины;

• финансовый - денежные величины с выравниванием по разделителю целой и дробной частей;

• дата - дата или дата и время;

• время - время или дата и время;

• процентный - значение ячейки, умноженное на 100 с символом «%» в конце;

• дробный - рациональные дроби с числителем и знаменателем;

• экспоненциальный - десятичные дробные числа;

• текстовый - данные отображаются точно так же, как вводятся и обрабатываются строки, вне зависимости от их содержимого;

• дополнительный - форматы для работы с базами данных и списками адресов;

• заказной - формат, настраиваемый пользователем.

Наиболее распространенные варианты формата данных можно установить с помощью панели инструментов «Ячейки», «Формат» (рис. 2.5).

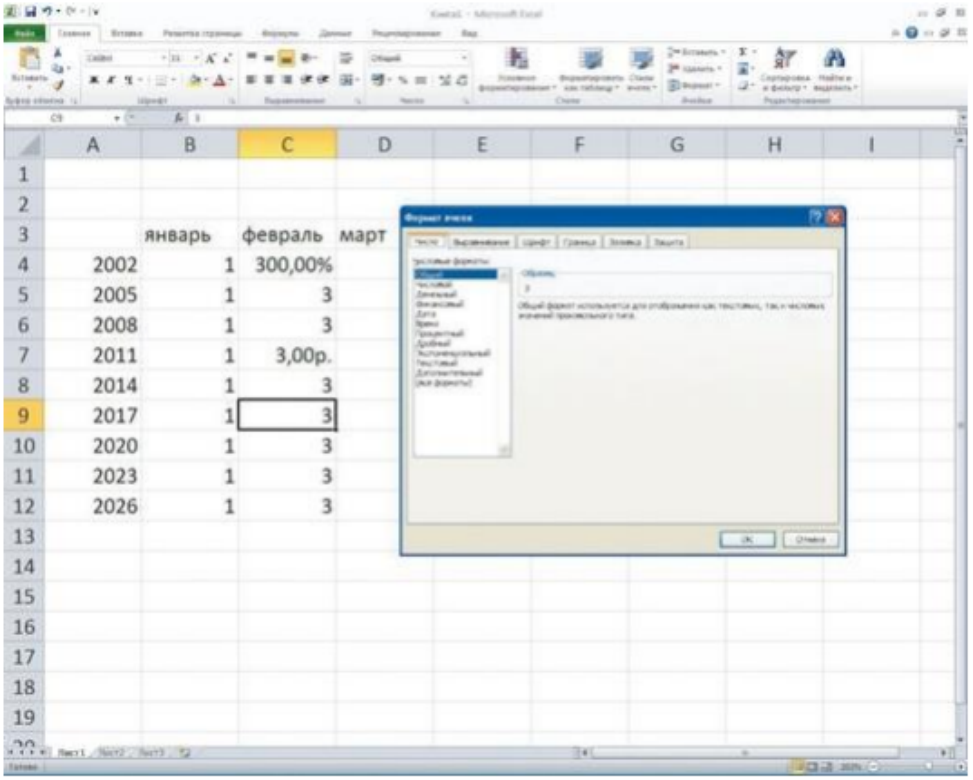


Рис. 2.5. Различные форматы чисел

Щелкните по ячейке С4, а затем по кнопке Процентный формат. Величина клетки С4 будет умножена на 100, и к ней добавится знак «%».

Нажмите клавишу вниз и щелкните по кнопке Денежный формат.

Щелкните по ячейке С6, а затем на кнопке Формат с разделителями. Эта кнопка заставляет числа выравниваться в столбце по разделителю целой и дробной частей.

Выделите ячейку С7 и щелкните по кнопке Увеличить разрядность. Эта кнопка не изменяет основной формат, но добавляет один знак в дробной части числа.

Нажмите клавишу Enter и щелкните по кнопке Уменьшить разрядность. Эта операция убирает один знак дробной части и округляет число. Теперь ячейки с C4 по C9 выглядят совершенно по-разному, хотя исходно в них были введены совершенно одинаковые числа.

Добавление строк и столбцов

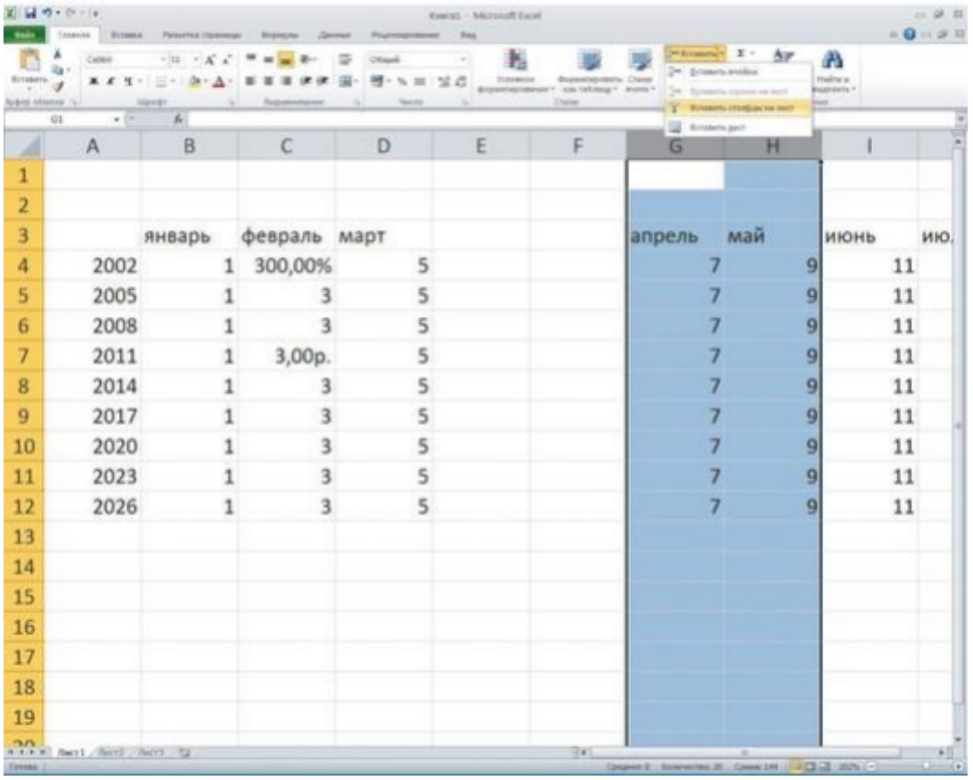
Редко удается сразу построить таблицу с нужной структурой. В процессе разработки листа часто приходится добавлять и переставлять столбцы и строки.

Выделите ячейки E3 и F3 и выберите команду Вставка→Столбцы. Слева от столбца с заголовком, например Апрель, появятся два пустых столбца (рис. 2.6). Их количество соответствует количеству ячеек выделенного блока по горизонтали.

Формулы и Вычисления в MS Excel

Формулы и функции MS Excel способны обрабатывать величины как конкретных ячеек таблицы, так и целых блоков (например, строк или столбцов). Формулы MS Excel могут быть очень сложны, а результат их вычислений, в свою очередь, можно использовать в других расчетах. Неоспоримым преимуществом электронной таблицы является то, что при изменении данных листа результаты вычислений моментально обновляются.

Все вычисления в MS Excel выполняются с помощью формул, которые можно вводить в любые ячейки листа. Если содержимое ячейки начинается со знака равенства «=», MS Excel «считает», что вслед за этим знаком идет формула, и пытается выполнить указанную операцию. Когда это удается, в ячейку с такой формулой выводится результат расчета. Если что-то не так, появляется сообщение об ошибке. Сама формула отображается в ячейке только в том случае, когда ячейка находится в режиме редактирования текста. Если ячейка просто выделена, то ее формула выводится в строке формулы в верхней части окна MS Excel.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1										
2										
3		январь	февраль	март			апрель	май	июнь	ию
4	2002	1	300,00%	5			7	9	11	
5	2005	1	3	5			7	9	11	
6	2008	1	3	5			7	9	11	
7	2011	1	3,00р.	5			7	9	11	
8	2014	1	3	5			7	9	11	
9	2017	1	3	5			7	9	11	
10	2020	1	3	5			7	9	11	
11	2023	1	3	5			7	9	11	
12	2026	1	3	5			7	9	11	
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										

Рис. 2.6. Вставка столбцов

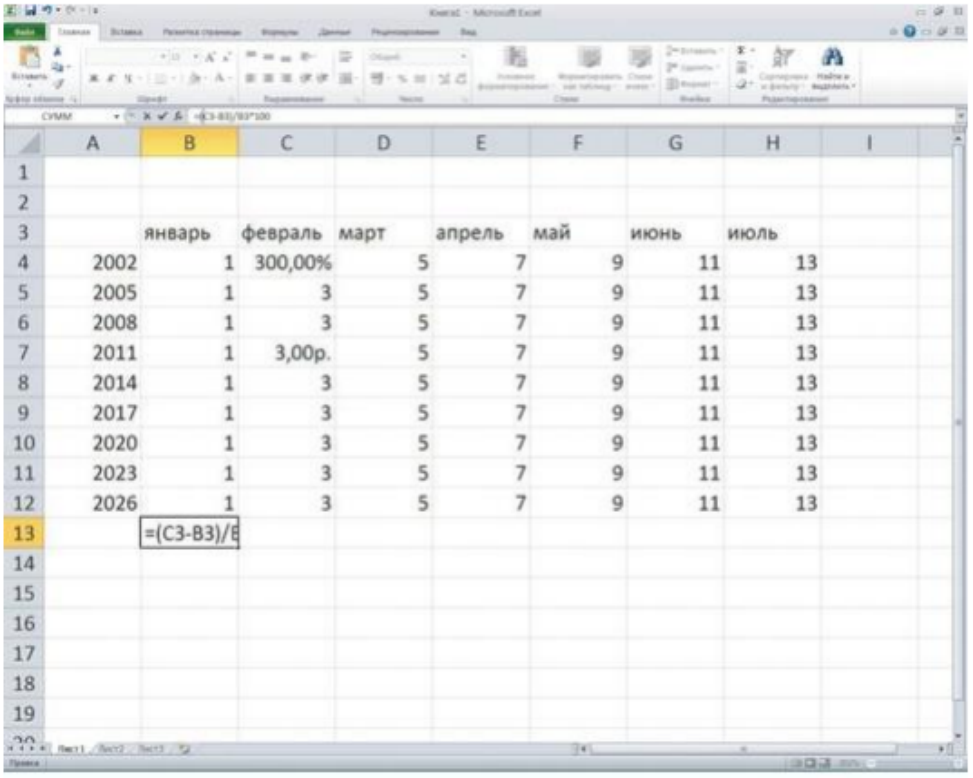
Ввод формулы

Самый простой способ задания формулы - ее непосредственный ввод в строку формул. У этого варианта есть лишь один недостаток - необходимо помнить правила построения формул MS Excel, названия встроенных функций и методы ссылок на ячейки листа.

Щелкните по ячейке B13 и введите формулу =(C3-B3)/B3*100 (рис. 2.7).

Знак равенства указывает программе MS Excel, что ячейка содержит формулу. C3 и B3 - это ссылки на содержимое соответствующих ячеек.

Как видите, в ячейки можно вводить простые арифметические выражения со знаками +, -, *, / и скобками, определяющими последовательность выполнения операций. Необходимо также отметить, что MS Excel поддерживает механизм относительных ссылок на ячейки. Когда формула переносится на одну клетку вправо, точно так же смещаются все ссылки этой формулы (это верно и для смещения формулы в любых других направлениях на любое количество клеток).



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	
4	2002	1	300,00%	5	7	9	11	13	
5	2005	1	3	5	7	9	11	13	
6	2008	1	3	5	7	9	11	13	
7	2011	1	3,00р.	5	7	9	11	13	
8	2014	1	3	5	7	9	11	13	
9	2017	1	3	5	7	9	11	13	
10	2020	1	3	5	7	9	11	13	
11	2023	1	3	5	7	9	11	13	
12	2026	1	3	5	7	9	11	13	
13		=(C3-B3)/B							
14									
15									
16									
17									
18									
19									

Рис. 2.7. Ввод формулы

При смещении ячеек с данными с помощью операций вырезания и вставки ссылки на эти ячейки в имеющихся формулах модифицируются так, что в обновленной таблице в расчетах принимают участие те ячейки, в которые были перемещены исходные данные. В том случае, если необходимо, чтобы знак равенства в начале текста ячейки не воспринимался как индикатор формулы, а интерпретировался как символ, поставьте перед ним одинарную кавычку «'».

Функции MS Excel

MS Excel поддерживает множество стандартных математических функций, которые можно вставлять в формулы, например СУММ (сумма), СРЗНАЧ (среднее значение), СЧЕТ (счетчик) и т.д.

Щелкните по кнопке Вставка функции на панели инструментов Формулы. Откроется окно диалога, показанное на рис. 2.8. Выделив имя одной из функций, можно увидеть ее описание в нижней части окна диалога. Выберите функцию, нажав клавишу «ОК».

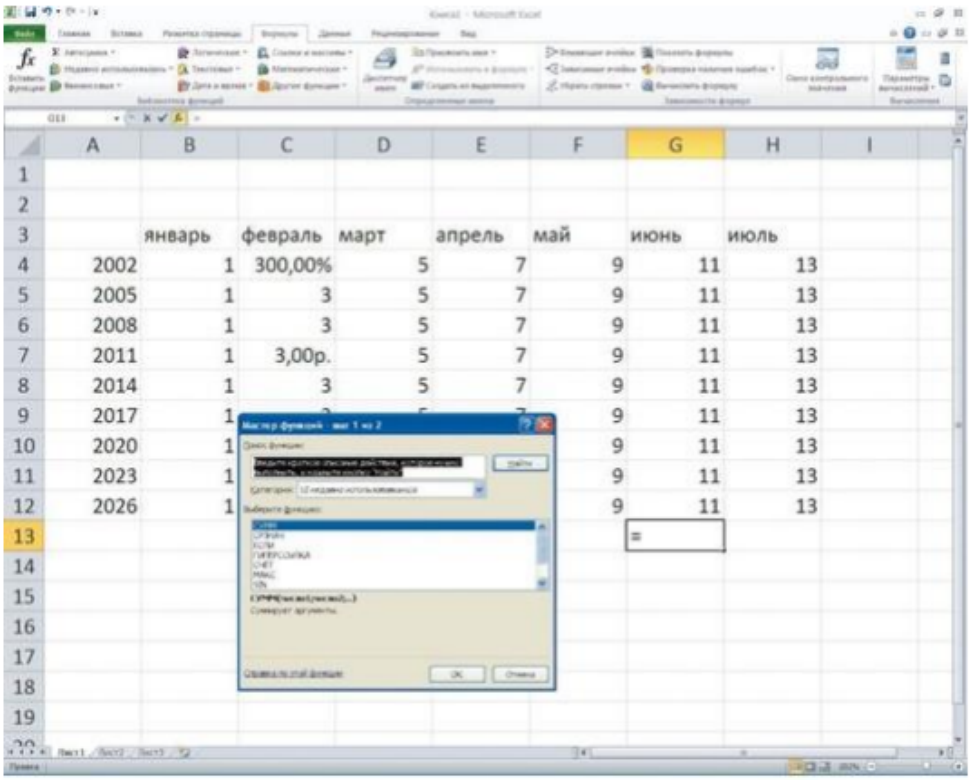


Рис. 2.8. Вставка функции

MS Excel «делит» все функции на следующие категории.

• Финансовые - функции для расчета амортизации имущества, стоимости основных фондов, нормы прибыли, величины выплат на основной капитал и других финансовых показателей.

• Дата и время - операции прямого и обратного преобразования даты и времени в текстовые строки. (Функции этой группы перечислены в табл. 2.8.)

Таблица 2.8. Функции обработки даты и времени

Функция	Описание
ДАТА	Возвращает дату в формате MS Excel
ДАТАЗНАЧ	Преобразует дату из текстового формата в код MS Excel
ДЕНЬ	День месяца заданной даты

Окончание табл. 2.8

ДНЕЙ360	Вычисляет количество дней между двумя датами на основе 360-дневного года
ЧАС	Час времени, заданного аргументом
МИНУТЫ	Минута времени, заданного аргументом
МЕСЯЦ	Номер месяца заданной даты

J-ДАТА	Текущая дата и время в числовом формате
СЕКУНДЫ	Секунда времени, заданного аргументом
ВРЕМЯ	Преобразует время дня в дробное число от 0 до 1
ВРЕМЗНАЧ	Преобразует время из текстового формата в дату в числовом формате
ДЕНЬ	Текущая дата в числовом формате
ДЕНЬНЕД	Номер дня недели заданной даты
ГОД	Год заданной даты

• Математические - математические и тригонометрические функции (некоторые из них приведены в табл. 2.9).

Таблица 2.9. Математические и тригонометрические функции

Функция	Описание
COS, SIN, TAN	Тригонометрические функции
ACOS, ASIN, ATAN, ATAN2	Обратные тригонометрические функции
COSH, SINH, TANH	Гиперболические функции
ACOSH, ASINH, ATANH	Обратные гиперболические функции
LN, LOG, LOG10	Натуральный логарифм, логарифмы по основанию 2 и 10
EXP	Экспонента
НЕЧЕТ, ОКРУГЛ, ОКРУГЛВВЕРХ, ОКРУГЛВНИЗ	Функции округления
ABS	Модуль (абсолютное значение) числа
ГРАДУСЫ	Преобразование радиан в градусы
РАДИАНЫ	Преобразование градусов в радианы
ЦЕЛОЕ	Целая часть числа
ОСТАТ	Остаток от деления
ПИ	Число пи

Окончание табл. 2.9

СТЕПЕНЬ	Возведение в степень
ПРОИЗВЕД	Произведение ряда чисел
СЛЧИС	Возвращает случайное число
РИМСКОЕ	Преобразование арабского числа в римское
КОРЕНЬ	Квадратный корень
СУММ	Сумма ряда чисел
СУММ КВ	Сумма квадратов ряда чисел
ОТБР	Отбрасывает дробную часть

Статистические - функции для расчета среднего значения, дисперсии, статистических распределений и других вероятностных характеристик. (Некоторые статистические функции перечислены в табл. 2.10.)

Таблица 2.10. Статистические функции

Функция	Описание
СРОТКЛ	Среднее абсолютное значение отклонения от среднего
СРЗНАЧ	Среднее арифметическое аргументов
СЧЕТ	Количество чисел в списке аргументов

КБЛДРОТКЛ	Сумма квадратов отклонения от среднего по выборке
СРГЕОМ	Среднее геометрическое набора положительных чисел
МАКС	Максимальное значение списка аргументов
МИН	Минимальное значение списка аргументов
ДИСП	Функция расчета дисперсии
ДИСПР	Стандартное отклонение по выборке

• Ссылки и массивы - операции преобразования ссылки на ячейку в число, расчета ссылок на основе числовых аргументов, вычисления числа строк и столбцов диапазона и других параметров, связанных с адресацией ячеек листа MS Excel.

• Работа с базой данных - функции формирования выборки из базы данных и расчета статистических параметров величин, расположенных в базе данных.

• Текстовые - функции для работы с текстовыми строками. (Часть этих функций перечислена в табл. 2.11.)

• Логические - шесть функций для работы с данными логического типа, т.е. величинами или условиями, принимающими значение «Истина» или «Ложь». (Эти функции перечислены в табл. 2.12.)

• Проверка свойств и значений - функции проверки типа данных аргумента, режима форматирования ячейки, типа сгенерированной ошибки и других специальных условий.

Таблица 2.11. Текстовые функции

Функция	Описание
СИМВОЛ	Возвращает символ с заданным кодом
ПЕЧСИМВ	Удаляет из строки все непечатаемые символы
КОДСИМВ	Код первого символа строки
СЦЕПИТЬ	Объединяет две текстовые строки
СОВПАД	Проверяет идентичность двух строк
ЛЕВСИМВ	Возвращает несколько левых символов строки
ДЛСТР	Количество символов в строке
СТРОЧН	Делает все буквы текста строчными
ПРОПНАЧ	Делает первую букву прописной, а остальные - строчными
ПОВТОР	Повторяет текст заданное число раз
ПРАВСИМВ	Возвращает указанное число правых символов с конца строки
ТЕКСТ	Преобразует число в текст
СЖПРОБЕЛЫ	Удаляет лишние (двойные) пробелы
ПРОПИСН	Делает все буквы прописными
ЗНАЧЕН	Преобразует текстовый аргумент в число

Таблица 2.12. Логические функции

Функция	Описание
И	Логическое умножение
ЛОЖЬ	Возвращает ложное значение

ЕСЛИ	Возвращает одно значение, если условие истинно, и другое, если условие ложно
НЕ	Логическое отрицание
ИЛИ	Логическое сложение
ИСТИНА	Возвращает истинное значение

Некоторые функции, например SIN, имеют только один аргумент, поскольку нельзя вычислить синус сразу двух чисел. Однако многие функции, подобные МАКС, способны обрабатывать практически неограниченные массивы данных. Такие функции могут воспринимать до 30 аргументов, каждый из которых является числом или ссылкой на одну или несколько ячеек. В качестве аргументов могут выступать также арифметические выражения и другие функции, возвращающие значения нужного типа.

Диапазон ячеек

Для ссылки на данные ячеек листа в MS Excel используются имена клеток, состоящие из буквы столбца (или двух букв, если столбцов больше 26) и номера строки (табл. 2.13).

Если в разных формулах часто приходится ссылаться на одну и ту же группу ячеек, особенно если в группу входят разрозненные ячейки из разных областей листа, ей удобно присвоить специальное имя.

Таблица 2.13. Способы ссылки на группы ячеек

Обозначение	Группа ячеек
F3	Ячейка на пересечении столбца F и строки 3
E10:E20	Ячейки с 10-й по 20-ю в столбце E
B15:E15	Ячейки с B по E в строке 15
5:5	Все ячейки строки 5
5:10	Все ячейки строк с 5-й по 10-ю
B:B	Все ячейки столбца B
B:J	Все ячейки столбцов с B по J
A10:E20	Прямоугольная область пересечения строк с 10-й по 20-ю и столбцов с A по E

Поиск ошибок

Иногда при работе с MS Excel возникают ошибки. Это может быть неверно заданный диапазон ячеек, неправильное имя функции или просто пропущенная скобка. MS Excel также зафиксирует ошибку и в случае неверного типа аргумента, например, если в ячейке вместо ожидаемой числовой величины оказалась текстовая. В табл. 2.14 приведен список сообщений об ошибках, которые можно встретить в ячейках при работе с формулами.

Таблица 2.14. Сообщения об ошибках в формулах

Сообщение	Описание ошибки
#####	Ширина ячейки недостаточна для отображения результата вычисления или отрицательный результат вычисления в ячейке, отформатированной как данные типа даты или времени
#ЗНАЧ	Неверный тип аргумента или операнда. Например, указание в качестве аргумента ячейки с текстом, когда требуется число

#ДЕЛ/0	Деление на 0
#ИМЯ	MS Excel не может распознать текст, введенный в формулу, например неверное имя функции
#Н/Д	Данные ячейки одного из аргументов формулы в данный момент недоступны
#ССЫЛКА	Неверная ссылка на ячейку
#ЧИСЛО	Невозможно вычислить результат формулы либо он слишком велик или мал для корректного отображения в ячейке
#ПУСТО	Результат поиска пересечения двух непересекающихся областей, т.е. неверная ссылка

В MS Excel присутствует инструмент автокоррекции формул, который сам исправляет наиболее очевидные ошибки. Например, если в рассматриваемой формуле вы забудете ввести только закрывающую скобку, программа сама добавит ее.

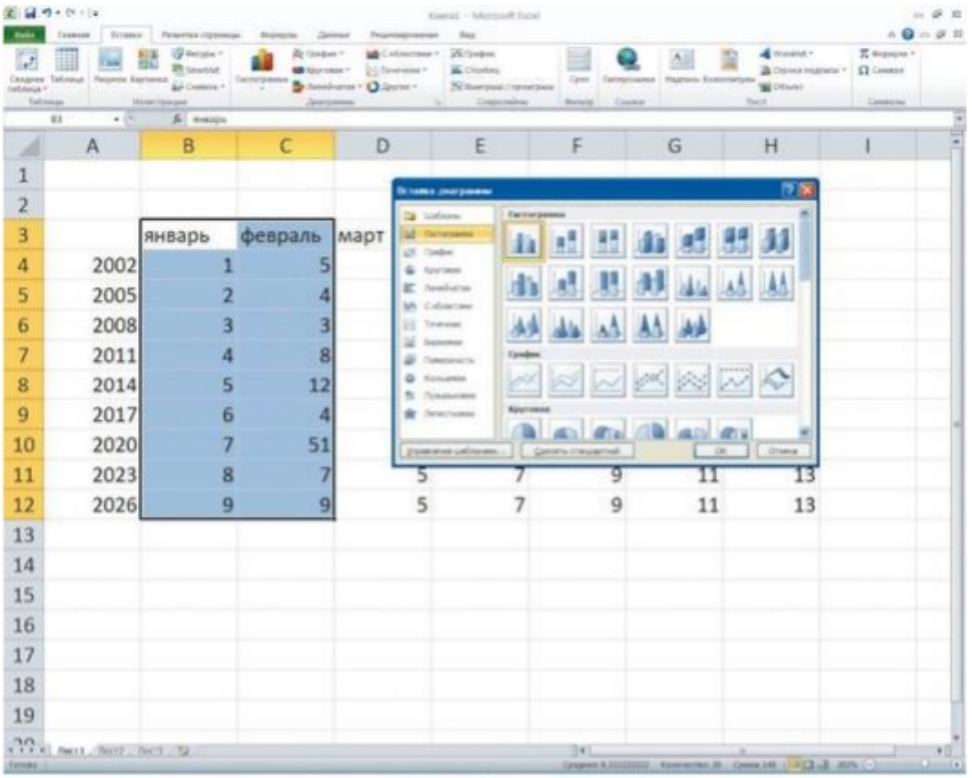
Графики и диаграммы

Модуль диаграмм приложения MS Excel автоматически генерирует диаграммы, отображающие данные листа в графической форме. Необходимо только выбрать нужный диапазон ячеек и указать тип диаграммы, а затем оформить полученный графический объект по своему вкусу.

Диаграммы MS Excel во многом похожи на аналогичные объекты, создаваемые модулем Microsoft Graph. В обоих этих модулях используются одинаковые приемы форматирования. Однако модуль диаграмм MS Excel не имеет отдельной таблицы данных, так как исходная информация считывается прямо с листа MS Excel. Панели инструментов диаграмм в MS Excel и Graph немного различаются. Кроме того, в диаграмму MS Excel можно одновременно вставлять данные с разных листов.

Добавление диаграммы

Для создания диаграммы необходимо выделить прямоугольную область ячеек, например B3:C12, и выбрать вкладку Вставка. На данной вкладке выбрать тип диаграммы (рис. 2.9, а, б).



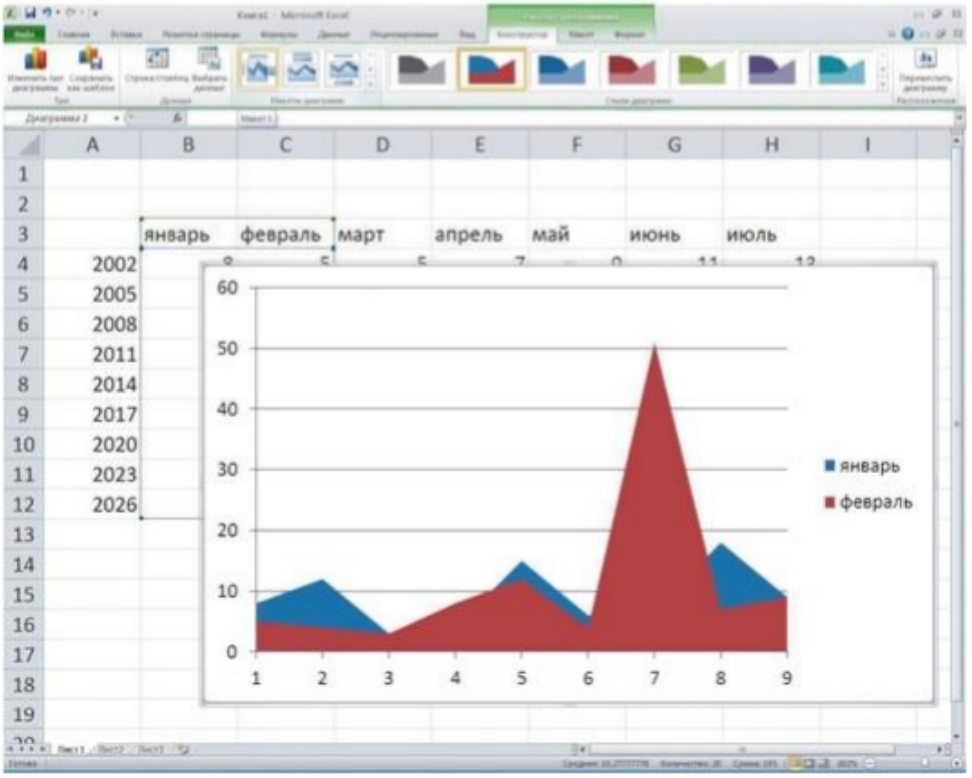


Рис. 2.9, а, б. Вставка диаграммы

При размещении диаграммы на отдельном листе программа задает ей размер, равный площади окна документа MS Excel.

Форматирование диаграммы

Если лист MS Excel в основном служит только рабочим полем, а его оформление не играет особой роли, то диаграммы предназначены для облегчения восприятия числовых данных, поэтому на их внешний вид следует обращать особое внимание. Правильное форматирование диаграммы выделяет существенные данные и приглушает менее важные. С помощью искусно построенной диаграммы можно даже завуалировать нежелательную для вас информацию и, акцентировав внимание на достижениях, скрыть результаты мелких просчетов. Подписи рядов данных

Любая диаграмма состоит из элементов, к которым относятся такие объекты, как область построения диаграммы, оси, координатная сетка, маркеры данных, заголовки. Щелчком мыши можно выделить любой элемент, а щелчком правой кнопки - раскрыть его контекстное меню. MS Excel имеет набор стандартных элементов, которые практически всегда присутствуют на диаграмме, а также позволяет добавлять разные дополнительные компоненты, усиливающие наглядность диаграммы и повышающие ее информативность. К таким вспомогательным элементам относятся подписи рядов данных, которые могут включать:

- имена рядов;
- имена категорий - название соответствующей отметки оси *X;*
- значения - числа источника данных;
- доли - процентную долю элемента данных в общем объеме;
- размеры пузырьков - численное значение диаметра пузырька (доступно только для диаграмм типа «пузырьковые»).

Поскольку секторные диаграммы не имеют осей, на них автоматически добавляются подписи данных, показывающие соответствие сектора тому или иному столбцу (строке) данных.

Чтобы добавить к названиям категорий процентную долю сектора каждого месяца в общем объеме поступивших больных, необходимо установить флажки на пунктах имен категорий и доли.

Ряды данных - это столбцы, линейки, точки, пузырьки или другие маркеры, отображающие численные значения ячеек таблицы. Каждой строке или столбцу источника данных соответствует отдельный ряд данных, маркеры которого имеют одинаковый цвет. В зависимости от типа диаграммы можно менять цвет, форму и другие параметры рядов данных.

Подготовка листов MS Excel к печати

Чтобы быстро распечатать лист MS Excel, достаточно щелкнуть на кнопке Печать панели инструментов быстрого запуска. Однако результат этой операции скорее всего не удовлетворит вас. Он хорош для вывода черновиков, но совершенно не подходит для печати чистовых документов, которые должны быть хорошо оформлены и не терпят присутствия излишней информации. Поэтому перед окончательной печатью листов MS Excel необходимо настроить масштаб и поля страниц, отсортировать данные таблиц, выделить диапазон печатаемых ячеек, указать способ расположения таблиц и диаграмм, выполнить некоторые другие операции

Компоновка страниц

В целом настройка параметров печати в MS Excel похожа на аналогичную операцию в MS Word. Однако листы MS Excel имеют свою специфику. Удобно, чтобы табличные данные листа помещались на одной странице, поэтому требуется настройка масштаба

печати. Широкие листы принято выводить в альбомной ориентации, а длинные таблицы - в книжной. Если в MS Word параметры страницы, как правило, назначаются сразу всему документу, то в MS Excel они настраиваются отдельно для каждого листа.

При выборе команды Фаил→Печать открывается окно управления печатью (рис. 2.10, а, б).

Данное окно позволяет выбрать принтер, разобрать по копиям, определить ориентацию бумаги, а также задать значения полей, колонтитулов и масштаба вывода изображения.

Раздел Масштаб позволяет уменьшать или увеличивать печатаемые объекты. С помощью счетчика «установить» можно выбрать любой масштаб, рассчитываемый в процентах от исходного размера страницы. Можно поступить и по-другому. MS Excel умеет сам подгонять размер таблицы под площадь страницы.

Поля формируют пустую рамку вокруг информативной области страницы. Уменьшая их, можно немного увеличить размер печатаемой таблицы.

Колонтитулы позволяют добавлять в нижнюю и верхнюю часть страниц заголовки и описания, дублирующиеся на всех страницах. Если таблица длинная, в колонтитуле удобно разместить ее название, номера страниц, названия файла документа и листа, на котором размещена таблица.

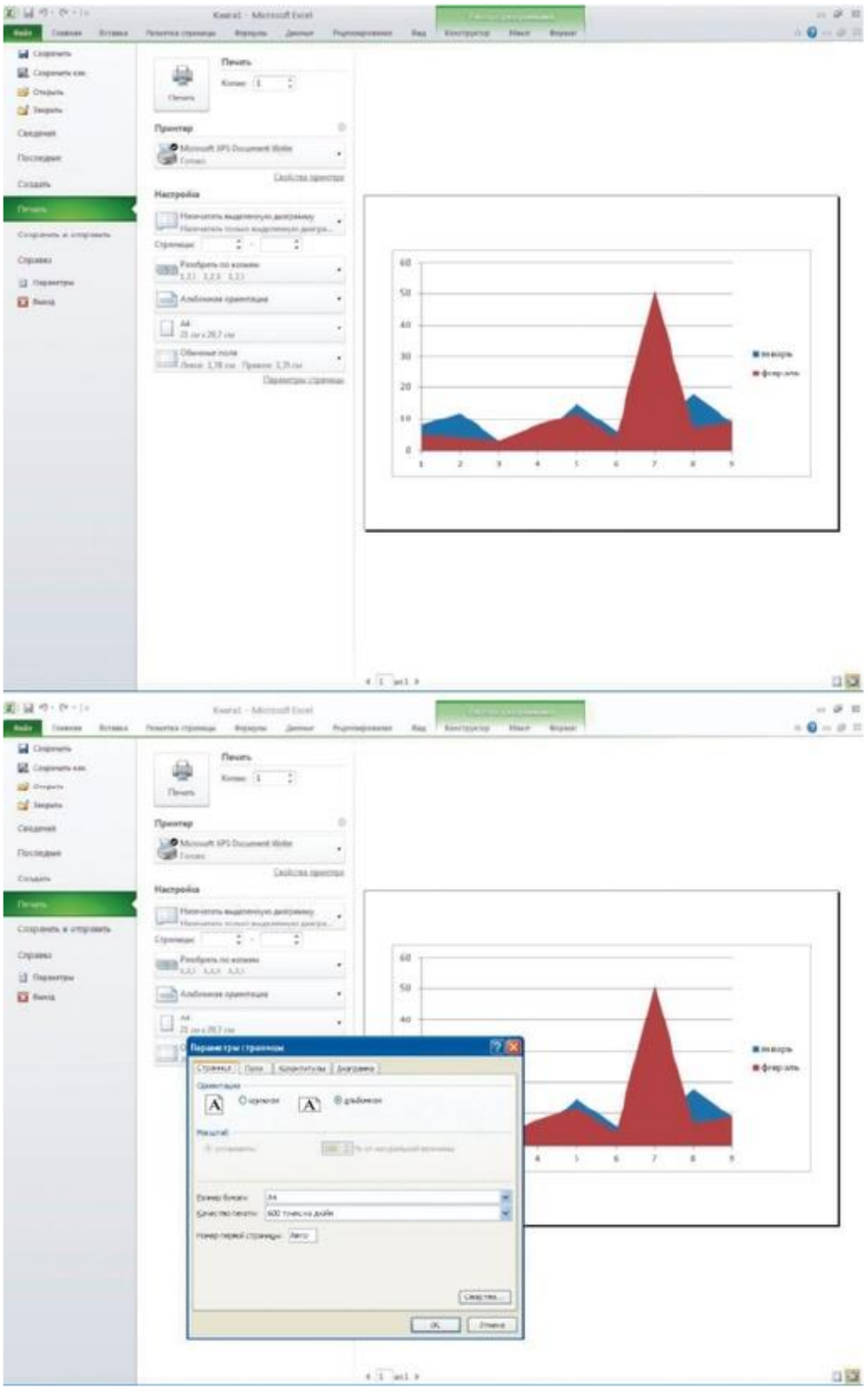


Рис. 2.10 а, б. Печать листов

Сортировка и фильтрация

Сортировка позволяет упорядочить строки таблицы в порядке возрастания или убывания данных одного или нескольких столбцов таблицы. Фильтрация дает возможность временно убрать из таблицы ненужные строки, не стирая их.

Сортировать данные приходится не только при печати документа. Размещение строк таблицы в порядке возрастания одного из параметров помогает искать нужные записи. Печать чистового варианта документа - подходящий момент для того, чтобы упорядочить данные, если они вводились в спешке и оказались расположенными не должным образом.

Необходимо отметить, что при сортировке номера строк не меняются, т.е. перемещаются сами данные. Поэтому выполненную операцию сортировки нельзя отключить. Для возврата прежнего расположения строк можно лишь воспользоваться стандартной командой отмены операции. После сохранения файла вернуть прежний порядок строк невозможно.

При печати больших таблиц бывает удобно урезать их путем фильтрации интересующих строк.

Фильтры типа Первые 10... позволяют выделить несколько строк с максимальными или минимальными значениями в одном из столбцов таблицы. Левый список окна диалога позволяет указать, нужно ли фильтровать максимальные или минимальные значения параметра. Правый список задает единицы измерения (строки таблицы или процент от общего количества строк) для счетчика, расположенного посередине, который задает количество или процентную долю оставляемых строк таблицы (рис. 2.11).

Кроме фильтров, есть и другие способы уменьшить печатаемую область. Непосредственно перед печатью листа можно настроить режим печати заголовков столбцов, скрыть ненужные строки и столбцы, задать диапазон печатаемых ячеек и указать способ разбиения листа MS Excel на страницы.

Чтобы быстро распечатать одну копию выделенных листов на стандартном принтере, достаточно щелкнуть по кнопке Печать настраиваемой панели быстрого доступа.

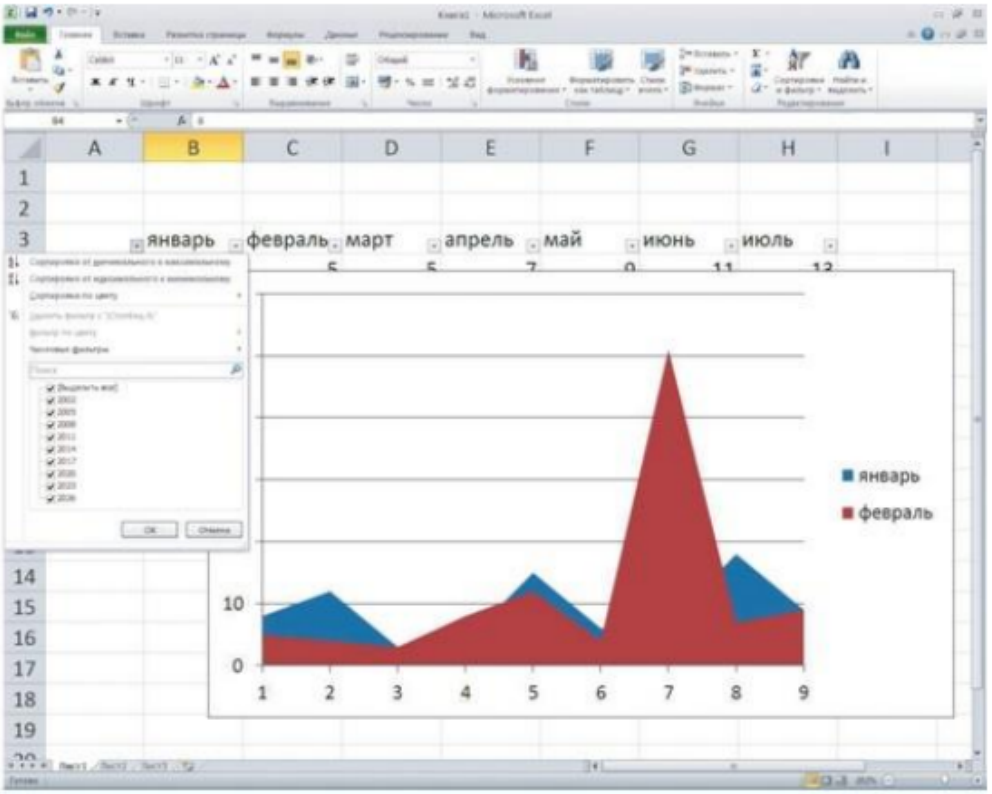


Рис. 2.11. Фильтрация

2.2. СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ

2.2.1. Основные инструменты создания презентации

Создание презентации

В основе любой презентации лежит набор слайдов, на которых размещаются текст, графики, рисунки. Программа PowerPoint запрашивает всю необходимую текстовую и числовую информацию, а также предоставляет множество готовых вариантов дизайна и шаблонов содержания.

Сразу после запуска PowerPoint появляется окно презентации с первым титульным слайдом.

Для того чтобы создать презентацию, можно приступить к редактированию в текущей пустой презентации либо воспользоваться средствами создания новой презентации, выполнив команду Файл→Создать.

Откроется окно Доступные шаблоны и темы, где отображены возможные варианты создания новой презентации.

Щелкните на значке Темы. Откроется окно доступных тем оформления. Выберите тему Поток. Будет создана пустая презентация с темой оформления Поток (рис. 2.12).

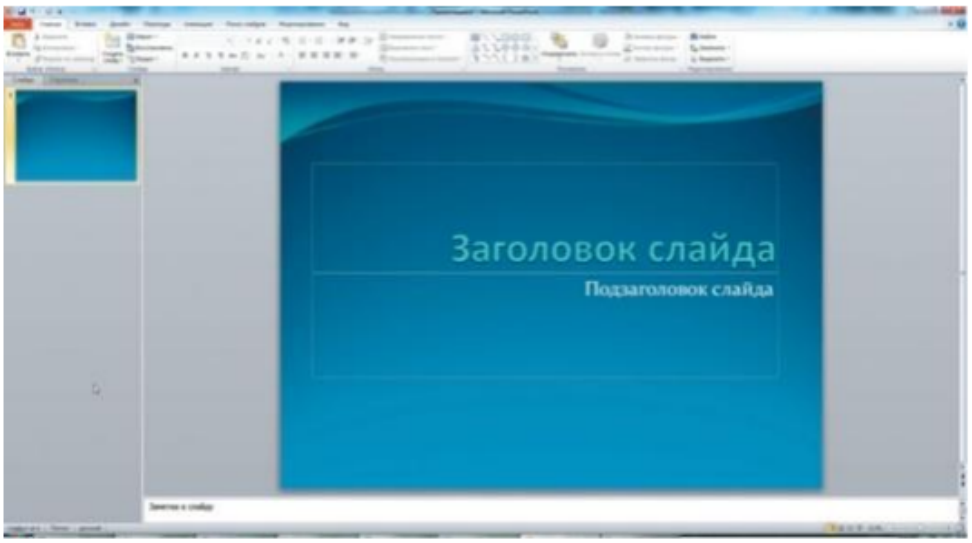


Рис. 2.12. Титульный слайд в обычном режиме просмотра

Щелкните в поле с надписью Заголовок слайда и введите заголовок презентации «Дипломная работа». Чтобы добавить к основному названию небольшое пояснение, щелкните на поле Подзаголовок слайда и введите подзаголовок, например «Кафедра медицинской кибернетики и информатики».

Выполните команду Файл→Сохранить. Откроется окно сохранения презентации. В левой части окна щелкните на значке папки Мои документы. В поле Имя файла введите имя, например «Курсовая работа», и щелкните на кнопке Сохранить.

Выбор режима просмотра

PowerPoint позволяет создавать презентации с большим количеством слайдов. Чтобы управлять презентацией, программа предлагает несколько режимов просмотра (Вид→Режимы просмотра презентации).

- Обычный режим.

• Сортировщик слайдов - режим, демонстрирующий миниатюры всех слайдов, равномерно расположенные в окне просмотра.

• Структура - режим, отображающий текстовое содержание презентации и предназначенный для ввода и редактирования текста.

• Страницы заметок - режим, предназначенный для создания заметок, которые помогают докладчику ориентироваться в материале во время ведения презентации.

• Режим чтения - просмотр презентации в режиме показа слайдов.

В обычном режиме (см. рис. 2.12), который автоматически включается при создании пустой презентации или презентации на основе темы оформления, окно документа поделено на три области: Областъ слайда, Поле структуры и Область заметок. В нижней части окна презентации находится Область заметок, куда можно ввести пояснительный текст, который не появляется на самом слайде, но который можно вывести на экран или, подготавливая заметки, распечатать рядом с соответствующим слайдом.

Добавление нового слайда

На ленте вкладки Главная щелкните на значке Создать слайд. В окне презентации появится незаполненный второй слайд. Разверните список, нажав на маленький треугольник внизу значка Создать слайд.

PowerPoint предлагает большое количество типов стандартных авторазметок. Авторазметка - это шаблон слайда с заранее размещенными стандартными объектами, такими, как заголовок, маркированный список, диаграмма или рисунок. Чтобы изменить существующую разметку слайда, выполните командуГлавная→Слайды→Макет, затем выберите нужную разметку.

Выберите для второго слайда авторазметку Заголовок и объект. В области структуры презентации появится значок второго слайда, а справа будет виден сам новый слайд с двумя местозаполнителями.

Местозаполнитель представляет собой рамку, заменяющую будущий объект. Внутри рамки содержится текст, предлагающий щелкнуть в области рамки для ввода данных. К примеру, авторазметка Заголовок и объектсодержит два местозаполнителя: один для заголовка и второй - для вставки объекта.

Чтобы добавить заголовок нового слайда, щелкните на местозаполнителе Заголовок слайда. Напечатайте, например, слово «аннотация».

Щелкните на местозаполнителе маркированного списка (рис. 2.13) Текст слайда и введите первый пункт списка, например «Место выполнения проекта...». Нажмите клавишу Enter. В списке появится маркер второго пункта. Если форма маркера вас не устраивает, то позже его можно будет изменить или даже совсем убрать. Введите, например, текст «Работа посвящена.». Снова нажмите клавишу Enter и введите «Диплом состоит из».

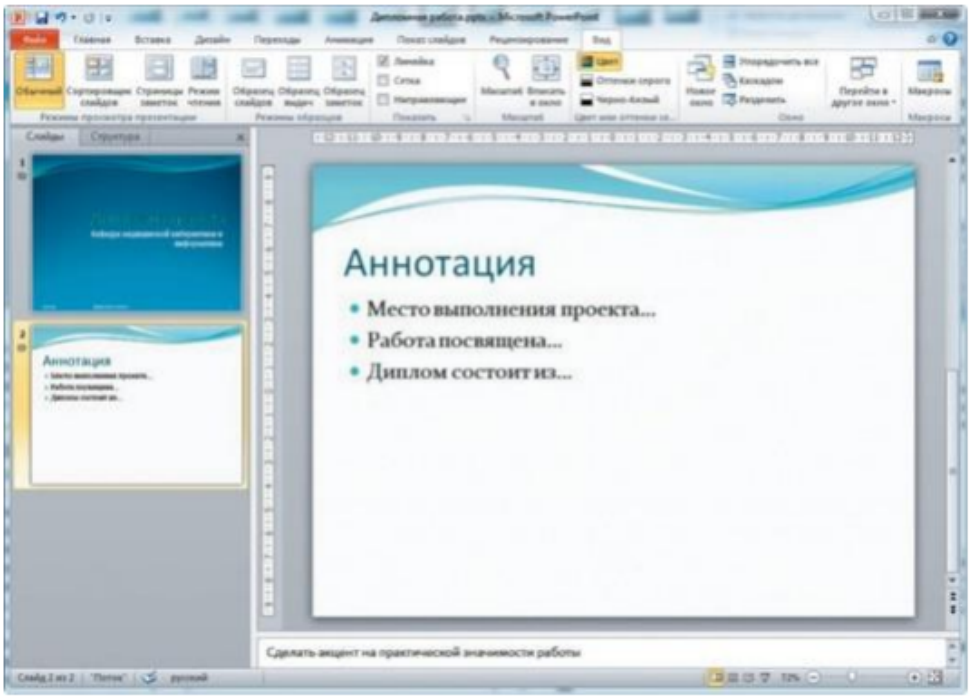


Рис. 2.13. Слайд с маркированным списком

Создание заметки докладчика

Каждый слайд презентации имеет особый вид внешнего представления, называемый Заметки докладчика.Эти заметки не видны на экране в режиме по умолчанию просмотра презентации, они не выводятся на печать вместе со слайдом.

Чтобы добавить текст заметок, необходимо выполнить следующие шаги.

1. В правой нижней области окна презентации выберите местоза-полнитель Заметки к слайду. Введите, например, текст «Сделать акцент на практической значимости работы».

2. Чтобы увидеть страницу заметок целиком, выберите команду Вид→Страницы заметок. Включится режим страниц заметок (рис. 2.14).

Работа в режиме слайдов

Для перехода от слайда к слайду в режиме слайдов пользуются вертикальной полосой прокрутки. Если выбранный масштаб не позволяет увидеть весь слайд целиком, кнопки и ползунок полосы прокрутки обеспечивают возможность перемещений как по слайду, так и между слайдами вперед и назад в пределах всей последовательности слайдов данной презентации. При перетаскивании мышью ползунка полосы прокрутки рядом с ним появляются номер и заголовок текущего слайда. Для быстрого перехода к предыдущему и последующему слайдам пользуйтесь клавишами PageDown и PageUp.

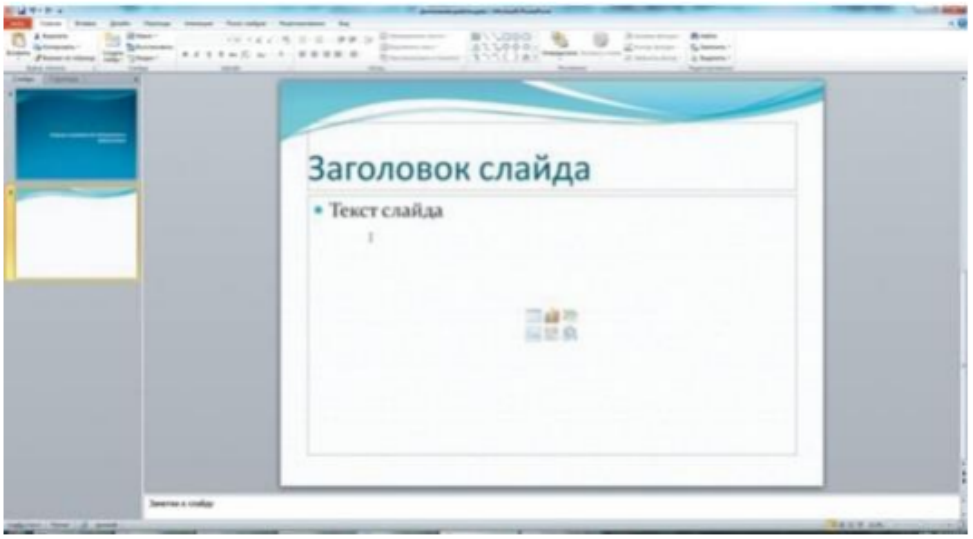


Рис. 2.14. Второй слайд презентации в режиме Обычный

В режиме слайдов удобно редактировать отдельные объекты, добавлять рисунки и текстовые комментарии.

Введите заголовок слайда, например «Введение». Щелкните на местозаполнителе маркированного списка и введите, например, пункты: «Цель», «Задачи».

PowerPoint позволяет оперативно изменять разметку любого слайда. Если вы решили добавить на слайд еще один список или дополнительный рисунок, бывает достаточно просто сменить авторазметку. На главной ленте выполните команду Слайды→Макет→Два объекта, таким образом применив разметку к редактируемому слайду.

Введите в появившийся справа дополнительный маркированный список, например, следующие пункты: «Актуальность», «Новизна», «Практическая значимость».

Выберите на ленте Вставка команду Надпись.

Ниже маркированных списков растяните мышью рамку текстового поля. Введите, например, текст «Сроки проведения: с февраля по май».

Чтобы отцентрировать текст, щелкните на главной ленте в разделе Абзац кнопку Выровнять по центру.

Создание и редактирование презентации в режиме структуры

Режим структуры похож на обычный, но область структуры презентации увеличена, а области слайда и заметок уменьшены. Этот режим в основном предназначен для работы над текстом. Дизайн и другие элементы оформления, как правило, прорабатываются в других режимах просмотра, хотя область слайда позволяет работать с конкретными объектами и в режиме структуры. В расположенной слева области структуры есть пронумерованные значки слайдов с заголовками, а также подзаголовки и пункты списков.

Примечание. В области структуры отображается не всякий текст, имеющийся на слайде, а только тот, который был введен в специальные зоны разметки слайдов - текстовые местозаполнители. Обратите внимание, что в структуре третьего слайда отсутствует надпись, добавленная командой Вставка→Надпись.

Для разработки содержания презентации предназначена специальная контекстная панель инструментовСтруктура. Она помогает перемещать слайды презентации, изменять уровень структурных элементов, сворачивать и разворачивать вложенные списки пунктов.

Для ее вызова необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши в соответствующей области структуры.

Щелкните на кнопке Свернуть все в контекстном меню Структура, чтобы в структуре презентации остались видны только заголовки слайдов.

Переместите текстовый курсор в конец заголовка третьего слайда и нажмите клавишу Enter. В презентацию будет добавлен четвертый слайд.

Введите текст «Оглавление» и нажмите клавишу Enter. Появится пятый слайд. Введите заголовки, например с пятого по девятый слайд, чтобы структура презентации стала такой, как показано на рис. 2.15.

Четвертый слайд (Оглавление) будет содержать двухуровневый маркированный список. Переместите текстовый курсор в конец заголовка четвертого слайда и нажмите клавишу Enter. В презентацию будет вставлен слайд. Щелкните на кнопке Понизить уровень контекстной панели инструментов Структура. Строка вставленного слайда превратится в пункт списка четвертого слайда. Введите текст «Обзор литературы».

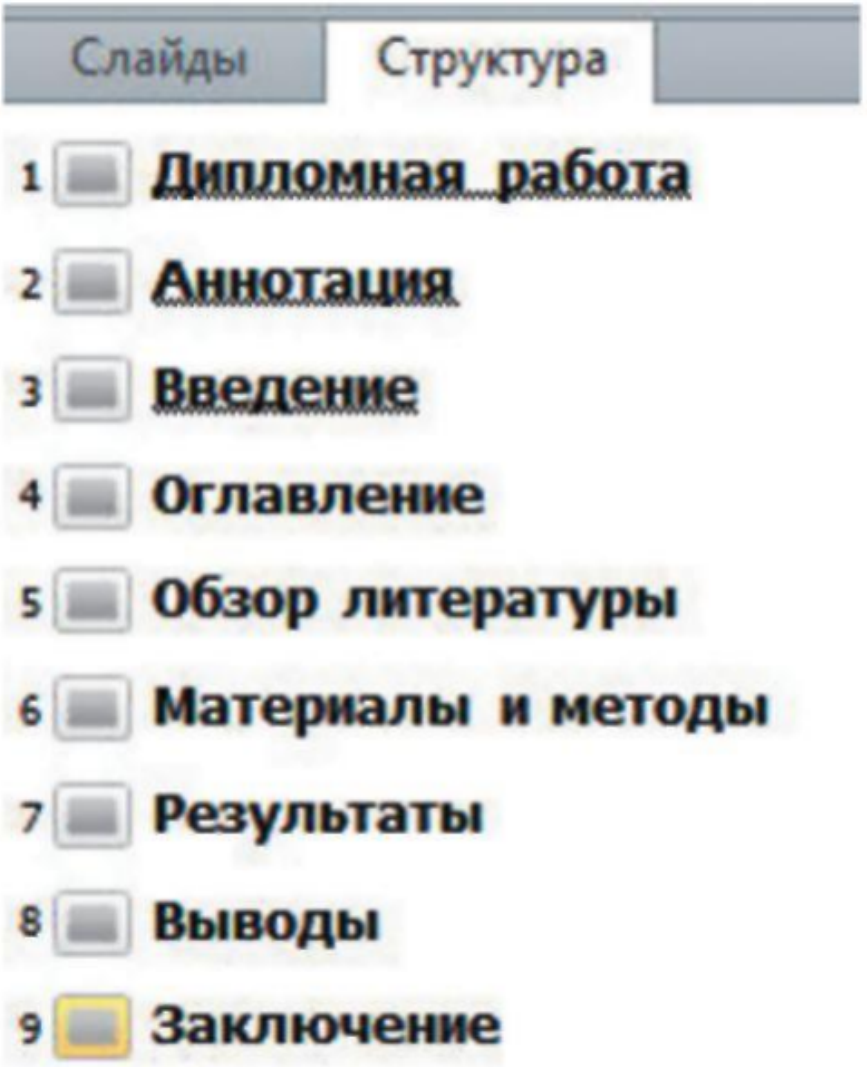


Рис. 2.15. Список слайдов презентации

Нажмите клавишу Enter. Снова щелкните на кнопке Понизить уровень. Появится пункт списка второго уровня вложения. Введите текст «Положение дел в мире». Нажмите клавишу Enter и введите текст «Как дела обстоят у нас». Вновь нажмите клавишу Enter и щелкните на кнопке Повысить уровень. Пункт списка второго уровня превратится в пункт списка первого уровня. Введите «Материалы и методы». Нажмите клавишу Enter и щелкните на кнопке Понизить уровень. Введите еще несколько пунктов списка.

При необходимости разметку или положение слайда можно изменить прямо в режиме структуры. Выделите шестой слайд (Материалы и методы). Он сделан по разметке Заголовок и объект. На главной ленте выполните команду Слайды→Макет→Два объекта.

В шестом слайде появятся два местозаполнителя для ввода текста. Поместите указатель мыши на значок седьмого слайда. Нажмите левую кнопку мыши и тащите указатель вверх. Когда горизонтальная линия, показывающая будущее положение седьмого слайда, окажется между значками пятого и шестого слайдов, отпустите кнопку мыши. Шестой и седьмой слайды поменяются местами.

Щелкните на маркере пункта «Оглавление» четвертого слайда. Окажутся выделенными как этот пункт, так и все вложенные подпункты.

Щелчком на кнопке Вниз контекстной панели инструментов Структура переместите выделенные пункты вниз.

Щелчком поместите текстовый курсор в заголовок третьего слайда и щелкните на кнопке Развернутьконтекстной панели инструментов Структура. На экране появится содержимое третьего слайда. Изучите различия между структурой списков разных слайдов.

Чтобы свернуть содержимое слайда, с которым вы не работаете в данный момент, поместите курсор в тело этого слайда и щелкните на кнопке Свернуть.

Щелкните на кнопке Развернуть все контекстной панели инструментов Структура, чтобы вывести на экран текст всех слайдов.

Щелкните на кнопке Показать форматирование текста контекстной панели инструментов Структура. Вы увидите реальный шрифт и маркеры всех пунктов структуры слайдов. В этом режиме удобно изменять начертание текста прямо в структуре презентации и сравнивать шрифты различных слайдов.

Перестановка и копирование слайдов

Перемещать слайды можно с помощью мыши, команд меню или кнопок панели инструментов. Чтобы изменить расположение слайдов презентации Дипломная работа.ppt методом «перетащить и оставить», выполните следующие действия.

Переключитесь в режим просмотра Сортировщик слайдов.

Поместите указатель мыши на второй слайд.

Нажмите левую кнопку мыши и перетащите вертикальную линию позиции вставки в новое положение. Отпустите кнопку мыши. Слайд передвинется на новое место. Чтобы переместить или скопировать группу слайдов, сначала их нужно выделить.

Примечание. Чтобы вместо перемещения слайда или группы слайдов выполнить их копирование, в процессе перетаскивания удерживайте нажатой клавишу Ctrl. Слайды появятся в новой позиции, а их копия сохранится на прежнем месте.

Для выделения нескольких смежных слайдов (например 5, 6 и 7) поместите указатель рядом с первым слайдом последовательности (слайд 5).

Нажмите левую кнопку мыши и протащите указатель через этот слайд до последнего слайда последовательности (слайд 7).

Вместо этого можно щелкнуть на пятом слайде, нажать клавишу Shift и, не отпуская ее, щелкнуть на седьмом слайде.

Чтобы добавить в выделенную группу несмежный третий слайд, нажмите клавишу Ctrl и щелкните на третьем слайде.

Щелчком на кнопке Копировать вкладки Главная скопируйте группу слайдов.

Чтобы поместить точку вставки между первым и вторым слайдами, щелкните на первом слайде.

Щелчком на кнопке Вставить вкладки Главная вставьте скопированные слайды между первым и вторым слайдами презентации.

Добавление и удаление слайдов

Кроме перестановки слайдов, в процессе разработки презентации может понадобиться добавить новые или убрать некоторые слайды. Это удобно делать в режиме сортировщика.

Щелчками на нижней кнопке полосы прокрутки переместитесь в конец презентации. Выделите седьмой слайд, а затем щелчком на кнопке Вырезать вкладки Главная удалите его.

Щелкните на третьем слайде, нажмите клавишу Shift и щелкните на пятом слайде. Нажатием клавиши Delete удалите выделенные слайды 3, 4 и 5. Оставшиеся слайды будут перенумерованы.

Щелкните на пятом слайде, а затем на кнопке Создать слайд вкладки Главная.

Между пятым и шестым слайдами появится новый пустой слайд.

Шаблон дизайна и цветовая схема

Самый простой способ изменения внешнего вида презентации - это применение другого шаблона. Смена шаблона влечет за собой модификацию цветовой схемы, от которой зависят цвета элементов презентации, влияет на дизайн фона и принимаемые по умолчанию параметры форматирования текста.

Для изменения шаблона существующей презентации перейдите на вкладку Дизайн.

Одним из компонентов каждого шаблона является цветовая схема, которая определяет упорядоченную последовательность из восьми цветов, предназначенных для изображения различных элементов оформления презентации. Бывает достаточно простой смены некоторых цветов или всей цветовой схемы, чтобы презентация полностью преобразилась. Чтобы скорректировать цветовую схему презентации, необходимо выбрать одну из стандартных схем PowerPoint. Выделите слайды, которым нужно назначить новую цветовую схему. Щелкните правой кнопкой мыши на выбранной цветовой схеме ленты Дизайн. В открывшемся контекстном окне выберите пункт «Применить к выделенным слайдам». Сохраните измененную презентацию.

2.2.2. Основные приемы в оформлении слайдов

Для того чтобы получить профессионально выполненную презентацию, следует дополнительно выделить важные пункты, добавить необходимые рисунки, изменить образец слайда, определяющий общее расположение объектов на всех слайдах последовательности.

Абзацы и шрифты слайдов PowerPoint форматируются точно так же, как в текстовом процессоре MS Word. Эти параметры удобнее всего регулировать с помощью горизонтальной и вертикальной линеек, подобных линейкам Word. Посредством табуляторов можно создавать небольшие таблицы. Выделив фразу, с помощью панели Шрифт ленты Главная можно изменять размер и начертание ее шрифта и т.п.

Шрифт, маркеры и отступы абзацев в презентации

Основные текстовые элементы презентаций - списки. В отличие от Word списки PowerPoint изначально предполагаются многоуровневыми, что вносит некоторую специфику в приемы их форматирования. Чтобы приукрасить списки презентации, созданной ранее, выполните следующие шаги. Откройте, например, презентацию Дипломная работа.ppt Перейдите к четвертому слайду, показанному на рис. 2.16. На этом слайде расположен двухуровневый список.

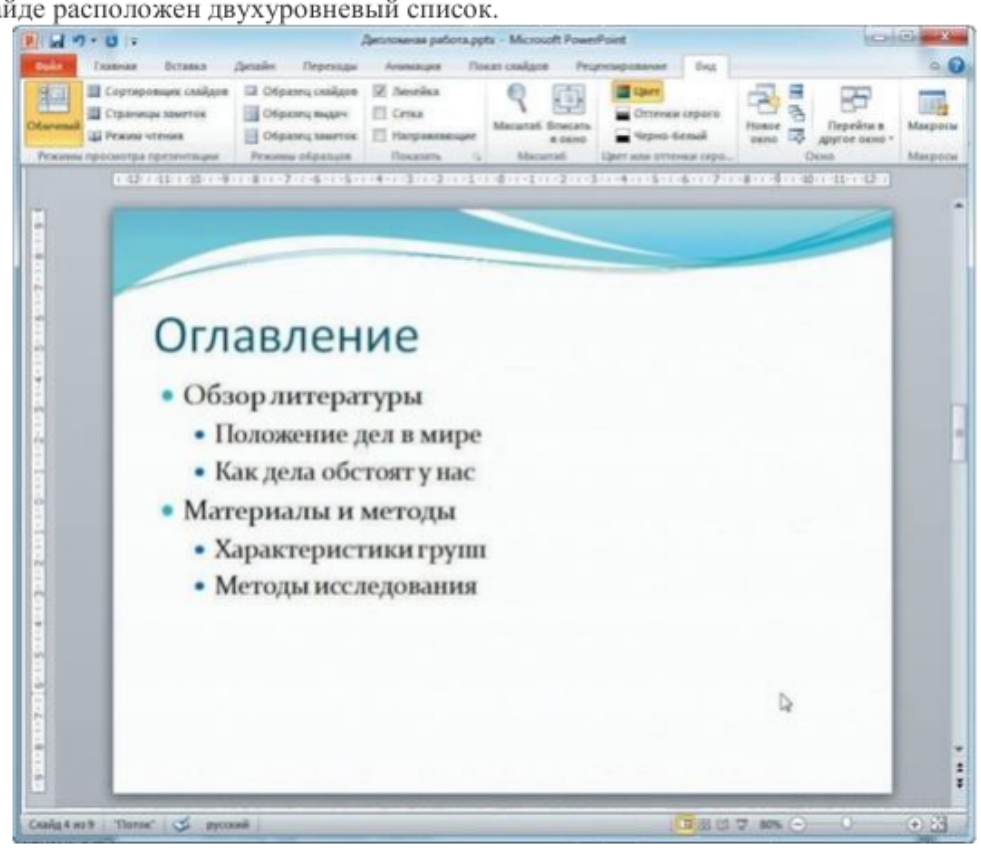


Рис. 2.16. Слайд с двухуровневым списком

Чтобы вывести на экран линейки, выберите команду Вид→Линейка.

Списки PowerPoint поддерживают шесть уровней вложения пунктов, которые соответствуют шести уровням в режиме структуры. По умолчанию пункты разного уровня отличаются маркерами и величиной отступа от левого края. Давайте скорректируем эти параметры на примере списка четвертого слайда.

Перетащите на горизонтальной линейке ползунок левого отступа второго уровня вправо на позицию 4 см. Этот ползунок смещает как маркеры, так и пункты списка. Перетащите влево на позицию 2 см ползунок отступа маркеров. Маркеры второго уровня сместятся влево, а текст пунктов останется на месте.

Выделите пункты «Положение дел в мире» и «Как дела обстоят у нас» - два пункта второго уровня. Выполните команду Абзац→Маркеры→Список ленты

вкладки Главная. В открывшемся окне диалога щелкните на вкладке Маркированный список. С помощью этого окна можно выбрать один из предлагаемых вариантов маркеров, щелкнув на нем, или самим разработать вариант маркера. Щелкните на кнопке Настройка. В спискеШрифт окна диалога Символ выберите пункт Wingdings. Выберите подходящий маркер.

В качестве маркера можно использовать любой символ любого шрифта и даже рисунок. Чтобы назначить рисунок, щелкните в окне вкладки Маркированный список на кнопке Рисунок и выберите один из предлагаемых графических маркеров либо импортируйте в библиотеку маркеров файл с рисунком.

Выделите пункты «Характеристики групп» и «Методы исследования».

Щелчком на кнопке Увеличить размер шрифта панели Шрифт ленты Главная сделайте крупнее шрифт выделенного фрагмента. Чтобы два последних пункта выводились курсивом, щелкните на кнопке Курсив той же панели инструментов. Щелкните на кнопке Нумерация. Теперь роль маркеров последнего списка слайда будут играть последовательные числа, как показано на рис. 2.17.

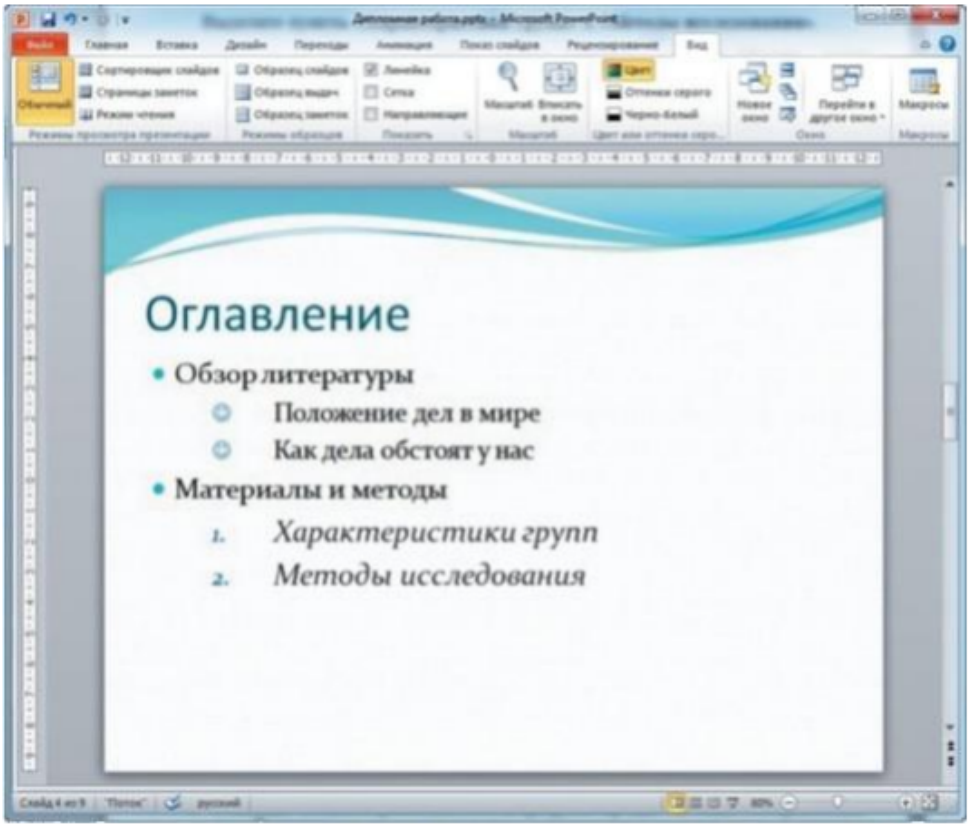


Рис. 2.17. Итог форматирования списка

Форматирование текстовых объектов

В PowerPoint любой текст, так же как рисунок, диаграмма или таблица, представляет собой отдельный объект или автофигуру, которую можно перемещать, масштабировать, поворачивать и раскрашивать.

С помощью ползунка вертикальной полосы прокрутки перейдите на третий слайд, который называется «Введение».

Щелкните в списке этого слайда правой кнопкой мыши и выберите в контекстном меню команду Формат фигуры. Вкладка Надпись этого окна задает способ размещения текста внутри местозаполнителя. Эта вкладка доступна только для автофигур с текстом.

Выберите пункт списка Вертикальное выравнивание «По середине», чтобы центрировать текст внутри габаритного контейнера по горизонтали.

Установите флажок подгонять размер автофигуры под текст. Этот режим автоматически сжимает габаритный контейнер по вертикали до размеров текста. При вводе в этом режиме дополнительных символов контейнер будет сам увеличиваться по высоте, чтобы вместить весь текст.

Откройте контекстное окно Формат фигуры. Разделы Заливка, Цвет и Тип линии позволяют задавать фон и рамку объектов.

В разделе Заливка выберите пункт Сплошная заливка и зеленый цвет. В разделе Цвет линии - Сплошная линия, черный цвет. В разделе Тип линии в раскрывающемся списке Тип штриха выберите круглые точки. С помощью счетчика Ширина задайте толщину 3-го пункта. Щелкните на кнопке Закрыть. Обновленный слайд показан на рис. 2.18.

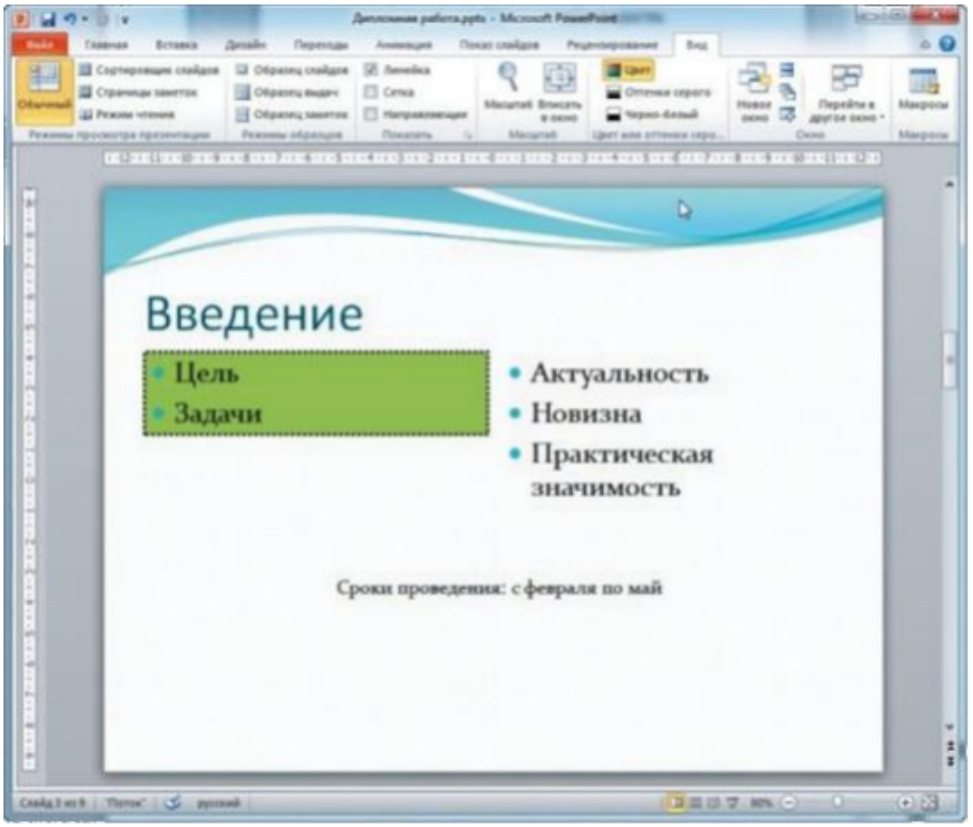


Рис. 2.18. Результат форматирования текстового объекта

Редактирование образца слайда

В состав шаблона дизайна презентации, кроме цветовой схемы, входят образцы слайдов, титульного слайда, страниц заметок и раздаточного материала, которые определяют стандартное оформление этих элементов. Изменяя образец, можно модифицировать сразу все слайды презентации. Образец слайдов содержит в себе следующие компоненты:

• цвет фона, который может иметь плавные переходы тона;

• принимаемые по умолчанию параметры форматирования шрифтов, заголовков и маркированных списков;

• дополнительные объекты, размещаемые на заднем плане слайдов;

• три специальных поля, отображающих дату, номер слайда и текст нижнего колонтитула.

Выберите команду Вид→Образец слайдов. Появятся образец слайдов с пятью местозаполнителями и лента инструментов Образец слайдов с несколькими кнопками, позволяющими вводить новый образец, удалять, сохранять и переименовывать его (рис. 2.19). С помощью описанных приемов можно редактировать образец слайда, изменять размеры местозаполнителей, заливку, рамку и шрифт, а также маркеры списков. Выполненное форматирование подействует на все слайды презентации, кроме титульного.

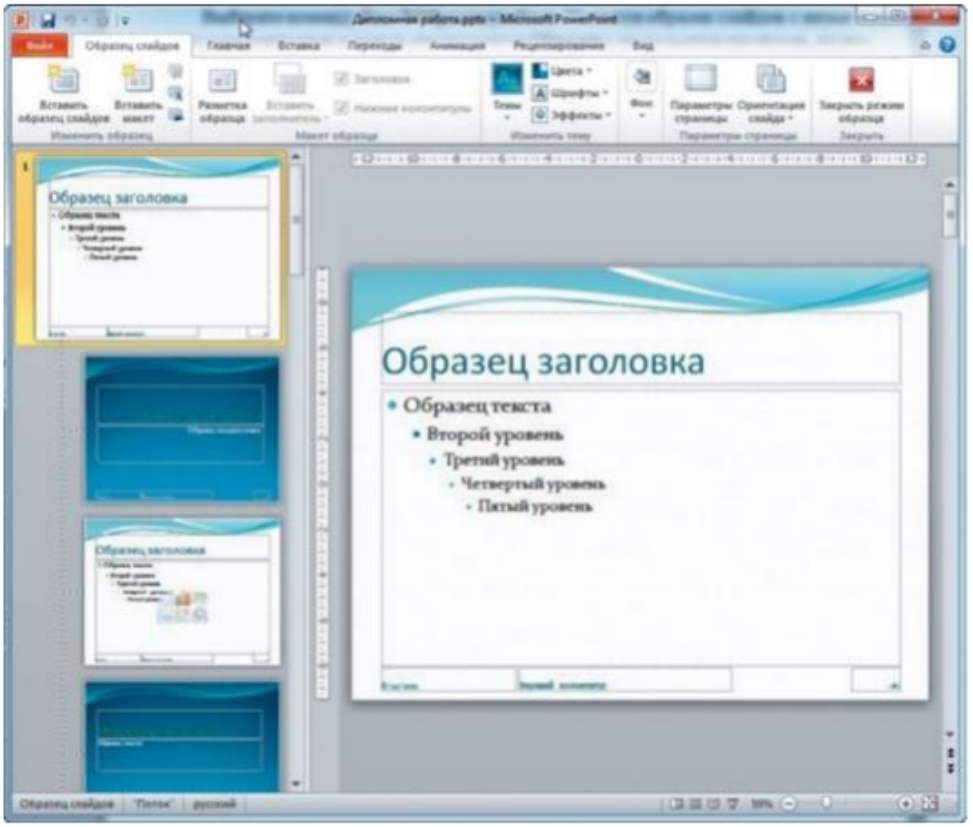


Рис. 2.19. Образец слайдов

Выполните команду Фон.

Выберите Формат фона, открывающий доступ к узорным и градиентным заливкам фона. Затем щелкните на кнопке Применить ко всем.

Для активации трех дополнительных объектов, расположенных в нижней части образца, выберите командуВставка→Колонтитулы.

Выберите положение переключателя Автообновление, чтобы выводилась дата последнего обновления презентации. В списке Язык выберите пункт Русский. Установите флажок Номер слайда, чтобы добавить порядковый номер слайда. В поле Нижний колонтитул введите, например, текст «Оформление диплома»,который будет теперь

появляться на каждом слайде. Щелкните на кнопке Применить ко всем. Вернитесь в обычный режим просмотра слайдов. Обновленный первый слайд показан на рис. 2.20.

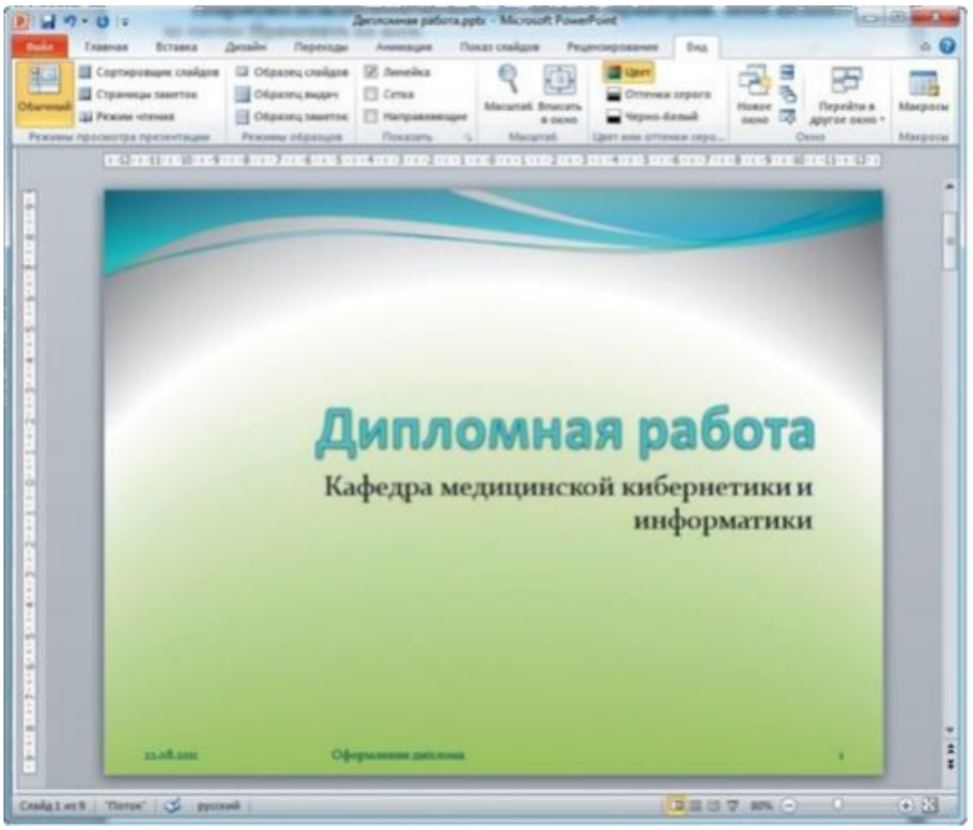


Рис. 2.20. Новый фон и подписи на нижнем краю слайда

Работа с графическими объектами

Графические объекты PowerPoint ничем не отличаются от рисунков и автофигур MS Word. Их можно вставлять как в сами слайды, так и в образцы. Чтобы с помощью образца добавить логотип компании на каждый слайд и гиперссылки на следующий и предыдущий слайды, выполните перечисленные ниже операции.

С помощью команды ВидОбразец слайдов откройте образец слайда.

Щелкните на местозаполнителе Образец заголовка. Перетащите влево серединный маркер правой границы появившейся рамки, чтобы уменьшить область заголовка и освободить место под логотип.

Выполните команду ВставкаКартинка. Откроется правая панель Картинка. В строке Искать наберите, например, «медицина», затем нажмите на кнопку Начать. В открывшемся списке картинок выберите, например, «Жезл Гермеса». Поместите указатель на рисунок «Жезл Гермеса» и щелкните мышью на стрелке рядом с ним. Выберите пункт меню Вставить. Перетащите рисунок мышью в правый верхний угол слайда.

Выполните команду ВставкаФигуры и щелкните на кнопке со стрелкой вправо. Щелкните на стрелке правой кнопкой мыши и выберите команду Гиперссылка. В левой части открывшегося окна диалога щелкните на кнопке Место в документе. Затем в списке слайдов назначения выберите пункт Следующий слайд и щелкните на кнопке ОК (рис. 2.21).

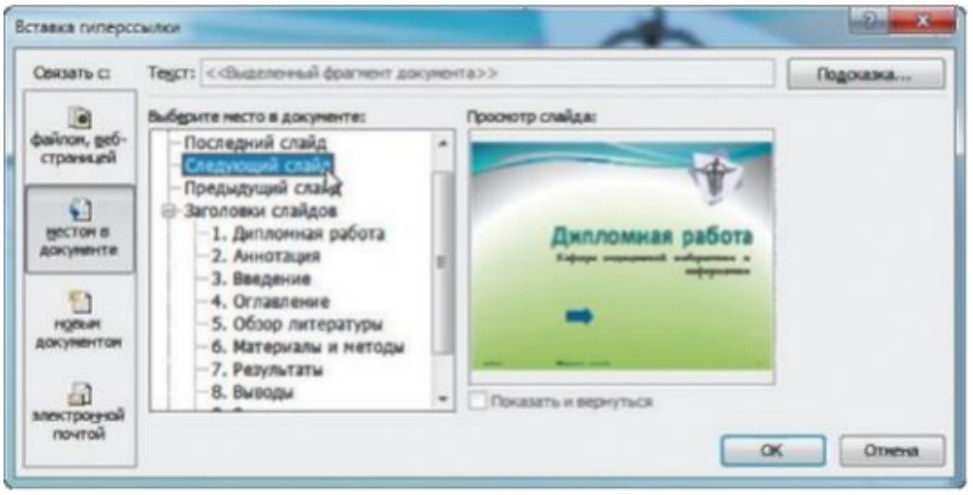


Рис. 2.21. Добавление гиперссылки

Повторите предыдущие шаги, для того чтобы добавить стрелку влево и назначить ей гиперссылкуПредыдущий слайд.

Перейдите в Режим чтения. Щелкните на стрелке ссылки на следующий слайд, откроется второй слайд. Точно так же можно перейти к третьему слайду. Обратите внимание, что на каждом слайде есть ссылки на предыдущий и следующий слайды, а также логотип организации. Чтобы выйти из режима демонстрации презентации, нажмите клавишу Esc.

2.2.3. Разработка слайд-фильма

Анимация объектов

В дополнение к переходам между слайдами PowerPoint позволяет настроить анимацию объектов слайдов. Перейдите ко второму слайду презентации, который называется «Аннотация».

Перейдите на вкладку Анимация. Откроется лента, в которой пункты меню, связанные с эффектами, неактивны. Щелкните на заголовке слайда «Аннотация». Активируется лента Анимация. В разделе Анимация выберитеВылет, в параметрах эффектов укажите Слева. Щелкнув на кнопке , можно выбрать дополнительные параметры эффектов.

В завершение необходимо настроить время показа слайда:

- после щелчка мышью;
- одновременно с предыдущей анимацией;
- после завершения предыдущей анимации.

Аналогичным образом назначьте анимацию элементам маркированного списка.

Скрытие слайда

Некоторые слайды презентации могут играть вспомогательную роль и демонстрироваться слушателям только при необходимости детального разъяснения конкретного вопроса. Такие слайды можно скрыть, и они не будут появляться в презентационной последовательности, однако докладчик в любой момент сможет вызвать

их на экран с помощью специальных команд. Девятый слайд файла Дипломная работа.ppt («Заключение») не содержит необходимой информации, скроем его.

С помощью команды Вид→Сортировщик слайдов переключитесь в режим сортировщика. Щелчком выделите девятый слайд. Чтобы скрыть выделенный слайд, щелкните правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите пункт Скрыть слайд. Обратите внимание, что теперь номер девятого слайда перечеркнут, что указывает на его скрытый статус.

Примечание. Чтобы вернуть слайд в презентационную последовательность, выделите его и повторно щелкните на кнопке Скрыть слайд.

Щелкните на значке перехода  под вторым слайдом, и вы увидите в окне сортировщика анимацию перехода от первого слайда ко второму и затем всю анимационную последовательность слайда.

Правее значка перехода указано время демонстрации слайда, после которого выполняется автоматический переход к следующему слайду. Как видите, режим сортировщика дает возможность быстро просмотреть все назначенные эффекты и хронометраж презентации.

Режимы слайдов и сортировщика позволяют настраивать и просматривать все анимационные эффекты. Однако чтобы увидеть их на полном экране, протестировать гиперссылки слайдов, настроить время демонстрации и записать сопроводительную речь диктора, следует воспользоваться режимом полноэкранного просмотра, который применяется и при окончательной демонстрации презентационной последовательности.

Запуск слайд-фильма

Запустить демонстрацию слайд-фильма можно выбором команды Показ слайдов→С начала простым нажатием клавиши F5 или Shift+F5 в случае начала показа с текущего слайда. Однако, готовясь показать презентацию перед аудиторией, следует настроить параметры демонстрации и научиться манипулировать слайдами.

Выберите команду Показ слайдов→Настройка демонстрации.

Переключатели и флажки разделов Показ слайдов и Параметры показа открывшегося окна диалога позволяют задать следующие режимы:

- управляемый докладчиком - полноэкранный режим демонстрации;
- управляемый пользователем - демонстрация в окне;
- с полосой прокрутки - добавление полосы прокрутки в оконном режиме просмотра;
- автоматический - автоматически повторяющаяся бесконечное количество раз демонстрация всей последовательности;
- непрерывный цикл до нажатия клавиши Esc - переход к первому слайду после показа последнего;
- без речевого сопровождения - отключение всех записанных звуковых сообщений;
- без анимации - отключение анимации объектов слайдов.

Чтобы демонстрировались только некоторые слайды, введите номера первого и последнего слайдов последовательности в счетчики с и по и выберите соответствующее положение переключателя; возможен и произвольный показ слайдов.

Для отмены автоматической смены слайдов выберите положение переключателя вручную. Завершив настройку, щелкните на кнопке ОК. Нажатием клавиши F5 запустите показ презентации.

Управление слайд-фильмом производится с помощью кнопки контекстного меню и кнопок самого меню, которые показаны на рис. 2.22.



Рис. 2.22. Кнопки меню управления демонстрацией слайдов

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ К РАЗДЕЛУ 1

1. Что означает термин «информация»?

2. Что необходимо добавить в систему «источник информации- приемник информации», чтобы осуществлять передачу сообщений?

3. Почему количество информации в сообщении удобнее оценивать не по степени увеличения знания об объекте, а по степени уменьшения неопределенности наших знаний о нем?

4. Как определяется единица измерения количества информации?

5. От чего зависит информативность сообщения, принимаемого человеком?

6. В каких случаях и по какой формуле можно вычислить количество информации, содержащейся в сообщении?

7. Почему в формуле Хартли за основание логарифма взято число 2?

8. При каком условии формула Шеннона переходит в формулу Хартли?

9. Что определяет термин «бит» в теории информации и в вычислительной технике?

10. Какие средства автоматизации предоставляет система MS Word?

11. Какие действия необходимо выполнить для надежного сохранения текста?

12. Назовите способы выделения текста с помощью мыши.

13. Назовите способы поиска текста и выделения с помощью клавиш редактирования.

14. Как просмотреть характеристики форматов?

15. Как перенести характеристики форматов на другие абзацы?

16. Дайте определение термину «стиль» и расшифруйте это понятие.

17. Укажите способы вставки и удаления строк в таблице.

18. Укажите способы преобразования текста в таблицу.

19. Что такое ячейка, и как определяется ее положение в таблице MS Excel?

20. Что называется рабочей книгой в MS Excel? Каково отличие рабочей книги от листа?

21. Опишите способы запуска и способы завершения работы MS Excel.

22. Что такое относительный адрес ячейки?

23. Как указать абсолютный адрес ячейки?

24. Для чего используются имена ячеек?

25. Как ввести данные в ячейку таблицы?

26. Что такое функция?

27. В какой последовательности выполняются операции в арифметическом выражении?

28. В каких случаях применяются логические функции?

29. Зачем в MS Excel включен язык программирования Visual Basic for Applications?

30. Как удалить слайд в режиме слайдов MS PowerPoint?

31. Как превратить маркированный список в отдельный слайд?

32. Что такое местозаполнитель?

33. Что такое заметка докладчика?

34. Как выделить несмежные слайды?

35. Что входит в понятие «дизайн слайда»?

36. Из каких объектов состоит слайд?

37. Что такое образец слайдов?

38. Для чего используют гиперссылки на слайдах?

39. Для каких целей преобразовывают презентации в другие форматы представления данных?

40. Что такое слайд-фильм?

41. Что такое срок демонстрации?

РАЗДЕЛ 2. ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ИНФОРМАЦИИ В МЕДИЦИНЕ И ЗДРАВООХРАНЕНИИ

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Неотъемлемая часть квалификационных характеристик современного врача - владение инструментарием статистической обработки клинических и экспериментальных данных. Аппарат математической статистики универсален по области применения, обширен по объему, используется для решения самых разных задач. Врач должен уметь:

- осуществлять формально-логическую постановку задачи;
- выбирать из множества имеющихся методы, адекватные поставленной задаче;
- содержательно интерпретировать полученные результаты.

При проведении анализа методами математической статистики пользуются специальными программными средствами, которые принято объединять в статистические пакеты. В настоящее время наиболее используемыми для анализа медицинских данных являются работающие статистические пакеты Statistica и SPSS под Windows.

Информация, содержащаяся в данном разделе, предлагается в виде иллюстрированного материала в рамках пакета программ SPSS (IBM® SPSS® Statistics 20).

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Генеральная совокупность - *это множество всех рассматриваемых объектов.*

Выборка - *это часть генеральной совокупности, извлекаемая для анализа.* Выводы, которые делаются при использовании методов математической статистики, основаны на допущении, что то, что верно на случайной выборке, верно и для генеральной совокупности. Существует два основных класса выборок - детерминированные и вероятностные. В отличие от вероятностной выборки детерминированная выборка состоит из элементов, включенных в нее без учета вероятности их проявления.

Репрезентативная выборка - это выборка из генеральной совокупности, с определенной достоверностью представляющая характеристики общей выборки.

Параметр - *суммарный количественный показатель, характеризующий совокупность.*

Распределение параметра - *совокупность частот встречаемости интервалов его значений в исследуемой выборке.* К наиболее часто встречающимся видам распределения относятся: колоколообразное (гауссово, нормальное), асимметричное, полимодальное (бимодальное), равномерное.

К основным характеристикам распределения (описательным статистикам) относятся:

• среднее арифметическое - получается сложением всех выборочных значений исследуемого показателя и делением суммы на количество значений;

• минимум - наименьшее выборочное значение;

• максимум - наибольшее выборочное значение;

• дисперсия - приближение среднего арифметического, вычисленное на основе квадратов разностей между значением каждого элемента выборки и выборочным средним;

• стандартное отклонение - квадратный корень из выборочной дисперсии - среднее расстояние, на котором находятся элементы от среднего арифметического выборки;

• стандартная ошибка среднего - величина, отражающая диапазон значений, в котором должно находиться среднее значение при использовании других выборочных данных;

• медиана - значение параметра, делящее распределение параметра пополам. Чтобы получить медиану выборки, ее необходимо упорядочить (по возрастанию или по убыванию); если число значений нечетно, то медиана - это центральное значение, если число значений четно, то медиана - это среднее арифметическое двух центральных значений. Медиану по-другому называют 50% центилем (centile), в пакете SPSS - процентили;

• центили: 25% центиль (нижний или 1-й квартиль) - значение, левее которого находится 25% наблюдений упорядоченного по возрастанию массива; 75% центиль (верхний или 3-й квартиль) - значение, левее которого находится 75% наблюдений упорядоченного по возрастанию массива;

• мода - это число, которое чаще других встречается в выборке.

Статистическая гипотеза - *формально сформулированное предположение, касающееся конкретного параметра генеральной совокупности.*

Нулевая гипотеза (H_0) - *гипотеза, которую предполагается отклонить (например, об отсутствии различий между группами).*

Альтернативная гипотеза (H_1) - *противоположная нулевой (о наличии различий между группами), представляет собой исследовательское предположение, которое требуется доказать.*

Значимость - *вероятность ошибки принятия гипотезы.*

Уровень статистической значимости (α) - *пороговое значение для ошибочного отклонения верной нулевой гипотезы (ошибки первого рода).*

В медицине принято выбирать α = 0,05 или α = 0,01. Ошибка второго рода - ошибочное принятие ложной нулевой гипотезы. В настоящее время принято указывать реальное p-значение (вероятность ошибки первого рода). Если p-значение меньше 0,05 (т.е. ошибка менее чем в 5% случаев), говорят о наличии статистически значимых различий между выборками параметра.

Независимыми считаются, например, группы пациентов, которые были рандомизированы (случайным образом отобраны). Зависимыми являются, например, данные одной и той же группы больных до и после лечения.

Статистический критерий - *правило, согласно которому по результатам наблюдений принимается решение в задаче статистической проверки гипотез.* Например, для проверки соответствия распределения выборочного параметра нормальному распределению часто используют критерий Колмогорова-Смирнова.

При сравнении выборок нужно помнить, что количество наблюдений в выборках должно быть примерно сопоставимо. Что касается размера выборок, то их величина не должна быть меньше 10 наблюдений в случае существенного разброса значений показателей в каждой из них.

Т-критерий Стьюдента для независимых выборок (групп) - наиболее популярный метод решения задачи: различаются ли средние значения параметра в сравниваемых группах. Может использоваться корректно только в случае нормального распределения значений в каждой группе и равенства дисперсий распределений в группах. Т-критерий 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. Использование Т-критерия Стьюдента для независимых выборок правомерно лишь при достаточно большом количестве наблюдений в выборках, что в клинической медицине бывает не часто.

T-критерий для парных выборок используют в случае двух зависимых выборок, например сравнение выборочных показателей до и после лечения у одних и тех же пациентов.

Тест Манна-Уитни используется для сравнения выборок в случаях, когда хотя бы одна из сопоставляемых выборок параметра имеет распределение, отличное от нормального, или если характер распределения параметра неизвестен (проверка на нормальность не проводилась). Суть метода - в проверке нулевой гипотезы о равенстве средних рангов в группах. Другими словами, 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.

Тест Вилкоксона - один из самых мощных непараметрических критериев. Используется для парного сравнения выборок количественных (или качественных порядковых) параметров в тех случаях, когда хоть 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.

Общепринятый способ выявления взаимосвязи между переменными - расчет корреляций. Обнаружение корреляции между двумя переменными не указывает на существование причинной связи между ними, а лишь свидетельствует о ее возможности. Отсутствие корреляционной связи не позволяет говорить об отсутствии более сложной связи.

Регрессия - *это математическое выражение зависимости изменения значения одного показателя от другого или других.* Если зависимость описывается уравнением прямой типа $y = b \cdot x + a$, где x и y - показатели, то говорят о*линейной* регрессии. Если же функциональная связь между показателями подчиняется какому-либо другому закону, т.е. ее невозможно описать линейной взаимосвязью, то в таких случаях предполагают наличие*нелинейной* регрессии.

3.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАКЕТЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ SPSS

Основное окно SPSS20 выглядит согласно стандартам интерфейса MS Windows (рис. 3.1).

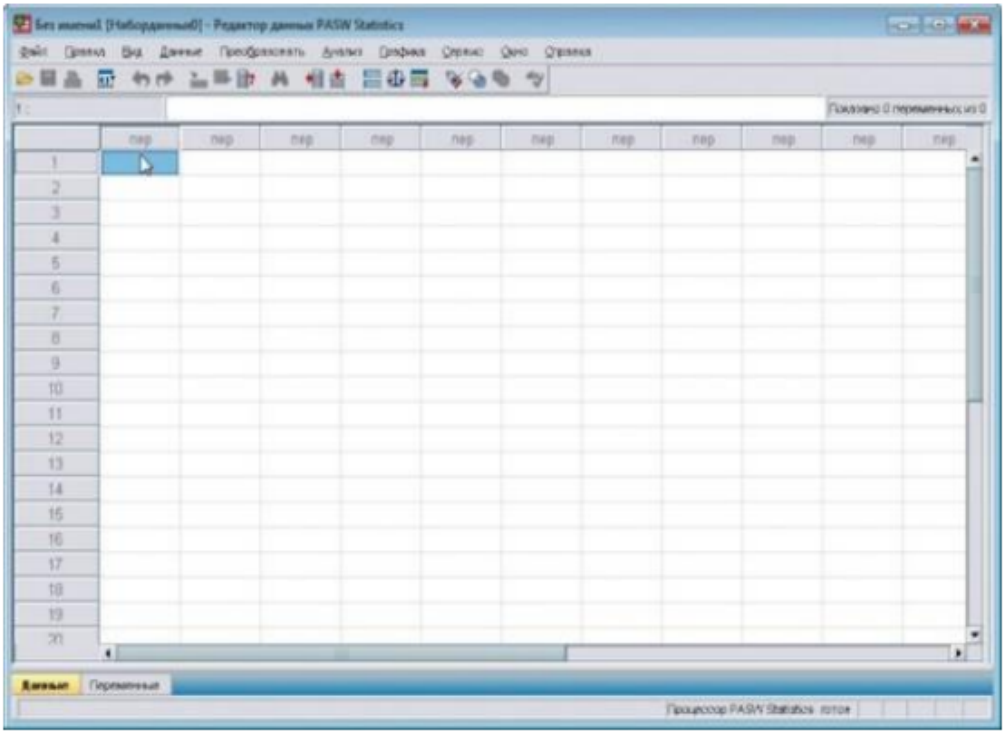


Рис. 3.1. Основное окно пакета SPSS

Исходные данные в системе SPSS организованы в виде таблиц, состоящих из строк и столбцов. В отличие от обычных электронных таблиц, в которых строки и столбцы равноправны, в SPSS они имеют разные смысловые значения. Столбцы таблицы SPSS называются Переменные, а строки - Наблюдения. В качестве переменных обычно выступают исследуемые параметры, а наблюдения - это значения, которые принимают переменные. Например, наблюдения - это больные, переменные - пол, возраст, дата поступления в больницу, масса тела, рост и т.д.

Переменные в таблице SPSS могут принимать как числовые, так и текстовые значения. Кроме значений переменных, таблица может содержать дополнительную информацию (заголовок, комментарии об источнике данных и т.д.).

Непосредственное знакомство с системой SPSS следует начать с ввода данных или импорта данных, хранившихся в других приложениях.

При первом запуске пакета SPSS появляется окно, в котором отображается пустая таблица 20x11 (20 наблюдений, 11 переменных) (см. рис. 3.1).

Для дальнейшей корректной работы желательно сразу записать эту таблицу под своим именем в папке, где планируется хранить статистические данные и результаты их обработки. Для этого необходимо ввести хотя бы одно значение переменной и воспользоваться командой Сохранить меню Файл или нажать сочетание клавиш CTRL+S (рис. 3.2).

После сохранения файла откроется окно журнала, в котором отображается выполненная процедура (рис. 3.3). Окно журнала можно закрыть без сохранения.

Примечание. Звездочка в имени таблицы означает, что внесенные изменения не сохранены.

Далее необходимо ввести имена переменных и описать их. Для открытия окна редактирования параметров переменных необходимо щелкнуть мышью на вкладке Переменные (рис. 3.4).

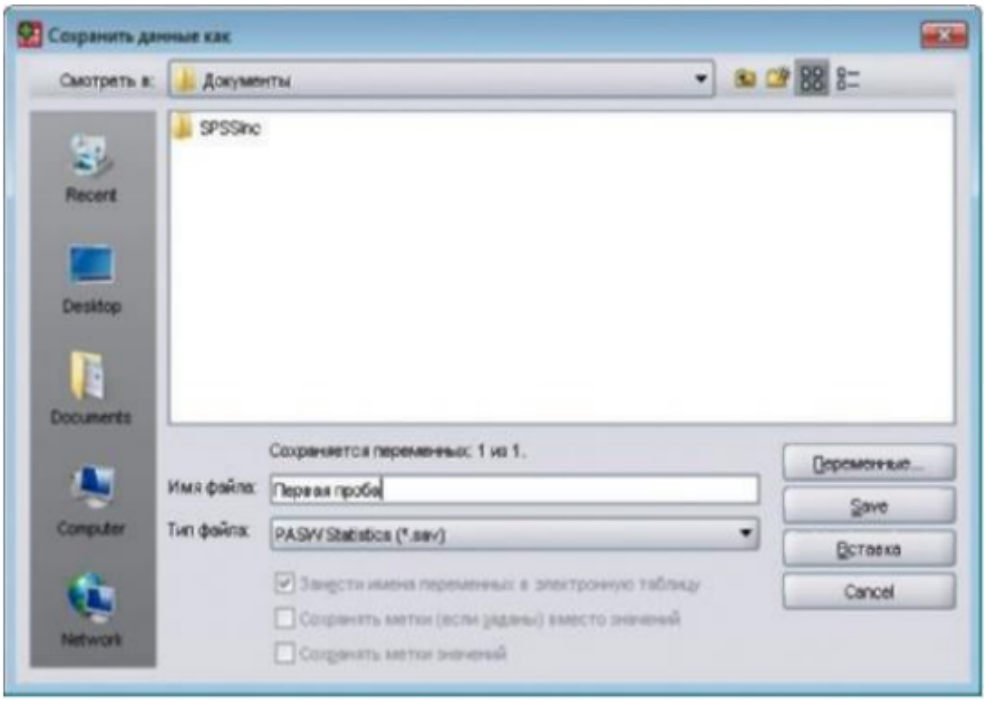


Рис. 3.2. Сохранение таблицы данных

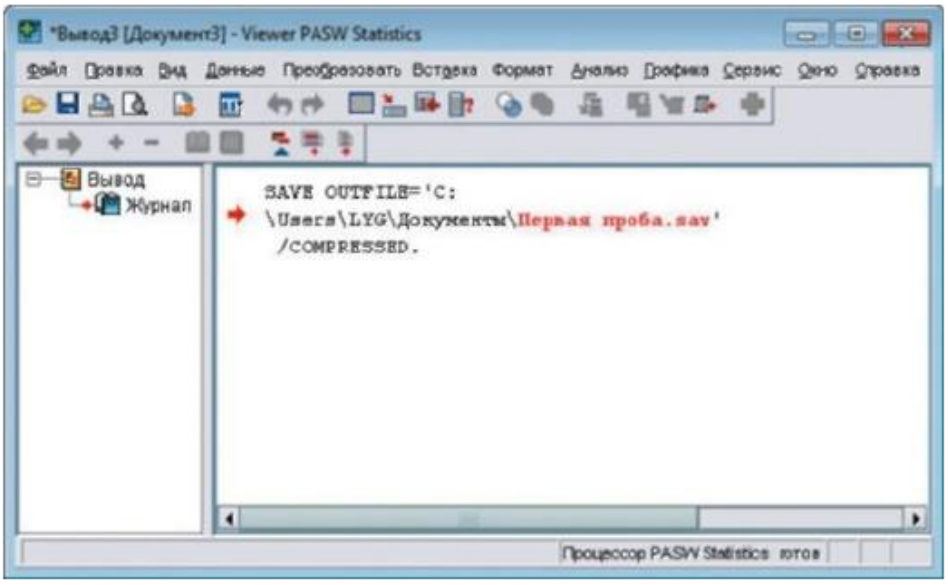


Рис. 3.3. Результат операции сохранения файла Первая проба.say

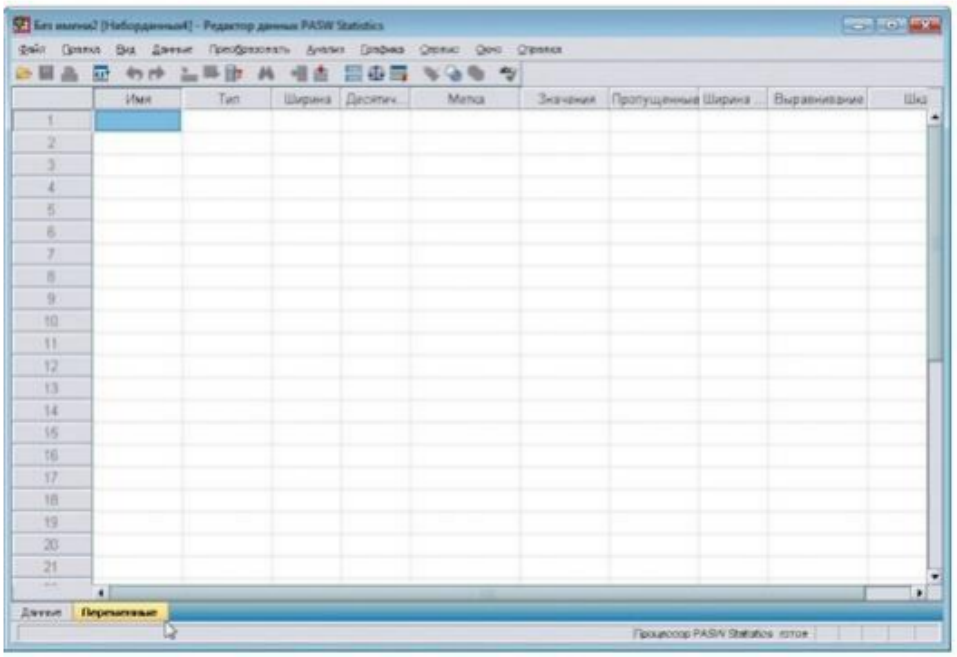


Рис. 3.4. Окно редактирования параметров переменных

Чтобы ввести имена, необходимо в столбце Имя вводить наименования переменных наблюдения, а затем задавать их параметры. Например, необходимо создать несложную исходную таблицу данных регистрации пациентов. Для этого нужно задать переменные Код (идентификатор пациента), Дата_рег (дата регистрации или поступления), Дата_рожд (дата рождения), Пол, Вес, Рост, АД (артериальное давление), ЧСС (частота сердечных сокращений), ЧД (частота дыхания). Порядок ввода имен и описание переменных произвольных (рис. 3.5).

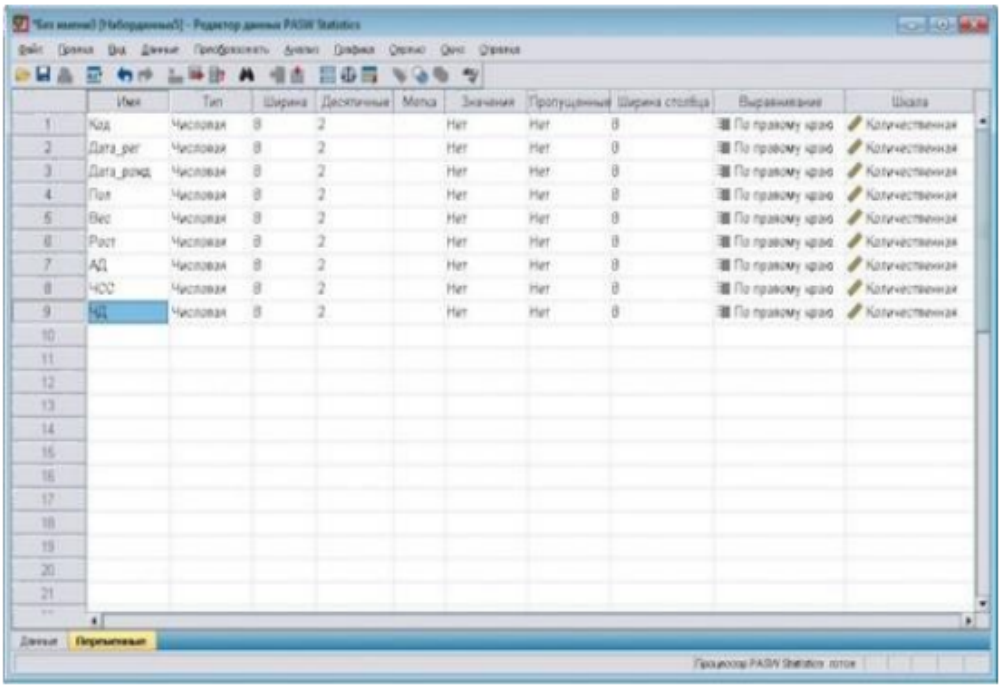


Рис. 3.5. Задание имен переменных

Примечание. В именах переменных нельзя использовать специальные символы и пробелы. Вместо пробела рекомендуется использовать знак подчеркивания «_».

Для описания переменной необходимо щелкнуть мышью в поле Тип, затем щелкнуть в появившемся расширении поля . Откроется окно Тип переменной (рис. 3.6), в котором необходимо сделать соответствующий выбор.

Необходимо описать каждую переменную (рис. 3.7) и заполнить созданную таблицу данными, например, как на рис. 3.8.

Примечание. В качестве разделителя между дробной и целой частью числовых данных необходимо использовать запятую, а не точку.

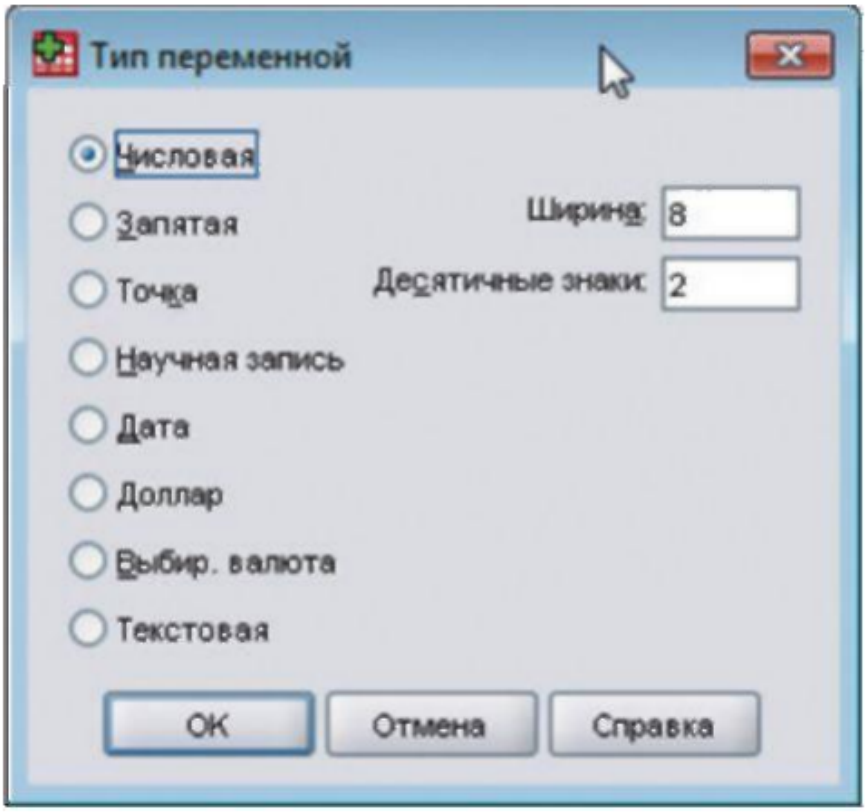


Рис. 3.6. Задание типа переменной

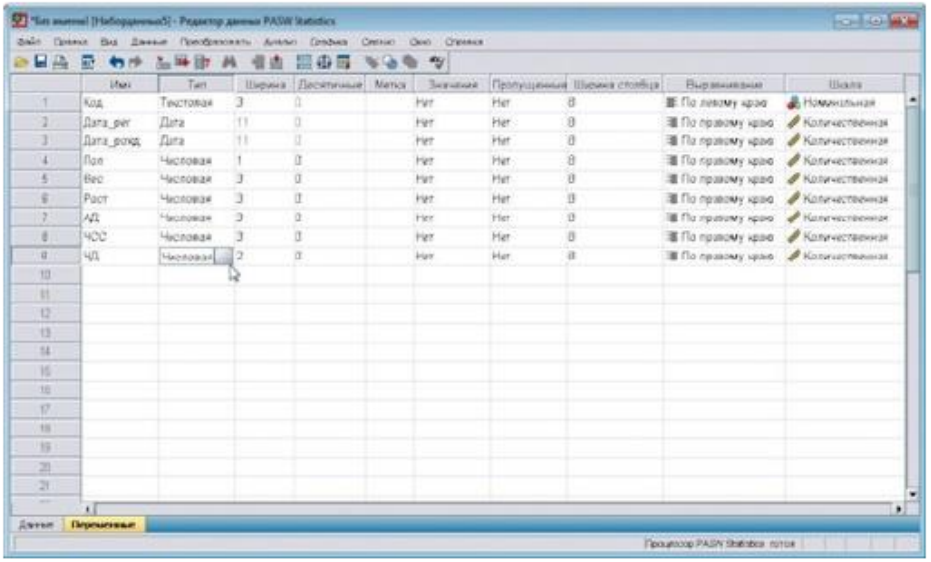


Рис. 3.7. Описание переменных

Программный пакет SPSS имеет широкий инструментарий по импорту и экспорту данных. Благодаря такой возможности можно обмениваться данными с такими необходимыми для оформления результатов работы приложениями, как MS Word и MS Excel.

В SPSS, как в любом современном статистическом пакете, реализованы фильтры конвертации форматов данных. Для экспорта данных необходимо выполнить команду Файл→Сохранить как сохранения файлов, раскрыв список Тип файла и

определив тип файла, который необходимо экспортировать (рис. 3.9). Для импорта данных необходимо воспользоваться аналогичным подходом для открытия данных меню Файл.

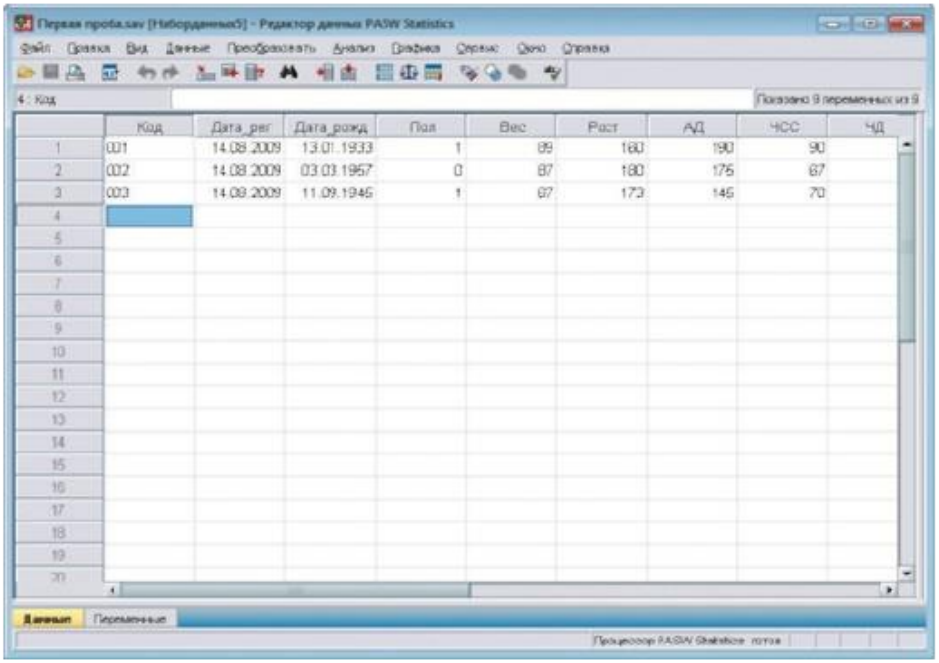
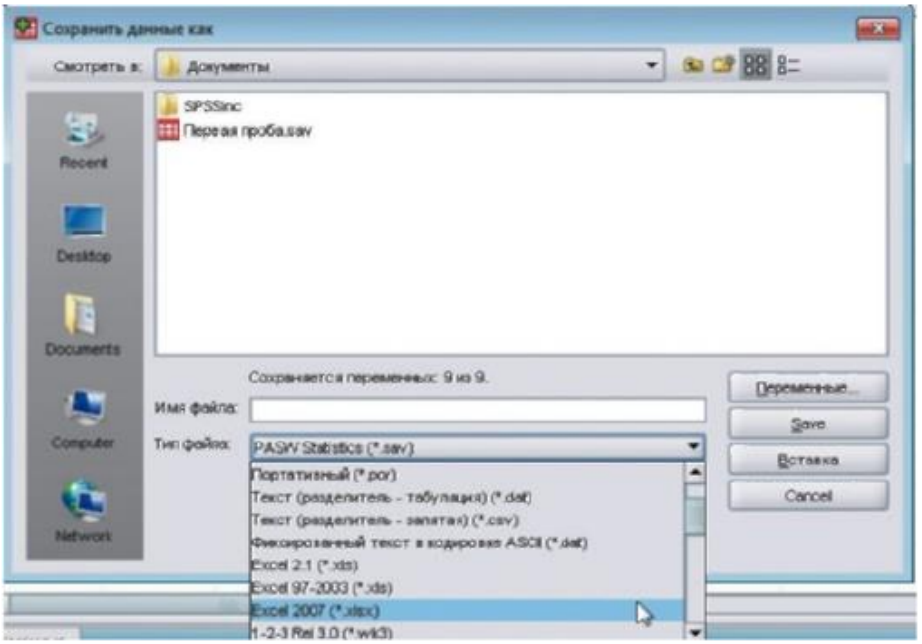
1. 

Рис. 3.8. Заполнение таблицы исходными данными

Примечание. Не следует забывать и о наличии буфера обмена данными между Windows-приложениями.

Подробности открытия существующих файлов или записи в другой формат либо под другим именем здесь не рассматриваются ввиду их полной аналогии с соответствующими манипуляциями в Office-приложениях.



Итак, в результате проведения исследования сформирован список наблюдаемых параметров (переменных). У каждой переменной имеется ряд наблюдений (значений).

Для описания изменчивости переменных пользуются описательными (дескриптивными) статистиками: минимум, максимум, среднее, дисперсия, стандартное отклонение, медиана, центили, квартили, мода и т.д. Эти статистики дают общее представление о значениях, которые принимает переменная.

Для того чтобы рассчитать описательные статистики для данных, соответствующих нормальному распределению, необходимо выполнить последовательность команд Анализ-Описательные статистики→Описательные... и выбрать анализируемую переменную. Нажав на кнопку Параметры, выбрать необходимые статистики (рис. 3.14). В результате выполненных команд откроется окно результатов расчета (рис. 3.15).

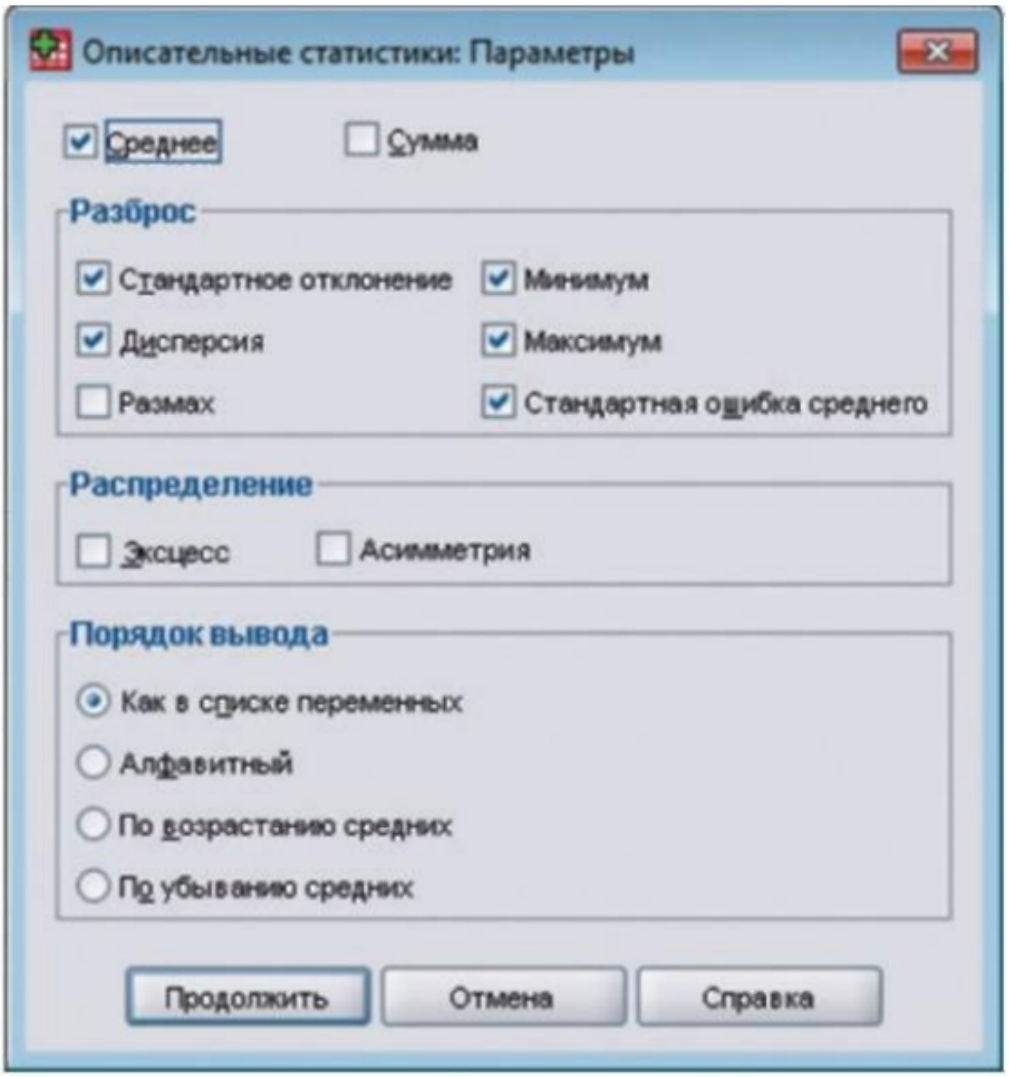


Рис. 3.14. Выбор описательных статистик

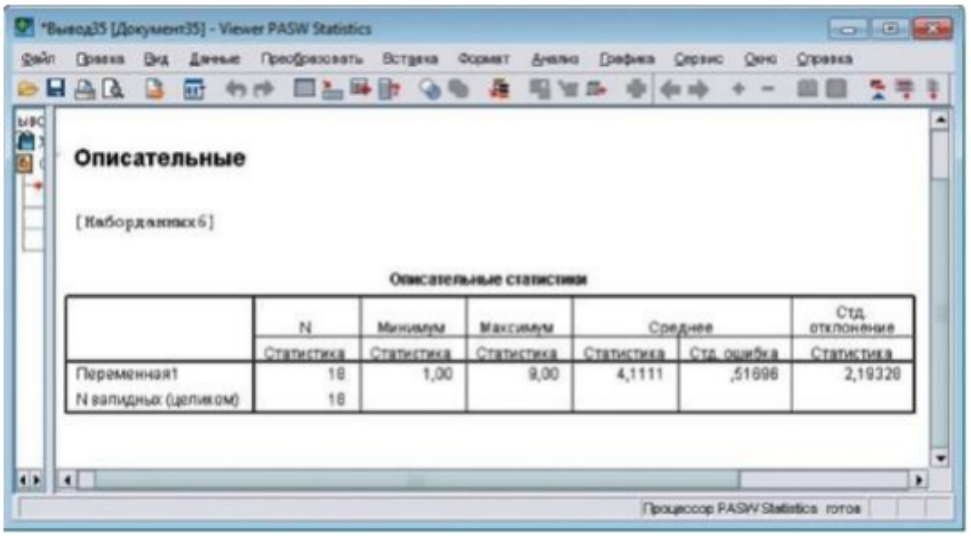


Рис. 3.15. Окно результатов расчета описательных статистик

Для расчета описательных статистик для данных, распределение которых не соответствует закону нормального распределения, необходимо выполнить последовательность команд Анализ→Описательные статистики→Частоты, выбрать анализируемую переменную (в нашем случае это Переменная 2) и нажать на кнопку Статистики. Откроется соответствующее окно (рис 3.16).

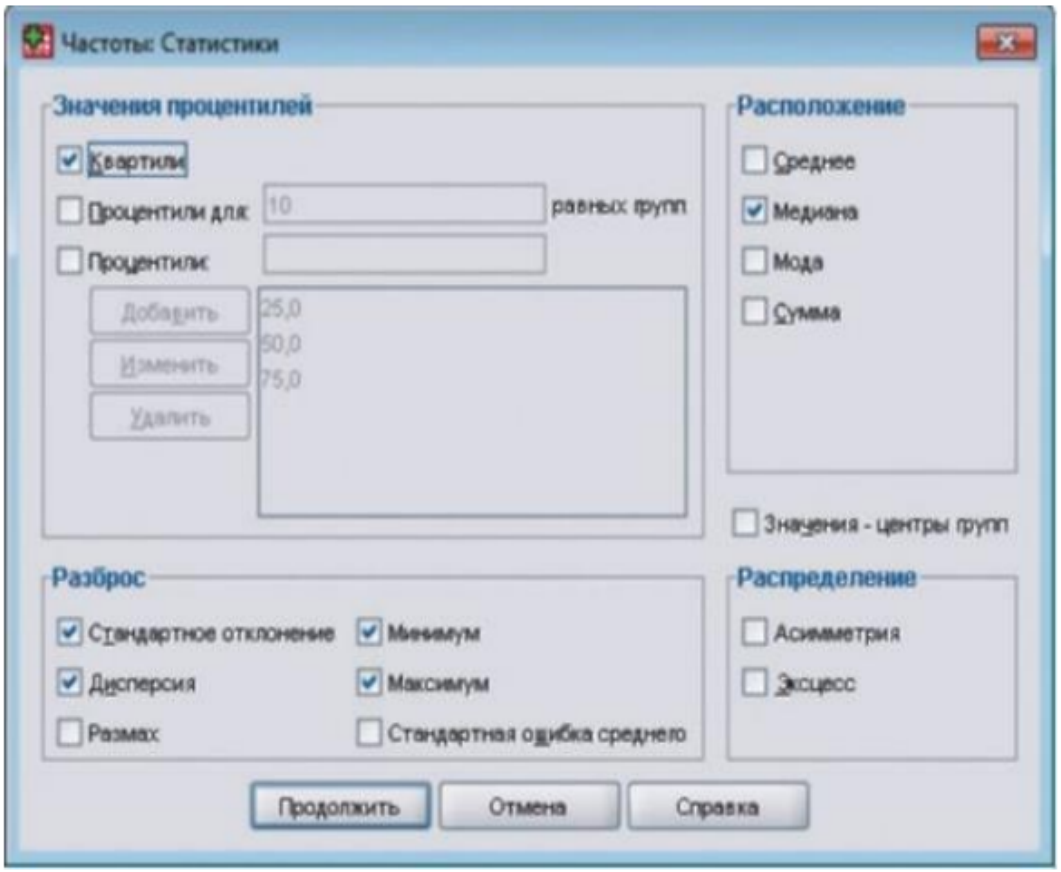


Рис. 3.16. Расчет описательных статистик для данных, не распределенных по нормальному закону

В результате выполненных команд откроется окно результатов расчета (рис. 3.17).

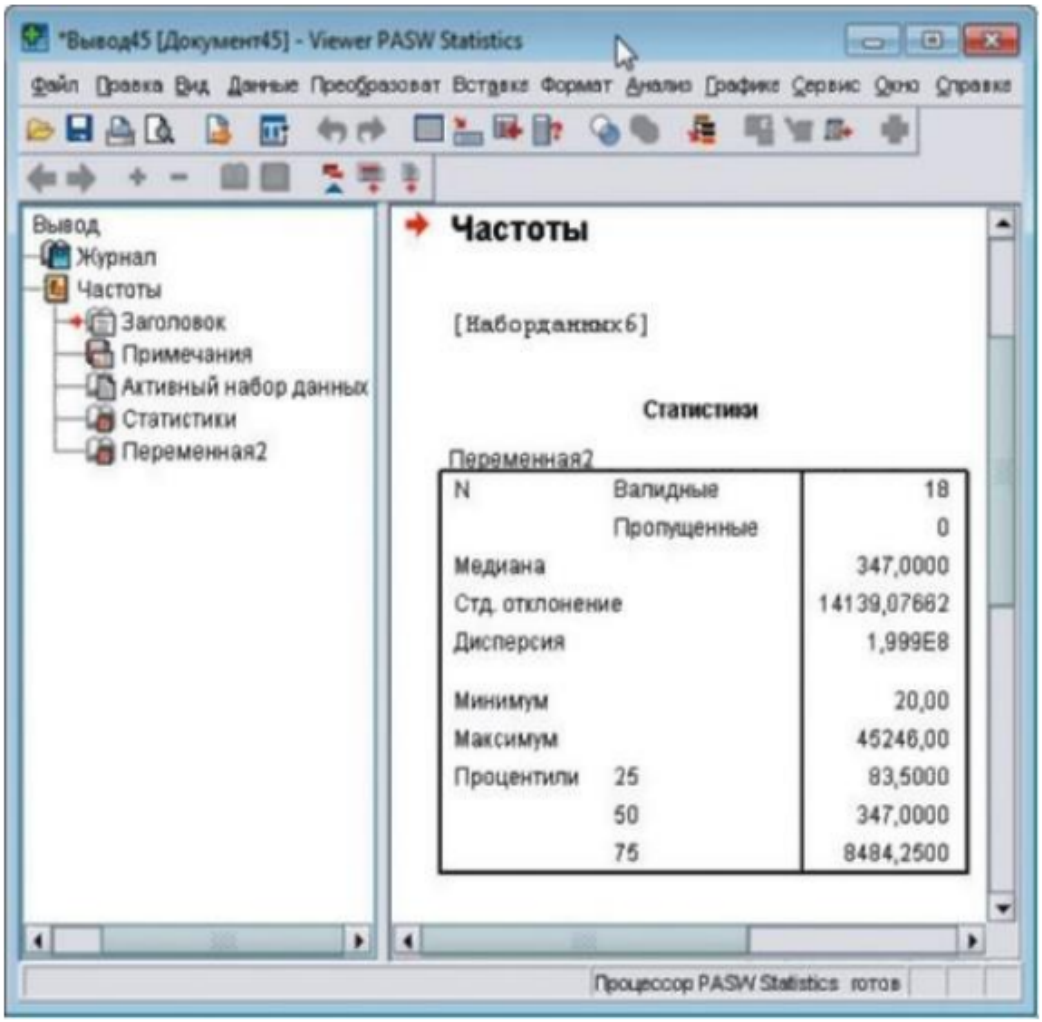


Рис 3.17. Описательные статистики для данных, не распределенных по нормальному закону. Окно результатов расчета

Среди результатов расчета: медиана, 25-й центиль (процентиль), 75-й центиль (процентиль).

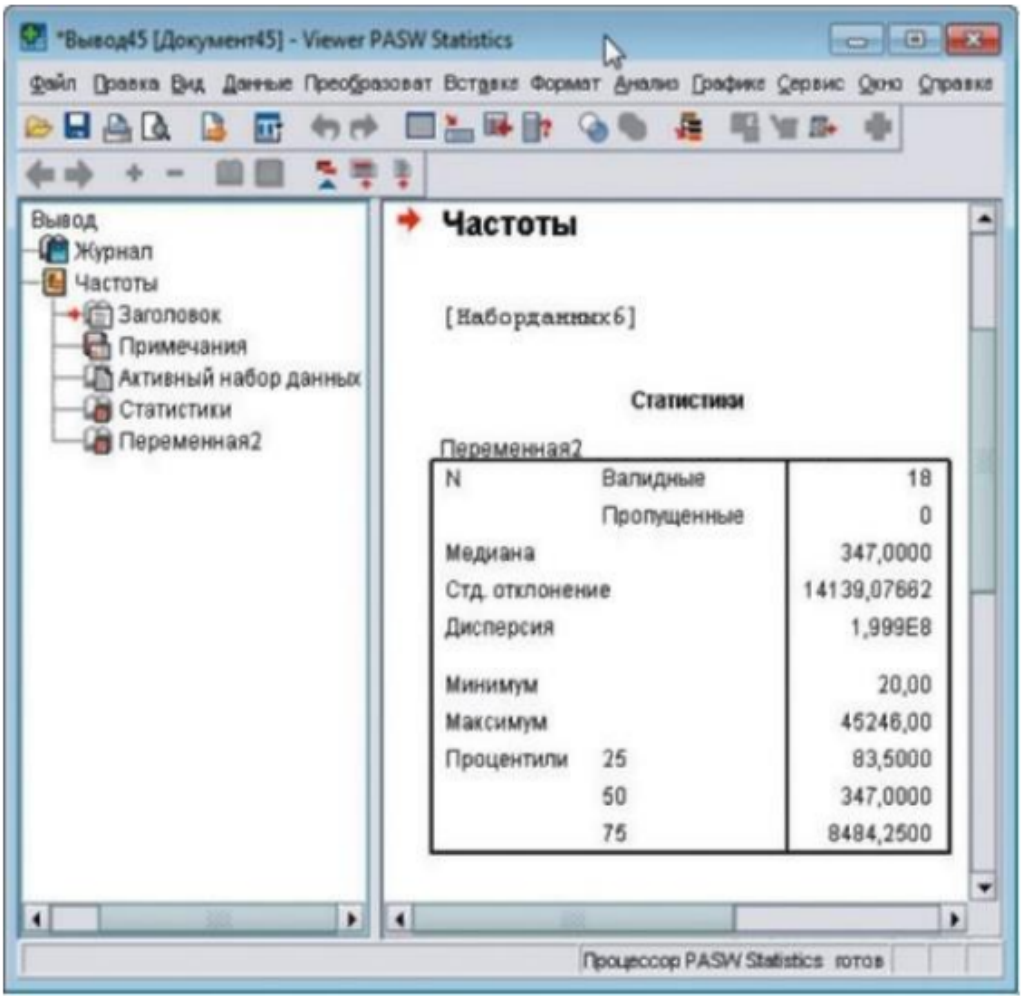


Рис 3.17. Описательные статистики для данных, не распределенных по нормальному закону. Окно результатов расчета

Среди результатов расчета: медиана, 25-й центиль (процентиль), 75-й центиль (процентиль).

3.3 Сравнение двух выборок в случае нормально распределенных исходных данных

Если необходимо сравнить определенные показатели в двух незави симых группах, например сопоставить опыт с контролем, то для нор мально распределенных исходных данных используется *Т-критерий для независимых выборок (двухвыборочный тест Стьюдента).*

Для проведения двухвыборочного теста Стьюдента исходная таблица организуется следующим образом (рис. 3.18). Столбец Группировка - группирующая переменная. Напротив «О» в столбце переменной АД (артериальное давление) расположены данные опытной группы, а напротив «К» - значения переменной АД контрольной группы.

Примечание. В качестве группирующей переменной могут выступать и числовые значения, например «1» и «0».

Для проведения сравнения необходимо выполнить следующую последовательность командАнализ→Сравнение средних→Т-критерий для независимых выборок, выбрать переменные (рис. 3.19), задать группы (рис. 3.20), Продолжить, ОК.

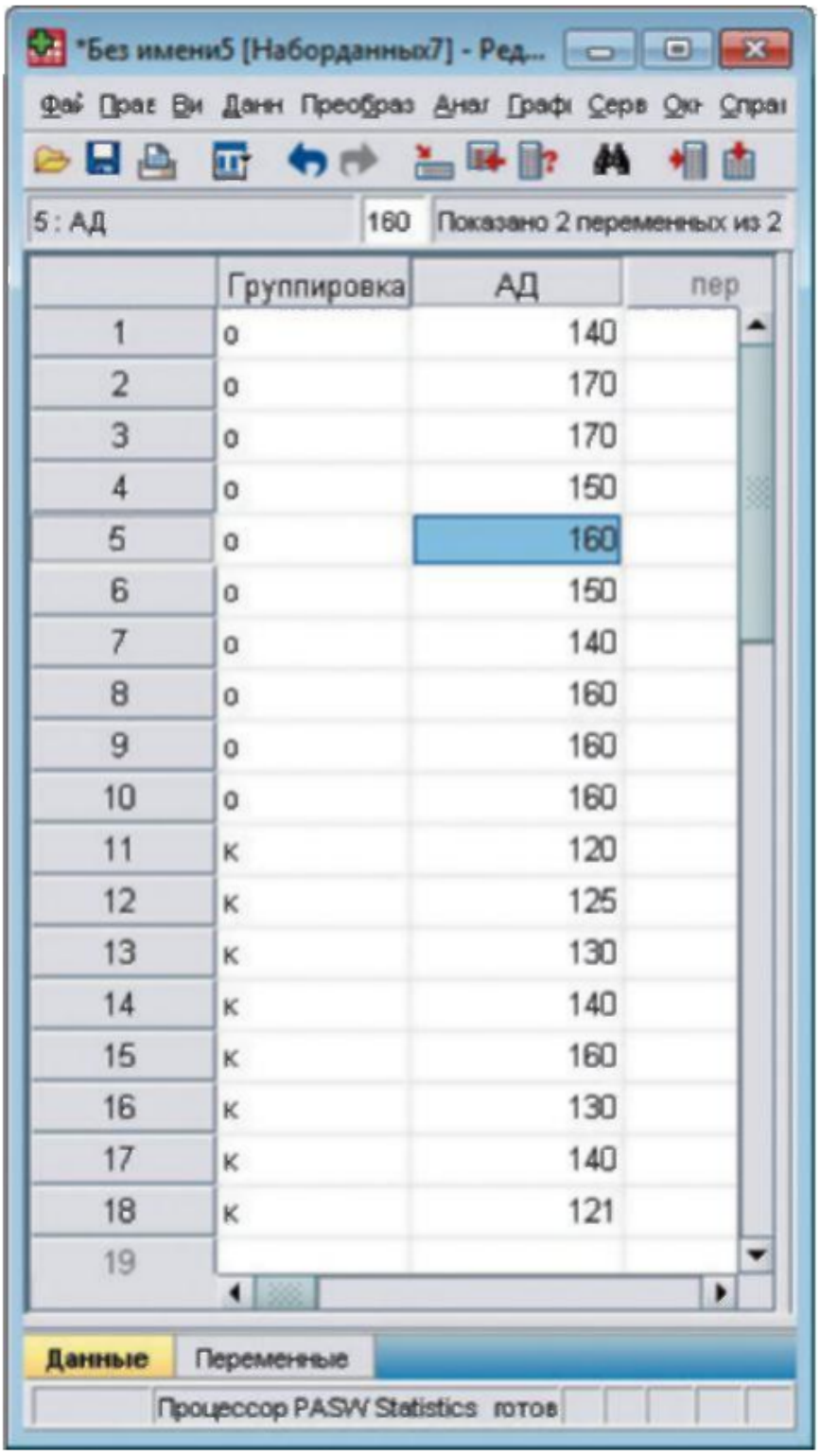


Рис. 3.18. Организация исходных данных для двухвыборочного теста Стьюдента

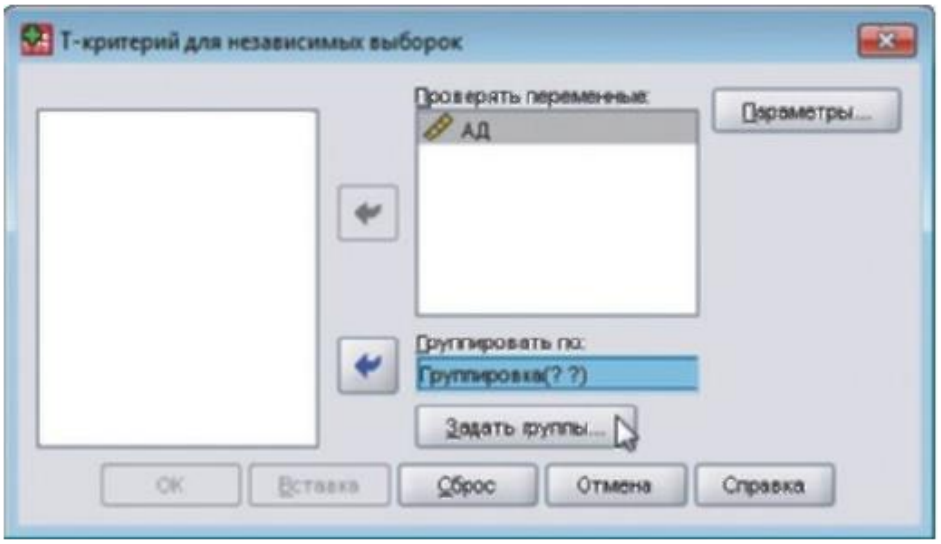


Рис. 3.19. Выбор анализируемых переменных

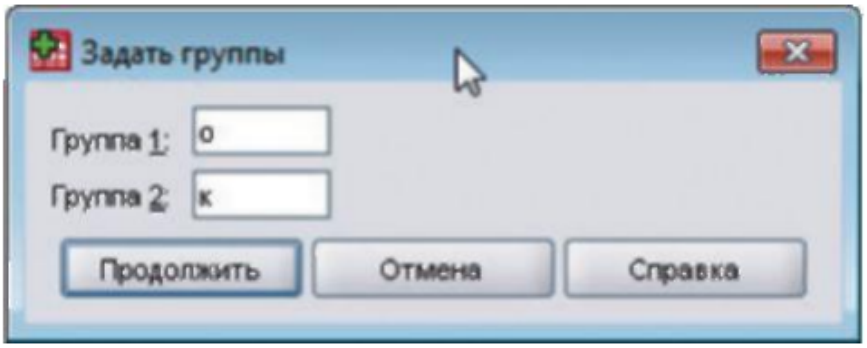


Рис. 3.20. Задание метки группы

В открывшемся окне результатов (рис. 3.21) интерес представляют следующие показатели:

• *t* - значение Т-критерия Стьюдента (t = 3,938);

• значимость - вероятность ошибки принятия гипотезы о наличии различий, когда в действительности их нет(*p*=0,002).

В случае p<0,05 можно принимать гипотезу о наличии статистически значимых различий между исследуемыми группами.

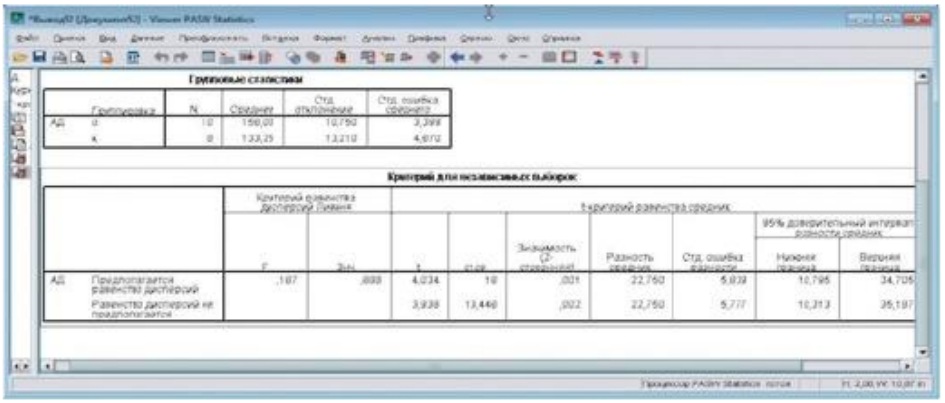


Рис. 3.21. Результаты проведенного двухвыборочного теста Стьюдента

Если необходимо сравнить определенные показатели в одной и той же группе испытуемых до и после лечения, то для нормально распределенных исходных данных используется *парный тест Стьюдента.*

Для проведения парного теста Стьюдента исходная таблица организуется следующим образом: первый столбец, например переменная АД_до, - наблюдения артериального давления до лечения; второй столбец - переменная АД_после - наблюдения того же показателя после курса лечения (рис. 3.22).

Затем выполняется последовательность команд Анализ→Сравнение средних→Т-критерий для парных выборок. Аналогично с двухвыборочным тестом Стьюдента выбираются анализируемые переменные (рис. 3.23).

Аналогично с двухвыборочным тестом Стьюдента по значениям Т-критерия *t* и вероятности ошибки *p*

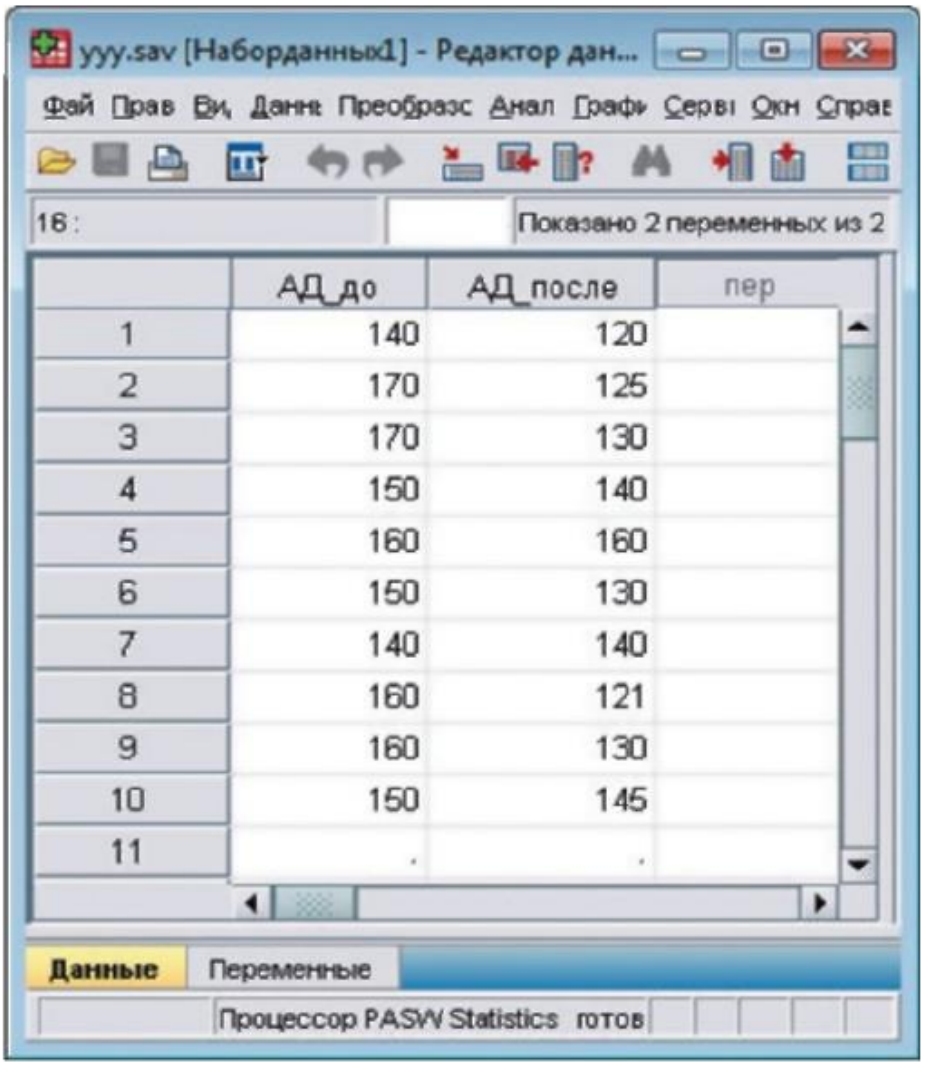


Рис. 3.22. Организация исходных данных для парного теста Стьюдента



Рис. 3.23. Выбор анализируемых переменных для парного теста Стьюдента делают вывод о статистической значимости наблюдаемых изменений исследуемого показателя.

3.3.1. Сравнения двух выборок в случае ненормально распределенных исходных данных

В случае когда исходные данные не распределены по нормальному закону или когда выборки маленького размера, для определения статистической значимости различий используют так называемую непараметрическую статистику. Задачи, которые решают с помощью непараметрических тестов Манна-Уитни и Вилкоксона, аналогичны задачам, решаемым с помощью параметрических двухвыборочного и парного тестов Стьюдента соответственно: тест Манна-Уитни используют в случае независимых, тест Вилкоксона - в случае связанных выборок.

Для проведения сравнения между двумя независимыми группами данные должны быть организованы (рис. 3.24), как в случае с двухвыборочным тестом Стьюдента.

Необходимо выполнить последовательность команд Анализ→Непараметрические критерии→Для двух независимых выборок, выбрать переменные (рис. 3.25), задать группы (рис. 3.26).

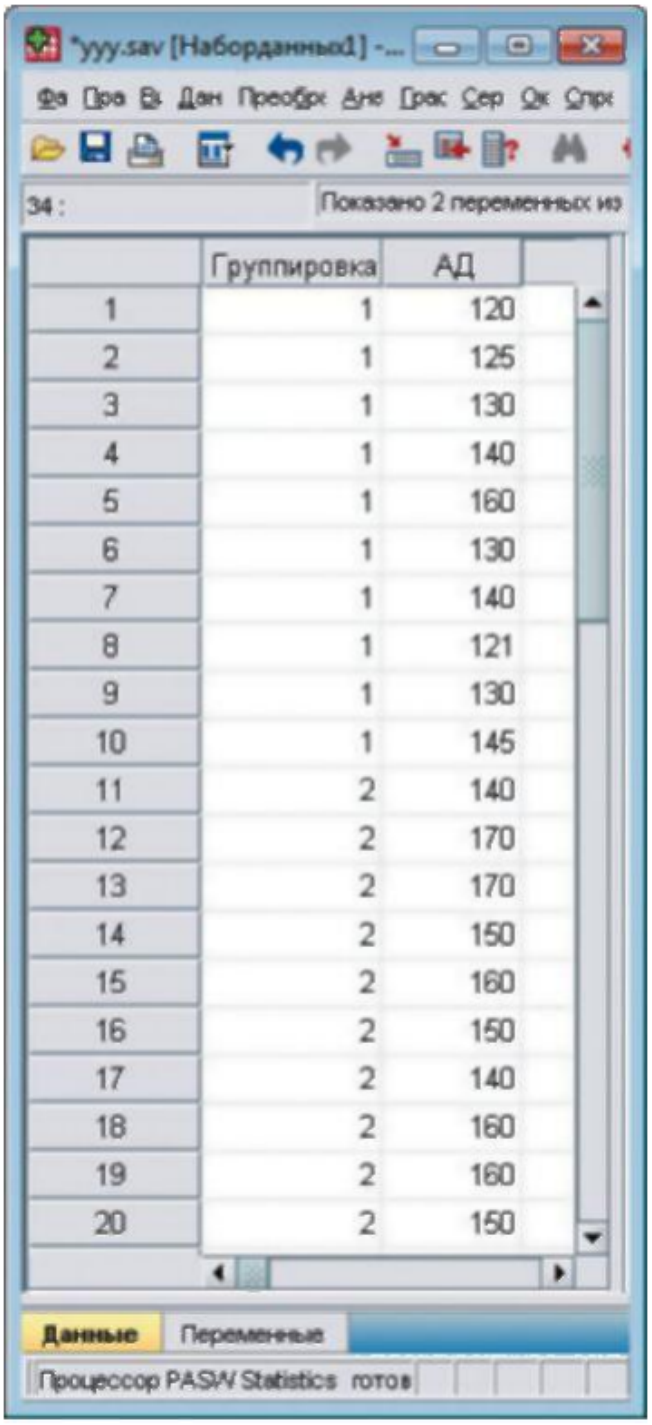


Рис. 3.24. Организация исходных данных для двухвыборочного теста Манна- Уитни

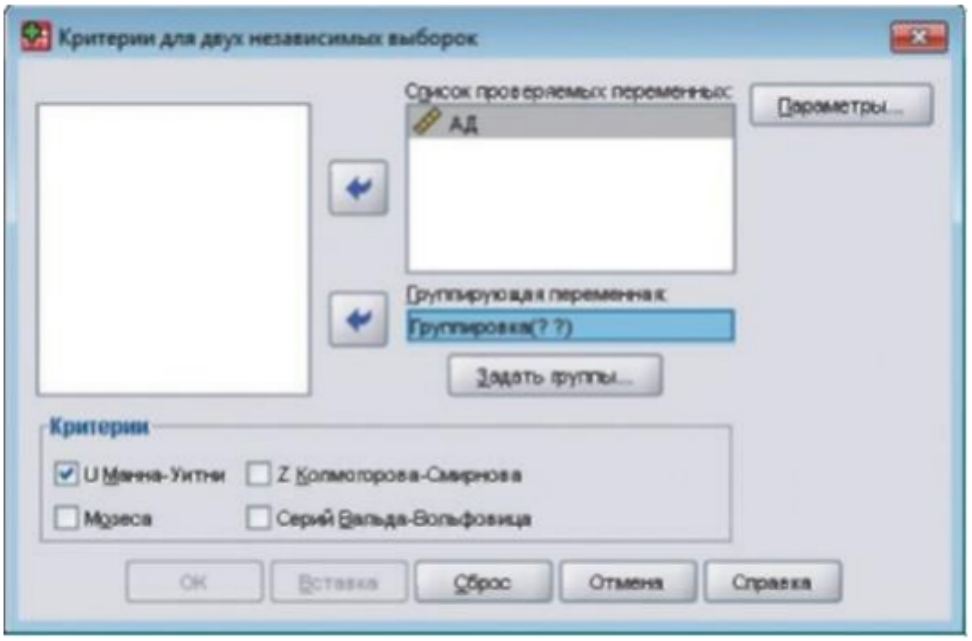


Рис. 3.25. Выбор анализируемых переменных

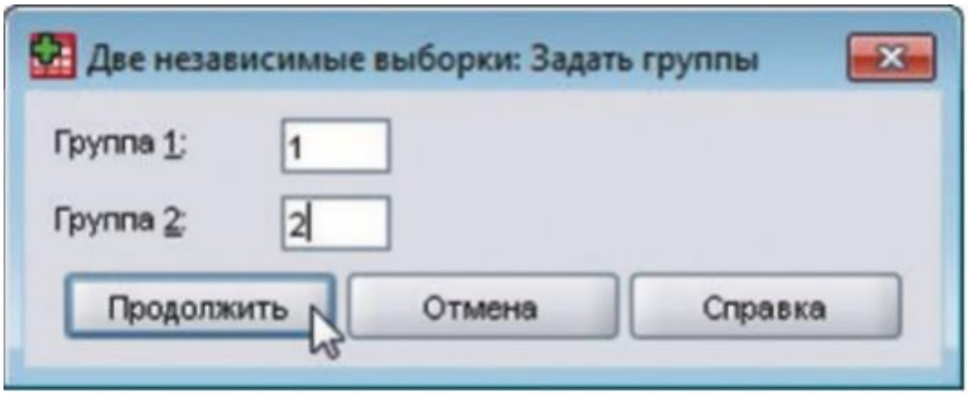


Рис. 3.26. Задание метки группы

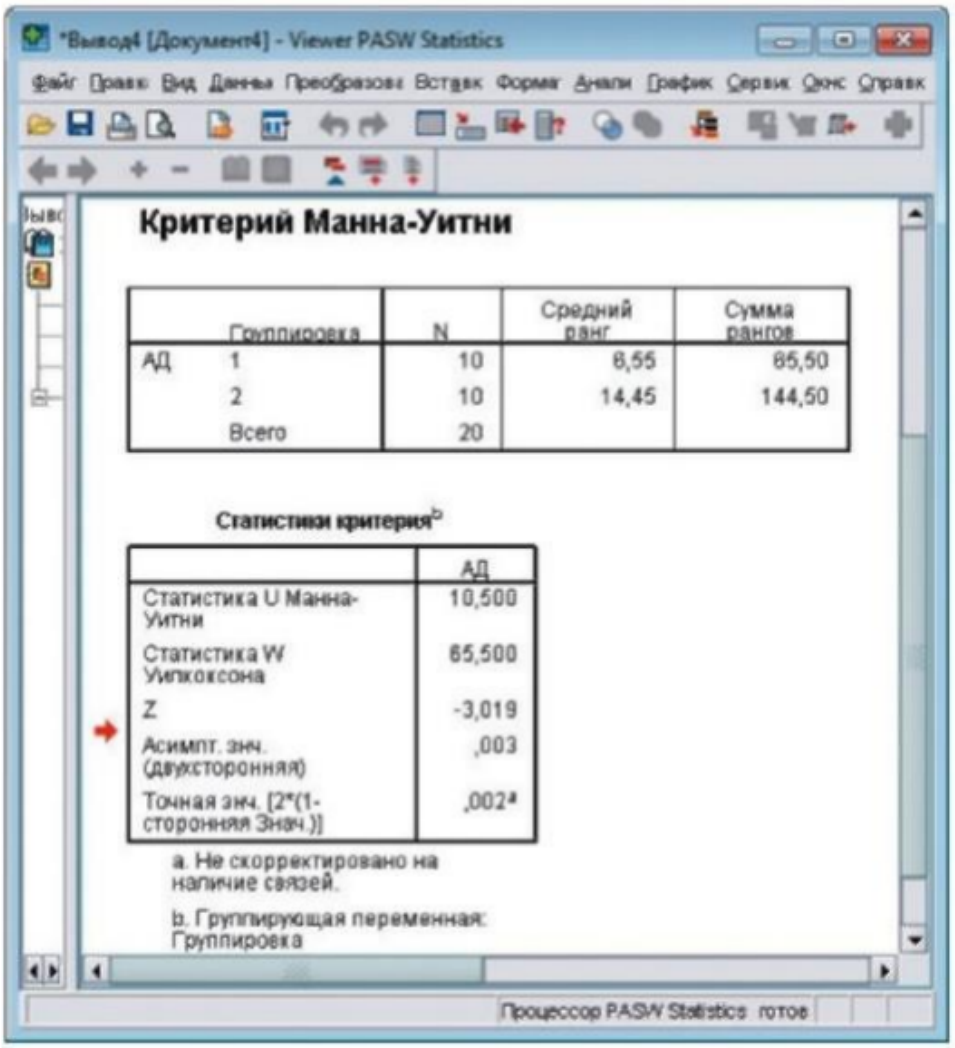


Рис. 3.27. Результаты проведенно го двухвыборочного теста Манна-Уитни

В открывшемся окне (рис. 3.27) важен показатель Асимпт. знч. (p= 0,003). В случае $p<0,05$ можно принимать гипотезу о наличии статистически значимых различий между исследуемыми группами.

Для проведения *теста Вилкоксона* исходные данные могут быть сформированы по тому же принципу, как и для парного теста Стьюдента (см. рис. 3.22).

Необходимо выполнить последовательность команд Анализ-Непараметрические критерииДля двух связанных выборок. Аналогично парному тесту Стьюдента выбрать переменные (см. рис. 3.23). В случае значения $p<0,05$ (показатель Асимпт. знч. в окне результатов анализа) принимается гипотеза о наличии статистически значимых различий между исследуемыми группами.

3.3.2. Определение наличия и степени взаимосвязи между количественными показателями

При анализе клинических и экспериментальных данных часто возникает вопрос о наличии взаимосвязей между ними. Такая взаимосвязь оценивается по величине коэффициента корреляции. В случае исходных данных, распределенных по нормальному

закону, применяется *корреляция по Пирсону,* в случае ненормально распределенных данных - *корреляция по Спирмену.*

К примеру, необходимо определить зависимость между ростом и массой тела пациентов. Для этого нужно сформировать небольшую таблицу исходных данных (рис. 3.28), выполнить последовательность командАнализ→Корреляции→Парные, выбрать переменные, между которыми будет оцениваться взаимосвязь,Коэффициенты корреляции Пирсона (рис. 3.29). После подтверждения завершения выбора (OK) откроется окно результатов корреляционного анализа (рис. 3.30).

Знаком «**» в таблице результатов помечаются те коэффициенты корреляции, которые статистически значимо определяют взаимосвязь исследуемых величин ($p<0,05$). В данном примере между исследуемыми показателями есть статистически значимая связь (корреляция Пирсона = 0,977, p=0,01).

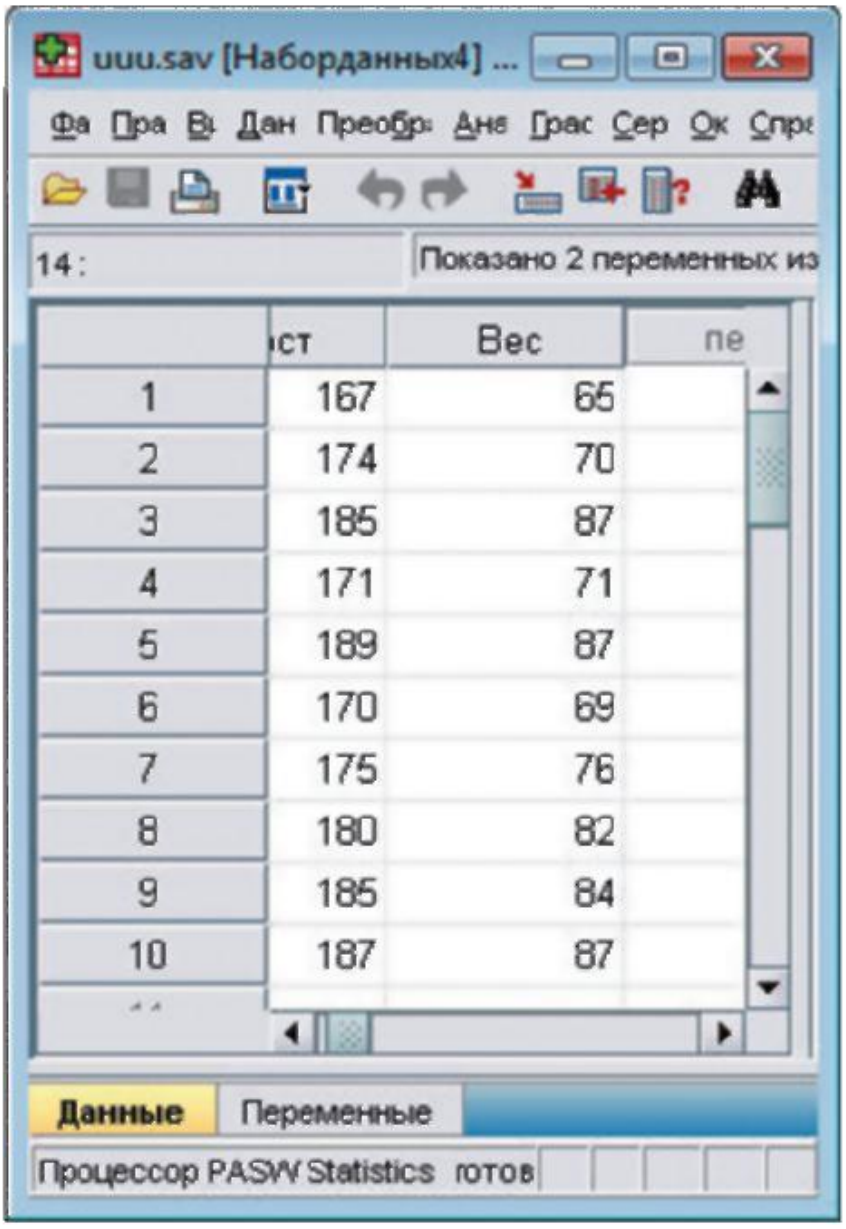


Рис. 3.28. Исходные данные для корреляционного анализа

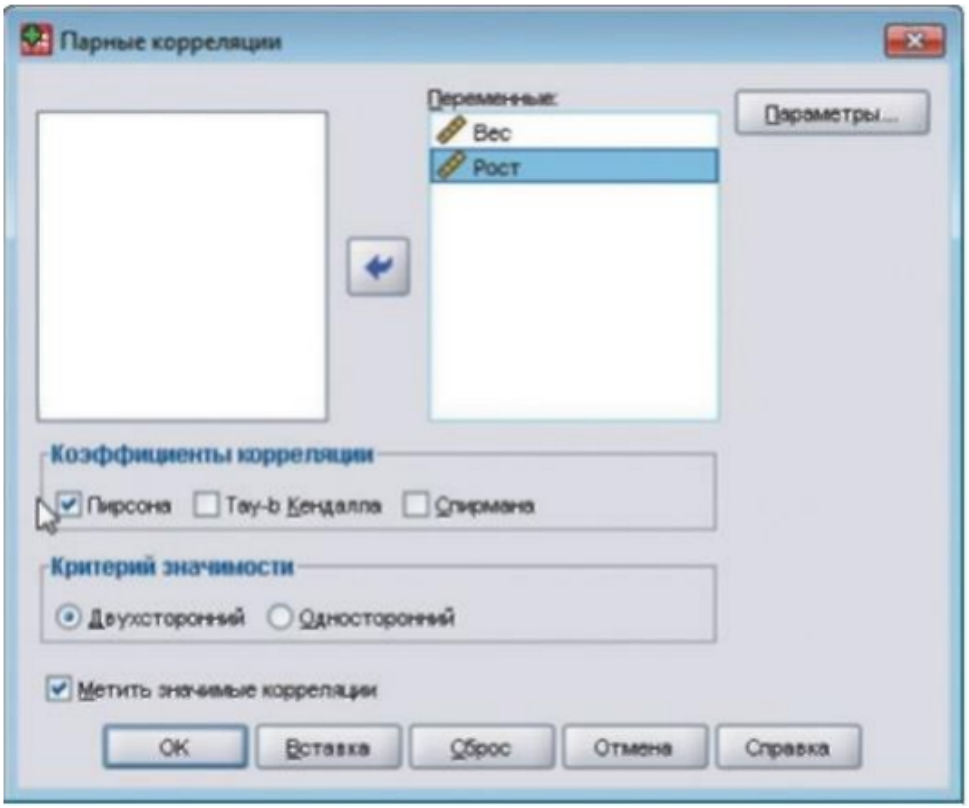


Рис. 3.29. Окно настроек корреляционного анализа

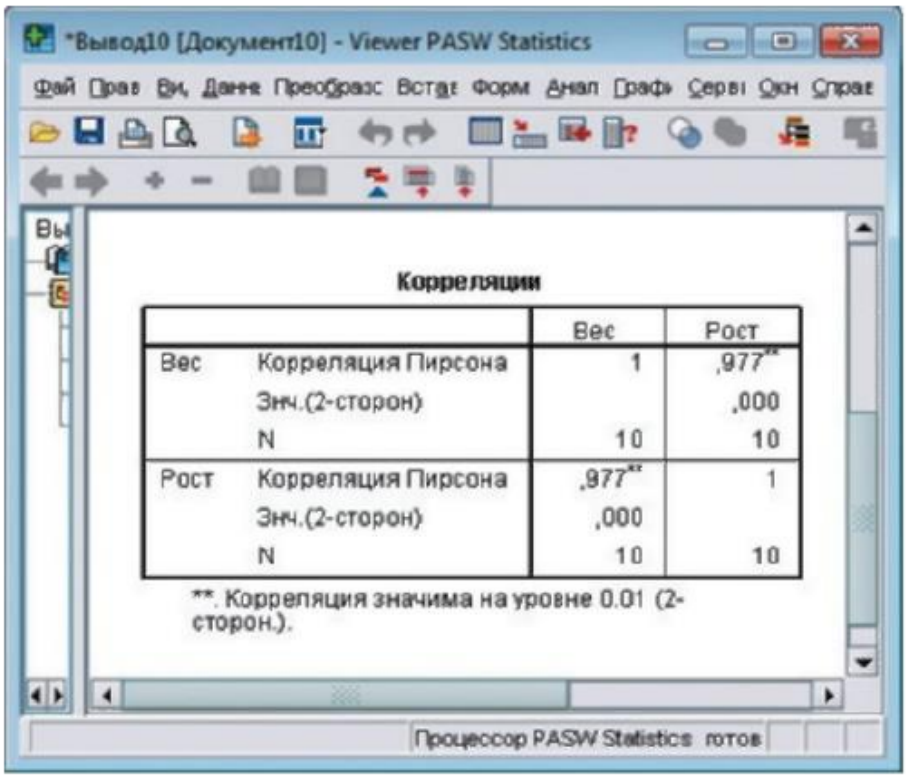


Рис. 3.30. Результаты корреляционного анализа

Результаты корреляционного анализа трактуются следующим образом:

• коэффициент корреляции отрицательный - связь между исследуемыми переменными обратная (т.е. большим значениям одной переменной соответствуют меньшие значения другой);

• коэффициент корреляции положительный - связь между исследуемыми показателями прямая (при большем значении одного из них наблюдается большее значение другого).

Трактовка абсолютных численных значений коэффициента корреляции:

• коэффициент корреляции ≥0,95 - показатели «статистическая связь» близки к «линейной функциональной»;

• коэффициент корреляции <0,95 и ≥0,80 - высокая степень статистической взаимосвязи между показателями;

• коэффициент корреляции <0,80 и ≥0,60 - умеренная статистическая связь между показателями;

• коэффициент корреляции <0,60 и ≥0,30 - низкая статистическая связь между показателями;

• коэффициент корреляции <0,30 - слабая статистическая связь между показателями.

Для осуществления анализа корреляций по Спирмену таблица исходных данных может быть организована по схожему с предыдущим случаем принципу (см. рис. 3.28). Нужно выполнить последовательность командАнализ→Корреляции→Парные, выбрать переменные, между которыми необходимо оценить взаимосвязьКоэффициенты корреляции Спирмена.

Итогом выполненных команд будет аналогичная предыдущему корреляционному анализу таблица. На основе тех же принципов оценки полученных коэффициентов, что и для корреляций Пирсона, делается заключение о взаимосвязях между исследуемыми показателями.

3.3.5. Определение характера взаимосвязи между количественными показателями

Наряду с определением степени зависимости (корреляции) между показателями для определения характера зависимости одного показателя от другого используют понятие регрессии. Регрессионный анализ дает возможность прогнозировать значения одной (зависимой) переменной, отталкиваясь от значения другой или других независимых переменных. При проведении простой линейной регрессии основной задачей является определение параметров *b* (коэффициента регрессии) и *a* (константы). Для примера: при построения функции регрессии можно взять данные, которые использовались для осуществления корреляционного анализа, - таблицу «рост/вес» (см. рис. 3.28).

Необходимо выполнить последовательность команд Анализ→Регрессия→Линейная, поместить переменнуюВес в поле для зависимой переменной, а Рост - в поле независимых переменных (рис. 3.31). После подтверждения завершения выбора (ОК) будут осуществлены расчет и вывод результатов (рис. 3.32).

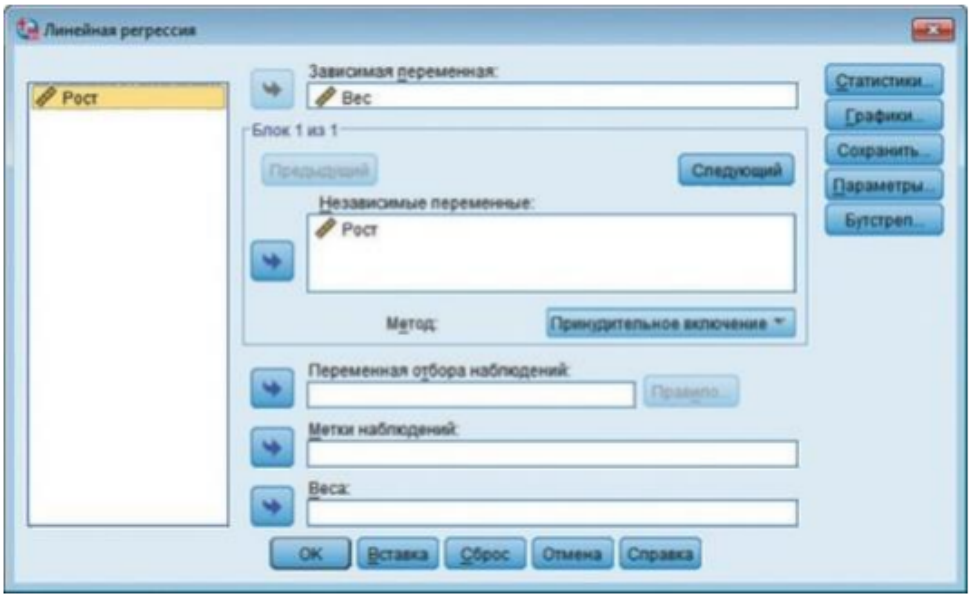


Рис. 3.31. Окно настроек линейной регрессии

Сводка для модели

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стд. ошибка оценки
1	,977[a]	,954	,948	1,95267

a. Предикторы: (конст) Рост

Дисперсионный анализ[a]

Модель		Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Знч.
1	Регрессия	631,097	1	631,097	165,515	,000[b]
	Остаток	30,503	8	3,813		
	Всего	661,600	9			

a. Зависимая переменная: Вес

b. Предикторы: (конст) Рост

Коэффициенты[a]

Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	t	Знч.
		B	Стд. Ошибка	Бета		
1	(Константа)	-111,126	14,698		-7,561	,000
	Рост	1,060	,082	,977	12,865	,000

a. Зависимая переменная: Вес

Рис. 3.32. Результаты линейного регрессионного анализа

В нижней таблице окна результатов выводятся коэффициент регрессии *b* и смещение по оси ординат *a* - константа. Иначе говоря, уравнение регрессии выглядит следующим образом:

Вес = 1,060 ? Рост - 111,126.

По этой формуле линейной регрессии можно по известной величине роста спрогнозировать вес. Например, человек с ростом 2 м весил бы около 101 кг. Поскольку уровни значимости в столбце Знч., соответствующие константе *(a)* и переменной Рост *(x),* меньше 0,05, то в уравнение регрессии вошли оба коэффициента. Если же какой-либо из указанных коэффициентов является статистически незначимым (значение *p* в столбце Знч.>0,05), то он не включается в уравнение линейной регрессии.

В остальных таблицах окна результатов наибольший интерес представляют следующие параметры:

- *R* - коэффициент корреляции (в конкретном случае равен 0,977);
- R-квадрат - степень точности описания модели процесса (0,954);
- Знч. в строке со значением *F* - уровень значимости критерия Фишера *(p*=0,000).

Модель линейной регрессии - статистически значима лишь в тех случаях, когда $p<0,05$.

Значения параметра β-квадрат трактуются следующим образом:

- R-квадрат ≥0,95 - предложенная модель хорошо описывает процесс;
- R-квадрат <0,95, но ≥0,80 - модель удовлетворительно описывает процесс;
- R-квадрат <0,80 - модель недостаточно хорошо описывает процесс.

В рассмотренном примере p<0,05, а R-квадрат ≥0,95, что свидетельствует о том, что между переменными Рост и Вес существует статистически значимая линейная связь, а предложенная модель линейной регрессии точно описывает взаимосвязь между ними.

ГЛАВА 4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ И ТЕХНОЛОГИЯ DATA MINING

4.1. ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Современные подходы к интеллектуальному анализу данных (ИАД) предполагают выявление и извлечение закономерностей из баз фактов, в которых они содержатся в неявном виде, в частности о состоянии здоровья человека. ИАД наиболее эффективен, когда он осуществляется посредством систем, не только имитирующих, но и усиливающих аналитические возможности экспертов.

Интеллектуальный анализ данных в широком смысле включает направления, получившие в англоязычной литературе названия «Data Mining» (раскопка данных) и «Knowledge discovery» (обнаружение знаний). Под словом «интеллектуальный» в названии ИАД следует понимать обнаружение нового знания, извлеченного из базы фактов (данных).

Главные задачи ИАД - поиск функциональных, логических и других закономерностей в накопленной информации, построение моделей и правил, объясняющих найденные аномалии и (или) прогнозирующих развитие некоторых процессов.

Выбор модели для представления рассматриваемых объектов (например, описаний нозологических форм группы заболеваний) и исследования структуры их связей определяется их свойствами (признаками). Однако первый этап на пути к анализу - формирование выборки исходных данных. Часто возникает необходимость сгруппировать или упорядочить описания состояния пациентов, основываясь на их свойствах, выраженных признаками. Существует достаточно широкий круг задач, где изучаемые объекты (пациенты, нозологические формы, микроорганизмы и др.) характеризуются

многими разнородными признаками, которые могут быть непрерывными и дискретными, количественными, качественными или смешанными. Кроме того, одни и те же пациенты могут быть включены в выборку несколько раз с отличающимися значениями признаков.

Методы извлечения новых знаний из баз фактов, применяемые в ИАД, весьма различны - это статистические процедуры, деревья решений, методы искусственного интеллекта.

В качестве примера можно рассмотреть классификацию ряда наследственных болезней с целью выявления сходных и различающихся между собой групп болезней. Трудности клинической диагностики наследственных болезней в значительной степени обусловлены, с одной стороны, выраженным полиморфизмом клинических проявлений, изменением клинической картины с возрастом, а с другой стороны - отсутствием у значительной части из них специфических диагностических критериев. Кроме того, имеет место перекрываемость клинических проявлений разных заболеваний, что еще более осложняет проблему дифференциации генетически детерминированных болезней. С учетом редкости многих наследственных заболеваний идентификация таких болезней на долабораторном этапе крайне трудна и в значительной степени опирается на субъективные знания и опыт врачей-генетиков.

Одна из возможностей повышения эффективности диагностики наследственных болезней заключается в использовании методов интеллектуального анализа данных, в частности - метода «словарного шкалирования». Мера сходства в словарном шкалировании основана на мере близости между отдельными терминами словаря клинических признаков. ИАД в этом случае направлен на обнаружение клинически сходных подгрупп заболеваний по сочетанию признаков. Обычно такие закономерности нельзя обнаружить при традиционном просмотре данных врачом, поскольку связи слишком сложны или из-за чрезмерного объема данных.

Для формализованного описания исследуемых заболеваний используется многоуровневый классификатор (словарь), с помощью которого кодируются признаки, характеризующие клиническую картину заболевания. Затем выборка больных подвергается анализу методом многомерного шкалирования в пространстве трех измерений. Многомерное шкалирование позволяет расположить «объекты» (в данном примере описания больных набором признаков) в пространстве некоторой размерности, приближенно сохраняя существующие между ними расстояния. Полученная конфигурация точек, соответствующих описаниям больных, обрабатывается методом кластерного анализа. Кластерный анализ - *это математический метод группирования объектов на основе оценки их близости в многомерном пространстве.*

Результаты проведенной процедуры представлены на рис. 4.1, из которого видно, что большинство анализируемых точек, соответствующих больным с различными заболеваниями, разделились на несколько кластеров с очень незначительным пересечением. В результате в один кластер попали близкие по клиническим проявлениям и патогенетическим механизмам заболевания. Одну группу составили объекты, описывающие клиническую картину у больных мукополисахаридозами (синдромы Гурлер, Шейе, Санфилиппо, Моркио) и крайне с ними схожими муколипидозами I, II и III типов. На основе этого делается вывод, что ИАД, основанный на визуальной оценке различных кластеров, позволяет оценить вклад отдельных симптомов в дифференциальную диагностику заболеваний. Практическое значение работы заключается в том, что аналогично тому, как по отдельным признакам врач выдвигает первичную диагностическую гипотезу, интеллектуальная система анализа данных может объединять в кластеры описания, обладающие аналогичными признаками. Такой анализ данных подтверждает известные связи или дает возможность выявлять новые характеристики отношений между отдельными заболеваниями.

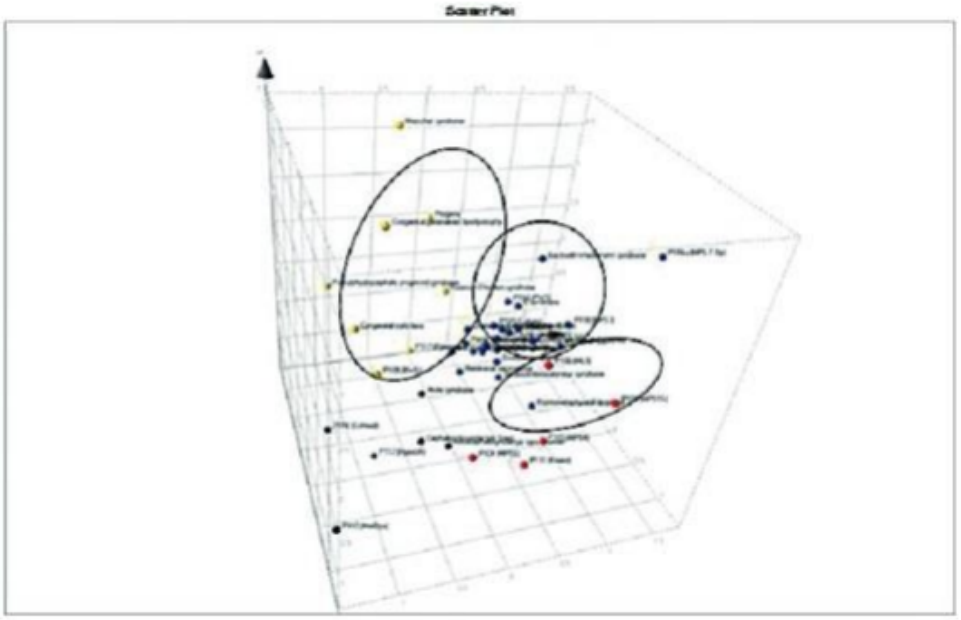


Рис. 4.1. Выделенные кластеры заболеваний

В области обработки массивов информации выделяется применение методов семантического (смыслового) анализа текстовых документов с целью выявления скрытых взаимосвязей между документами и построения оптимальных стратегий поиска существенной (релевантной) информации. Таким путем обеспечивается наиболее эффективный доступ к общему хранилищу данных для специалистов, анализирующих различные аспекты рассматриваемой проблемы (например, клинической картины и патогенеза заболевания). Это может быть достигнуто при кодировании медицинской информации на основе использования международных и локальных кодификаторов, классификаторов и номенклатур, как это принято при использовании архитектуры клинических документов CDA (см. гл. 13). Модуль семантического анализа позволяет выделять медицинские понятия (диагнозы, синдромы, осложнения, полученные лекарственные препараты и т.д.), содержащиеся в медицинских базах данных.

К главным задачам семантического анализа относятся следующие:

• предварительная обработка информации и поиск взаимосвязей между отдельными объектами (описаниями пациентов) базы данных;

• построение многоступенчатой системы для отражения разных уровней описания заболеваний;

• непротиворечивость данных в базе знаний о заболеваниях (см. гл. 16) в условиях динамически изменяющейся информации о состоянии здоровья, которая необходима при решении задач мониторинга и прогнозирования.

Один из вариантов кластеризации - иерархическое разбиение множества документов в виде взаимосвязанных групп, имеющих наибольшее сходство по тематическому признаку, что обеспечивает многоуровневое представление предметной области (например, классы - подклассы болезней - нозологические единицы).

Алгоритм, в целом реализующий процедуру общности записей, состоит из нескольких этапов. Первый этап - сортировка записей, например, по дате проведения исследования (в частности, микробиологических анализов) с тем, чтобы при выполнении критериев совпадения двух анализов выбрать первый с меньшим порядковым номером или датой как заведомо выполненный ранее второго. На втором этапе организуется цикл проверки по

всем записям, каждая из которых проверяется на соответствие со всеми последующими. При этом различают *полное совпадение* (по всем символам: название отделения, история болезни, анализы) и *неполное совпадение*. Под неполным совпадением понимается различие записей по нескольким символам, например истории болезни либо отделения.

Интеллектуальный анализ данных подразумевает наличие по крайней мере двух пластов: «универсального» и «проблемно-ориентированного». Универсальный подход включает последовательность методологических приемов, которыми владеет специалист по анализу данных (аналитик, когнитолог). Это сегментирование базы данных, поиск дубликатов, применение «окна просмотра» информации, способы оценки динамики изучаемых показателей, методы визуализации и представления результатов анализа и др. Проблемно-ориентированный подход включает учет специфики решаемой задачи и опирается на эвристические приемы, вырабатываемые в тесном сотрудничестве когнитолога и врача-эксперта в конкретной предметной области.

Врачебная практика каждого человека сопровождается накоплением личного опыта в диагностике и лечении заболеваний, который превращается в знания при учете известных врачу теоретических положений и клинических описаний заболеваний в известной ему литературе. В мозге человека наблюдаемые факты и явления отбираются, объединяются, обобщаются и запоминаются, составляя личные (эмпирические) знания.

4.2. ТЕХНОЛОГИЯ DATA MINING

Записанные в историях болезни сведения о течении заболеваний и их лечении у конкретных пациентов накапливаются в архивах. При наличии их в электронном виде можно сразу перейти к обработке этих первичных записей (иногда называемых «сырыми») и извлечении из них существенной для дальнейшего использования информации. В настоящее время в качестве базового метода поиска такой информации можно назвать технологию, получившую название Data Mining.

По определению Григория Пиатецкого-Шапиро, одного из основателей данной технологии, Data Mining - *это процесс обнаружения в исходных данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений.* В переводе с английского языка Data Mining означает «раскопка» или «добыча» данных, но по смыслу правильнее переводить как «добычу из данных». Обращаясь к этой технологии, необходимо помнить, что такой подход может быть применен только к большим массивам, исчисляемым многими десятками или сотнями первичных медицинских документов, в процессе сбора которых не происходило принципиальных изменений в классификации, диагностике и (или) лечении данной патологии.

Процессы Data Mining включают в себя методы и технологии автоматического поиска полезных паттернов (шаблонов), содержащих новые знания в необработанных данных с помощью процедуры, известной под названием «поиск по образцу». Под данными понимают множество фактов (представленных в соответствии с формулируемыми целями их использования), а под образцами (паттернами) понимают подмножество фактов. Оценка паттернов имеет целью выделить из множества найденных шаблонов такие, которые «пригодны» для практического использования или для формирования базы знаний и интерпретируются понятным для пользователя образом. Под достоверностью извлеченных образцов понимают сохранение их оценки (определенной степени достоверности) на новых (расширенных) данных.

Все задачи, решаемые методами Data Mining, можно условно разбить на два направления. Первое связано с извлечением знаний из баз данных при условии, что осуществляется проверка гипотез, формируемых предварительно экспертами, включая и

некоторые аргументированные догадки (гипотезы). Второе направление - это автоматическое порождение предположений на основе анализа выявленных фактов и их последующее объяснение с использованием выдвинутых системой гипотез. В результате поиска закономерностей система формирует набор логических правил «если..., то...», означающих, что при наличии определенных признаков речь идет о конкретном диагнозе или следует ожидать определенного результата от предлагаемого лечения. На основании проведенных «раскопок» по базе данных в базу знаний заносятся сведения, выражающие закономерности структуры множества эмпирических фактов, адекватные поставленной задаче (диагностике, выбору эффективной схемы лечения, прогнозированию осложнений и т.п.).

Основным в процессе Data Mining является выделение из данных неструктурированной, ранее не обнаруженной информации, и представление ее в виде, пригодном для использования в медицинской практике для поддержки процесса принятия решений. Паттерны, характеризующие фрагменты многоаспектных отношений в исходных данных историй болезни, отражают закономерности, которые могут быть компактно выражены в понятной врачу форме. Знания, полученные с использованием технологии Data Mining, можно применять в последующем к анализу новых данных.

При обращении к технологии Data Mining следует иметь в виду, что типичная ситуация для медико-биологических исследований - пропуски в данных, т.е. отсутствие определенной части информации о проявлениях болезни в той или иной части анализируемых историй болезни, что чаще касается лабораторных исследований. Это связано с тем, что исследования, как правило, сильно растянуты во времени, нередко их проведение сопровождается организационными сложностями и зависит от надежности любого элемента в медико-технологической цепи: получение биосубстрата (кровь, моча, ликвор), его первичная обработка (центрифугирование и др.), анализ с использованием специального оборудования и реактивов. Как показывает опыт, количество пропусков в таблицах медико-биологических данных может достигать 30% и более. Тривиальный подход к решению этой проблемы заключается в исключении таких объектов из анализируемой выборки. Однако это, конечно, не выход из ситуации, особенно когда в медико-биологических исследованиях за каждой полученной цифрой (значением переменной) стоит дорогостоящее и трудоемкое исследование. Поэтому другие подходы связаны с попытками заполнения (восстановления) пропущенных значений.

Наиболее распространенные методы заполнения пропущенных значений реализованы в известных статистических пакетах, например SPSS, Statistica, и используют заполнение пропусков средними значениями или данными, полученными с помощью регрессионного анализа. При других подходах используются более изощренные приемы, например, основанные на применении метода главных компонент (т.е. интеграции исходных признаков), принципа прецедентности (т.е. поиска аналогичных по другим характеристикам случаев). Перечисленные приемы применимы лишь в том случае, когда для этого имеются достаточно веские основания. Однако поскольку подобные основания, как правило, отсутствуют, то пропуски в данных не нужно пытаться искусственно заполнять значениями, которые могут быть далеки от истинных. Взамен этого следует использовать алгоритмы, реализующие правило «обхода» пропущенных значений. В этом случае будут получены более надежные результаты по другим имеющимся в историях болезни данным.

Методы Data Mining дают возможность выявить 5 типов взаимодополняющих закономерностей: ассоциация (связь между отдельными представлениями, возникающая при определенных условиях), последовательность (цепочка связанных признаков или объектов), группирование (кластеризация), классификация, прогнозирование развития процессов.

Ассоциация - *выявление закономерностей между признаками или событиями.* Примером такой закономерности служит правило, указывающее, что из события *X* следует событие *Y*. Например, нефротический синдром *(X)* и повышенное артериальное давление *(Y)* или гидроцефалия *(X)* и судороги у детей при нормальной температуре тела *(Y)*. Такие пары называются *ассоциативными.* Механизм обнаружения ассоциации основан на выделении групп объектов, между которыми имеются устойчивые скрытые связи. Это аналогично ассоциативному или интуитивно-ассоциативному процессу мышления у человека. Объем ассоциативных представлений у врача растет с опытом, включая ассоциации клинического, патогенетического и прогностического характера (анамнез - клинические проявления, клиническая картина основного заболевания - осложнения). Результаты анализа ассоциаций позволяют получать паттерны типа ассоциативных правил, которые далее могут использоваться в интеллектуальных системах (см. гл. 16).

Кластеризация - *это группировка объектов (наблюдений) на основе данных, описывающих свойства объектов (признаки, их выраженность, количественные характеристики показателей).* Это один из важнейших аспектов обработки и анализа первичных данных для последующего извлечения или порождения знаний. Объекты внутри кластера должны быть похожими друг на друга и отличаться от других, которые вошли в иные кластеры. Кластеризация указывает на схожесть объектов (описаний больных). Разбиение множества объектов на группы помогает выявить структуру данных, классифицировать их, увеличить наглядность их представления, выдвинуть новые гипотезы, понять уровень информативности свойств объектов. С помощью кластеризации можно упростить дальнейшую обработку данных и построение моделей. Кластеры используются не только для классификации имеющихся объектов, но и для распознавания новых. Значит, можно прогнозировать (предсказывать) неизвестные значения или состояние объекта (пациента), предположив, что оно будет схожим с поведением других объектов кластера (прогностическое моделирование). Кластеризация позволяет также выделять нетипичные объекты, выявленные в процессе Data Mining, которые не присоединяются ни к одному из известных кластеров. Такая ситуация может указывать на атипичность клинической картины заболевания (уточнять или выявлять подтипы заболеваний), а иногда и на существование новой нозологической формы.

Важнейшее положение Data Mining для медицины - это обнаружение в больших базах данных историй болезни шаблонов, отражающих многоаспектные взаимоотношения признаков, и показателей, характеризующих особенности клинической картины и течения заболеваний, эффективность применения различных схем лечения.

Таким образом, основные этапы процессов в Data Mining следующие.

- Выбор исходного множества данных и подмножества переменных, которые необходимы для извлечения нового знания из базы фактов.
- Выбор основных операций над данными, которые могут способствовать уменьшению «шума», т.е. воздействия случайных для решаемой задачи данных.
- Обнаружение полезных особенностей данных, представление которых адекватно решению задачи.
- Кластеризация и другие процедуры объединения сходных случаев.
- Выбор алгоритмов, реализующих поиск паттернов в данных.
- Содержательная интерпретация порожденных системой паттернов.

Аккумулированные в базах данных историй болезней сведения не только о классических проявлениях заболеваний, но и об атипичных вариантах, что особенно важно, могут существенно способствовать повышению качества баз знаний.

При обращении к технологии Data Mining необходимо оценить существующие требования и ограничения.

• Data Mining не может заменить аналитика, а лишь предоставляет ему необходимую, предварительно обработанную информацию.

• Сложность методов, используемых в Data Mining, требует совместной работы врачей-экспертов и специалистов в области информационных технологий и математической статистики.

• Успешный результат применения Data Mining требует качественной предобработки данных. Процесс предобработки может занимать до 75% времени исследования.

• Извлечение полезных сведений невозможно без хорошего понимания сути первичных данных врачом. Необходимы тщательный выбор модели и интерпретация паттернов и зависимостей, которые обнаружены в процессе исследования.

• Валидация - проверка достоверности найденных закономерностей или, согласно определению Международной организации по стандартизации (International Organization for Standartization - ISO), подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что требования, определенные для конкретного случая, выполнены. Нельзя игнорировать и контроль статистической значимости обнаруженных знаний.

• Наличие большого процента ложных, недостоверных или неинтерпретируемых результатов объясняется случайным выявлением паттернов, не относящихся к исследуемой проблеме.

Кроме того, необходимо помнить о высокой стоимости применения технологии Data Mining.

ГЛАВА 5. МЕДИЦИНА, ОСНОВАННАЯ НА ДОКАЗАТЕЛЬСТВАХ

Медицина, основанная на доказательствах или фактах (Evidence-based medicine, обычно ошибочно называемая доказательной медициной), - это совокупность методологических подходов к проведению клинических исследований, оценке и применению их результатов. Смысл этого термина состоит в том, что решения, принимаемые врачами, должны быть аргументированными, т.е. решения должны опираться на аргументы (аргументированные факты), извлеченные из клинических данных.

В этой главе рассматриваются направления медицины, основанной на доказательствах, в которых используется специальный аппарат математической статистики.

5.1. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ИССЛЕДОВАНИИ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Термин «эпидемиология» включает понятия о распространении относящихся к здоровью человека состояний (включая хронические заболевания) и факторов (событий), влияющих на состояние здоровья или являющихся потенциальной основой для развития заболеваний. Эпидемиологические показатели - это расчетные характеристики, получаемые при использовании общепринятых формул. Для анализа распространенности, оценки вновь возникающих случаев заболеваний и уровня средней заболеваемости отдельных членов популяции (группы населения, в которой проводится исследование) используют такие показатели, как коэффициент распространенности, коэффициент заболеваемости и удельный коэффициент заболеваемости.

Коэффициент распространенности (Prevalence Proportion - PP) *определяет долю больных в популяции и вычисляется как отношение числа больных к общему размеру популяции.*

Коэффициент заболеваемости (Incidence Proportion - IP) *используется для определения числа новых случаев болезни, возникших за определенное время.* IP равен числу заболевших в течение определенного временного интервала (например, за год), деленному на общую численность обследуемой группы в начале наблюдения. Показатель IP часто используют для оценки риска развития болезни за определенный период времени.

IP, как и PP, измеряется в долях (от 0 до 1) или процентах.

Удельный коэффициент заболеваемости (Incidence Rate - IR) *применяется для определения числа случаев болезни, приходящихся в среднем на каждого индивидуума в год (или за любой другой период).* IR определяется как число заболевших, деленное на суммарное время наблюдения всех обследуемых до момента заболевания. Каждое слагаемое (в знаменателе) определяется индивидуально, так как зависит от момента развития болезни у каждого из наблюдаемых, и может изменяться от нуля, если испытуемый заболел в начале обследования, до полного периода наблюдения, если данный человек не заболел. Следует учитывать также тот факт, что некоторые больные выбывают из-под наблюдения, если оно проводится в течение длительного времени. В таком случае IR может быть приблизительно определено как число заболевших, деленное на произведение среднего числа индивидуумов (между началом и концом обследования) на время обследования. Если период наблюдения мал и болезнь редкая, то делитель вычисляется просто как произведение числа обследованных на время обследования. Обычно эта величина измеряется как результат умножения количества людей на годы (человек × год). Показатель IR, в отличие от PP и IP, может быть больше 1 и не зависит от продолжительности периода наблюдения. При определенных ограничениях IP можно определить как IR × t, где t - период наблюдения.

5.2. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЙ

Оценка риска - *это качественная или количественная оценка вероятности воздействия вредных эффектов, которые могут быть результатом воздействия конкретного вредного фактора.*

Концепция относительного риска *рассматривает отношение между пациентами с определенной болезнью и не имеющими ее.* Для количественной оценки риска используют специально разработанные математические модели.

Для изучения факторов, влияние которых может способствовать (или препятствовать) развитию заболевания, необходимо уметь сравнивать значения показателей в разных группах, одна из которых (исследуемая) находится под воздействием исследуемого фактора, а другая (контрольная) - нет.

Относительный риск, или относительный эффект (Relation Risk - RR или γ'), *рассматривается как отношение значений соответствующих показателей заболеваемости в исследуемой и контрольной группах, т.е. это мера влияния фактора риска.* Показывает, во сколько раз увеличивается (или уменьшается) соответствующий показатель при воздействии исследуемого фактора. Относительный риск может изменяться от 0 (в случае, когда болезнь встречается только в контрольной группе) до °° (если болезнь возникает только в группе, подверженной воздействию исследуемого фактора) и равен 1 в том случае, когда фактор не влияет на развитие болезни, так как значения показателей в исследуемой и контрольной группах равны.

Оценка относительного риска возникновения заболевания рассчитывается с помощью следующей формулы:

$RR = Ie/I_{è}$,

где I_e- заболеваемость среди лиц, подвергавшихся воздействию фактора риска;

$I_{è}$- заболеваемость среди лиц, не подвергавшихся воздействию фактора риска.

Атрибутивный риск, или атрибутивный эффект *(Attributable Risk* - AR), *определяет долю заболеваний в исследуемой группе больных, причиной которых послужило только вредное воздействие фактора.* Его называют еще непосредственным риском. Иногда его называют также добавочным риском, при условии, что исходная заболеваемость связана с другими причинами, т.е. риском, обусловленным воздействием изучаемого фактора, приводящего к дополнительным случаям заболевания. Этот показатель вычисляется как отношение «абсолютного эффекта» (разность показателей) к значению показателя в исследуемой группе или выражая через относительный риск:

AR = (RR - 1) / RR,

где RR - относительный риск.

Фактически атрибутивный риск - это доля болезней, вызванных действием исследуемого фактора, среди всех болезней в контрольной группе.

Если Q - доля людей в популяции, подвергшихся действию фактора риска, то риск, связанный с экспозицией (Risk Exposition), - величина RE = Q(RR - 1)/(1+ Q(RR - 1), определяет долю заболеваний, обусловленную действием фактора, среди всех заболеваний в популяции. В то время как величина (1 - RE) - остаточный риск.

Для вычисления описанных выше показателей можно использовать четырехпольные таблицы, составленные по выборочным данным. Рассмотрим это на примере определения коэффициента заболеваемости (IP) и относительного риска заболевания (IP-ratio) (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Определение коэффициента заболеваемости и относительного риска заболевания

	Количество людей, подверженных воздействию фактора (результаты наблюдения)	Количество людей, не подверженных воздействию фактора (контроль)
Количество заболевших	X_1	X_0
Количество незаболевших	N_1-X_1	N_0-X_0
Количество исследуемых в начале обследования	N_1	N_0
Коэффициент заболеваемости (IP)	X_1/N_1	X_0/N_0
Относительный риск заболевания (IP-ratio)	X_1N_0/X_0N_1	

Таким методом риск (в том числе и относительный) можно оценить в следующих двух случаях:

1) если имеется репрезентативная выборка из общей популяции, которая затем подразделяется на больных и здоровых, а те, в свою очередь, делятся на подверженных действию исследуемого фактора и на неподверженных;

2) если изначально были составлены две группы - одна из популяции, находящейся под воздействием фактора риска, а другая - из популяции, свободной от действия этого фактора.

Число заболевших в исследуемых выборках должно быть не менее 20.

Показатель отношения шансов. Если в исследовании сравнивают группу, состоящую из больных, с группой здоровых («случай-контроль» или «case-control»), соотношение численностей этих групп (обычно 1:1) не соответствует соотношению больных и здоровых в популяции, то использование относительных показателей неправомерно. В этом случае, при низком уровне заболеваемости для конкретной патологии, в качестве оценки относительного риска (IP) в популяции следует использовать отношение числа больных к числу здоровых в исследуемой группе $IP_1 = X_1/(N_1 - X_1)$ и в контрольной группе $IP_0 = X_0/(N_0 - X_0)$. Соответствующий показатель IOR (Incidence Odds Ratio) - отношение «шансов» - в данном случае рассчитывается по формуле:

$$IOR = X_1(N_0 - X_0) / X_0(N_1 - X_1)$$

Этот показатель так же, как и относительный риск, принимает значения от 0 до $^{\circ\circ}$ и равен 1 только при отсутствии эффекта.

Отношение шансов (odds ratio) определяется как отношение шансов события в одной группе к шансам события в другой группе. Или как отношение шансов того, что событие произойдет, к шансам того, что событие не произойдет. В исследованиях «случай-контроль» отношение шансов используется для оценки относительного риска.

Следует отметить, что показатель odds ratio не зависит от способа составления сравниваемых групп. Можно первоначально составлять выборки из популяции больных и здоровых и затем подразделять их на тех, кто был подвержен исследуемому воздействию и кто не был. Можно первоначально исследовать группы, подверженные и не подверженные действию фактора, и среди них определять пропорции больных и здоровых. Значение показателя при этом не меняется. Следует иметь в виду, что значение показателя не зависит ни от общего объема выборки, ни от размера каждой из сравниваемых групп. Легко видеть, что odds ratio и относительный риск (Relation Risk) связаны соотношением:

$$RR = (1 - IP_1) \cdot IOR / (1 - IP_0).$$

Из этой формулы следует, что если $IP_1 > IP_0$, т.е. фактор способствует развитию заболевания, то IOR > RR. Кроме того, если болезнь редко встречается (IP_1 и IP_0 малы), то IOR ~ RR.

Можно оценить погрешность, возникающую при использовании odds ratio вместо IP-ratio. Пусть r = IP-ratio и $r' = IOR$, тогда, зная IP_0 - показатель IP в группе, не подверженной действию исследуемого фактора, - относительную погрешность можно вычислить по формуле:

$$(r' - r) / r = (r' - 1) \cdot IP_0.$$

Обозначив допустимую погрешность через ε, получим выражение для оценки максимального IP_0. А именно, IP_0 не должен превосходить $\varepsilon / (r' - 1)$. В таблице 5.2 приведены некоторые значения N (количества заболеваний на 100000 человек) в контрольной группе ($N = IP_0 \cdot 100000$) в зависимости от ε и r'.

Если мы используем какой-нибудь показатель, например IP-ratio, для оценки эффекта действия фактора риска, прежде всего нужно убедиться в том, что этот эффект отличен от нуля, т.е. имеется значимое различие между показателями в двух обследуемых группах.

Таблица 5.2. Расчетное число заболеваний в контрольной группе на 100000 человек (при фиксированных погрешности и odds ratio)

Величина odds ratio *(r')*	Максимальная относительная ошибка (ε)		
	0,10	0,05	0,01
2	10000	5000	1000
3	5000	2500	500
4	3333	1667	333
5	2500	1250	250
6	2000	1000	200
7	1667	833	167
8	1429	714	143
9	1250	625	125
10	1111	556	111

В случаях когда известна частота заболевания в общей популяции, можно воспользоваться формулой Байеса (см. гл. 16) для определения условной вероятности, чтобы оценить риск заболевания при действии фактора и при отсутствии действия фактора. Для этого необходимы данные: о доле лиц, подверженных действию фактора А среди больных; доле лиц, подверженных действию фактора А среди здоровых; о частоте болезни в популяции.

Пример выявления факторов, способствующих возникновению фебрильных судорог

В качестве примера рассмотрим применение описанных выше показателей и методов расчета для фебрильных судорог.

Цель исследования - выявление факторов, способствующих возникновению этого состояния. Материалом послужили две группы численностью по 100 человек каждая. Первая группа состояла из детей, у которых в анамнезе отмечались фебрильные судороги, вторая - контрольная группа - из детей, не имевших никаких пароксизмальных состояний. Были проанализированы различные генетические, пренатальные и перинатальные показатели, такие, как наследственная отягощенность по фебрильным судорогам и эпилепсии, угроза прерывания беременности, инфекционные заболевания матери во время беременности, продолжительность и срок родов, оперативное вмешательство в родах, адаптация после родов, реанимационные мероприятия в родах, масса ребенка при рождении, психомоторное развитие. Наличие этих факторов могло способствовать возникновению фебрильных судорог. Поэтому предварительно были выявлены те из них, частотные характеристики которых достоверно различались в двух группах. Результаты исследования показали, что наследственная отягощенность по фебрильным судорогам и эпилепсии в семьях детей с фебрильными судорогами в анамнезе встречается значительно чаще, чем в контрольной группе. Среди детей в первой группе у 53 были больные родственники, в то время как во второй таких было только 9. Значимость различия этого показателя в двух группах составила менее 0,01%. Соответственно, можно предположить, что наследственная отягощенность - фактор риска в развитии фебрильных судорог, и попытаться оценить количественно риск, связанный с действием данного фактора. План, по которому проводилось обследование (case-control), не позволял осуществить прямую оценку риска заболевания среди детей с отягощенной генеалогией и среди тех, у кого нет

родственников с судорожными проявлениями, поскольку для такой оценки нужны соответствующие репрезентативные выборки. По той же причине нельзя непосредственно определить относительный риск. Для расчета показателя относительного риска была составлена таблица, в которую занесены выборочные данные (табл. 5.3).

Таблица 5.3. Исходные данные для расчета относительного риска

Группы детей с фебрильными судорогами	Количество детей в группах с фебрильными судорогами	Контрольная группа
Дети с отягощенной генеалогией	53	9
Дети, не имеющие отягощенной генеалогии	47	91

Показатель odds ratio, посчитанный по выборочным данным, оказался равным (53 ? 91)/(47 ? 9) = 11,4.

Наряду с исследованиями типа «случай-контроль» применяются когортные исследования, в которых также исследуются факторы риска, наблюдаемые во времени. (Когорта - группа лиц, исходно объединенных каким-либо общим признаком и наблюдаемых в течение определенного периода времени, чтобы проследить изменения в их состоянии за выбранный отрезок времени).

Таким образом, эпидемиологические показатели риска позволяют получить объективные характеристики воздействия изучаемых факторов, что является основной целью введения понятий медицины, основанной на доказательствах, и имеет особое значение для прогнозирования заболеваний.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ К РАЗДЕЛУ 2

1. Какие форматы экспорта и импорта исходных данных поддерживает пакет SPSS?

2. Для чего необходимо описывать исходные данные?

3. В чем отличие параметрических критериев от непараметрических?

4. Поясните значение понятия «вероятность ошибки».

5. Какой смысл несет показатель «дисперсия»?

6. В каких случаях для описания исходных данных используют показатель «второй квартиль», а в каких - «среднее»?

7. Есть ли отличие второго квартиля от медианы?

8. Как можно оценить взаимосвязь между показателями?

9. Для чего предназначена регрессия?

10. Что такое «интеллектуальный анализ данных»?

11. Что означает слово «интеллектуальный» в ИАД?

12. Какие группы методов применяются в ИАД?

13. Для чего применяется семантический анализ документов?

14. Какие задачи решаются с использованием технологии Data Mining?

15. На что направлен поиск знаний в «сырых» данных?

16. Для решения каких задач применяется кластеризация?

17. Для чего используются ассоциации при выявлении закономерностей между связанными событиями?

18. Назовите основные этапы технологии Data Mining.

19. Какие ограничения имеет технология Data Mining?

20. Что включает понятие «эпидемиология»?

21. Дайте характеристику понятия «коэффициент распространенности».

22. Дайте характеристику понятия «коэффициент заболеваемости».

23. Что такое оценка риска?

24. Что включает концепция относительного риска?

25. Дайте характеристику понятия «относительный риск».

РАЗДЕЛ 3. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ В МЕДИЦИНЕ

ГЛАВА 6. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

6.1. ПОНЯТИЕ О СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Современный уровень построения информационных систем подразумевает совместную работу большого количества пользователей с общими информационными ресурсами - базами данных и сайтами. Способ организации такой совместной работы - построение сетей передачи данных, являющихся результатом развития и взаимопроникновения информационных и телекоммуникационных технологий.

Сети передачи данных состоят из компьютеров различных типов (от персональных компьютеров или рабочих станций до суперкомпьютеров), работающих под управлением соответствующего программного обеспечения (операционных систем). Автоматический обмен данными между компьютерами обеспечивает коммуникационная среда, состоящая из каналов передачи данных различных типов, коммутаторов, маршрутизаторов и других устройств. Для передачи данных на большие расстояния в них применяются методы мультиплексирования данных.

Подключение к сетям передачи данных позволяет пользователю работать на своем компьютере как на автономном и одновременно предоставляет ему возможность доступа к информационным и аппаратным ресурсам других компьютеров сети.

В зависимости от количества объединяемых сетью компьютеров и их территориального расположения различают сети:

- локальные (LAN);
- корпоративные (VPN);
- глобальные вычислительные (GAN).

Сеть, которая организует взаимодействие в ограниченной области, называется локальной вычислительной сетью (ЛВС, LAN, англ. Local Area Network). Достаточно часто ЛВС размещается в одном месте, например в офисе. На крупных предприятиях ЛВС подразделяются на сети (подсети) отделов, корпусов и т.п.

Отличительные особенности ЛВС:

- расположение всего сетевого оборудования внутри организации;

• наличие единого центра управления сетью и всеми ее ресурсами.

Корпоративная сеть передачи данных - *это телекоммуникационная сеть, объединяющая в единое информационное пространство все структурные подразделения организации, которые могут находиться на значительном удалении друг от друга: в разных частях города, в различных городах и странах.* Корпоративные сети объединяют ЛВС удаленных структурных подразделений с помощью собственных или арендуемых каналов связи. Они, как правило, имеют несколько центров управления, среди которых выделяется один главенствующий.

Корпоративная сеть создается в системе медицины катастроф.

Глобальная вычислительная сеть (ГВС, GAN, англ. Global Area Network) *представляет собой компьютерную сеть, охватывающую большие территории и объединяющую сотни локальных и корпоративных сетей и тем самым включающую в себя десятки и сотни тысяч компьютеров.* Таким образом пользователи и компьютеры, подключенные к ГВС, могут взаимодействовать между собой, где бы они ни находились. Наиболее известной ГВС является сеть Интернет.

6.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

6.2.1. Кабельные сети передачи данных

Традиционная и наиболее широко распространенная физическая среда передачи данных в локальных сетях - кабели (сети «витая пара», оптоволоконные линии связи, коммутируемые и выделенные линии).

В зависимости от скорости передачи данных и передающей среды существуют несколько вариантов этой технологии:

• быстрый Ethernet (Fast Ethernet) для скорости передачи данных 100 Мбит/с (стандарт 100BASE-T);

• гигабит Ethernet (Gigabit Ethernet) 1 Гбит/с (стандарт 1000BASE-T);

• 10 гигабит Ethernet (стандарт 10GBASE-T).

Сети «витая пара»

Самое распространенное решение для построения локальных сетей в настоящее время - кабель «витая пара» (англ. Twisted Pair, TP). Он представляет собой несколько пар (как правило, 4) изолированных проводников, скрученных между собой, покрытых пластиковой оболочкой. Свивание проводников производится с целью уменьшения влияния электромагнитных помех от внешних источников, а также взаимных наводок при передаче сигналов.

Оптоволоконные линии связи

Для передачи данных на большие расстояния, а также между отдельными корпусами организации используют оптоволоконные (или волоконно-оптические) кабели. Данные по ним передаются не электрическим сигналом, а световым. Главный их элемент - это прозрачное стекловолокно, по которому свет проходит большие расстояния (до десятков километров) с незначительным ослаблением.

Оптоволоконный кабель состоит из одного или нескольких оптоволоконных модулей, покрытых общей защитной оболочкой с металлической оплеткой для механической защиты от окружающей среды.

Коммутируемые и выделенные линии

Распространенный способ организации каналов передачи данных - коммутируемые и выделенные линии телефонной связи. Для передачи данных по ним используют модемы (аббревиатура, составленная из словмодулятор - демодулятор) - устройства, применяющиеся в системах связи и выполняющие функцию модуляции и демодуляции. Модулятор осуществляет модуляцию, т.е. изменяет характер несущего (аналогового) сигнала в соответствии с изменениями входного (цифрового) сигнала; демодулятор осуществляет обратный процесс.

Телефонный (Dial-up) модем используют на коммутируемых телефонных линиях связи, т.е. в условиях, когда между двумя сторонами, ведущими обмен данными, находится автоматическая телефонная станция (АТС). По запросу одной из сторон оборудование АТС с помощью телефонной сети общего пользования формирует (коммутирует) временный канал передачи данных. По окончанию сеанса связи линия разрывается.

Для организации постоянного канала передачи данных широко используются выделенные линии связи с фиксированной полосой пропускания или фиксированной пропускной способностью, постоянно соединяющие двух абонентов. В отличие от коммутируемых линий, имеющих ширину полосы частот 300-3400 Гц, определяемую установленной на АТС аппаратурой уплотнения, выделенные линии используют диапазон частот до нескольких мегагерц. Этим объясняется их высокая пропускная способность, в 100 раз и более превышающая скорость самого лучшего модема для коммутируемого доступа.

Технология ADSL (от англ. Asymmetric Digital Subscriber Line - асимметричная цифровая абонентская линия) - это технология передачи данных, позволяющая использовать обычную телефонную линию одновременно для телефона и для передачи данных. Скорость ADSL-канала - до 24 Мбит/с (входящий трафик) и до 1 Мбит/с (исходящий трафик).

Принцип ADSL-технологии заключается в том, что для телефонной (голосовой) связи используется частотный диапазон до 4 kHz, а весь частотный диапазон, находящийся выше, который способна передавать медная пара (обычный телефонный кабель), т.е. от 4 kHz до 1 MHz, остается незадействованным. Этот частотный спектр от 4 kHz до 1 MHz используют ADSL-модемы.

Для реализации технологии ADSL провайдер (продавец интернет-ресурсов) устанавливает на АТС специальное оборудование - DSL-концентратор, а у клиента - ADSL-модем и Splitter - небольшое устройство, разделяющее низкочастотные голосовые сигналы и высокочастотные сигналы передачи данных. В результате на одной телефонной линии образуется три канала связи, а именно: скоростной канал передачи данных от провайдера к модему - до 24 Мбит/с; обратный канал передачи данных к провайдеру с невысокой скоростью, достигающей 1 Мбит/с (свойство асимметричности); а также обычный канал голосовой связи, позволяющий осуществлять телефонные разговоры.

Реальная скорость передачи данных находится в зависимости от длины телефонной линии.

6.2.2. Беспроводные сети передачи данных

Радиосети (беспроводные сети) применяют для обмена данными между локальными вычислительными сетями, когда использование традиционных кабельных технологий затруднено или экономически нецелесообразно.

Преимущества беспроводных технологий

Беспроводные технологии обладают выгодными отличиями от кабельных технологий по следующим показателям.

• Стоимость. При расстоянии между объектами связи более 500 м применение радиосетей оказывается значительно выгоднее, чем прокладка оптоволокна.

• Удаленность. Радиоканал целесообразно использовать при невозможности или нецелесообразности прокладки кабеля между объектами связи, между которыми находится, например, автомобильная трасса или водная преграда. В этих условиях беспроводные сети - наиболее эффективное средство организации обмена данными.

• Мобильность. Радиотехнологии позволяют организовать передачу данных между подвижными объектами. Необходимо отметить, что скорость обмена данными между движущимися объектами снижается.

• Простота в обслуживании. Радиооборудование легко настраивается.

• Гибкость конфигурации. Применение беспроводных технологий позволяет создавать практически любые конфигурации сетей передачи данных без существенных капиталовложений, а также быстро их изменять, подключать к ЛВС новые компьютеры и т.д.

• Надежность. Радиооборудование, работающее на сверхвысоких частотах, обеспечивает высокое качество связи, которое абсолютно не зависит от погодных условий: дождь, снег, мороз, жара, гроза. Этим они отличаются от сетей, не использующих сверхвысокие частоты.

• Доступность. Беспроводные компьютерные технологии стали широко распространенным средством связи в ЛВС.

• Масштабируемость.

Классификация оборудования для создания беспроводных сетей

Оборудование, которое используется при создании современных беспроводных сетей передачи данных, можно разделить на следующие группы.

• Оборудование магистральных каналов связи, с помощью которого услуги оператора связи распределяются по ключевым узловым точкам (опорной сети оператора связи), например оборудование радиорелейной и спутниковой связи.

• Оборудование «последней мили», с помощью которого организуется доставка услуг связи от точки доступа опорной сети оператора связи до клиента (технология WiMAX).

• Оборудование беспроводных ЛВС, используемое непосредственно владельцами ЛВС, работающее по стандарту Wi-Fi.

Первая группа оборудования используется, как правило, операторами связи, последняя - владельцами ЛВС для соединения фрагментов ЛВС между собой и подключения к сети компьютеров пользователей. Оборудование «последней мили» может принадлежать как операторам связи, так и конечным потребителям.

Средства спутниковой связи

Современной технологией организации каналов передачи данных регионального уровня в условиях невозможности прокладки кабельных каналов связи, а также данных федерального и межгосударственного уровней является спутниковая связь.

В настоящее время интенсивно развиваются десятки спутниковых систем передачи данных, основанных на различных технологиях.

Технология WiMAX

Способ организации беспроводного канала передачи данных (объединение ЛВС, решение проблемы «последней мили») на уровне населенных пунктов - технология WiMAX (от англ. World wide Interoperability for Microwave Access - взаимодействие оборудования сетевого доступа на сверхвысоких частотах). Этот стандарт беспроводной связи, относящийся к мобильной связи III поколения (3G), обеспечивает широкополосную связь на площади радиусом более 30 км с пропускной способностью, сравнимой с кабельными соединениями - до 10 Мбит/с и более. Технология WiMAX позволяет работать в любых условиях, в том числе в условиях плотной городской застройки, обеспечивая высокое качество связи и скорость передачи данных.

Сети WiMAX состоят из базовых станций и станций-приемников. Базовые станции оснащаются приемно-передающими антеннами, устанавливаемыми на крышах высоких зданий. Станции-приемники оснащаются либо антеннами аналогичного типа, либо компактными устройствами, устанавливаемыми внутри помещений или непосредственно в слот компьютера.

Технология CDMA

Одна из новейших технологий цифровой беспроводной связи и передачи данных - технология CDMA (от англ. Code Division Multiple Access - множественный доступ с кодовым разделением).

Технология CDMA обеспечивает мобильную передачу данных со скоростью до 153 Кбит/с, что позволяет использовать ее в качестве основного или резервного персонального канала доступа в Интернет. Также с помощью технологии CDMA возможна организация защищенного доступа в корпоративную сеть (VPN). Благодаря уникальному коду, назначаемому каждому сигналу, прослушать и расшифровать поток данных, передаваемых по технологии CDMA, практически невозможно. Наивысшая конфиденциальность обусловлена многоступенчатым кодированием, расшифровка которого потребует несколько лет. Для передачи данных по технологии CDMA используют стационарные и мобильные телефонные аппараты и модемы.

Технология Wi-Fi

Wi-Fi (от англ. Wireless-Fidelity - дословно «беспроводная точность») - общее название стандартного оборудования беспроводных локальных вычислительных сетей. У современных устройств, работающих по стандарту 802.11 g, скорость передачи данных достигает до 108 Мбит/с. В Wi-Fi-сетях выделяют точки доступа и клиенты.

Точка доступа - приемно-передающее устройство, подсоединенное к проводному (главному) сегменту ЛВС, например маршрутизатор с Wi-Fi. Клиентами по отношению к ней являются приемно-передающие устройства подчиненных сегментов ЛВС или Wi-Fi-адаптеры компьютеров пользователей.

Каждая точка доступа имеет свой идентификатор сети (SSID - Service Set Identifier), назначаемый системным администратором (владельцем точки доступа) и играющий роль пароля при попытке пользователей такой сети установить соединение. Зная SSID сети, устройство-клиент может выяснить, возможно ли подключение к данной точке доступа.

Передаваемые по Wi-Fi-каналу данные шифруются.

К недостаткам Wi-Fi можно отнести ограниченный радиус действия. Типичная точка доступа имеет радиус действия 45 м. Микроволновая печь или зеркало, расположенные между устройствами Wi-Fi, ослабляют уровень сигнала.

Технология Bluetooth

Технология ближней радиосвязи или беспроводных персональных сетей (WPAN - Wireless Personal Area Network) - Bluetooth. Она названа в честь короля викингов Харальда Синезубого (Bluetooth), который объединил под своим началом Норвегию и Данию и был широко известен своей удивительной способностью примирять и сближать людей.

Bluetooth-устройства работают на диапазоне от 2,4 до 2,485 Ггц (т.е. в частотном диапазоне стандарта Wi-Fi) при дальности до 10-100 м друг от друга (зависит от преград и помех) на скорости 723,2 Кбит/с (односторонний обмен) или 433,9 Кбит/с (двусторонний обмен). Несущая частота сигнала скачкообразно меняется 1600 раз в секунду (всего выделяется 79 рабочих частот). Последовательность переключения между частотами для каждого соединения псевдослучайная и известна только передатчику и приемнику. Таким образом, если рядом работают несколько пар приемник-передатчик, то они не мешают друг другу. Этот алгоритм является также составной частью системы защиты конфиденциальности передаваемых данных, поскольку переход происходит по псевдослучайному алгоритму и определяется отдельно для каждого соединения. Кроме того, при передаче данных используют различные схемы кодирования.

Bluetooth обеспечивает обмен данными между такими устройствами, как карманные и обычные персональные компьютеры, ноутбуки, мобильные телефоны, принтеры, цифровые фотоаппараты, мыши, клавиатуры, джойстики, наушники, гарнитуры.

ГЛАВА 7. БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Безопасность персональных данных достигается путем исключения несанкционированного, в том числе случайного, доступа к персональным данным, результатом которого могут стать уничтожение, изменение, блокирование, копирование, распространение персональных данных, а также иных несанкционированных действий.

Безопасность персональных данных при их обработке в информационных системах обеспечивается с помощью системы защиты персональных данных, включающей:

• организационные меры;

• средства защиты информации (в том числе шифровальные/криптографические) средства;

• средства предотвращения несанкционированного доступа;

• средства предотвращения утечки информации по техническим каналам;

• средства предотвращения программно-технических воздействий на технические средства обработки персональных данных).

Перечисленные выше меры и средства защиты персональных данных должны использоваться в комплексе и в рамках организации, работающей с персональными данными, должны формировать систему защиты персональных данных.

Мероприятия по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах включают в себя:

• определение модели угроз безопасности персональных данных при их обработке, формирование на их основе сценария угроз;

• разработку на основе сценария угроз системы защиты персональных данных, обеспечивающей нейтрализацию предполагаемых угроз с использованием методов и способов защиты персональных данных, предусмотренных для соответствующего класса информационных систем;

• установку и ввод в эксплуатацию сертифицированных средств защиты информации в соответствии с эксплуатационной и технической документацией;

• описание реализованной системы защиты персональных данных;

• обучение лиц, использующих применяемые в информационных системах средства защиты информации, правилам работы с ними;

• учет применяемых средств защиты информации, эксплуатационной и технической документации к ним, носителей персональных данных;

• учет лиц, допущенных к работе с персональными данными в информационной системе;

• контроль за соблюдением условий использования средств защиты информации, предусмотренных эксплуатационной и технической документацией;

• разбирательство и составление заключений по фактам несоблюдения условий хранения персональных данных, использования средств защиты информации, которые могут привести к нарушению конфиденциальности персональных данных или другим нарушениям, вызывающим снижение уровня защищенности персональных данных.

По характеристикам безопасности обрабатываемых персональных данных информационные системы подразделяются:

• на типовые информационные системы - информационные системы, в которых требуется обеспечение только конфиденциальности персональных данных;

• специальные информационные системы - информационные системы, в которых вне зависимости от необходимости обеспечения конфиденциальности персональных данных требуется обеспечить хотя бы одну из характеристик безопасности персональных данных, отличную от конфиденциальности (защищенность от уничтожения, изменения, блокирования, а также иных несанкцио нированных действий).

Министерство здравоохранения Российской Федерации относит медицинские информационные системы к специальным информационным системам.

7.1. УПРАВЛЕНИЕ ДОСТУПОМ К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ

Информационные системы здравоохранения, построенные как распределенные открытые системы, должны соответствовать требованиям международного стандарта ИСО/МЭК 10181-1996 в части требований к средствам аутентификации пользователей и приложений, управления доступом, обеспечения требуемой конфиденциальности информации, целостности и неотказываемости от совершенных действий.

Идентификация и аутентификация - это процессы распознавания и проверки подлинности пользователей, используемые при принятии решения о разрешении доступа к системным (информационным) ресурсам. Определение того, кто может иметь доступ к тем или иным данным, должно быть составной частью политики обеспечения конфиденциальности и сохранности данных.

Идентификация (от лат. *identifico* - отождествлять) в компьютерной безопасности - *процесс сообщения субъектом своего имени или номера с целью получения определенных полномочий (прав доступа) на выполнение некоторых (разрешенных ему) действий в системах с ограниченным доступом.*

Аутентификация (от англ. *authentication),* или подтверждение подлинности, - *процедура проверки соответствия субъекта и того, за кого он пытается себя выдать, с помощью некой уникальной информации, например некоего кода или по биологическим*

параметрам, являющимся неизменяемыми характеристиками человека на всем протяжении его жизни.

Авторизация (от англ. *authorization) - процесс проверки некоторых обязательных параметров пользователя, например по электронной цифровой подписи, и при успешности предоставление ему определенных полномочий (прав доступа) на выполнение разрешенных ему действий в системах с ограниченным доступом.*

7.2. КРИПТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

В основе криптографии лежит математическое преобразование информации, делающее ее «нечитаемой» без использования соответствующего электронного ключа. Ключи, а также их сертификаты, подтверждающие принадлежность ключа конкретному участнику системы защищенного электронного документооборота, выдаются удостоверяющим центром - юридическим лицом, функции которого определены Федеральным законом «Об электронной подписи».

Виды криптографических систем: системы с секретным ключом *(симметричные)* и системы с открытым ключом *(несимметричные).*

Как следует из названия, симметричные системы используют один и тот же ключ для проведения операций шифрования и расшифрования, а несимметричные системы - разные. В симметричных системах обе стороны, обменивающиеся информацией, должны иметь этот общий для них ключ, но никто другой этим ключом обладать не должен. Тем самым обеспечивается секретность передаваемой информации.

В несимметричных системах каждый пользователь имеет два ключа, образующих ключевую пару:

• открытый ключ, который используется для шифрования сообщения, предназначенного (направляемого) владельцу этого ключа. Открытый ключ позволяет зашифровать, но не прочитать зашифрованное сообщение;

• закрытый ключ используется владельцем ключа для расшифровки направленных ему сообщений, а также формирования собственной электронной подписи.

Пара этих ключей обладает важным свойством: при достаточно большой длине этих чисел очень сложно восстановить значение закрытого ключа, зная только открытый ключ. Таким образом, любой пользователь - участник системы защищенного электронного документооборота - может «публиковать» свой открытый ключ в общедоступных местах, чтобы любой другой участник этой системы мог им воспользоваться и зашифровать направляемое этому пользователю сообщение.

7.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ УНИЧТОЖЕНИЯ ДАННЫХ

Для обеспечения сохранности данных используются технологии резервного копирования и архивирования данных.

7.3.1. Резервное копирование

В случае резервного копирования речь идет о краткоили среднесрочном дополнительном хранении данных, которые еще могут понадобиться пользователям в их работе. Если, например, в результате повреждения жесткого диска или по иным причинам текущие данные теряются, их удается быстро восстановить. Так можно эффективно защитить данные от разного рода случайностей. Задачи резервного копирования:

• обеспечение сохранности возможно более свежих рабочих данных при утрате или повреждении основных носителей рабочей информации;

• обеспечение заданной регулярности создания резервных копий;

• обеспечение заданного времени восстановления рабочей информации из резервной копии.

Резервное копирование данных, хранящихся на дисковых массивах серверов информационных систем, может осуществляться средствами используемой системы управления базами данных, либо средствами сетевых операционных систем, либо аппаратно-программными средствами.

7.3.2. Архивирование

Архивированию, напротив, подвергаются данные, которые из категории активно используемых перешли в «статичное» состояние. Их можно сохранить в архиве. Задачи архивирования:

• обеспечение надежного хранения архивных данных в течение установленного периода времени;

• обеспечение заданного времени доступа к запрошенной архивной или рабочей информации;

• обеспечение возможности дальнейшего использования данных.

7.4. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ВИРУСОВ

7.4.1. Требования к антивирусному программному обеспечению

В информационных системах должны быть предусмотрены средства защиты от вирусов в локальной сети организации. Регламенты администрирования в информационной системе должны предусматривать централизованную установку и запуск антивирусного программного обеспечения на всех компьютерах.

Антивирусное программное обеспечение должно обеспечивать постоянную защиту программ и данных информационной системы в фоновом режиме, независимо от функционирования приложений. Применяемое антивирусное программное обеспечение должно обладать функциональной полнотой и обеспечивать:

• сканирование;

• онлайновый мониторинг;

• обнаружение неизвестных вирусов и вирусов-невидимок.

В информационной системе должно применяться только сертифицированное антивирусное программное обеспечение. Оно должно постоянно обновляться.

7.4.2. Политика антивирусной безопасности

Политика безопасности для борьбы с вирусами имеет три составные части:

• предотвращение - правила, позволяющие предотвратить заражение вирусами;

• обнаружение - как определить, что данный выполняемый файл, загрузочная запись или файл данных содержит вирус;

• удаление - удаление вируса из зараженной компьютерной системы может потребовать переустановки операционной системы, удаления файлов или удаления вируса из зараженного файла.

Вероятность заражения вирусами пропорциональна частоте появления новых файлов или приложений на компьютере. Изменения в конфигурации для работы в Интернете, для чтения электронной почты и загрузка файлов из внешних источников, - все это увеличивает риск заражения вирусами.

Важно также отметить, что вирусы обычно появляются в системе из-за действий пользователя (например, установки приложения, чтения файла или чтения электронного письма и пр.).

Предотвращение

Запрещается устанавливать неавторизованные программы на компьютеры. Конфигурации программ на компьютере следует проверять на предмет выявления установки не требующихся для работы программ.

Загрузка программного обеспечения из Интернета на компьютеры должна осуществляться в условиях ранее установленного и постоянно обновляемого антивирусного программного обеспечения. Это же относится к приходящим письмам, получаемым из сети.

Правила антивирусной безопасности в организации следующие.

• Антивирусные программы должны регулярно обновляться (ежемесячно или ежеквартально) для того, чтобы можно было обнаружить самые новые вирусы.

• Необходимо сообщать системному администратору о любом необычном «поведении» компьютера или приложений.

• Важно сразу же отсоединить компьютер, который заражен или подозревается в заражении, от сети, чтобы уменьшить риск распространения вируса.

• Несоблюдение данных требований ведет к наказанию сотрудника согласно правилам организации.

Обнаружение

Все данные, импортируемые на компьютер тем или иным способом (с дисков, флэш-карт, из электронной почты и т.д.), должны проверяться на вирусы.

При получении информации о заражении вирусом системный администратор должен информировать всех пользователей, которые имеют доступ к программам и файлам данных, которые могли быть заражены вирусом, что вирус, возможно, заразил их компьютер.

Удаление

При невозможности уничтожения вируса все программы в компьютере должны быть удалены, включая загрузочные записи.

ГЛАВА 8. ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ В МЕДИЦИНЕ

8.1. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ: АРХИТЕКТУРА, ИНСТРУМЕНТЫ ПОИСКА

Непрерывно растущие объемы доступной в сети Интернет информации, в том числе оперативной, делают задачу поиска необходимых сведений актуальной. Оперативный

поиск востребован наиболее остро. Профессионализм современного врача-исследователя все больше зависит от скорости поиска нужной информации.

Для облегчения процедуры поиска требуемых данных существуют многочисленные зарубежные и отечественные системы поиска, представляющие собой специализированные Web-серверы. Однако, несмотря на наличие многочисленных средств автоматизации поиска, эта задача остается достаточно трудоемкой, требующей от пользователя определенного опыта, знания используемой в его предметной области терминологии, интуиции. Дополнительной трудностью для поиска может стать и тот факт, что современные поисковые ресурсы пока не обладают возможностью уточнять поставленные запросы и вынуждены довольствоваться только первичной информацией, которая содержится в вопросе. При использовании любого поискового интернет-ресурса следует достаточно точно формулировать свои вопросы, иначе системы дадут неадекватные ответы.

Основа любого поискового интернет-ресурса - взаимодействие между запросом пользователя (ключевым словом или словосочетанием) и некоторой библиотекой знаний или базой данных. Информационное хранилище может располагаться не только на данном поисковом ресурсе, но и на многих других серверах и поисковых системах.

По способу организации и по предоставляемым возможностям все средства поиска могут быть условно разбиты на следующие группы.

1. Поисковые системы (поисковые машины, поисковые роботы).

2. Каталоги (могут называться поисковыми директориями).

3. Метапоисковые системы (метакраулеры, мультипоточные поисковые системы).

8.2. ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ

Классические поисковые системы обычно состоят из трех компонент:

1) агент (паук, или краулер) - специализированное программное обеспечение, которое перемещается по сети Интернет и собирает информацию;

2) база данных, которая содержит всю информацию, собираемую поисковым агентом;

3) поисковый механизм, который используется как интерфейс для взаимодействия с базой данных поисковой системы.

Принципиально механизм работы поисковой системы можно представить в виде циклического алгоритма поиска информации, накопления ее в базе данных и предоставления пользователю по мере запросов. Поисковые агенты в рамках определенного диапазона адресов поиска, исходя из предоставляемых прав, просматривают гипертекстовое содержимое сайтов, извлекают ссылки на этих страницах и автоматически индексируют информацию. Алгоритм просмотра, как и само разрешение на просмотр, регулируется администраторами этих сайтов.

В качестве альтернативы описанному алгоритму заполнения базы данных может служить активная индексация своего сайта путем заполнения соответствующих регистрационных форм. Когда пользователь хочет найти информацию, доступную в Интернете, он посещает страницу поисковой системы и заполняет форму (строку поиска). База данных отыскивает предмет запроса, основанный на информации, указанной в заполненной форме, и выводит соответствующие документы на экран монитора. Чтобы определить порядок, в котором список документов будет показан, база данных применяет алгоритм ранжирования по релевантности (степени соответствия ответа вопросу). В

идеальном случае документы, наиболее релевантные пользовательскому запросу, будут помещены первыми в списке.

Различные поисковые системы используют различные алгоритмы ранжирования. Основные принципы определения релевантности зависят от количества, местоположения и удельного веса слов запроса в найденных документах, от того, как долго хранятся в базе данных возвращенные запросу страницы, как много ссылок на данные страницы ведут с других страниц, зарегистрированных в базе поисковика. Когда пользователь кликает мышкой на ссылке к одному из документов, который его интересует, этот документ запрашивается с того сервера, на котором он физически находится.

8.3. ПОИСКОВЫЕ КАТАЛОГИ

Поисковые каталоги представляют собой совокупность ссылок на сайты по тематическим рубрикам.

Принципиальное отличие поисковых каталогов от поисковых систем заключается в том, что база данных формируется администратором, а не поисковым агентом. Для регистрации в базе данных поискового каталога необходимо сформировать соответствующую заявку, где определенным образом описывается индексируемый сайт: наименование, ключевые слова, содержание, рубрика, в которую желательно попасть, и т.д.

Работа с поисковой страницей каталога схожа с обычным поисковым сайтом, но поиск здесь ведется по базе данных ключевых слов и описаниям, которые предоставили их владельцы.

Принимая во внимание очевидные достоинства и недостатки обоих подходов в формировании базы данных, в настоящее время разработчики поисковых ресурсов используют обе идеологии одновременно. Пользователю предоставляется возможность сразу найти ответ или сузить область поиска средствами каталогизирования, а затем вести «классический» поиск.

Количество поисковых систем и каталогов в настоящее время растет. Поскольку различные поисковые системы используют разные алгоритмы поиска и уделяют «особое» внимание разным участкам сети Интернет, увеличивается и доля непроиндексированного для каждой поисковой системы. Во многих случаях рациональнее искать сразу несколькими поисковыми машинами.

Поиск информации настолько важен, что логически закономерным стало возникновение так называемых метапоисковых систем.

8.4. МЕТАПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ

Метапоисковая система - *это поисковый инструмент, посылающий запрос пользователя одновременно на несколько поисковых интернет-ресурсов.*

В отличие от поисковых систем, метапоисковые системы не имеют ни своих роботов-пауков, ни собственных баз данных. Они получают результаты поиска исключительно от других поисковых серверов.

В основу работы метапоисковой системы заложен следующий принцип: из запроса пользователя генерируются запросы, отформатированные в синтаксисе и логических конструкциях каждого конкретного поискового ресурса. В качестве поисковых ресурсов для метапоисковых систем могут служить поисковые системы, каталоги и даже некоторая информация, не проиндексированная традиционными поисковыми системами. Таким

образом, из одного запроса метапоисковая машина делает множество запросов, которые затем рассылаются широкому кругу поисковых машин и (или) каталогов. Собрав результаты, метапоисковая система удаляет дублированные ссылки и, в соответствии со своим алгоритмом, ранжирует результаты.

Схематически архитектура метапоисковой системы представлена на рис. 8.1.

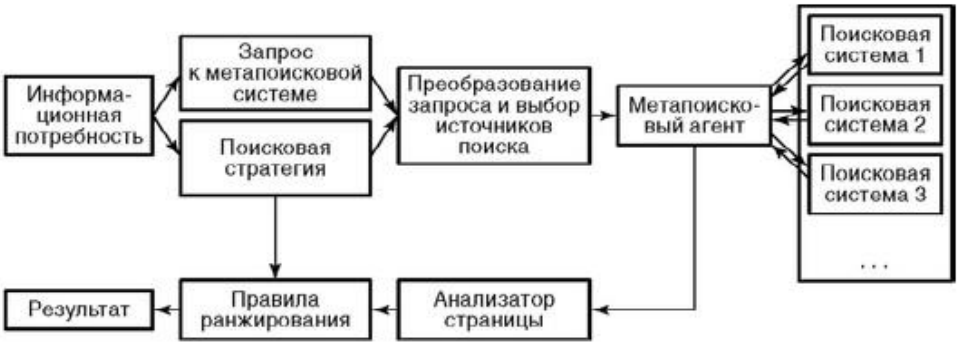


Рис. 8.1. Архитектура метапоисковой системы

Пользователь, исходя из своей информационной потребности и предлагаемых стратегий, генерирует запрос. В соответствии с принятыми в каждой поисковой системе требованиями, метапоисковая система преобразовывает запрос и ретранслирует его метапоисковым агентам соответствующей поисковой системы или каталогов. После обработки полученного запроса каждая система возвращает метапоисковому агенту множество описаний и ссылок на документы, которые считает релевантными данному запросу. Дождавшись ответа от поисковых систем, метапоисковый агент передает результаты в метапоисковую систему для анализа.

В соответствии с различными подходами к анализу переданных данных, метапоисковые системы бывают четырех типов.

1. Классические метапоисковые системы, которые ранжируют результаты на одной странице.

2. «Псевдо»метапоисковые системы первого типа, которые группируют результаты по поисковым системам.

3. «Псевдо»метапоисковые системы второго типа, которые открывают для каждой используемой поисковой системы свое окно в браузере.

4. Поисковые утилиты - программные поисковые средства (также называемые поисковыми приложениями рабочего стола).

Поисковые утилиты устанавливаются на персональный компьютер пользователя. Такие поисковые утилиты несут в себе всю технологию, свойственную метапоисковым системам. Помимо этого они интегрируются в браузеры и превращают их в мощные поисковые средства, преобразовывают результаты в широко известные форматы MS Office и MS Outlook, осуществляют поиск в сотнях поисковых ресурсов по тематике, региону и т.п. Для наглядной аналогии можно отметить: насколько MS Office отличается от обычного приложения MS Windows - блокнота, настолько отличаются «настольные» метапоисковые системы от их Web-аналогов. В качестве примера профессиональной поисковой утилиты можно привести программный пакет Copernic Agent Pro (http://www.copernic.com).

8.5. ПРАВИЛА СОСТАВЛЕНИЯ ЗАПРОСОВ

Определившись с поисковыми системами, пользователи зачастую недостаточно времени уделяют инструментам поиска: языку запросов поисковиков, лингвистическим особенностям языка разыскиваемых документов. Каждый поисковый ресурс имеет свои синтаксические особенности запросов, которые, кстати, решаются в обязательном порядке метапоисковыми системами.

Необходимо пояснить некоторые схожие моменты для большинства систем «вопрос ← → ответ».

Что такое запросы к поисковым машинам? Проще говоря, это тот текст, который необходимо написать в поле ввода специальной формы на любой поисковой машине.

Предположим, в поле ввода текста поисковой машины пользователь ввел поисковую фразу, состоящую из нескольких слов. По этому запросу поисковая система будет искать документы, в которых встречаются слова, перечисленные в данном запросе. Причем именно слова, а не точную фразу. Конечно, среди всех найденных документов будут и те, которые содержат эту фразу, но будет и много других. Поисковые системы ищут документы, содержащие все слова, которые были определены в запросе. Также находятся документы, содержащие часть слов или даже одно слово из запроса. Документы, содержащие не все слова запроса, размещаются в конце списка результатов, а в начале списка находятся те, в которых есть большинство из указанных слов.

Слова запроса машинами поиска перебираются во всех возможных словоформах, союзы и предлоги игнорируются.

Как быть, если нужны документы именно с такой фразой и больше никакие? Как добиться, чтобы поисковые машины находили документы, в наибольшей степени отвечающие вашим потребностям?

На эти вопросы отвечают правила составления запросов или, иначе говоря, синтаксис запросов. Синтаксис запросов - это набор правил, по которым поисковая машина трактует все, что пишется в поле ввода текста. Синтаксис запросов может различаться у разных поисковых систем. Приведем наиболее характерные примеры, которые можно использовать на большинстве известных поисковых систем.

Кавычки «...» - если группа слов ограничена кавычками, будет искаться точно такая же фраза, в тех же словоформах.

Знак - (минус) - исключает слово из результатов поиска.

Знак | (вертикальный слеш) - указывает на необходимость выбора одного из двух вариантов (логическое «или»).

Знак ~ (тильда) - запрещает, чтобы слово после оператора встретилось в том же предложении.

Для профессионального применения синтаксиса языка запросов в каждом конкретном поисковом ресурсе необходимо воспользоваться руководством пользователя этого поисковика либо набрать на интересующем ресурсе фразу: «язык запросов».

Есть некоторые «хитрости», которые повышают эффективность поиска:

- используйте синонимы;
- ищите больше, чем по одному слову;
- не пишите заглавными буквами;
- пользуйтесь «похожими» документами;

• не забывайте проверять орфографию.

8.6. МЕДИЦИНСКИЕ РЕСУРСЫ ИНТЕРНЕТА

Интернет - *всемирная информационная сеть, т.е. совокупность многочисленных сетей, построенных на базе межсетевого протокола TCP/IP (Transmission Control Protocol), являющегося стандартом для построения глобальных сетей.*

Глобальная сеть Интернет обеспечивает доступ к следующим видам информации и контактов:

• Всемирная паутина (World Wide Web, WWW) - большая информационная система, содержащая текстовые, графические, звуковые и видеофайлы;

• электронные доски объявлений (Bulletin Board System, BBS) - места накопления информации в электронной форме со свободным доступом абонентов к архивам системы;

• информационная система широкого профиля - система баз данных, открытых для публичного доступа;

• файловые архивы FTP-серверов (FTP - File Transform Protocol - протокол передачи файлов - протокол TCP/IP, применяемый для доступа к другим компьютерам сети с целью получения списков каталогов и копий файлов, а также для передачи файлов);

• электронная почта (e-mail) - один из распространенных сервисов Интернета, позволяющий отправлять корреспонденцию, подготовленную пользователем на рабочем месте, на электронный адрес (или ряд адресов одновременно) и просматривать полученные сообщения на компьютере;

• система рассылки (Mail lists) - получение электронных писем определенной тематики большой группой пользователей, заключивших соглашение о получении информации;

• телеконференции (Netnews, Usenet, Newsgroups) - обсуждение общих проблем рядом участников;

• Skype - глобальная система персональной связи, позволяющая организовать аудиовизуальный контакт участников; осуществляет соединение не только компьютер-компьютер, но и компьютер-телефон (стационарный, мобильный, спутниковый);

• Internet Relay Chat (IRC) - разговоры через Интернет в текстовом виде в реальном времени.

Интернет - это, по сути, множество сайтов, на которых хранятся разнообразные сведения. Это могут быть тексты, изображения, звуковые и видеозаписи, - любые данные, которые можно сохранить в цифровой форме.

Доступ в Интернет осуществляется через мощные компьютеры - серверы сети.

Web-сайт - *совокупность Web-страниц с повторяющимся дизайном, объединенных по смыслу, навигационно и физически находящихся на одном Web-сервере.*

Web-сервер - *специализированный компьютер, обеспечивающий хранение и доступ из внешней сети к данным, организованным в виде Web-страниц.*

Web-страницы содержат так называемые живые ссылки, при указании на которые человек немедленно получает заинтересовавшую его страницу, на которую была дана ссылка. Такие ссылки называют гипертекстовыми. *Web-страница - самостоятельная часть Web-сайта; документ, снабженный уникальным адресом.* Обычно Web-страницы организуются в виде гипертекста с включениями текста, графики, звука, видео, анимации.

В сети Интернет просмотр Web-страниц осуществляется посредством браузера. Web-браузер - программа-клиент, предоставляющая пользователю возможности навигации и просмотра Web-ресурсов, скачивания файлов и др. Наиболее широко используются браузеры Microsoft Internet Explorer и Netscape Navigator.

Портал (информационный портал) - *система, призванная обеспечить единую интегрированную среду для работы с корпоративными информационными ресурсами Интернета.* Портал объединяет по содержательному принципу географически распределенные базы данных, приложения, документы, информацию из сети Интернет с помощью встроенных наборов интерфейсов, предоставляя доступ пользователей ко всем информационным ресурсам через стандартный Web-браузер.

Корпоративный информационный портал - *это интегрированная среда для ограниченного круга лиц.*

Информационно-консультативная система КАРДИНЕТ, опирающаяся на Интернет-поликлинику, действует в Саратовском НИИ кардиологии. Она позволяет интегрировать диагностическое оборудование ряда учреждений (стационара, поликлиники, диспансера, санаториев) и дает возможность накапливать и передавать по телефонным линиям связи результаты диагностических исследований в реальном времени.

Взаимодействие пациентов со своими лечащими врачами по электронной почте активно развивается в США. Пациент имеет возможность регулярно сообщать врачу о своем самочувствии, записаться к нему на прием. Врач может направлять пациенту уведомление о записи и свои рекомендации. Эта информация является составной частью медицинской документации - от врачей требуется включать электронную переписку с пациентами в истории болезни.

Интернет обеспечивает возможность оперативного обращения к электронным базам данных. Особенно важно оперативное получение информации в экстремальных ситуациях. Автоматизированные справочные системы по токсикологии, размещаемые в Интернете, позволяют врачам быстро получать сведения о последствиях острого и хронического воздействия разнообразных химических веществ и соединений на организм людей. Американская система для контроля здоровья работающих (Drake Clinical Worker's Health) включает серию скринирующих систем диагностики экотоксинов и методы организации специальной помощи населению. Английский национальный регистр токсических соединений (Registry of Human Toxicology Data Bank) используется в целях обеспечения безопасности в первую очередь групп риска по профессиональным вредностям. Подход, сочетающий дистанционное консультирование с оперативным получением информации из специализированных баз данных, может быть особенно полезен при ситуациях, вызванных техногенными катастрофами на химических производствах.

В странах Европейского сообщества существует большое количество реализованных и развиваемых проектов по созданию мультимедийных баз данных конкретных случаев и баз медицинских знаний (электронных библиотек и атласов). Это направление развивается и в России.

Подключаясь к Интернету, врач может получать: оглавления медицинских журналов и резюме последних статей (из электронных библиотек Medline, Pubmed и др.); сведения из Кохрановской библиотеки по контролируемым клиническим исследованиям, которые обеспечивают нормативный подход к сравнительной оценке получаемых результатов; информацию по лечению заболеваний; данные о лекарственных препаратах. Компания «Медицина без границ» (Unbound Medicine) в альянсе с редакцией Британского медицинского журнала (British Medical Journal) запустили проект COGNIQ, который позволяет владельцу карманного компьютера получать из журнала Clinical Evidence копии

статей в области лечения, изложенных по принципам медицины, основанной на доказательствах.

Всемирная организация здравоохранения с 2000 г. создает единую сеть научных медицинских ресурсов на базе Интернета. Создание сети поможет исследователям из развивающихся стран использовать в своей работе новейшую медицинскую информацию и обмениваться опытом. Проект включает создание сайтов и электронных версий ведущих научных журналов, организацию баз данных и интернет-форумов, которые помогут объединить медиков всего мира.

ГЛАВА 9. ТЕЛЕМЕДИЦИНА

Телемедицина не является в прямом смысле составной частью медицинской информатики. Однако общие тенденции развития ведут ее в направлении интеграции в едином информационном пространстве электронного здравоохранения.

Организация медицинских телеконсультаций - стратегически важная задача практического здравоохранения, решение которой «приблизит» высококачественную медицинскую помощь к населению удаленных районов и обеспечит постоянное повышение уровня квалификации врачей.

Телемедицина в России стала логическим продолжением дистанционного консультирования больных с использованием телефонных и радиоканалов, которые широко применялись в бывшем Советском Союзе в 60-70-х годах XX в. Впервые в бывшем СССР передача ЭКГ по телефону была осуществлена в 1965 г. Впоследствии дистанционные центры были развернуты в 66 территориях России. В 1970-х годах Институтом хирургии им. А.В. Вишневского была организована дистанционная диагностика врожденных пороков сердца с использованием автоматизированных распознающих систем. Позднее угрожающие состояния у детей диагностировали по телефонным линиям связи в Ленинграде и других городах с использованием формализованных информационных бланков. Однако телемедицина в форме видеоконференции, в отличие от заочного анализа ЭКГ и дистанционной диагностики с использованием телетайпной и телефонной связи, предполагает интерактивный обмен, т.е. диалог лечащего врача и консультанта с одновременным получением мультимедийной информации на экран дисплея.

Переходом к современным телемедицинским технологиям в мире можно считать 1959 г., когда в США были начаты первые исследовательские проекты с использованием телевидения в целях дистанционного консультирования. В 1965 г. американский кардиохирург М. Дебейки с использованием канала спутниковой связи консультировал ход операции на сердце, выполняемой в Женеве (Швейцария). В России телемониторинг жизненно важных систем организма относится к периоду полета первого космонавта мира Ю.А. Гагарина в 1961 г.

С 1995 г. начали создаваться стационарные современные телемедицинские центры в медицинских учреждениях.

9.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Телемедицина, по определению ВОЗ, - это «метод предоставления услуг по медицинскому обслуживанию там, где расстояние является критическим фактором. Причем предоставление услуг осуществляется представителями всех медицинских специальностей с использованием информационно-коммуникационных технологий после

получения информации, необходимой для диагностики, лечения и профилактики заболевания».

Телемедицина - это не еще одна медицинская дисциплина, не новый метод, а способ дистанционного обмена данными в реальном времени, встраиваемый в систему практического здравоохранения, образование и медицинскую науку, это специализированная помощь в любой точке, прямое управление медицинской помощью в экстремальных ситуациях и дистанционное телеобучение в целях обеспечения непрерывного повышения квалификации. Полный спектр телемедицинских услуг включает:

• консультации больных в целях диагностики, лечения и реабилитации;

• анализ результатов инструментальных, радиологических, функциональных и лабораторных исследований;

• дистанционное обучение и повышение квалификации, освоение новых методов диагностики и лечения без отрыва от основного места работы, проведение мастер-классов;

• тиражирование опыта ведущих медицинских центров, в том числе в процессе интерактивного обсуждения больных с ведущими специалистами;

• пропаганду медицинских знаний;

• информационную поддержку организационных решений в целях управления в административно-клинических целях, включая выбор адекватных мер и способов оказания помощи, в том числе отвечающих масштабам катастрофы при чрезвычайных ситуациях;

• выход в интегрированные медицинские сети (территориальные и по разделам медицины) для оперативного доступа ко всей сумме медицинских данных наблюдаемых пациентов.

Среди приоритетов Европейского союза в программе «Технологии информационного общества», начало которой положено в 1994 г., были названы «виртуальные лечебные учреждения», предлагающие гражданам индивидуальное медицинское обслуживание и различные телемедицинские системы для охраны здоровья. Под виртуальными лечебными учреждениями в настоящее время понимают возможность проведения консультаций в режиме *online,* создания локальных сетей «пациент-врач», сбора данных о пациенте в электронную форму, которая может содержать оцифрованные изображения, рекомендации врача.

9.2. ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

I этап (с 60-х по 90-е годы XX в.) - телеметрическая оценка параметров жизнедеятельности космонавтов; международные телемедицинские проекты по поддержке врачей, оказывавших помощь пострадавшим при землетрясении в Спитаке (1988) и в техногенной катастрофе под Уфой (1989); первые отечественные телемосты, организованные в консультативных целях Институтом медико-биологических проблем РАН для медицинских учреждений Сибири.

II этап (1995-2000) - формирование телемедицинских центров в федеральных клинических медицинских учреждениях, в ведущих стационарах отдельных регионов; эксперимент по дистанционному контролю состояния здоровья участников антарктической экспедиции на станции «Восток».

III этап (2001-2005) - активное создание территориальных сетей в субъектах Российской Федерации, обеспечивших вовлечение районных больниц в орбиту

телемедицины; отечественная система «Телемедицина катастроф» для поддержки врачей полевого госпиталя.

IV этап (с 2006 г.) - формирование региональных сетей по федеральным округам; создание передвижных телемедицинских систем, базирующихся на автомобилях, поездах, судах, вертолетах; первые шаги в области интрагоспитальной телемедицины.

9.3. ТЕЛЕКОНСУЛЬТИРОВАНИЕ, ТЕЛЕНАБЛЮДЕНИЕ И ТЕЛЕПОМОЩЬ

Чрезвычайно важна организация телемедицинской консультативной помощи в отношении социально значимых и трудно дифференцируемых заболеваний. Телеконсультации и телеконсилиумы с участием группы врачей-специалистов проводятся в различных ситуациях, которые можно классифицировать следующим образом:

- сложные в диагностическом плане случаи;
- состояния, угрожающие жизни пациента (при инсультах, инфарктах, аритмиях и др.);
- комплекс мер экстренного медицинского характера при чрезвычайных ситуациях;
- анализ данных исследований (функциональных, радиологических, инструментальных, лабораторных);
- выбор и коррекция лечебной тактики, включая оперативные методы лечения;
- эндоскопические исследования и вмешательства с дистанционным участием «узких» специалистов;
- догоспитальное консультирование больных для уточнения предварительного диагноза: просмотр медицинской документации (включая материалы визуального характера) и обсуждение (при необходимости - с демонстрацией больного) результатов диагностики в учреждении, обращающемся за консультацией, после чего решается вопрос о характере предстоящего лечения и сроках вызова больного в специализированное учреждение;
- реабилитация больных в отдаленном периоде после оказания высокотехнологичной медицинской помощи в удаленных медицинских учреждениях.

Дистанционный характер консультации имеет свои особенности организационного и клинического характера (согласование, подготовка данных в электронном виде, представление дополнительной информации по запросу). Особенно это относится к проведению их в режиме видеоконференций.

Видеоконференция - *это двусторонний или многосторонний (многоточечный) интерактивный обмен аудиовизуальной информацией на расстоянии в режиме реального времени с использованием аппаратно-программных и телекоммуникационных средств.*

Последовательность действий в процессе проведения телеконсультаций представлена на схеме (рис. 9.1).

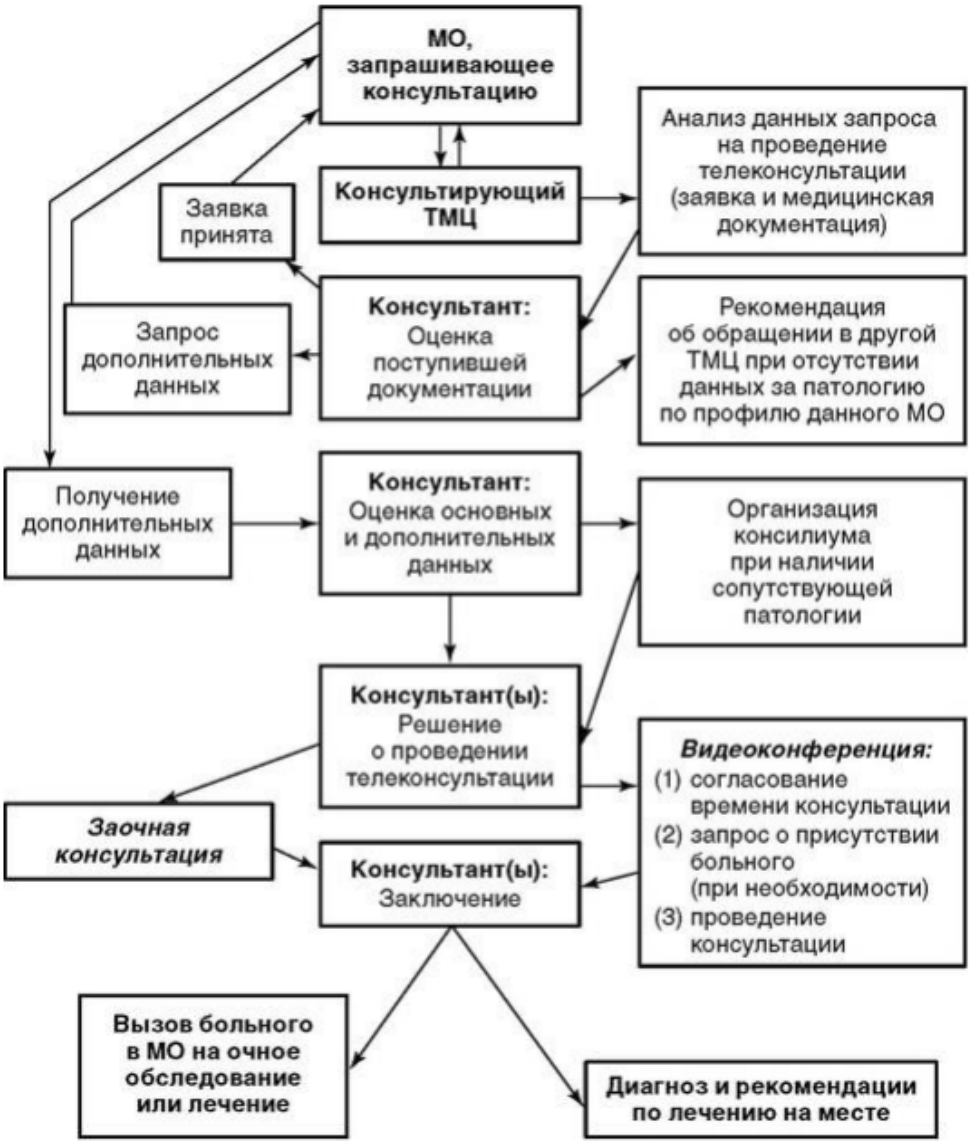


Рис. 9.1. Схема проведения телеконсультаций

Телемедицинские консультации в плане технологии их проведения включают следующие варианты.

1. Видеоконференции, обеспечивающие интерактивный аудиовизуальный контакт двух участников или более в режиме *online* в процессе телеконсультации (с участием или без участия пациента).

2. Обмен оцифрованными медицинскими данными (текст, неподвижные изображения, видеофрагменты и т.д.) между лечащим врачом и консультантом по электронной почте (или через интернет-сервер) в режиме *offline* - отсроченные телеконсультации , при которых осуществляется заочное консультирование больных.

3. Интернет-медицина (в иностранной литературе встречается наименование «кибермедицина») как частный случай телемедицины - это получение так называемого второго мнения *(second opinion)* от любого, не конкретного врача при размещении вопроса и медицинской информации на специализированном форуме (с помощью особой веб-формы на Web-странице); такие телеконсультации также являются заочными

отсроченными, но вопросы адресованы не в определенное учреждение, а к медицинскому сообществу в целом.

Схема аппаратно-программно-коммуникационного комплекса для телемедицинских консультаций в режиме реального времени или в отсроченном режиме, включая варианты подключения медицинских приборов с цифровым выходом или без него, представлена на рис. 9.2.

Теле-СМП (Tele-ambulance) - за рубежом существует телемедицинская система для скорой медицинской помощи на основе высокоскоростной мобильной сети. Такая система обеспечивает передачу данных, включая изображение с места происшествия, и позволяет организовать по мультимедийной линии поддержку медикам/спасателям при различных ситуациях. Использование мобильных комплексов - одно из перспективных направлений развития российской телемедицины. Эффективными могут быть выездные бригады с телемедицинскими системами на базе санитарной авиации, которые на самолете, вертолете или автомобиле доставят в отдаленную больницу необходимое телемедицинское и диагностическое оборудование, выполнят обследование пациента и проведут телемедицинскую консультацию со специалистами соответствующего консультативного центра.



Рис. 9.2. Аппаратно-программно-коммуникационный комплекс для телемедицины

Видеоконференции, т.е. интерактивные консультации в режиме реального времени, имеют существенные преимущества. Проведение видеоконсультаций позволяет врачу-консультанту самостоятельно увидеть разнообразные фенотипические проявления, имеющие существенное диагностическое значение при наследственных заболеваниях и врожденных пороках развития, наблюдать больного в динамике, например характер движений при костно-мышечной и неврологической патологии, поведение пациента в процессе беседы при психических заболеваниях. Видеоконсультации обеспечивают возможность совместного обсуждения состояния больного лечащим врачом и консультантом при визуальном анализе всего необходимого комплекса первичных медицинских данных пациента, включая эхограммы, рентгенограммы, МРТ и т.п. В

кардиологии и кардиохирургии важно наблюдать работу сердца в динамике; в частности, режим видеоконференцсвязи *dualvideo* позволяет передавать консультанту сразу два видеоизображения, например положение датчика и собственно данные исследования. Обсуждение имеет особенно большое значение, так как лечащий врач, за которым остается ответственность за больного, должен обязательно понимать логику принятия решений консультантом, а не просто принимать или не принимать во внимание его мнение, изложенное или высказанное в рекомендации/заключении. По мнению английского ученого Малколма Кларка, телемедицина (имеются в виду видеоконференции) должна быть столь же эффективна, как консультация лицом к лицу.

Возможность консультаций в режиме реального времени позволяет, наряду с плановыми сеансами, проводить экстренные телеконсультации, что особенно важно при неотложных состояниях, в том числе в чрезвычайных ситуациях. Телеконсультации могут проводиться и с использованием первичной объективной информации, получаемой непосредственно во время видеоконсультации. Для этого используют электронный стетоскоп, позволяющий выслушивать сердце на расстоянии, электронный отоскоп, а также специализированные видеокамеры для дерматологии, оториноларингологии, офтальмологии, гинекологии и т.п.

Видеоконсультации способствуют повышению квалификации лечащих врачей, так как происходит обучение «на примерах» в процессе обсуждения медицинских данных больного.

Эффективность телемедицинских консультаций в значительной степени определяется уменьшением количества больных, направляемых для госпитализации в медицинские учреждения более высокого уровня, и продолжением лечения на месте в соответствии с полученными рекомендациями. Также уменьшается при предварительном согласовании количество больных, направляемых не по профилю или несвоевременно в другие лечебные учреждения.

Происходящий процесс дифференциации клинической телемедицины аналогичен такому же процессу в медицине. Сформировался ряд направлений: телехирургия, телекардиология, теледерматология, телепатология, телерадиология и др. Формирование этих направлений обусловлено двумя основными моментами - спецификой специальностей и особенностями отображения и передачи данных при дистанционном консультировании. Рассмотрим более подробно отдельные разделы телемедицины.

Телерадиология - *это передача радиологических (растровых) изображений* (*УЗИ, РКТ, МРТ и др.*) *в электронной форме с целью их интерпретации и (или) консультации.* Возможно и прямое участие дистанционного консультанта в проведении обследования с рекомендациями, например, о расположении датчика при ультразвуковом исследовании. Ее быстрому продвижению способствовало появление систем архивации и передачи изображений (Picture Archiving and Communication System - PACS) и международно принятого стандарта для растровых цифровых изображений в медицине - DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Основной способ оцифровки рентгеновских изображений - с помощью специального дигитайзера (или обычного офисного сканера со специальной приставкой для сканирования прозрачных оригиналов). При обращении к PACS-системам удаленный консультант может получить и просмотреть все необходимые изображения, включая архивные, что обеспечивает анализ динамики изменений.

Телепатология - *дистанционная оценка микроскопических препаратов (гистологических, цитологических), пересланных по электронной почте или наблюдаемых в режиме online на экране компьютера.* В последнем варианте удаленный консультант не просто рассматривает изображение микропрепарата, передаваемое ему из консультирующейся медицинской организации (МО), но имеет возможность, при наличии

специальной техники и программного обеспечения, самостоятельно дистанционно перемещать исследуемый препарат в желаемом направлении для оценки не одного, а нескольких полей зрения микроскопа. Одно из направлений телепатологии - оперативная теледиагностика биопсийного материала опухоли в процессе хирургических операций. Система видеоконференцсвязи объединяет дистанционно управляемый микроскоп (с моторизованным столиком), оснащенный видеокамерой, который устанавливается в операционной, и рабочее место консультирующего патоморфолога. Такая телесистема - в настоящее время один из модулей цифровой операционной.

Теледерматология - одно из активно развивающихся направлений телемедицины. Теледерматологические консультации могут проводиться как в режиме видеоконференции, так и с помощью отсроченных консультаций, когда изображение кожи больного фиксируется медицинской сестрой или врачом общего профиля и затем передается по компьютерным сетям консультанту-дерматологу вместе с текстовыми данными истории болезни. Особый интерес вызывают системы, позволяющие в автоматическом режиме оценивать патологию кожи, основываясь на ее цифровых изображениях, в частности выявлять рак кожи и предраковые изменения. Для автоматической оценки цветоискаже-ния полученных изображений кожи и проведения соответствующей коррекции в России разработан специальный программный комплекс, что позволяет значительно повысить качество представляемых врачу для диагностики изображений кожи.

Теленеврология включает диагностику острых и хронических заболеваний. Это направление особенно нуждается в проведении видеоконференций для наблюдения за движениями, доступными пациенту, примером чему могут служить больные с инсультом, миопатиями, эпилепсией. При инсульте это также оперативное решение вопросов специализированного лечения, восстановления и долгосрочного лечения пациента, вторичной профилактики. Европейская организация инсульта (European Stroke Organisation) рекомендует в отдаленных или сельских районах использовать телемедицинские технологии для улучшения доступа больных к лечению с помощью высококвалифицированных специалистов, включая консультации хирургов по поводу пластических операций на сосудах и стентирования.

Телепсихиатрия - *интерактивное дистанционное общение врача с пациентом в целях диагностики и лечения* в следующих случаях:

• контроль эффективности терапии после выписки из психиатрического стационара;

• оказание помощи на расстоянии пациентам с психическими заболеваниями, находящимся в больницах общего профиля, в санаториях;

• дистанционное проведение сеансов психотерапии и когнитивно-поведенческой терапии;

• консультации школьников с отклонениями поведения и проблемами обучения непосредственно в учебных заведениях.

Телепсихиатрия в большинстве случаев базируется на использовании видеоконференций, позволяющих врачу общаться с больным.

Телепсихиатрия имеет и ограничения: нежелательно использовать видеоконференции для консультаций больных психозами, бредовыми идеями и т.п., так как применение технических средств может усугубить состояние таких больных. Преимущественная область применения телепсихиатрии - так называемая малая психиатрия (неврозы, легкие депрессии и т.п.).

Телеофтальмология - дистанционная диагностика глазной патологии с использованием специализированного аппаратно-программного комплекса.

В телеофтальмологии, наряду с телеконсультациями, можно привести конкретный пример так называемой телепомощи, реализованный в Нидерландах в отношении глаукомы. Для выявления пациентов с риском глаукомы в магазинах оптики людям были предоставлены возможности для обследования глаз с использованием специальной цифровой диагностической техники. Полученные изображения сохраняются в Интернете в базе данных, которая доступна для офтальмологов. Благодаря такой системе были обнаружены недиагностированные ранее случаи глаукомы.

Телеанестезиология *базируется на сочетании телемониторинга состояния оперируемого пациента, видеоконференцсвязи и видеомониторинга операции.* Такой симбиоз может стать составной частью интегрированных мониторно-компьютерных визуализирующих систем для хирурга и анестезиолога. Появляется уникальная возможность в реальном времени через Интернет контролировать динамику физиологических параметров пациента во время операции параллельно с визуализацией через web-камеру операционного поля. Примером может служить система, реализованная в Российском научном центре хирургии им. Б.В. Петровского, которая обеспечивает врачу возможность получать автоматически формируемые сообщения о проводимой операции и текущих параметрах гемодинамики больного. При необходимости главный анестезиолог, также получающий всю информацию, может связаться с врачом-анестезиологом в конкретной операционной, обсудить текущую ситуацию и дать необходимые указания.

В последнее время появился новый термин - телеприсутствие, что предполагает обеспечение полного дистанционного участия консультанта в лечебно-диагностическом процессе путем использования роботизированных комплексов и (или) высокоскоростных телекоммуникационных средств. Системы телеприсутствия позволяют более квалифицированному врачу-консультанту дистанционно ассистировать или управлять действиями менее опытного коллеги, непосредственно выполняющего некую манипуляцию пациенту (телеассистирование или дистанционное манипулирование). При этом консультант работает в полном объеме непосредственно с диагностической и лечебной аппаратурой, одновременно имея возможность наблюдать за реакцией (состоянием) пациента. Такие телеманипуляции в режиме видеоконференции используются при проведении исследований больных (например, управление зондом при ультразвуковом исследовании) и эндохирургических операциях. В случае телехирургии (роботохирургии *-roboticsurgery)* операция в полном объеме проводится дистанционно удаленным врачом (бригадой врачей) с использованием манипуляторов.

Современные хирургические манипуляторы способны в некоторой степени «оптимизировать» свои движения по сравнению с движениями рук человека, т.е. свести к минимуму тремор для обеспечения максимально аккуратных действий хирурга. Для дистанционной хирургии разработаны также специальные системы стереозрения, представляющие собой две видеокамеры, имитирующие бинокулярное зрение, что позволяет наблюдать операционное поле в трехмерном виде.

Важный компонент - средства обратной связи, которые могут передавать сенсорную (прежде всего тактильную) информацию с абонентской части системы. Такие устройства, называемые телегаптическими, создают реалистичность ощущений при выполнении телехирургических вмешательств (на элементы управления передается информация, с помощью которой воспроизводится сопротивление тканей, степень натяжения шовного материала и т.д.).

Внутрибольничная телемедицина - еще одно приложение или направление в области телемедицинских технологий. В цифровых диагностических кабинетах и операционных (ЦДКО или DOR - Digital Operation Room) вся информация переводится в цифровой вид, что стало основой для интеграции информационных и телемедицинских технологий.

В результате врачи не только получают доступ к любым данным пациентов, хранящимся в информационных медицинских системах своей и других МО, но одновременно могут в режиме реального времени обращаться к врачам своей или другой медицинской организации, которые имеют возможность непосредственно со своих рабочих мест провести консультацию в тот момент, когда она необходима, в частности в процессе хирургического вмешательства. Эта возможность является следствием того, что ЦДКО имеет функцию так называемого рабочего стола, с помощью которого производится совместный анализ медицинских изображений.

Телемониторинг *как вариант теленаблюдения за пациентами предполагает профилактический и постгоспитальный контроль физиологических показателей пациентов.* Это могут быть беременные, хронические больные и инвалиды, а также пациенты после проведенных оперативных вмешательств, находящиеся вне пределов медицинских организаций. В Германии в 1971 г. впервые был предложен транстелефонный дистанционный контроль функционирования пейсмекеров. В настоящее время именно дистанционный контроль имплантируемых устройств, являющийся специфическим направлением индивидуальной телекардиологии, интенсивно применяется за рубежом. Развивается такое направление персональной телемедицины для пациентов с кардиологической патологией, как применение регистраторов и анализаторов ЭКГ, интегрированных в мобильный телефон (коммуникатор).

Телемониторинг тесно связан с понятиями домашней телемедицины и телепомощи.

Телепомощь *(telecare)* с использованием видеоконференцсвязи - *домашняя, или персональная, телемедицина, ориентированная на оказание помощи в таких местах и ситуациях, когда рядом с пациентом нет медицинских работников.* Домашняя телемедицина включает консультативную медицинскую помощь, психологическую и социальную поддержку, удаленное видеонаблюдение за лежачими больными, включая контроль за приемом лекарств. Она нашла широкое применение в вопросах мониторирования состояния больных сахарным диабетом, артериальной гипертензией, аритмиями и другими заболеваниями. Специальные устройства способны передавать текущие показатели, полученные с помощью тонометров, электрокардиографов, глюкометров и т.п. приборов, по сети Интернет на сервер медицинской организации, где они становятся доступны лечащему врачу. При резком изменении показателей (порог изменения устанавливается индивидуально для каждого больного) об этом в автоматическом режиме оповещается лечащий врач или служба скорой помощи. Дистанционный патронаж беременных позволяет осуществлять постоянный физиологический контроль эмбрионального развития (например, на основании мониторинга частоты сердечных сокращений плода). Это дает возможность оценивать состояние плода, например, при стрессовом воздействии, с которым достаточно часто сталкиваются беременные.

Реально домашняя телемедицина может развиваться в тех случаях, когда при медицинской организации имеется телемедицинский пункт, обеспечивающий телепатронаж и телемониторинг пациентов. Особенно важно это в условиях переноса на поликлиническое звено задач долечивания и реабилитации больных после их выписки из стационара. В отличие от традиционной схемы телеконсультирования, в этом случае консультант общается непосредственно с пациентом или его родственниками. Специальный «домашний» комплект для дистанционного контакта должен включать компьютер, имеющий выход в Интернет, и соответствующие приборы функциональной диагностики, позволяющие получить необходимый объем информации о пациенте. Такой подход позволяет по-новому подойти к организации и проведению восстановительного лечения: а) принять решение о переводе больных на постстационарную реабилитацию в домашних условиях (с учетом показаний и противопоказаний); б) повысить преемственность лечебно-восстановительных мероприятий между стационаром и

амбулаторно-поликлинической службой; в) оптимизировать контроль адекватности и эффективности лечения.

Домашняя телемедицина все более широко используется в развитых странах. В США ежедневно осуществляется 1,5 млн сеансов телепомощи на дому. При этом медицинская сестра, обычно обслуживающая традиционным способом 5-6 пациентов, с помощью телемедицинских технологий может помочь 15-25 пациентам. Европейское сообщество в рамках проекта «Технология информационного общества» (Information Society Technologies) реализует систему @Home для дистанционного мониторинга пациентов после выписки из клиники и для контроля состояния хронических больных. Платформа @Home обеспечивает в удаленном режиме (на дому) слежение за температурой тела, артериальным давлением, частотой пульса и другими витальными, но легко определяемыми параметрами. О выявленных тревожных симптомах система немедленно оповестит персонал клиники. Применение таких систем показало сокращение продолжительности стационарного лечения ориентировочно на 30%.

Потребность в телереабилитационных услугах существует в школах. Во многих странах восстановительная терапия в школах уже обеспечена логопедами, психологами, врачами и медицинскими сестрами. Поскольку телереабилитация на базе школы интегрируется в медицинские и школьные программы, дополнительные услуги восстановления речи и психологической реабилитации могут быть обеспечены дистанционно в режиме многоточечных видеоконференций.

Понятие «персональная телемедицина» лучше всего раскрывается на примере мониторинга у альпинистов витальных признаков (содержание кислорода в крови, частота сердечных сокращений, температура кожи на различных участках) с использованием специальных сенсоров, закрепленных на их теле, и при необходимости видеоизображения. Менее экзотическое использование - возможность передачи своих физиологических данных из отдаленных от медицинских организаций мест отдыха и получение квалифицированного совета по первой помощи.

Сотрудниками Института медико-биологических проблем РАН предложен термин «телемедицинская экология». Его суть заключается в дистанционном анализе состояния людей, находящихся в экологически различных условиях. Был проведен эксперимент, в котором участвовали 130 добровольцев-испытателей, находившихся в 12 регионах - в России, Белоруссии, Казахстане, Европе и в США. Однотипные для всех методы включали методики для изучения центрального и периферического кровообращения, ЭКГ, анализ вариабельности сердечного ритма, дисперсионное картирование ЭКГ. Регистрировались антропометрия и ответы на вопросы о жалобах и образе жизни. Оперативные исследования проводились ежемесячно, функциональные пробы с физической, умственной и ортостатической нагрузками проводились ежеквартально. Информация передавалась в Москву по электронной почте.

В США использовался комплекс «HeartWizard» для сбора информации, донозологического контроля и анализа. Осуществлялась оценка риска развития заболеваний по вероятностным характеристикам функциональных состояний. Предварительные результаты показали, что ежемесячная и сезонная динамика функционального состояния здоровых людей зависит от конкретной экологической обстановки.

Телемедицинская поддержка участников антарктических экспедиций включает: а) автоматическую/полуавтоматическую регистрацию электрофизиологических, тактильных, субъективно-описательных и других показателей с помощью приборов, входящих в состав модульной станции для оказания экстренной консультативно-диагностической помощи; б) обработку и анализ полученных данных; в) экспертную оценку функционального состояния обследованных пациентов по результатам обработки данных; г) выдачу

рекомендаций для коррекции функционального состояния; д) мониторинг процесса коррекции состояния полярников.

К понятию телепомощи, но уже медицинским работникам и спасателям, могут быть отнесены теле«подсказки» (советы первой помощи) и телеманипуляции (прямые дистанционно осуществляемые исследования и действия).

9.4. ДЕОНТОЛОГИЯ В ТЕЛЕМЕДИЦИНЕ

В 1992 г. на 44-й Всемирной медицинской ассамблее (Марбелла, Испания) было принято «Положение о медицинском обследовании, «телемедицине» и медицинской этике». ВОЗ рекомендует использовать следующие деонтологические принципы:

• перед использованием телемедицинской системы врач должен установить, что пациент или его семья компетентны и хорошо информированы. Системы, доверяющие пациенту или его семье сбор и передачу данных, не будут эффективны, если пациенты не понимают значения исследований и важность их проведения; существенным является психологическая и физическая готовность пациента;

• организации, предоставляющие телемедицинские услуги, должны уважать право пациента на выбор своего личного врача;

• для достижения гуманной, индивидуальной и качественной помощи важным является тесное сотрудничество между личным врачом пациента и персоналом «телемедицинского» центра;

• должна быть обеспечена конфиденциальность данных всех пациентов; должны существовать строгий контроль за доступом к данным, техническая защита и суровые правовые санкции за нарушения;

• для адекватности помощи существенным является контроль качества используемого оборудования и переданной информации; для безопасности пациента необходима строгая мониторинговая система калибровки и эксплуатации оборудования.

9.5. ТЕЛЕМЕДИЦИНА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Чрезвычайные ситуации (ЧС), приводящие к множественным жертвам, требуют оперативного принятия организационно-тактических решений, проведения медицинской сортировки, консультативной поддержки действий медицинского персонала в системе лечебно-эвакуационной помощи пострадавшим. Использование современных телекоммуникационных средств связи - основа для перехода на принципиально новый уровень информационного обеспечения службы медицины катастроф. Этим определяется значение телемедицинских технологий для принятия адекватных мер, отвечающих масштабам катастрофы при чрезвычайных ситуациях.

Экстренные извещения, мониторинг медико-тактической обстановки, консультативная поддержка различных аспектов деятельности мобильных бригад специалистов, лечебно-эвакуационное обеспечение больных и пораженных, - вот далеко не полный перечень задач медицины катастроф, эффективность решения которых в ЧС во многом определяется оперативным информационным обеспечением.

Впервые современные телекоммуникационные технологии в медицинских целях в условиях катастрофы были использованы NASA в 1985 г. после землетрясения в Мексике. Это позволило правильно оценить медико-санитарные последствия землетрясения и своевременно провести аварийно-спасательные мероприятия. В рамках международного

российско-американского сотрудничества по применению телемедицины в чрезвычайных ситуациях в 1988 г. был организован совместно с NASA телемедицинский мост при землетрясении в Армении. Так была обеспечена аудио-, видео- и факсимильная связь между зоной бедствия, клиниками Москвы и четырьмя медицинскими центрами США. Первая отечественная телемедицинская система для работы в ЧС впервые реализована в 2001 г. в полевом педиатрическом госпитале в Чеченской республике.

В настоящее время можно говорить о переходе к постоянному использованию телемедицинских технологий в чрезвычайных ситуациях для решения организационных и клинических вопросов. В России формируется телекоммуникационная сеть Всероссийской службы медицины катастроф, включающая стационарные телемедицинские центры и мобильные системы. Используемая для этого телекоммуникационная спутниковая сеть имеет трехуровневую топологию - «вложенные звезды»: центральная станция, межрегиональные - в федеральных округах, терминальные и мобильные - в субъектах РФ.

9.6. ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ

Телеобучение (телеобразование) медицинским знаниям и приемам - динамический процесс, основными принципами которого являются: обучение в течение всей жизни, пропаганда медицинских знаний, интерактивное обучение, обучение «без границ», непрерывное профессиональное обучение с использованием телемедицинских и интернет-технологий. Для этого все шире используются видеоконференции .

Телеобразование подразумевает: во-первых, внедрение телемедицинских методов обучения в непрерывную систему подготовки медицинских работников, включая теленаставничество (обучение в процессе обследования или лечения больных); во-вторых, «телепросвещение» пациентов (с одной стороны, предоставление информации о заболеваниях, лечебных мероприятиях, образе жизни, с другой стороны - сведения о доврачебном обследовании и рекомендации по использованию средств «домашней аптечки» через различные информационные «киоски»).

Основные технологии дистанционного обучения в медицине:

• видеоконференция - проведение телелекций и телесеминаров, трансляций в реальном времени;

• вебинар - проведение синхронных семинаров, лекций, конференций через Интернет посредством одновременного использования специального программного обеспечения. Во время вебинара каждый из участников находится у своего персонального компьютера, для связи используется IP-протокол, обмен данными производится посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника, или через веб-приложение;

• веб-платформа для обучения (виртуальная среда для обучения) - интернет-инструменты для создания, редактирования, управления и использования учебных курсов и модулей; инструменты веб-платформ позволяют размещать в модулях: текстовую, звуковую, статическую и динамическую визуальную информацию, опросники, задания, тесты, анкеты, глоссарии и т.д.;

• специализированные сайт-ресурсы Интернета, представляющие собой удаленные источники медицинской информации (медицинские библиотеки, сайты медицинских сообществ и специальностей, базы данных);

• электронная рассылка - периодическая регулярная рассылка обучающих материалов с последующей обратной связью;

• мультимедийная обучающе-контролирующая интерактивная система («медиа-педагог»), сетевой электронный учебник - размещенные в сети Интернет интерактивные ресурсы с учебной информацией, контрольными задачами, тестовым контролем и т.д.

Для определенных дисциплин у преподавателя и обучающихся может быть реально использовано медицинское оборудование. Например, на занятии по патологической морфологии преподаватель может попросить одного или нескольких обучающихся указать на исследуемом изображении поля с конкретными признаками заболевания и затем сохранить изображение с пометками каждого обучающегося в своей базе данных. При наличии микроскопа с компьютерным управлением возможен контроль за самостоятельным анализом препарата обучающимся. Один из студентов дистанционно проводит исследование, а остальные обучающиеся видят препарат и слышат комментарии преподавателя.

Эффективный процесс дистанционного обучения обеспечивается при выполнении следующих условий: 1) непрерывного визуального наблюдения обучающихся за всеми процессами диагностики в реальном времени; 2) аудиоконтакта между всеми обучаемыми и преподавателем; 3) возможности для обучающихся делать оперативную запись наиболее важных этапов занятия для сохранения и повторения ранее пройденного.

В процессе клинических лекций может использоваться электронный стетоскоп, и преподаватель может опрашивать слушателей по поводу характера наблюдаемых у пациента аускультативных проявлений в легких, сердце.

Сеансы дистанционного медицинского обучения в процессе реальной диагностики, лечения и хирургического вмешательства могут проводиться непосредственно из цифровых диагностических кабинетов и операционных. Это особенно удобно для мастер-классов, которые предполагают демонстрацию действий высококвалифицированных специалистов, сопровождаемую комментарием в режиме видеоконференции.

Теленаставничество предполагает выполнение манипуляций, в том числе хирургических, менее опытными врачами под контролем и при «подсказках» наставников из специализированных центров, использующих системы видеоконференцсвязи.

Виртуальный университет - это:

• виртуальный преподаватель, например фонд лучших лекций (сетевая технология предполагает не виртуального, а удаленного преподавателя);

• компьютерные моделирующие и тестирующие программы образовательной среды;

• электронные учебные пособия и обучающие программы (например, компьютерный пакет, позволяющий оценить послойное строение человеческого тела);

• региональные учебные центры и Интернет в целом, где доступны многочисленные информационные базы данных (учебного характера, по новым методам диагностики и лечения, описания сложных случаев и т.д.).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ К РАЗДЕЛУ 3

1. Что такое вычислительная сеть?

2. Перечислите основные виды сетей передачи данных, определите их преимущества и недостатки.

3. Что включают в себя мероприятия по обеспечению безопасности персональных данных?

4. Поясните основные компоненты реализации доступа к информационным ресурсам.

5. Назовите основные цели резервного копирования и архивации.

6. Назовите требования к антивирусной защите.

7. Какие способы организации поиска существуют в сети Интернет?

8. Как осуществляется поиск информации в каталогах и базах данных?

9. С какой целью используется в запросе знак «-»?

10. Как необходимо составить запрос для поиска по точной словоформе?

11. Что дает врачу использование Интернета?

12. Дайте определение телемедицины.

13. Назовите этапы становления телемедицины.

14. Чем телемедицина принципиально отличается от ранее существовавшего дистанционного консультирования?

15. Что входит в понятие «телемедицинские услуги»?

16. В каких случаях проводятся телеконсультации?

17. Каковы наиболее распространенные направления в телемедицине?

18. Что означает понятие «телерадиология»?

19. Каковы особенности телепатологии?

20. Что представляет собой внутрибольничная телемедицина?

21. Каковы направления домашней телемедицины?

22. Что понимается под термином «телеобразование»?

РАЗДЕЛ 4. ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ИНФОРМАТИКУ

ГЛАВА 10. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ

Необходимость использования нарастающих объемов информации разного характера, требуемой для высокого уровня оказания медицинской помощи, привела к формированию такого направления в здравоохранении, как медицинская информатика. Это прикладная дисциплина, фундамент которой - кибернетика и информатика.

10.1. ОСНОВНЫЕ ВЕХИ В СТАНОВЛЕНИИ КИБЕРНЕТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

Появление кибернетики как самостоятельной науки относят к 1948 г., когда известный американский математик Норберт Винер (1894-1964) опубликовал книгу «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине». В этой книге Винер обобщил закономерности, относящиеся к системам управления разной природы - биологическим, техническим и социальным.

Как и всякое новое научное направление, кибернетика не возникла на пустом месте, а была подготовлена многочисленными работами математиков, физиков, медиков и инженеров. В качестве трех фундаментальных основ кибернетики могут быть указаны:

1) теоретическая составляющая (системология);

2) математический аппарат (математическая логика, теория алгоритмов, теория информации);

3) техническая база (автоматические регуляторы, аналоговые и вычислительные машины) (рис. 10.1).



Рис. 10.1. Основные предпосылки возникновения кибернетики

Большой вклад в создание теоретической базы современной кибернетики внесли такие ученые, как А.А. Богданов, Л. фон Берталанфи, П.К. Анохин. С их именами связаны развитие учения об общих свойствах систем любой природы (системологии), исследование процессов управления в живых организмах, формирование представления о саморегуляции и гомеостазе.

Математическая компонента теории дискретных преобразователей информации основана на работах ученых по математической логике (Дж. Буль, Д. Гильберт, К. Гедель, А. Черч), теории алгоритмов (А. Тьюринг, А.А. Марков, А.Н. Колмогоров) и теории информации (Р. Хартли, К. Шеннон).

К началу XX в. были созданы первые образцы электромеханических счетно-аналитических машин, позволивших автоматизировать простейшие преобразования дискретной информации.

Решающее значение для становления кибернетики имело создание в 40-х годах XX в. электронных вычислительных машин. Благодаря ЭВМ возникли принципиально новые возможности для исследования и создания сложных управляющих систем.

В 1948 г. Н. Винер сделал завершающий шаг по объединению всего накопленного к этому времени материала, выстроил его в единую стройную теорию и дал название новой науке - кибернетика. Возникшая на стыке математики, логики, лингвистики, физиологии, биологии, социологии (до этого слабо связанных между собой), кибернетика, наряду с физикой, химией и биологией, стала оказывать существенное влияние на развитие мировой науки.

Современное определение кибернетики как науки, получившее наибольшее распространение в нашей стране, принадлежит академику А.И. Бергу: «Кибернетика - наука об управлении в сложных динамических системах».

Первые сообщения о возможных направлениях использования ЭВМ в медицине и здравоохранении появились в Советском Союзе в конце 50-х-начале 60-х годов. По инициативе руководителя Научного совета по кибернетике при Президиуме АН СССР академика А.И. Берга была создана биомедицинская секция, которую возглавил советский физиолог, академик АН и АМН СССР В.В. Парин (1903-1971).

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

В течение нескольких лет были созданы профильные лаборатории по кибернетике в Институте хирургии им. А.В. Вишневского (руководитель - М.Л. Быховский), в Северо-Западном политехническом институте (Ленинград) (руководитель - В.М. Ахутин), на территории хирургической клиники Военно-медицинской академии (руководитель - П.А. Куприянов), в Московском научно-исследовательском онкологическом институте им. П.А. Герцена (руководитель - П.Е. Кунин). В Институте туберкулеза и грудной хирургии (Киев) был организован семинар «Некоторые проблемы биокибернетики и применение электроники в биологии и медицине» (руководитель - Н.М. Амосов).

Уже в 60-х годах XX в. в СССР работали экспериментальные автоматизированные медицинские системы:

• в лаборатории кибернетики Института хирургии им. А.В. Вишневского - система автоматизированной диагностики врожденных пороков сердца;

• в Институте сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева - система автоматизированной диагностики поражения клапанов сердца.

К середине 70-х годов были разработаны автоматизированные системы для использования в клинике:

• в 1973 г. в РНЦХ РАМН - мониторно-компьютерная система «Симфония» для слежения за состоянием больного во время хирургической операции (на базе аналого-цифрового вычислительного комплекса Симфония-3МТ:ЭВМ «Электроника-100и» и полиграфа «САЛЮТ-МТ», в системе была реализована автоматизация ведения анестезиологической карты);

• в 1974-1975 гг. в ИССХ им. А.Н. Бакулева - автоматизированная система обеспечения решений врача АСОРВ (В.И. Бураковский, В.А. Лищук и др.);

• в 1975 г. - автоматизированная система формирования групп риска у детей (М.В. Жилинская и др.);

• в 1976 г. - вычислительная угрозометрическая система при неотложных состояниях у детей (Е.В. Гублер).

Быстрый рост функциональных возможностей вычислительной техники и активное ее внедрение во многие сферы деятельности человека привели к формированию нового научно-технического направления - информатики. Само понятие «информатика» возникло в начале 1970-х годов во Франции. Так была названа область знаний, изучающая применение электронных вычислительных машин для автоматизации обработки информации. Слово «информатика» образовано путем слияния французских слов «информация» *(information)* и «автоматика» *(automatigue)*. В англоязычных странах

вместо термина «информатика» часто используют словосочетание «компьютерная наука» *(computerscience).*

Изначально ЭВМ была инструментом для автоматизации трудоемких вычислений. Однако с появлением микропроцессорной техники компьютер постепенно эволюционировал в инструмент для работы фактически с любой информацией, а не только числовой. Получая исходную информацию в виде чисел, таблиц, изображений, текстов, программное обеспечение вычислительных машин способно преобразовывать ее в другую информацию, а также сохранять и передавать в той или иной форме. Появление такого широкого спектра возможностей автоматизированной обработки информации привело к формированию информатики как самостоятельной научной дисциплины. И вся дальнейшая история развития информатики теснейшим образом связана с развитием средств вычислительной техники (а позже - и средств коммуникации).

Такие известные ученые в области информатики, как академики АН СССР А.П. Ершов (1931-1988) и Б.Н. Наумов (1927-1988), определяли информатику как «фундаментальную» и «естественную» науку. Такой подход объясняется сущностью понятий «информация» и «процессы обработки информации», которые, несомненно, имеют общенаучную значимость и характерны для систем самой разной природы - искусственных, биологических, общественных. Черты технической науки придают информатике аспекты, связанные с созданием и функционированием машинных систем обработки информации. Так, академик А.А. Дородницын определял состав информатики как «три неразрывно и существенно связанные части: технические средства, программные и алгоритмические».

В состав технических средств входят компьютеры и связанные с ними периферийные устройства (мониторы, клавиатуры, принтеры, плоттеры, модемы), линии связи и т.п., т.е. те материальные ресурсы, которые обеспечивают преобразование и передачу информации, причем главенствующую роль среди них играет компьютер.

К программным продуктам относятся операционные системы и их интегрированные оболочки, системы программирования и проектирования программных продуктов, различные прикладные пакеты, например текстовые и графические редакторы. Конкретное применение каждого программного продукта специфично и служит для решения определенного круга задач прикладного или системного характера.

Информатика как фундаментальная наука занимается разработкой абстрактных методов и алгоритмов, а также связанных с ними математических моделей. Процессы преобразования информации затем применяются на практике.

В настоящее время существует множество определений информатики, что связано с многогранностью ее функций, возможностей, средств и методов. Однако большинство формулировок содержат два общих аспекта:

1) связь с процессами преобразования информации в социальной среде (т.е. только по отношению к деятельности человека);

2) обязательное использование компьютерной техники.

Информатика - *научная дисциплина, изучающая вопросы, связанные с поиском, сбором, хранением, преобразованием и использованием информации в различных сферах человеческой деятельности.*

Объектом информатики выступают как сами ЭВМ (компьютеры), так и основанные на них и телекоммуникационной технике информационные системы (ИС) различного класса и назначения. Информатика изучает все стороны их разработки, проектирования, создания, анализа и использования на практике.

Предметом информатики как новой фундаментальной науки выступают информационные ресурсы, а также методы взаимодействия человека с информационными ресурсами на базе средств вычислительной техники с использованием соответствующего программного обеспечения.

Начиная с середины 60-х годов XX века, в Советском Союзе формулируются основные концептуальные положения, которые легли в основу развития процесса внедрения информационных технологий (информатизации) в здравоохранение, реализуются первые проекты для всех уровней управления отраслью. 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 России территориальных медицинских информационно-вычислительных центров (в настоящее время - медицинские информационно-аналитические центры), подчиненных органам управления региональным здравоохранением. В середине 80-х годов для более четкой координации развития компьютерных технологий в здравоохранении на уровне регионов был создан Совет директоров ИВЦ, который долгое время успешно возглавлял профессор Г.И. Чеченин. К середине 90-х годов необходимость информатизации отрасли уже не вызывала сомнений на всех уровнях управления здраво охранением.

В.К. Гасников, отмечая особенности того этапа развития информатизации управления в здравоохранении, указывает на чрезвычайную важность «неразрывности управленческих и информационных процессов с учетом их содержательной сути, формирования эффективных систем информационно-аналитического обеспечения управления, а также комплексного подхода к организационному обеспечению внедрения компьютерных информационных технологий».

10.2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕДИЦИНСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

Основными понятиями как для кибернетики, так и для медицинской кибернетики и информатики принято считать понятия:

- система;
- управление;
- информация.

Система - *это совокупность взаимозависимых и взаимообусловленных элементов, обладающая свойствами, не присущими каждому элементу в отдельности.*

Система выделяется исследователем из единого окружающего нас мира в зависимости от цели исследования. Весь материальный мир можно описать взаимодействиями между объектами природы, которые мы объединяем в некие совокупности и называем системами. Элементы, не входящие в изучаемую систему, есть окружающая среда этой системы.

Системы обладают свойством иерархичности, т.е. всякая система является частью более обширной совокупности. Например:

- выделительная система животных включает в свой состав почки;
- структурно-функциональная единица почки - нефрон;
- нефрон состоит из почечного тельца и системы канальцев;
- почечное тельце состоит из клубочка и капсулы Боумена-Шумлянского;

• капсула Боумена-Шумлянского состоит из висцерального (внутреннего) и париетального (внешнего) листков;

• внешний листок представляет собой однослойный плоский эпителий (рис. 10.2).

Обязательные атрибуты любой системы - ее структура и функции. Структура системы - пространственное отношение элементов между собой. Функция системы (от лат. *functio* - исполнение, совершение) характеризует проявление ее свойств и качеств во взаимодействии с другими (внешними) объектами. Совокупность структуры и функций системы называют организацией системы.

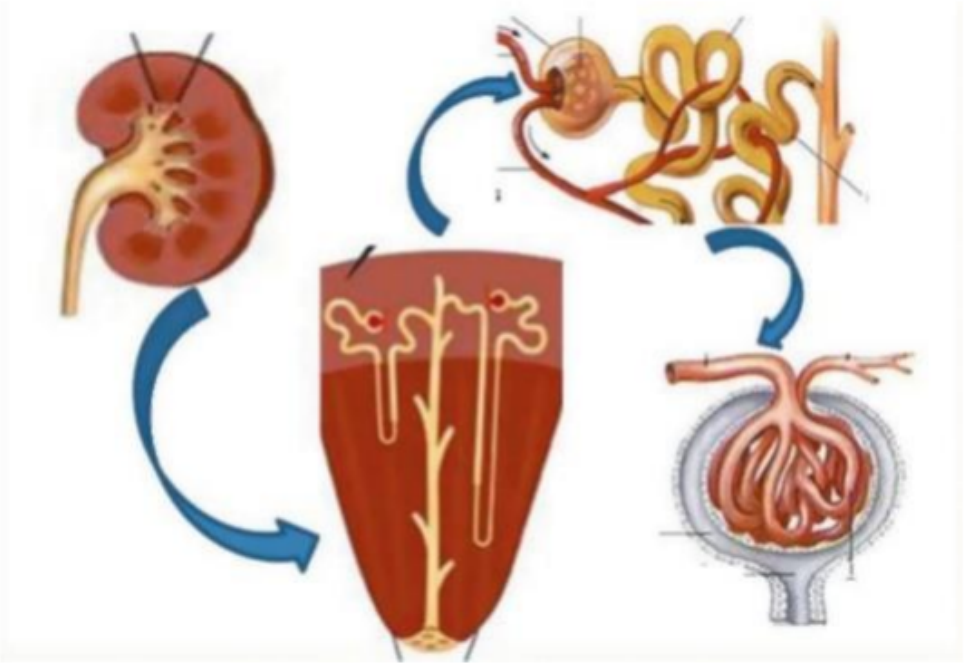


Рис. 10.2. Пример иерархичности систем в биологии

Для исследования выделенной системы необходимо определить параметры, которые измеряются при оценке состояния системы. Например, для описания состояния почки используют данные УЗИ (размер, плотность и структура паренхиматозной зоны и чашечно-лоханочной системы); биохимического анализа крови (альбумин, гамма-глобулин, креатинин, мочевина); общего анализа мочи (плотность, лейкоциты, эритроциты, белок, цилиндры); пробы Реберга-Тареева и т.д.

Состояние системы - совокупность значений ее существенных параметров в конкретный момент времени. Значения параметров могут меняться во времени. Изменение количественного значения хотя бы одной переменной называется событием. Динамичность - способность системы к изменению своего состояния во времени. Количество событий в единицу времени можно рассматривать в качестве меры динамичности системы.

Управление - *это процесс изменения организации системы (ее структуры и функций) путем переработки информации в управляющий сигнал для достижения определенной цели.*

Присутствие термина «процесс» в определении означает обязательную последовательность некоторых действий и событий, которые могут быть распределены во времени и пространстве. Графически процесс управления принято изображать в виде контура управления. В общем виде обязательными элементами такого контура стали две взаимодействующие системы: объект управления - динамическая система, состоянием

которой будут управлять, и субъект управления - система, которая осуществляет управление. В частном случае, когда в качестве субъекта процесса управления выступает человек, принято использовать термин «лицо, принимающее решение» (ЛПР).

Еще одна важная черта процесса управления - его целеобусловленность. Субъект управления (или ЛПР) должен иметь реально достижимую цель - определенные характеристики организации или состояния объекта управления, на установление которых будет направлен весь процесс управления.

В процессе управления принято выделять четыре этапа:

- 1-й этап - сбор и обработка информации о состоянии объекта управления;
- 2-й этап - диагностика, т.е. отнесение состояния объекта к одному из известных классов состояний, сформулированное в принятых для данной предметной области терминах;
- 3-й этап - принятие решения о воздействии на объект;
- 4-й этап - реализация принятого решения (рис. 10.3).



Рис. 10.3. Схема контура управления

Реализация 1-го этапа осуществляется с использованием принятых для конкретной области деятельности способов получения, представления и фиксации информации. Сбор информации - процесс целенаправленный, т.е. характер, глубина и объем собираемых сведений во многом определяются заранее сформулированной целью управления. В процессе сбора и первичного анализа информации могут быть задействованы технические средства и программные продукты.

Этап диагностики подразумевает обязательный анализ всей собранной ранее информации, с учетом характерных для данной предметной области теоретических подходов и методов, а также классификаций и терминологии.

Принятие управляющих решений должно осуществляться с учетом возможных последствий их реализации. Наиболее точное прогнозирование результатов управляющих воздействий на объект возможно при наличии его модели.

Воздействие - *это реализация сформулированных ранее управляющих решений.* Таким образом, контур управления замыкается. Воздействие является внешней по отношению к объекту управления силой. Поскольку в качестве объекта управления в кибернетике рассматриваются динамические системы, то внешнее воздействие должно привести к ответной реакции: ожидаемой (т.е. заранее спрогнозированной) или неожиданной.

Информация об изменениях в состоянии объекта управления вновь должна поступить к субъекту управления для повторного анализа. Изменения в состоянии объекта управления оказывают влияние на дальнейшую реализацию процесса управления. Таким образом, в замкнутом контуре управления реализуется не только прямая связь (воздействие субъекта на объект управления), но и обратная.

Перечисленные выше основные 4 этапа управления следуют в жесткой последовательности друг за другом, будучи при этом совершенно равнозначными для достижения конечной цели. Снижение качества любого из этапов управления приводит к снижению качества или срыву процесса управления в целом. Например, реализация этапов диагностики и принятия управляющего решения во многом зависит от знаний, опыта и профессионализма ЛПР. Одновременно с этим существенное значение имеют характеристики собранной на предыдущем этапе информации - достоверность, полнота, актуальность, доступность.

Медицинская кибернетика - *наука об управлении в сложных динамических медицинских системах.*

В зависимости от уровня реализации управления в медицине могут быть выделены различные субъекты и объекты управления, а также его цели:

• *на базовом (клиническом) уровне* объект управления - пациент, субъект управления (ЛПР) - врач, цель управления - излечение, достижение состояния устойчивой ремиссии или компенсации нарушенных функций, реабилитация или профилактика;

• *на учрежденческом уровне* объект управления - учреждение здравоохранения или его отдельные службы (стационар, поликлиника, отделение стационара, аптека и т.п.), субъект управления - руководитель учреждения (главный врач, заведующий), цель управления - повышение эффективности и качества работы учреждения;

• *на территориальном и федеральном уровнях* объектами управления выступают структуры, службы и социальные институты здравоохранения, а также здоровье населения и состояние окружающей среды в регионе, субъектами управления при этом являются руководящие должностные лица соответствующего уровня; цель управления - оптимальное обеспечение службы здравоохранения региона всеми видами ресурсов, оценка, мониторирование и прогнозирование состояния окружающей среды и здоровья населения.

Управление в медицинских системах осуществляется на основе преобразования медицинской информации в управляющий сигнал.

Медицинская информация *в широком смысле этого словосочетания - любая информация, относящаяся к медицине.* В зависимости от характера, содержания и сферы применения медицинская информация подразделяется:

• на *научную* (сведения из научных и профессиональных публикаций, отражающие объективные закономерности в области медицины и здравоохранения);

• *клиническую* (возникающую в процессе оказания медицинской помощи и отраженную в медицинских документах) *персонифицированную и статистическую;*

• *общественную* - по вопросам здравоохранения (официальная информация о политике в области здравоохранения, социологическая информация о потребностях населения в медицинской помощи, а также научно-популярные медицинские знания, ориентированные на формирование основ здорового образа жизни населения);

• *информационно-рекламную* и *конъюнктурную* (сведения о новых технологиях, препаратах и оборудовании медицинского назначения и конъюнктуре медицинского рынка) (рис. 10.4).



Рис. 10.4. Разнообразие медицинской информации по назначению

Для врача основными методами диагностики были и остаются осмотр, пальпация, перкуссия и аускультация. Таким образом, данные с позиции их восприятия врачом можно подразделить на следующие виды.

• Зрительная информация:

— визуальная информация. Характеристики статической визуальной информации - внешний вид (фенотип), цвет кожи, волос, глаз, венозная сеть и т.п. Примеры динамической визуальной информации - походка пациента, мимика или судороги, сухожильные рефлексы, реакция зрачка на свет, генерируемое диагностическим оборудованием динамическое изображение;

— графическая информация (статическая и динамическая). К этой категории информации относятся различные изображения (рентгенограммы, эхокардиограммы и т.д.). В зависимости от технических средств и других особенностей полученная информация может быть «серошкальной» (например, рентгеновское изображение) или цветной (например, эндоскопическое изображение);

— алфавитно-цифровая информация - основа почти всех форм печатных и рукописных документов (кроме случаев, когда документ представляет собой график или схему), а также электронных форм, представленных на экране компьютера. Для человека этот вид информации - наиболее важный, так как именно через ее восприятие осуществляется процесс обучения.

• Звуковая информация включает речь, естественные или усиленные электронным способом звуки человеческого организма, звуковые сигналы, генерируемые медицинским оборудованием. Некоторые виды или отдельные случаи звуковой информации могут входить в состав комбинированных видов медицинской информации (например, в сочетании с визуально-графической информацией при ультразвуковой допплерографии).

• Тактильная информация, получаемая с помощью пальпации - последовательного ощупывания поверхностных тканей и глубжележащих органов - и позволяющая установить, например, температуру и влажность кожного покрова, величину, положение, характер поверхности и консистенцию некоторых внутренних органов, свойства пульса, а также реакцию больного на пальпацию (например, ощущение боли).

Принято выделять еще один тип медицинской информации - комбинированную, т.е. различные сочетания описанных выше типов.

Все характеристики общего понятия «информация» приобретают особую значимость в случае медицинской информации.

Достоверность - медицинская информация должна в точности отражать реальную ситуацию как клиническую для конкретного пациента, так и научную - о современных подходах к диагностике и лечению заболеваний. Любое искажение медицинской информации (неверные результаты исследований, неверные сведения о переносимости и совместимости лекарственных средств и т.п.) представляет непосредственную угрозу для жизни и здоровья пациента.

Полнота - врач должен располагать всей медицинской информацией, необходимой для принятия обоснованных заключений диагностического, терапевтического и тактического характера. Отсутствие части сведений (о наличии сопутствующей патологии, о состоянии беременности на ранних сроках, о терапевтической и токсической дозах лекарственного средства и т.д.) может привести к неверным выводам и решениям, что отрицательно скажется на здоровье пациента.

Актуальность - медицинская информация всех видов (клиническая, научная, общественная по вопросам здравоохранения) должна соответствовать текущему моменту времени и постоянно обновляться. Принятие любых решений на основе «устаревших» сведений может привести к негативным последствиям.

Доступность - это мера возможности получить и обработать информацию. Медицинский сотрудник должен располагать методами и средствами получения необходимой клинической информации о пациенте (в том числе сведений из других МО), научной и общественной медицинской информации. Вся предлагаемая информация должна быть в доступном для восприятия и понимания виде зафиксирована в распознаваемых форматах, на знакомом языке, разборчиво, с расшифровкой всех сокращений и аббревиатур.

Помимо перечисленных выше общих свойств информации для клинической медицинской информации характерны еще два важных качества: конфиденциальность и необходимость интерпретирующей среды.

Права граждан на конфиденциальность информации о факте обращения к врачу и иных передаваемых ими при обращении за медицинской помощью сведений установлены Основами законодательства РФ об охране здоровья граждан (постановление Правительства Российской Федерации от 22.07.1993 № 5488-1). Ряд данных, зафиксированных и хранимых в ходе лечебно-диагностического процесса, являются персональными данными или могут составлять врачебную тайну. На уровне МО в медицинской информации можно выделить ряд составляющих:

• персональные данные (позволяющие однозначно идентифицировать пациента - ФИО, пол, возраст, анкетные данные);

• информация о состоянии его здоровья (результаты опросов и осмотров, оценка и динамика тяжести состояния, диагностические заключения);

• рекомендации и назначения (план дополнительных обследований, консультации специалистов, схема терапии);

• информация о проведенном лечении;

• статистические данные.

Конфиденциальной медицинской информацией являются комбинации клинических сведений с полными персональными данными, тогда как отдельные фрагменты

медицинской информации тайны не составляют. Так, информация о диагнозе, о ходе заболевания и лечения может быть опубликована в открытой печати (медицинские статьи) даже в совокупности с фрагментами персональных данных (пол, возраст, принадлежность к группе), но без ФИО и точного места жительства пациента. Медицинская информация о диагнозах, количестве обращений, нетрудоспособности вместе с данными о групповой принадлежности (регион проживания, пол, возрастная группа и пр.) составляют статистическую информацию, также не являющуюся конфиденциальной. Любое использование клинической медицинской информации (помимо конкретного лечебно-диагностического процесса) должно сопровождаться деперсонализацией.

Первичная клиническая медицинская информация (результаты опроса, физикальных, лабораторных и инструментальных методов диагностики) нуждается в обязательной интерпретации. Врач должен проанализировать полученные сведения - не только каждое в отдельности (на предмет соотношения с принятыми значениями «нормы»), но и в различных сочетаниях. Например, при интерпретации величины артериального давления важно учитывать не только общепринятую стандартную «норму» 120/80 мм рт.ст., но и величину рабочего давления пациента. Рабочее артериальное давление - это уровень артериального давления, к которому организм пациента адаптирован. Снижение уровня артериального давления ниже значения адаптации (или повышение сверх этого уровня) может негативно сказаться на состоянии больного, увеличив риск осложнений, в том числе инфаркта миокарда.

Таким образом, интерпретация клинической медицинской информации в совокупности, с одновременным учетом различных сведений, должна подчиняться принципам системного подхода.

Информация в кибернетике выполняет одну из важнейших базовых функций и является необходимым элементом в процессе управления. Связь любой кибернетической системы с окружающей средой - это, по сути, процессы восприятия информации, ее хранения и передачи. А управление - это процессы переработки воспринятой ЛПР информации в сигналы, корректирующие функционирование кибернетической системы.

Перенос и восприятие данных от исследуемого (передающего) объекта к воспринимающему объекту, как уже говорилось в главе 1, называют *информационным процессом.* Только к информационному процессу применимо понятие сообщения. Элементы информационного процесса: источник энергии, исследуемая система, канал связи (среда, по которой передается сигнал), воспринимающая система, анализирующая система (рис. 10.5).

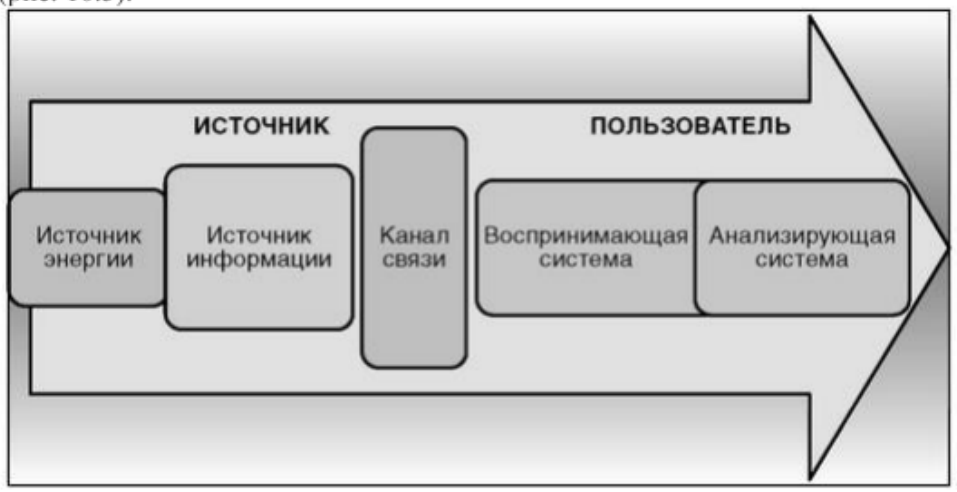


Рис. 10.5. Элементы информационного процесса

Рассмотрим составляющие информационного процесса на примере рентгенографического исследования органов грудной клетки. Данный информационный процесс есть взаимодействие пациента (как источника информации) и врача (пользователя) с целью получения необходимых данных для дальнейших этапов диагностики и принятия решений:

- источник энергии - рентгеновский аппарат;
- источник информации - пациент;
- канал связи - рентгенограмма (фиксирует визуальную, графическую, медицинскую информацию и доставляет ее пользователю);
- воспринимающая система - в данном случае зрительный анализатор;
- анализирующая система - знания и умения врача интерпретировать рентгенографические снимки.

Указанные элементы информационного процесса могут быть выделены для любого уровня в системе здравоохранения.

Рассматриваемое в качестве примера информационного процесса рентгенографическое исследование органов грудной клетки сможет предоставить достоверную, полную и актуальную информацию о пациенте только при обязательном наличии:

- исправно работающего рентгеновского аппарата;
- правильно проведенного исследования;
- качественной и вовремя доставленной рентгенограммы;
- внимательного изучения и правильной интерпретации рентгеновского снимка врачом.

Таким образом, так же как для процесса управления, в любом информационном процессе все составляющие обладают равноценной значимостью для конечного результата.

10.3. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАТИКИ

По мнению В.Г. Кудриной, «информационные процессы в здравоохранении являются каркасом для всех видов практической, научной, образовательной и управленческой деятельности». Сложноорганизованные и объемные информационные потоки обеспечивают решение вопросов, связанных как с лечением конкретного человека, так и с организацией адекватного оказания медицинской помощи населению в целом.

Специфика информационных процессов в медицине и здравоохранении способствовала бурному развитию медицинской информатики.

Подходов к определению медицинской информатики как науки (или научной дисциплины) в настоящее время существует несколько. На первый план ставится или роль информации в решении проблем отрасли, или технические преимущества для здравоохранения с позиций современной информатики, или специфика информационных процессов в медицине.

В.Г. Кудрина в учебном пособии «Медицинская информатика» (1999) написала: «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».

Обобщая различные точки зрения, определение медицинской информатики может быть сформулировано следующим образом.

Медицинская информатика - это наука о получении, обработке и передаче медицинской информации на основе использования информационно-коммуникационных технологий. В настоящее время медицинская информатика признана как самостоятельная наука, имеющая свои предмет и объект изучения.

Информационные процессы, связанные с медико-биологическими, клиническими и профилактическими проблемами медицины, - объект изучения медицинской информатики.

Чл.-кор. РАН Д.Д. Венедиктов, подчеркивая значимую роль информатики и телекоммуникаций в процессе обработки и анализа «небывалых массивов информационных данных», выделяет несколько наиболее важных уровней изучения центральных проблем в медицинской науке: молекулярно-биологический; клеточный; иммунологический; тканевый и органный; организменный; популяционный; социальный. На каждом из указанных уровней реализация информационных процессов предусматривает сбор, обработку, накопление, хранение, поиск, распространение и использование медицинской информации. В решении всех перечисленных задач активно используются современные информационные технологии.

Они могут применяться при создании и функционировании всех элементов информационного процесса. Например:

- источник информации - информационно-справочные системы;
- канал связи - средства получения информации о пациенте из другой МО, передача статистической информации на вышестоящий уровень организации здравоохранения, получение/передача персональных медицинских данных в процессе телеконсультации и т.д.;
- воспринимающая система - прикроватные мониторно-компьютерные комплексы;
- анализирующая система - системы поддержки принятия решений.

Таким образом, предметом изучения медицинской информатики выступают информационные технологии в системе здравоохранения и практической медицины.

На текущем этапе развития медицины и здравоохранения необходимость активного использования методов медицинской информатики не вызывает сомнений. Возможности современных информационных технологий, включающих в себя как универсальные, так и специальные средства и системы, находят применение на всех уровнях оказания медицинской помощи.

В ходе лечебно-диагностического процесса широкий спектр современных медицинских информационных систем активно используется на этапах диагностики, назначения лечения, наблюдения за состоянием пациентов, а также прогнозирования течения заболевания и возможных осложнений.

Внедрение медицинских информационных систем уровня МО всех видов и любого медицинского профиля существенно повышает эффективность их работы, а именно своевременность поступления информации, точность и оперативность ее передачи, снижение трудоемкости в процессе ее анализа.

Использование грамотно разработанных медицинских информационных систем может быть названо одним из обязательных условий для реализации полноценного

профилактического направления с проведением целевых диспансеризаций. Без медицинской информатики невозможна динамическая объективная оценка состояния здоровья населения и окружающей природной среды как на территориальном, так и на федеральном уровнях, а значит, и принятие соответствующих адекватных решений. Планирование научных экспериментов, грамотная организация работы медицинских организаций, объективная оценка их деятельности - все это должно осуществляться с помощью медицинской информатики.

Таким образом, перспективность внедрения информационно-коммуникационных технологий в здравоохранение и дальнейшего развития медицинской информатики очевидна. Именно эта научная дисциплина, по мнению многих специалистов, призвана сыграть главную роль в создании единого информационного пространства здравоохранения. Конечно, создание реального единого пространства потребует много времени и участия людей разных профессий. Решать такую задачу следует эволюционно, опираясь на уже имеющиеся системы, которые станут подсистемами и фрагментами будущего формирующегося пространства (подробнее см. гл.13). Интеграция фрагментов - не простая задача. Однако предпосылки для ее решения уже есть - это получающие все большее распространение стандарты взаимодействия информационных систем и передачи данных (см. гл. 5).

ГЛАВА 11. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

11.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Математические методы в медицине применяют для описания биомедицинских процессов (прежде всего - нормального и патологического функционирования организма и его систем, диагностики и лечения). Применение математических методов в основном осуществляется по двум направлениям.

1. Для обработки биомедицинских данных используют различные методы математической статистики, выбор одного из которых в каждом конкретном случае основывается на характере распределения анализируемых данных. Речь об этом уже шла в главе 3. Эти методы предназначены для выявления закономерностей, свойственных биомедицинским объектам, поиска сходства и различий между отдельными группами объектов, оценки влияния на них разнообразных внешних факторов и т.п. На основе определенной гипотезы о типе распределения изучаемых данных в серии наблюдений и использования соответствующего математического аппарата с той или иной достоверностью устанавливаются свойства биомедицинских объектов, делаются практические выводы, даются рекомендации. Описания свойств объектов, получаемые с помощью методов математической статистики, иногда называют *моделями данных*. Модели данных не содержат какой-либо информации или гипотез о внутренней структуре реального объекта и опираются только на результаты инструментальных, лабораторных и других измерений.

2. Другое направление связано с *моделями систем* и основывается на математическом описании объектов и явлений, содержательно использующих сведения о структуре изучаемых систем, механизмах взаимодействия их отдельных элементов. Разработка и практическое использование математических моделей систем (математическое моделирование) составляют перспективное направление применения математических методов в биологии и медици не.

Математическое моделирование систем - важное направление применения математических методов в медицине.

Моделирование в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало все новые области научных знаний: техническое конструирование, строительство и архитектуру, астрономию, физику, химию, биологию и, наконец, медицину. Большие успехи и признание практически во всех отраслях современной науки метод математического моделирования получил в XX в. Однако методология моделирования долгое время развивалась независимо отдельными науками. Отсутствовали единая система понятий, единая терминология. Лишь постепенно стала осознаваться роль моделирования как универсального метода научного познания. Термин «модель» широко используется в различных сферах человеческой деятельности и имеет множество смысловых значений. Будем рассматривать только такие модели, которые являются инструментами получения знаний.

Модель - *это такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает реальный объект (объект-оригинал) так, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале.*

Под моделированием *понимается процесс построения, изучения и применения моделей.* Оно тесно связано с такими категориями, как абстракция, аналогия, гипотеза и др. Процесс моделирования включает и построение абстракций, и умозаключения по аналогии, и конструирование научных гипотез. Главная особенность моделирования состоит в том, что это метод опосредованного познания с помощью объектов-заместителей. Модель выступает как своеобразный инструмент познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект. Именно эта особенность метода моделирования определяет специфические формы использования абстракций, аналогий, гипотез и других категорий и методов познания.

Необходимость использования метода моделирования определяется тем, что многие объекты (или проблемы, относящиеся к этим объектам) непосредственно исследовать или вовсе невозможно, или же это исследование требует много времени и средств.

Этап построения модели предполагает наличие некоторых знаний об объекте-оригинале. Познавательные возможности модели обусловлены тем, что модель отражает какие-либо существенные черты объекта-оригинала. Вопрос о необходимости и достаточной мере сходства оригинала и модели требует конкретного анализа. Очевидно, модель утрачивает свой смысл как в случае тождества с оригиналом (тогда она перестает быть моделью), так и в случае чрезмерного во всех существенных отношениях отличия от оригинала.

Как правило, модель строится с некоторым упрощением и при некоторой идеализации объекта-оригинала. Поэтому любая модель замещает оригинал лишь в строго ограниченном смысле. Из этого следует, что для одного объекта может быть построено несколько «специализированных» моделей, каждая из которых отражает определенные стороны исследуемого объекта или же характеризует объект с разной степенью детализации.

На *втором этапе* процесса моделирования модель выступает как самостоятельный объект исследования. Один из методов такого исследования - проведение численных экспериментов с моделью, при которых сознательно изменяются условия функционирования модели и систематизируются данные о ее «поведении». Конечным результатом этого этапа является множество знаний о модели.

На *третьем этапе* осуществляется перенос знаний с модели на оригинал - происходит формирование множества знаний об объекте. Этот процесс переноса знаний проводится по определенным правилам. Знания о модели должны быть скорректированы

с учетом тех свойств объекта-оригинала, которые не нашли отражения или были изменены при построении модели.

Четвертый этап - практическая проверка получаемых с помощью моделей знаний и их использование для построения обобщающей теории объекта, его преобразования или управления им.

Для понимания сущности моделирования важно не упускать из виду, что моделирование - не единственный источник знаний об объекте. Процесс моделирования «погружен» в более общий процесс познания. Это обстоятельство учитывается не только на этапе построения модели, но и на завершающей стадии, когда происходит объединение и обобщение результатов исследования, получаемых на основе многообразных средств познания.

Моделирование - циклический процесс. Это означает, что за первым четырехэтапным циклом может последовать второй, третий и т.д.

При этом знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, а исходная модель постепенно совершенствуется. Недостатки, обнаруженные после первого цикла моделирования, обусловленные недостаточным знанием объекта и ошибками в построении модели, можно исправить в последующих циклах. В методологии моделирования, таким образом, заложены большие возможности саморазвития.

Метод моделирования находит свое применение в медицине и сопутствующих ей науках. Моделирование в медицине - это средство, позволяющее устанавливать все более глубокие и сложные взаимосвязи между теорией и экспериментом. В последнее столетие экспериментальный метод в медицине начал наталкиваться на определенные ограничения, и выяснилось, что целый ряд исследований невозможен без использования метода моделирования. Если остановиться на некоторых примерах ограничений области применения эксперимента в медицине, то они будут в основном следующими:

• вмешательство в биологические системы иногда имеет такой характер, что невозможно установить причины появившихся изменений (вследствие вмешательства или по другим причинам);

• некоторые теоретически возможные эксперименты не осуществимы вследствие низкого уровня развития экспериментальной техники;

• большую группу экспериментов, связанных с экспериментированием на человеке, следует отклонить по морально-этическим нормам.

Однако моделирование находит широкое применение в области медицины не только из-за того, что может заменить эксперимент. Оно имеет большое самостоятельное значение, которое выражается в целом ряде преимуществ:

• с помощью метода моделирования на одном комплексе данных можно разработать целый ряд различных моделей, по-разному интерпретировать исследуемое явление и выбрать наиболее плодотворную из них для теоретического истолкования;

• в процессе построения модели можно сделать различные дополнения к исследуемой гипотезе и получить ее упрощение;

• в случае сложных математических моделей целесообразно применять ЭВМ;

• открывается возможность проведения модельных экспериментов.

Все это показывает, что моделирование выполняет в медицине самостоятельные функции и становится все более необходимой ступенью в процессе создания теории.

Основное понятие, используемое при анализе с помощью математического моделирования, - математическая модель системы.

Под математической моделью понимается *описание какого-либо класса объектов или явлений, выполненное с помощью математической символики.* Модель представляет собой компактную запись некоторых существенных сведений о моделируемом явлении, накопленных специалистами в конкретной области (физиологии, биологии, медицине).

В математическом моделировании выделяют несколько этапов. Основной этап - формулирование качественных и количественных закономерностей, описывающих основные черты явления. На этом этапе необходимо широкое привлечение знаний и фактов о структуре и характере функционирования рассматриваемой системы, ее свойствах и проявлениях. Этап завершается созданием качественной (описательной) модели объекта, явления или системы. Этот этап не специфический для математического моделирования. Словесное (вербальное) описание (часто с использованием цифрового материала) в ряде случаев есть конечный результат физиологических, психологических, медицинских исследований. Математической моделью описание объекта становится только после того, как оно на последующих этапах переводится на язык математических терминов.

Математические модели в зависимости от используемого аппарата подразделяют на несколько классов. В медицине и биологии чаще всего применяются описания с помощью уравнений. При формализации более простых процессов, описывающих поведение биохимических, физиологических систем, задач управления функциями организма, применяются уравнения различных типов.

Если исследователя не интересует развитие процессов во времени (динамика объекта), можно ограничиться алгебраическими уравнениями. Модели в этом случае называются *статическими.* Несмотря на кажущуюся простоту, они играют большую роль в решении практических задач. Так, в основе современной компьютерной томографии лежит теоретическая модель поглощения излучения тканями организма, имеющая вид системы алгебраических уравнений. Решение ее компьютером после преобразований представляется в виде визуальной картины томографического среза.

Для описания свойств систем, изменяющихся во времени, используют *динамические модели,* чаще всего представленные в виде обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$dx_1/dt = f_1 (x_1, x_2,...,x_n; \alpha_1...,\alpha_n; u(t)),$$

где x_1, x_2..., x_n- динамические переменные (переменные состояния); a_1, a_2, ... a_n- параметры модели; u(t) - внешние воздействия на систему; t - время, n = 1, 2, N.

Величина dx_1/dt - производная x_1по времени (скорость изменения Разница между переменными х. и параметрами a_1в уравнении заключается в следующем. К переменным относятся такие величины, которые могут влиять друг на друга и согласованно изменяться под действием внешних воздействий во время изучения объекта. Параметры отражают те свойства объекта, которые характеризуются неизмененными значениями в течение всего времени изучения объекта (модель с неизмененными постоянными параметрами, или стационарные) или меняются со временем, но вне всякой связи с изменением переменных (модель с изменяющимися параметрами, или нестационарные). Параметры модели - это коэффициенты описывающих ее уравнений. Следует отличать указанный смысл термина «параметры модели» от принятого в биомедицинской литературе, где часто под параметрами понимаются любые количественные характеристики состояния организма или его систем.

После записи математической модели проводится ее анализ с точки зрения адекватности задаче, которую планируется решать с ее помощью, - верификация модели. Верификация состоит в том, что на созданной модели воспроизводится (например, с помощью компьютера) круг моделируемых явлений или процессов, для которых имеется достоверный экспериментальный материал. При определенном совпадении результатов

расчета с экспериментальными данными модель считается адекватной. В противном случае необходимо уточнять исходные концепции и допущения, а затем снова верифицировать модель.

Удовлетворяющая исследователя модель анализируется и обсчитывается на ЭВМ, что и называетсявычислительным экспериментом.

При анализе результатов вычислительных экспериментов следует учитывать, что модель - всегда лишь упрощенное описание реальных явлений. Поэтому выводы, получаемые с помощью моделирования, требуют дополнительного осмысления.

В медицине и биологии распространено компартментальное моделирование. Согласно определению американского фармаколога и биохимика Шеппарда (Sheppard CW., 1948), компартмент - *это некоторое количество вещества, выделяемое в биологической системе и обладающее свойством единства.* Поэтому в процессах транспорта и химических преобразований веществ его можно рассматривать как единое целое. Например, в качестве особых компартментов рассматривают весь кислород в легких, всю углекислоту в венозной крови, количество введенного препарата в межклеточной жидкости, запас гликогена в печени и т.п. Модели, в которых исследуемая система представляется в виде совокупности компартментов, потоков вещества между ними, а также источников и оттоков всех веществ, называются компартментальными.

В компартментальной модели каждому компартменту соответствует своя переменная состоянияx_1(динамическая переменная) - количественная характеристика компартмента (концентрация, масса вещества, парциальное давление газа и т.п.). Вещество попадает в систему через источники - естественные (физиологические процессы внешнего дыхания - источник кислорода) или искусственные (капельница или инъекции); удаляются через стоки - естественные (например, почка) или искусственные (например, аппаратура гемосорбции). Скорости потоков вещества из одного компартмента в другой часто предполагаются пропорциональными концентрациям или количеству вещества в компартменте. Поэтому компартментальные модели описываются системой дифференциальных уравнений, число которых N равно числу рассматриваемых компартментов.

Компартментальные модели широко применяются в фармакокинетике для анализа процессов транспорта и накопления в организме лекарственных препаратов. Такие модели часто называют камерными. Камера - условно выделяемая часть организма (иногда она может соответствовать конкретной части - плазме крови, межклеточной жидкости), в которой данное вещество можно считать распределенным равномерно. Очевидно, что вещество в каждой камере можно рассматривать как компартмент . Если в модели имеется несколько веществ одновременно, то одной камере соответствует несколько компартментов (например, количество кислорода в межклеточной жидкости и количество препарата в ней же). Камерные модели используются в фармакокинетических моделях для исследования поведения только одного вещества - введенного препарата.

Интегрированные и минимальные модели. При математическом моделировании выделяют два независимых круга задач, в которых используют модели. Первый носит теоретический характер и направлен на расшифровку структуры систем, принципов ее функционирования, оценку роли и потенциальных возможностей конкретных регуляторных механизмов и т.п. Модели, создаваемые для таких задач, носят название *интегрированных* (интегральных) . В них стремятся наиболее полно учесть имеющиеся данные о структуре системы, ввести максимально возможное число параметров и переменных. По мере накопления знаний о биологическом объекте в интегрированных моделях наблюдается тенденция к усложнению структуры и повышению размерности описывающих их уравнений.

Другой круг задач имеет более практическую направленность. В медицине они применяются, например, с целью получения конкретных рекомендаций для индивидуального больного или группы однородных больных: определение оптимальной суточной дозы препарата для данного больного при различных режимах питания, физической нагрузки и т.д. В моделях этого типа сознательно ограничивается сложность описания, поэтому они часто называются *минимальными.*

Если для интегральных моделей достаточно выполнить требования верификации, т.е. обеспечить качественное совпадение основных процессов в модели и оригинале, непротиворечивость модели исходным теориям и фактам, то при разработке минимальных моделей требования к их адекватности возрастают. Индивидуализация математического описания требует специальной процедуры, которая в теории управления и кибернетике называется идентификацией.

Идентификация - *количественный выбор параметров модели, дающий наиболее близкое совпадение с результатами контрольных экспериментов* (например, минимизация среднеквадратической ошибки отклонений или других статистических критериев). Разработаны многочисленные методы идентификации, позволяющие решить эту задачу для линейных моделей. В нелинейных случаях для идентификации применяют компьютерные процедуры.

Метод черного ящика (подход экспериментатора). Первым примером упрощенного описания живых систем в медицине и биологии была модель черного ящика, когда все выводы делались только на основе изучения реакций объекта (выходов) на те или иные внешние воздействия (входы) без учета внутренней структуры объекта. Соответствующее описание объекта в понятиях вход-выход оказалось неудовлетворительным, так как оно не учитывало изменения выходных реакций объекта на одно и то же воздействие из-за влияния внутренних изменений в объекте. Поэтому метод черного ящика уступил место методам пространства состояний, в которых описание дается в понятиях вход-состояние-выход. Наиболее естественное описание динамической системы в рамках теории пространства состояний - описанное выше компартментальное моделирование, где каждому компартменту соответствует одна переменная состояния. В то же время соотношения «вход-выход» по-прежнему широко используются для описания существенных свойств биологических объектов.

Выбор тех или иных математических методов при описании и исследовании биологических и медицинских объектов зависит как от индивидуальных знаний специалиста, так и от особенностей решаемых задач. Например, статистические методы дают полное решение задачи во всех случаях, когда исследователя не интересует внутренняя сущность процессов, лежащих в основе изучаемых явлений. Когда знания о структуре системы, механизмах ее функционирования, протекающих в ней процессах и возникающих явлениях могут существенно повлиять на решения исследователя, прибегают к методам математического моделирования систем.

11.2. ПРИМЕРЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В МЕДИЦИНЕ

11.2.1. Камерные модели фармакокинетики

Простейшим примером камерных моделей может служить однокамерная модель фармакокинетики. При создании данной модели предполагается, что все поступившее в камеру вещество будет распределено равномерно во всем объеме камеры в каждый конкретный момент времени. Объем камеры полагается постоянным (V= const). Вещество покидает камеру пропорционально его содержанию внутри камеры (рис. 11.1).

Под камерой в фармакокинетике может подразумеваться объем плазмы крови, объем межтканевой жидкости конкретного органа, объем сорбционной колонки и т.п.

Математической моделью камерной системы служит ее описание с помощью простых дифференциальных уравнений. Количество уравнений равно количеству изучаемых камер. Для математического описания схемы, представленной на рис. 11.1, требуется одно дифференциальное уравнение.

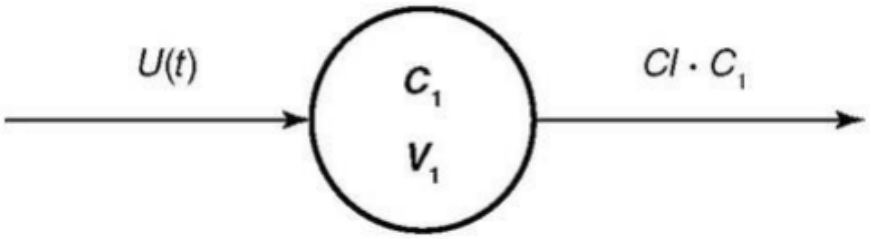


Рис. 11.1. Схема однокамерной модели фармакокинетики: *U(t)* - поток вещества, поступающего в камеру (например, плазму крови) за определенный промежуток времени; V_1- объем камеры; C_1 - концентрация вещества в камере; *Cl* - коэффициент, с которым вещество покидает камеру

Математическое описание составляется по закону сохранения вещества (закон действующих масс): *изменение количества вещества в камере за определенный промежуток времени равно разнице между суммарным количеством вещества, поступившим в систему, и суммарным количеством вещества, покинувшим систему, за тот же промежуток времени.*

Исходя из этого математическая модель данной однокамерной системы будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{dVC_1}{dt} = U(t) - Cl \cdot C_1. \qquad (1)$$

Поскольку параметр *V* (объем) является константой, то его можно вынести за знак дифференциала. Тогда уравнение (1) примет вид:

$$\frac{VdC_1}{dt} = U(t) - Cl \cdot C_1. \qquad (2)$$

Скорость введения лекарственного препарата *U(t)* в самом простом случае внутривенного введения может быть определена как ступенчатая функция от времени, имеющая вид, изображенный на рис. 11.2.

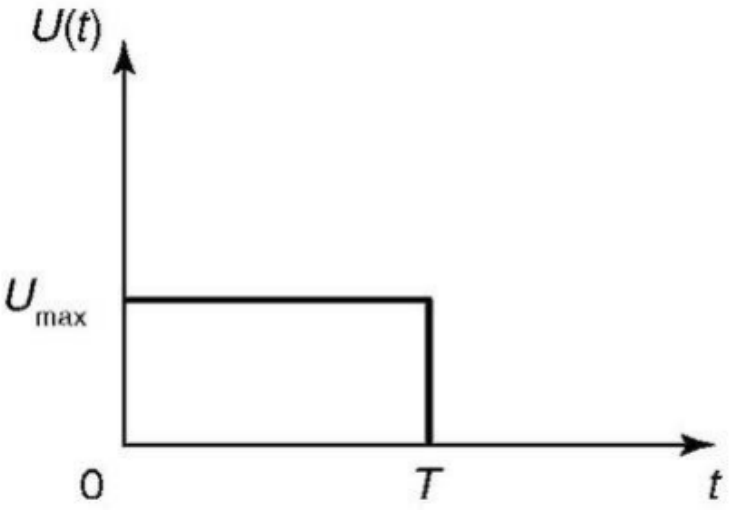


Рис. 11.2. Зависимость скорости введения препарата от времени: U_{max} - максимальная скорость введения препарата; *T* - время введения препарата

Изображенная на рисунке 11.2 функция может быть описана следующей математической формулой:

$$U(t) = \begin{cases} U_{\max}, & \text{если} \quad t < T; \\ 0, & \text{если} \quad t \geq T. \end{cases}$$

Формула состоит из двух частей: в первой строке записано, что скорость введения препарата *U(t)* равна некоторой скорости U_{max}до тех пор, пока текущее время *t* будет меньше, чем время введения, указанное врачом (T); во второй строке - как только текущее время (t) станет равным времени, указанному врачом (T), и во все последующие моменты времени скорость введения препарата будет равна 0, т.е. введение препарата прекращается.

В настоящее время численную реализацию подобной модели на компьютере несложно осуществить с помощью программного пакета Microsoft Excel. Для этого левая часть уравнения (2) представляется в следующем виде:

$$\frac{VdC_1}{dt} \approx \frac{V(C_1(t+h) - C_1(t))}{h}. \qquad (3)$$

В выражении (3) была произведена замена изменения концентрации C_1 во времени из непрерывного на дискретное. При этом происходит некоторая потеря точности вычислений. Данное приближение будет тем точнее, чем меньший шаг по времени будет выбран. В дальнейшем при реализации вычислений на компьютере производится процедура подбора шага.

Подставив выражение (3) в уравнение (2) и выразив значение концентрации $C_1(t + h)$, получим:

$$C_1(t+h) = C_1(t) + (U(t) - Cl \cdot C_1(t))\, h. \qquad (4)$$

Формула (4) в математике называется *формулой Эйлера.* Как видно из формулы, для расчета концентрации C_1 в момент времени $t+h$ необходимо знать численное значение концентрации в момент времени t. Другими словами, для определения концентрации исследуемого вещества в какой-либо момент времени необходимо знать значение концентрации этого вещества в предыдущий момент времени. Следовательно, для возможности расчета концентрации в любой момент времени с шагом h необходимо задать значение концентрации в начальный момент времени t_0.

Реализация математической модели на компьютере позволяет лечащему врачу подбирать наиболее подходящий конкретному пациенту режим дозирования лекарственного вещества, учитывая индивидуальные особенности пациента. Подбор режима дозирования должен происходить таким образом, чтобы величины концентраций лекарственного вещества в крови в течение всего периода лечения находились в пределах терапевтического диапазона [интервал между минимальной терапевтической (C_{min}) и минимальной токсической концентрацией (C_{max})] для данного препарата.

Компьютерные фармакокинетические модели могут использоваться также для уточнения величин индивидуальных фармакокинетических параметров, если имеются какие-либо результаты клинического фармакокинетического исследования данного препарата (например, максимальная концентрация и время полувыведения определенной дозы препарата, введенной в организм человека).

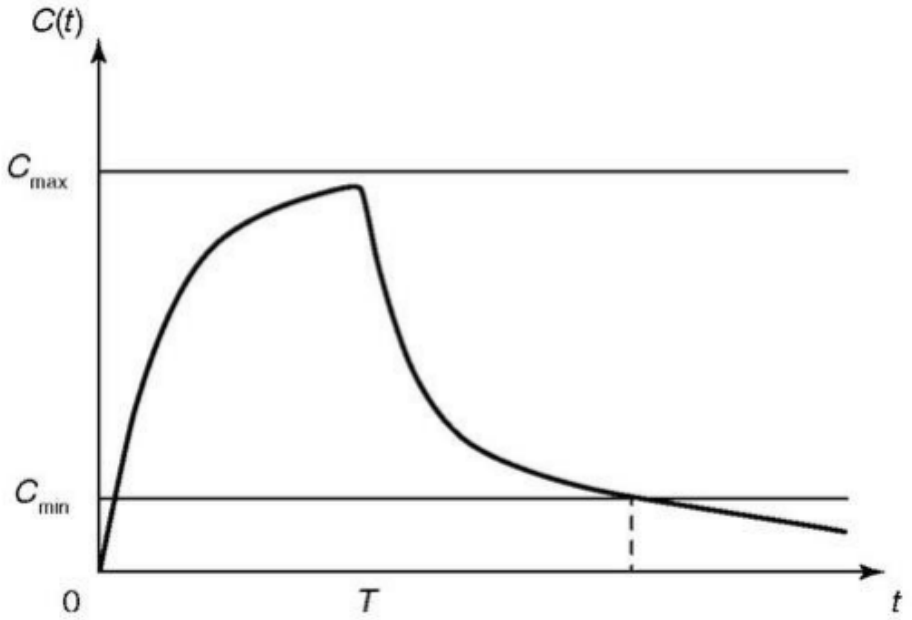


Рис. 11.3. Изменение концентрации лекарственного вещества в крови C(t) при однократном внутривенном введении: C_{min}- C_{max} - терапевтический диапазон, где C_{min} - минимальная терапевтическая концентрация, C_{max}- максимальная терапевтическая концентрация

На рис. 11.3 видно, что через какое-то время от начала введения концентрация препарата в плазме крови снижается и выходит из терапевтического диапазона (становится ниже C_{min}). Следовательно, лекарственное действие исследуемого вещества прекращается. В том случае, если лекарственную терапию необходимо продолжить, нам нужно определить кратность введения лекарственного вещества в течение всего периода лечения. Другими словами, нужно задать время, через которое будет проводиться последующее введение препарата. Время должно быть выбрано таким образом, чтобы

концентрация лекарственного препарата в крови находилась внутри терапевтического диапазона на протяжении всего периода лечения.

На рис. 11.4 показано последовательное введение препарата через промежутки времени, равные t_1.

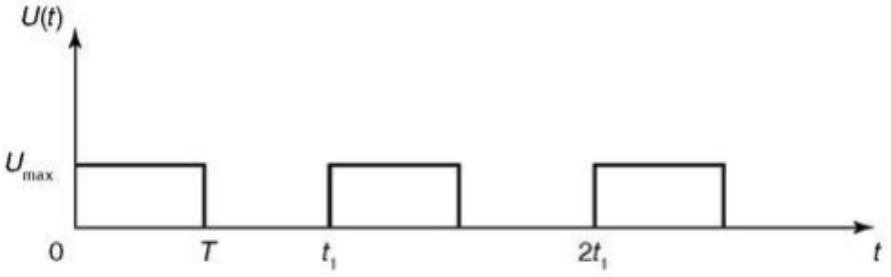


Рис. 11.4. Зависимость скорости введения препарата от времени: U_{max} - максимальная скорость введения препарата; T - время введения препарата; t_1 - период повторного введения препарата

При этом изменение концентрации лекарственного препарата в крови будет выглядеть следующим образом (рис. 11.5).

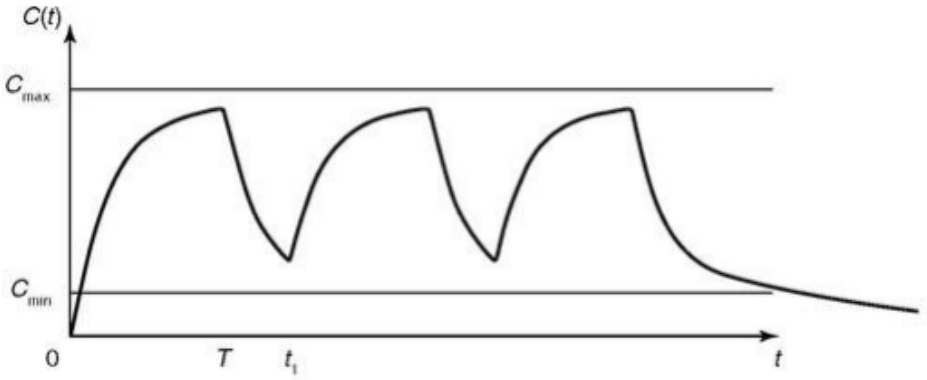


Рис. 11.5. Изменение концентрации лекарственного вещества в крови C(t) при многократном внутривенном введении: C_{min}- C_{max} - терапевтический диапазон; C_{min} . - минимальная терапевтическая концентрация; C_{max} - максимальная терапевтическая концентрация

Интервал времени t_1 лучше подбирать таким образом, чтобы он кратно укладывался в течение суток (т.е. 24 ч должно делиться на t_1без остатка).

На рис. 11.6 представлена *двухкамерная схема* модели фармакокинетики, где лекарственное вещество вводится в мышцу. Подобное введение обычно производится одномоментно (т.е. не растянуто во времени). Из мышцы лекарственное вещество поступает в плазму крови с коэффициентом всасывания K_1.

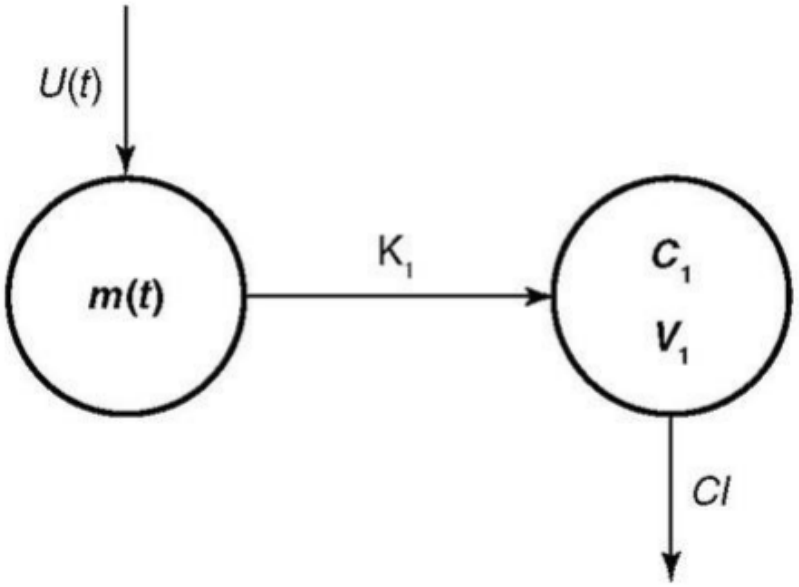


Рис. 11.6. Схема двухкамерной модели фармакокинетики: U(t) - поток вещества, поступающего в мышцу; *m(t)* - масса вещества в мышце; V_1- объем плазмы крови; C_1 - концентрация вещества в плазме крови; *Cl* - коэффициент, с которым вещество покидает плазму крови

Математическую модель, изображенную на данной схеме, можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} \dfrac{dm}{dt} = U(t) - \mathrm{K}_1 \cdot m; \\ \dfrac{V_1 dC_1}{dt} = \mathrm{K}_1 \cdot m - Cl \cdot C_1. \end{cases}$$

Решение математической модели, как и в предыдущем случае, несложно получить с помощью электронных таблиц Microsoft Excel, используя формулу Эйлера. На рис. 11.7 представлено графическое решение данной модели.

Как и в случае однокамерной модели, при длительном лечении придется вводить лекарственный препарат многократно, при этом необходимо подобрать время последующего внутримышечного введения препарата.

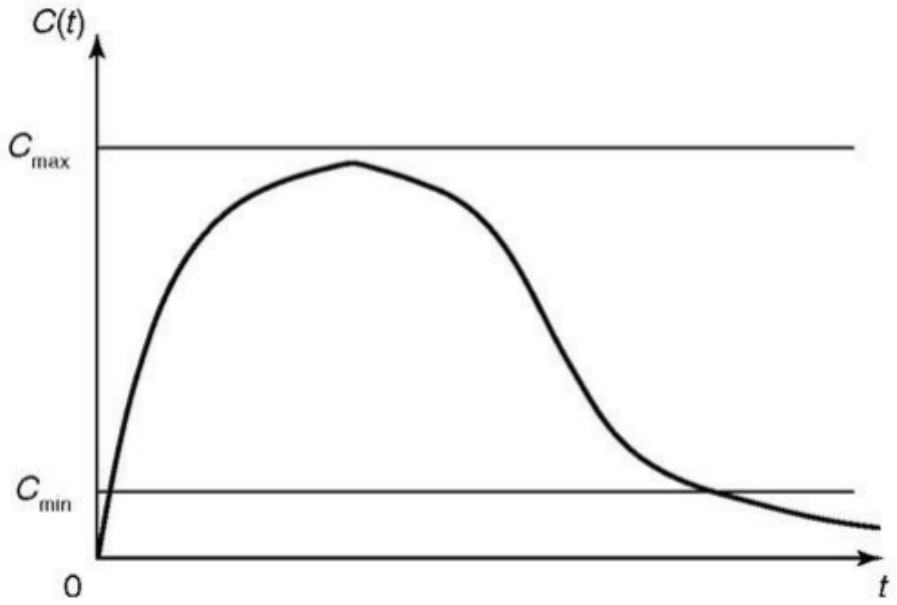


Рис. 11.7. Изменение концентрации лекарственного вещества в крови *C(t)* при однократном внутримышечном введении: C_{min}- C_{max} - терапевтический диапазон; C_{min} - минимальная терапевтическая концентрация, C_{ma} - максимальная терапевтическая концентрация

11.2.2. Моделирование динамики популяций

Математические модели в биологии и медицине применяются не только для решения задач фармакокинетики. Математическое моделирование широко используется для изучения динамики популяций, взаимодействий типа «хищник-жертва», «симбиоз» и «конкуренция видов». Динамика конкретного вида в данном случае будет описываться нелинейным дифференциальным уравнением. Нелинейность возникает из-за взаимодействия видов между собой. Математически вероятность встречи видов друг с другом записывается как произведение численности каждого из видов.

Если рассматривается динамика только одного вида, то его поведение описывается одним дифференциальным уравнением. В этом случае мы имеем дело с нелинейными системами первого порядка. Если взаимодействуют два вида - с системами второго порядка. Численное исследование нелинейных систем часто бывает достаточно сложно осуществить. Еще труднее получить представление о поведении системы в целом. Для получения полного представления о поведении нелинейных систем малых порядков на практике часто прибегают к качественному исследованию нелинейных систем, которое дает представление о поведении системы в целом. При этом численное решение дифференциальных уравнений не производится (определение общих свойств решения этих уравнений без фактического нахождения этих решений). Численное решение дифференциальных уравнений не всегда может дать полное представление о поведении системы. Получение полного представления о поведении нелинейных систем с помощью численных методов, как правило, достаточно трудоемко, так как для проведения такого исследования требуется перебрать большое количество сочетаний начальных условий и численных значений параметров системы.

Качественное исследование нелинейных систем первого порядка

Проведение качественного исследования нелинейных систем *первого порядка* происходит следующим образом.

1. Строят график правой части дифференциального уравнения.

2. Находят точки пересечения графика с осью времени. Найденные точки являются стационарными состояниями исследуемой системы.

3. После нахождения стационарных состояний определяют их устойчивость (устойчиво или неустойчиво).

4. В зависимости от типа устойчивости строят полный портрет поведения системы.

Пример: качественное исследование поведения численности бактерий (x) в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ).

Предположим, что динамика численности бактерий в ЖКТ описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = ax - bx - cx^2 - v \qquad (a, b, c, v > 0),$$

где a - коэффициент скорости размножения; b - коэффициент скорости гибели за счет случайных причин; c - коэффициент скорости гибели при конкурентном взаимодействии бактерий друг с другом (эффект тесноты); v- постоянная скорость удаления бактерий из ЖКТ.

Решение:

1. Построим график правой части данного уравнения (рис. 11.8).

2. Точки пересечения графика с осью X (точки I и II) - стационарные состояния системы.

3. Исследуем устойчивость стационарных состояний:

а) при отклонении вправо от точки (I) значение производной (функции $f(x) = dx/dt$) больше нуля, следовательно, значение X возрастает. При отклонении влево от точки (I) значение производной (функции $f(x) = dx/dt$) меньше нуля, следовательно, значение X убывает. Получается, что при любом малом отклонении от стационарного состояния (I) система не стремится вернуться в исходное состояние, следовательно, состояние системы (I) неустойчиво;

б) при отклонениях от стационарного состояния (II) наблюдается противоположная картина, следовательно, состояние системы (II) устойчиво.

4. Зная количество и устойчивость стационарных состояний, можно построить портрет полного поведения системы в зависимости от времени (динамику количества бактерий в ЖКТ) при различных начальных условиях (рис. 11.9).

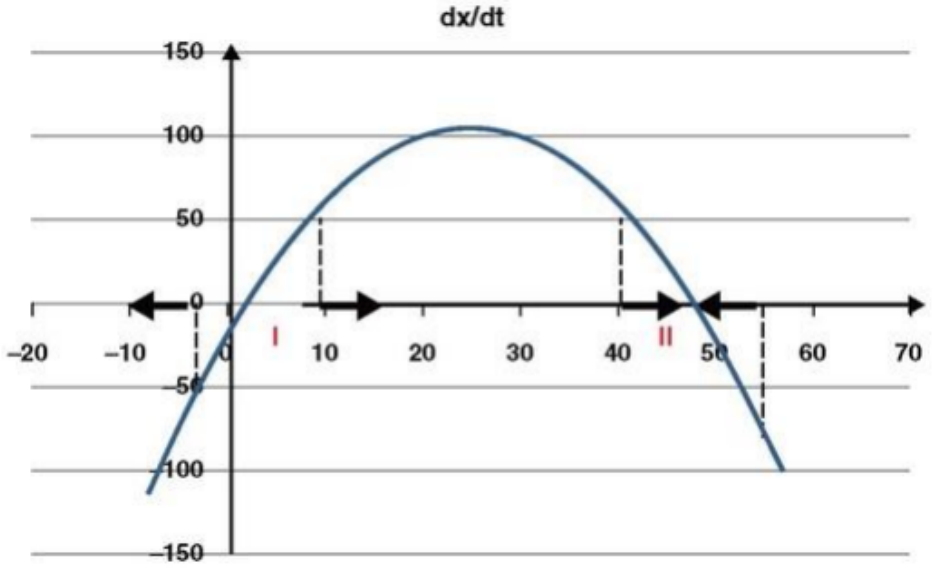


Рис. 11.8. Изменение значения производной (функции f(x)) от величины *x*

Биологическая интерпретация полученных результатов. Из графика, иллюстрирующего полное поведение исследуемой системы, видно, что:

1) если начальное количество бактерий в ЖКТ находится между значениями стационарных состояний (I) и (II), то с течением времени количество бактерий будет стремиться к устойчивому стационарному состоянию (II), постепенно возрастая;

2) если начальное количество бактерий в ЖКТ находится выше значения стационарного состояния (II), то с течением времени количество бактерий будет стремиться к устойчивому стационарному состоянию (II), постепенно убывая;

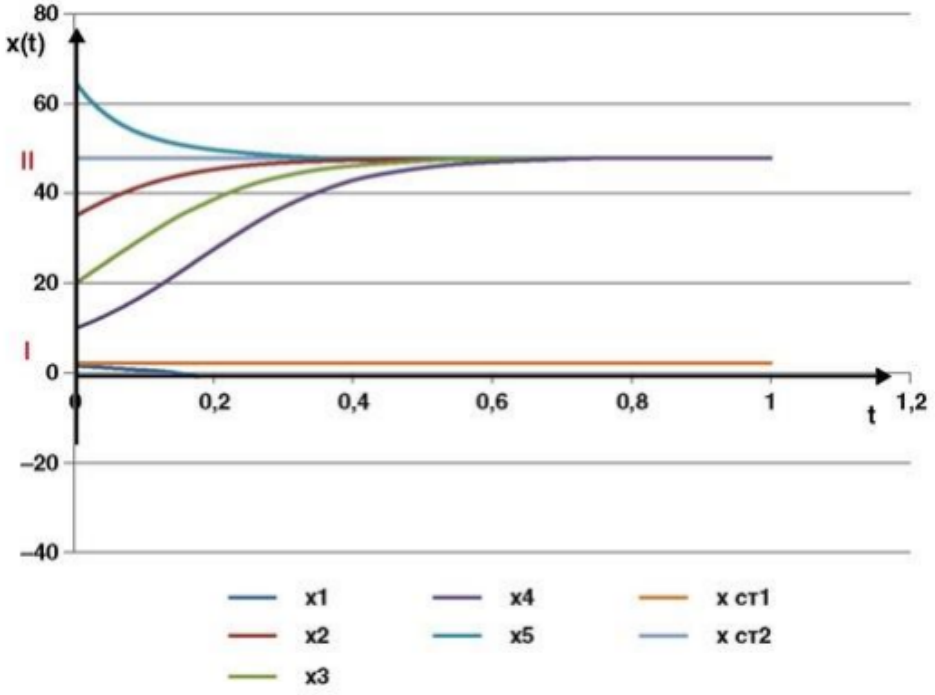


Рис. 11.9. Портрет полного поведения системы от времени, иллюстрирующий изменение количества бактерий в ЖКТ при различных начальных условиях

3) если начальное количество бактерий в ЖКТ будет находиться ниже значения стационарного состояния (I), но выше нуля, то с течением времени количество бактерий будет постепенно убывать и придет к нулю.

Выводы

1. Для достижения стационарного состояния количества бактерий в ЖКТ наиболее целесообразно использовать начальное количество бактерий больше нуля и превышающее значение стационарного состояния (I), поскольку в этом случае их количество со временем увеличится и приблизится к значению стационарного состояния (II).

2. Вводить в ЖКТ начальное количество бактерий, превышающее значение стационарного состояния (II), нецелесообразно, так как в этом случае количество бактерий со временем уменьшится и также приблизится к значению стационарного состояния (II).

3. Вводить в ЖКТ начальное количество бактерий больше нуля, но ниже значения стационарного состояния (I) также нецелесообразно, так как в этом случае количество бактерий со временем уменьшится и станет равным нулю.

Как видно из приведенного примера, с помощью модели динамики численности бактерий в ЖКТ можно определить, какое количество бактерий наиболее целесообразно ввести в ЖКТ, чтобы получить оптимальный лечебный эффект и минимизировать затраты.

Качественное исследование нелинейных систем второго порядка

При проведении качественного исследования поведения нелинейных систем второго порядка интегральные кривые (графическое решение дифференциальных уравнений), составляющие полный портрет поведения исследуемой системы, располагаются в пространстве *xyt* (рис. 11.10).

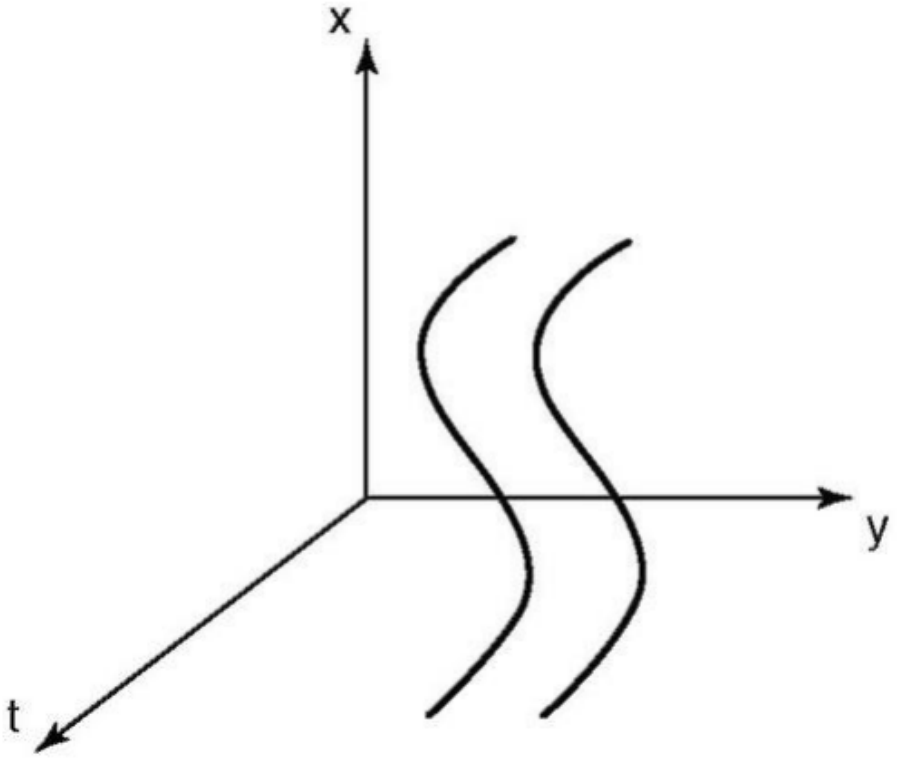


Рис. 11.10. Портрет полного поведения системы второго порядка от времени

В этом случае свойства решений определяют по проекциям интегральных кривых на плоскость *XY*. Плоскость*XY* носит название фазовой плоскости. А проекции интегральных кривых на фазовую плоскость называются*фазовыми траекториями*. Для построения фазовых траекторий первоначально строятся линии, имеющие одинаковый угол наклона касательных к фазовым траекториям (так называемые изоклины вертикальных касательных (ИВК) и горизонтальных касательных (ИГК)).

Точки пересечения разноименных изоклин (ИВК и ИГК) будут стационарными состояниями для систем второго порядка. Далее определяют характер устойчивости стационарных состояний. В зависимости от типа устойчивости стационарных состояний расставляют направления на ИВК и ИГК и строят фазовые траектории. По поведению фазовых траекторий можно судить об изменении численности каждого вида от времени.

Пример: качественное исследование поведения системы второго порядка на примере взаимодействия видов типа «хищник-жертва».

Динамика численности взаимодействующих видов описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = a_1 x - b_1 xy - c_1 x^2; \\ \dfrac{dy}{dt} = a_2 y + b_2 xy - c_2 y^2. \end{cases} \qquad (1)$$

где x - численность 1-го вида; y - численность 2-го вида; a_1, a_2- коэффициенты скорости размножения; b_1, b_2- коэффициенты скорости изменения численности видов при взаимодействии друг с другом; c_1, c_2 - коэффициенты скорости гибели видов при взаимодействии с особями своего вида (эффект тесноты).

Поскольку все коэффициенты в системе больше нуля, то, как видно из уравнений, при взаимодействии вида x с видом y численность вида x убывает, тогда как численность вида y возрастает. Такой тип взаимодействия видов называется взаимодействием «хищник-жертва». В данном случае вид y является «хищником», а вид x - «жертвой».

После проведения качественного исследования системы были получены фазовые портреты системы, изображенные на рис. 11.11 и 11.13.

Фазовые портреты, изображенные на рис. 11.11 и 11.13, различаются расположением ИВК и ИГК на фазовой плоскости. Это зависит от соотношения коэффициентов системы (1):

а) если отношение $a_1/b_1 > a_2/c_2$ (вар. 1), то ИВК и ИГК пересекаются на фазовой плоскости, и фазовые траектории сходятся в точку пересечения при любых значениях начальных условий (Н.У.). Следовательно, численность видов x и y приходит к стационарным состояниям, отличным от нуля (рис. 11.12). Это говорит о том, что при данном соотношении коэффициентов системы виды x и y со временем приходят к совместному сосуществованию;

б) если отношение $a_1/b_1 < a_2/c_2$ (вар. 2), то ИВК и ИГК не имеют точек пересечения на фазовой плоскости (обе координаты которых были бы отличны от нуля). Фазовые траектории в этом случае сходятся в точку пересечения ИВК и ИГК, распложенную на оси Y. Следовательно, при данном соотношении коэффициентов системы численность вида x со временем становится равной нулю, а численность вида y становится равной константе (рис. 11.14 и 11.15). Это говорит о том, что при данном соотношении коэффициентов побеждает видy, а вид x вымирает.

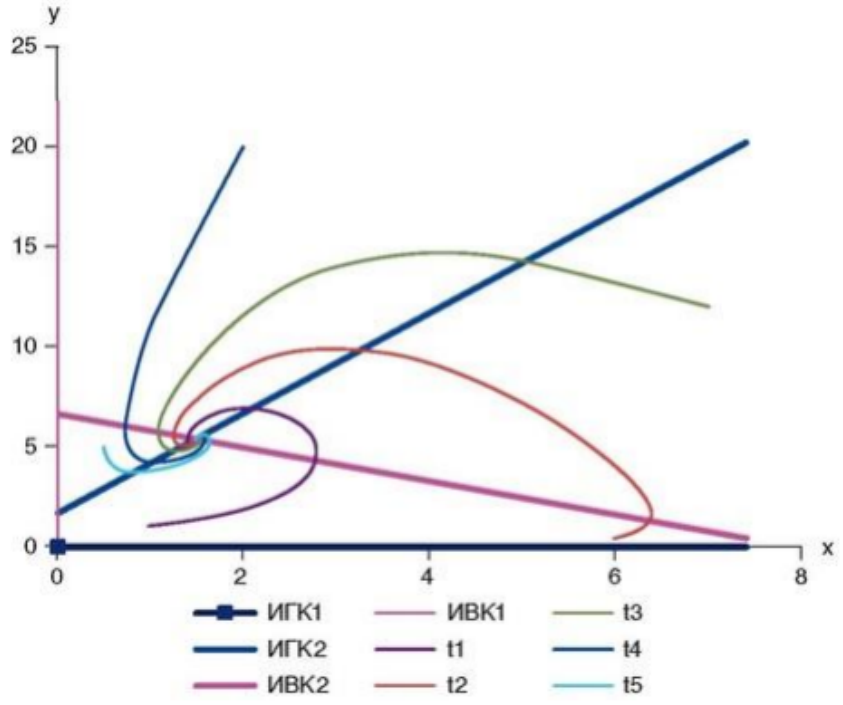


Рис. 11.11. Фазовый портрет полного поведения системы «хищник-жертва» от времени (вар. 1): ИГК - изоклины горизонтальных касательных; ИВК - изоклины

вертикальных касательных; $t_1 \div t_5$ - фазовые траектории, в зависимости от различных начальных условий

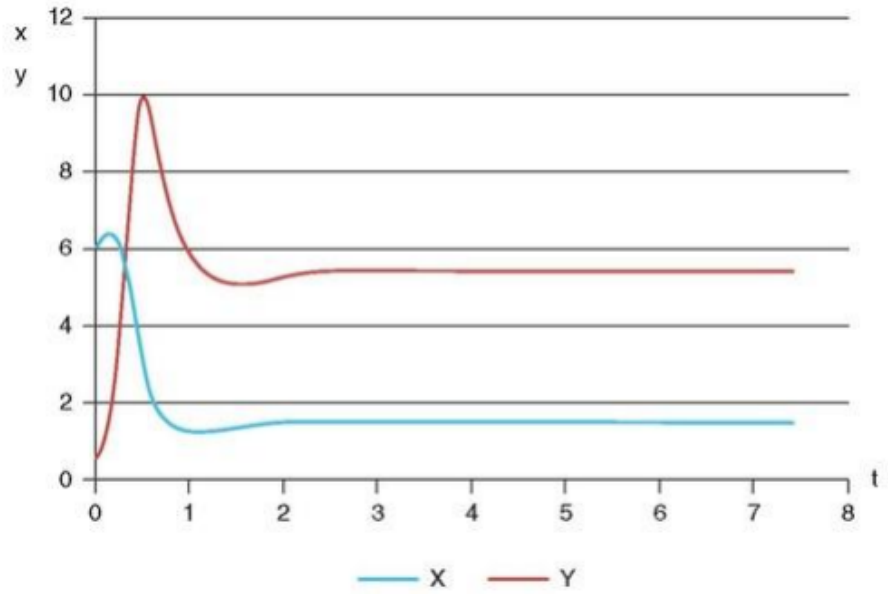


Рис. 11.12. График зависимости изменения численности видов *x* и *y* от времени (вар.1)

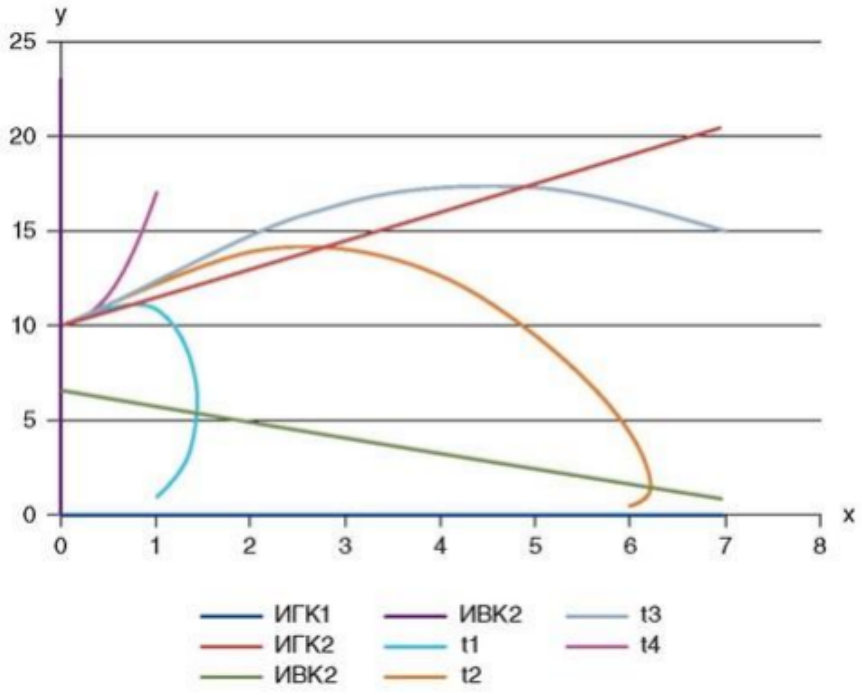


Рис. 11.13. Фазовый портрет полного поведения системы «хищник-жертва» от времени (вар. 2): ИГК - изоклины горизонтальных касательных; ИВК - изоклины вертикальных касательных; $t_1 \div t_5$ - фазовые траектории, в зависимости от различных начальных условий

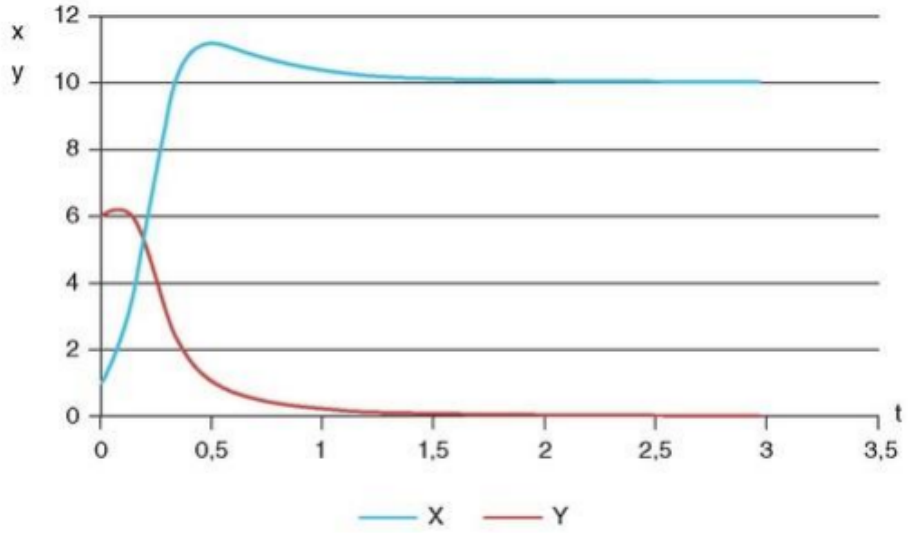


Рис. 11.14. График зависимости изменения численности видов *x* и *y* от времени (вар. 2). Н.У.: $x_0 = 6$; $y_0 = 1{,}5$

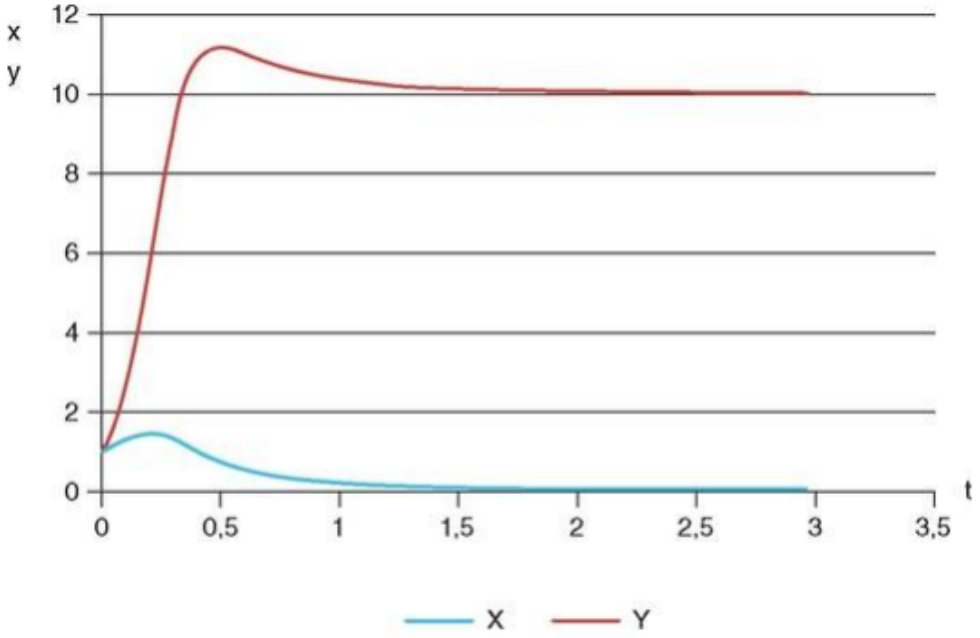


Рис. 11.15. График зависимости изменения численности видов *x* и *y* от времени (вар. 2). Н.У.: $x_0 = 1$; $y_0 = 1$

11.2.3. Модель динамики иммунной реакции

Математические модели в медицине также широко используются для изучения функционирования различных систем организма. Рассмотрим одну из таких моделей на примере динамики иммунной реакции.

Математическая модель динамики иммунной реакции описывается в работе Ю.М. Романовского с соавт. (2004). В качестве переменных в модели выступают концентрации антигена и антител в крови, а также количества иммунокомпетентных клеток (иммуноцитов). Иммуноциты располагаются в организме локально: в лимфатических

узлах и селезенке. В процессе иммунной реакции клетки проходят определенные морфологические изменения. Согласно гипотезе Серкарца и Кунса, можно различить три основных состояния клеток, на рис. 11.16 они обозначены буквами X, *Y* и *Z*.

При построении модели считают, что клетки-предшественники *X* поступают в лимфатические узлы с постоянной скоростью, циркулируют там некоторое время, а затем, если не встречают «свой» антиген, погибают и выводятся из организма.

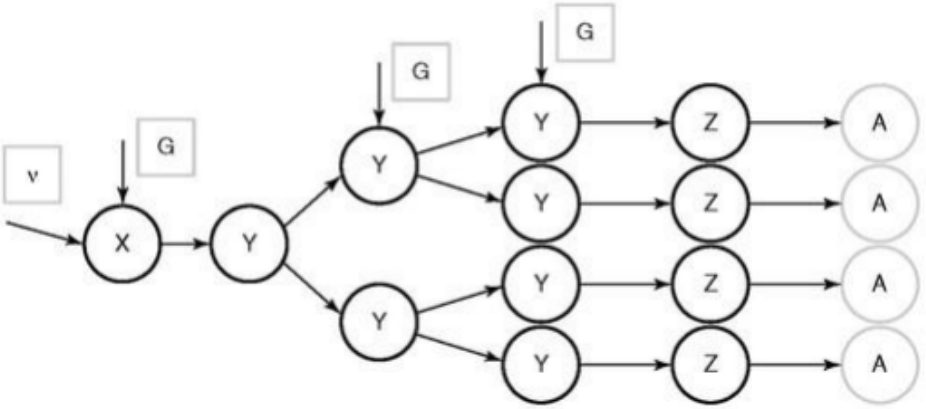


Рис. 11.16. Гипотетическая схема иммунной реакции:

G - антиген; *A* - антитела; *X* - клетки-предшественники, дифференцирующиеся в клетки *Y* под влиянием антигена;

ν - скорость поступления клеток-предшественников из костного мозга в кровоток;

Y - пул пролиферирующих клеток. Антиген стимулирует пролиферацию. Скорость размножения управляется концентрацией антигена. Обладают свойством клеток памяти ($t_{1/2}$ = годы);

Z - плазматические клетки. Не могут пролиферировать, но производят антитела против стимулирующего антигена ($t_{1/2}$ = 2 сут)

Взаимодействие клеток *X* с антигеном *(G)* вызывает их переход в клетки *Y*. *Y* - быстроделящиеся незрелые плазмоциты. Известно, что антиген не проникает внутрь клетки, а соединяется с рецепторами, находящимися на поверхности клетки. В модели предполагается, что клетки *Y* быстро размножаются в присутствии антигена. После выведения антигена из организма клетки *Y,* по-видимому, утрачивают способность быстро делиться, однако их количество в организме остается достаточно долго на высоком уровне (т.е. время жизни клеток *Y*сравнимо со временем жизни всего организма). Клетки *Y* уже могут производить некоторое количество белков-антител, но основными производителями антител (А) являются зрелые плазмоциты *Z*. Клетки *Z*образуются из клеток *Y* при вторичном взаимодействии с антигеном. Клетки *Z* практически утрачивают ядро (следовательно, и способность делиться), но имеют очень высокую скорость синтеза антител *(A)*.

Исходя из изложенного выше, можно записать математическую модель, описывающую динамику иммуноцитов, а также антигена и антител:

$$\begin{cases} \dfrac{dX}{dt} = v - k_x \cdot X - a_x \cdot X \cdot G; & (1) \\ \dfrac{dY}{dt} = a_x \cdot X \cdot G + \mu(G) \cdot Y - a_y \cdot Y \cdot G - k_y \cdot Y; & (2) \\ \dfrac{dZ}{dt} = a_y \cdot Y \cdot G - k_z \cdot Z; & (3) \\ \dfrac{dG}{dt} = b_0 \cdot G - k_g \cdot G - l_g \cdot G \cdot A; & (4) \\ \dfrac{dA}{dt} = h_y \cdot Y + h_z \cdot Z - k_a \cdot A - l_a \cdot G \cdot A. & (5) \end{cases}$$

Член μ(G) • Y в уравнении (2) описывает размножение клеток Y. Исходя из экспериментальных данных, можно считать, что функция *μ(G)* равна нулю при *G* = 0 и стремится к постоянному значению при некоторых средних значениях G. Поэтому *μ(G)* можно представить следующим образом:

$$\mu(G) = \frac{\mu_0 \cdot G}{K + G},$$

где μ_0 - время репродукции клеток *Y* при больших дозах антигена (рис. 11.17).

Первый член уравнения (4) b_0G появляется в задачах инфекционного иммунитета. Он описывает размножение бактерий и вирусов в организме больного.

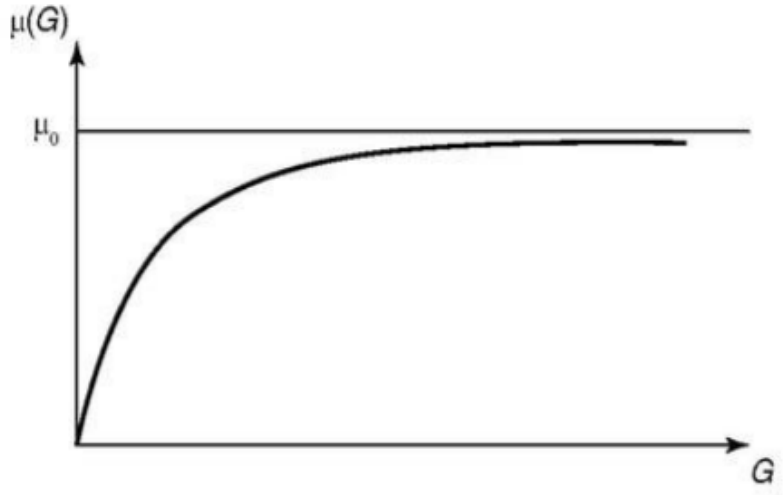


Рис. 11.17. График зависимости скорости размножения клеток *Y* от количества антигена в плазме крови

a_xXG - скорость перехода клеток X в Y в результате взаимодействия с антигеном.

a_yYG - скорость перехода клеток Y в Z в результате взаимодействия с антигеном.

k_x, k_y, k_z - константы времени естественной гибели клеток X, Y и Z.

k_g , k_a - константы времени естественной гибели антигена и антител соответственно.

h_z, h_y- скорости производства антител клетками Z и Y

$l_a(GA)$, $l_g(GA)$ - взаимодействия антител с антигеном.

Система уравнений (1-5) была исследована численно. При моделировании первичного иммунного ответа были заданы следующие начальные условия: $x = 1$, $y = z = a = 0$, $g = 1$.

Результаты представлены на рис. 11.18 и 11.19.

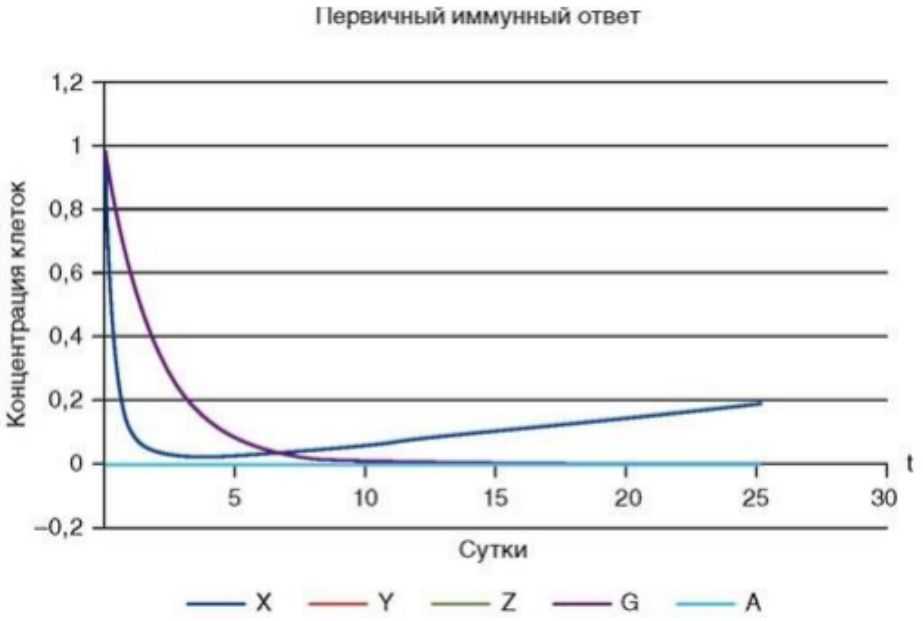


Рис. 11.18. График зависимости изменения численности иммуноцитов, антигена и антител от времени (первичный иммунный ответ)

При моделировании вторичного иммунного ответа начальные условия были заданы следующим образом: $x = 0$, $y = 1$, $z = a = 0$, $g = 1$.

Результаты представлены на рис. 11.20.

Из рис. 11.18 и 11.19 видно, что стимуляция всех клеток X происходит за первые 5 сут. Концентрации клеток Yи Z, а также антител A в первые сутки экспоненциально растут. После достижения максимума концентрации клеток Y и Z экспоненциально снижаются, причем концентрация клеток Y сохраняется на постоянном уровне, а концентрация клеток Z приближается к нулю.

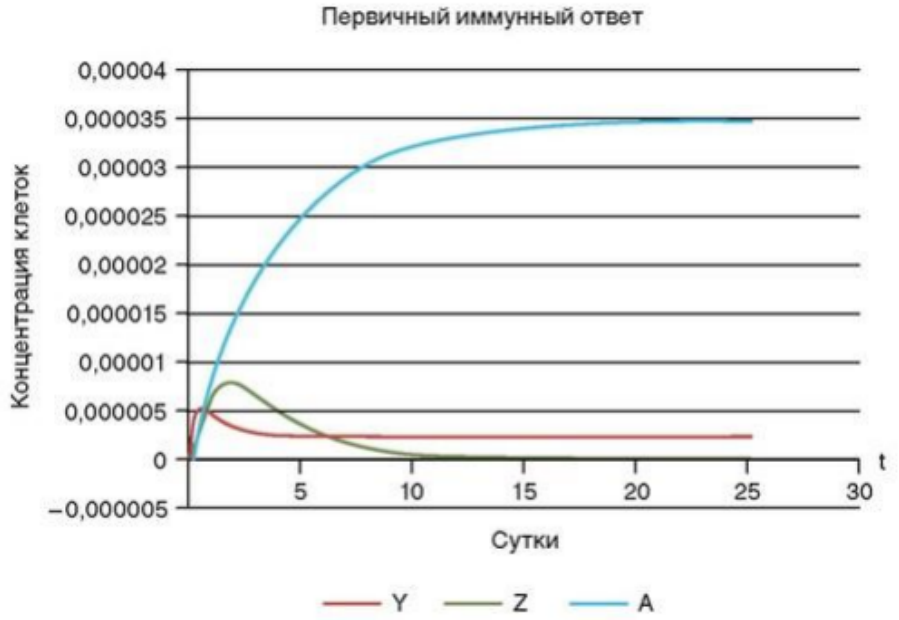


Рис. 11.19. График зависимости изменения численности клеток *Y, Z* и количества антител (A) от времени

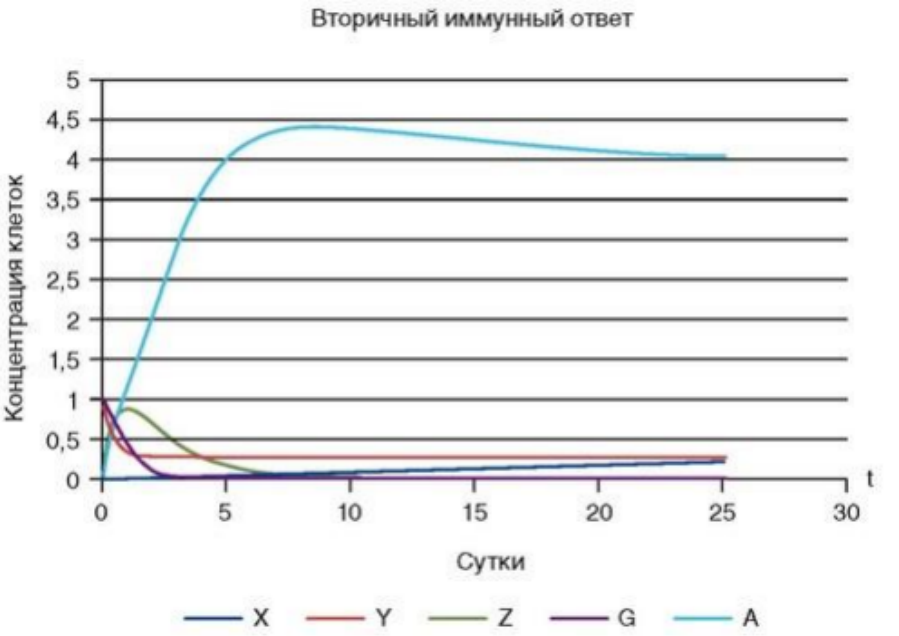


Рис. 11.20. График зависимости изменения численности иммуноцитов, антигена и антител от времени (вторичный иммунный ответ)

В модели клетки *Y* продолжают вырабатывать антитела и после вывода из организма всего антигена, вследствие этого концентрация антител (см. рис. 11.19) не убывает.

Согласно рассматриваемой модели, количество клеток памяти *(Y)* после первичного иммунного ответа сохраняется на постоянном (стационарном) уровне. Поскольку экспериментально обнаружить клетки памяти невозможно, то косвенной проверкой полученных результатов является моделирование вторичного иммунного ответа, для которого концентрация клеток памяти - начальное условие для клеток *Y*.

Полагается, что к моменту второй инъекции антигена концентрация антител в организме уже равна нулю, а популяция клеток-предшественников (X) не успела восполниться. Доза антигена остается прежней.

Следовательно, начальные условия при моделировании вторичного иммунного ответа были заданы следующим образом:

$x = 0, y = 1, z = a = 0, g = 1.$

Результаты см. на рис. 11.20.

Из сравнения графиков, изображенных на рис. 11.18-11.20, видно, что вторичный ответ более интенсивный и наступает значительно быстрее первичного. Эти данные хорошо согласуются с экспериментальными, что, по мнению авторов модели, подтверждает правильность основных предположений, положенных в ее основу.

На рис. 11.21 приведен график зависимости максимальной концентрации антител A_{max} в первичном иммунном ответе в зависимости от начальной дозы антигена, участвующего в реакции *(G_0)*.

Из графика можно сделать два основных вывода. Во-первых, организм интенсивно отвечает только на определенную область концентрации антигена. Отклонение в обе стороны приводит к ослаблению иммунного ответа. При очень малых дозах антигена это объясняется слабым стимулированием клеток-предшественников, при очень больших дозах - быстрым переходом клеток-предшественников *X* в клетки Z. Во-вторых, начальная концентрация антигена существенно влияет на размер популяции клеток *Z* и клеток памяти *Y,* которые остаются в организме после первичного ответа. Размер популяции клеток *Y* влияет на выраженность вторичного иммунного ответа. Действительно, при очень больших дозах антигена ($G_0 >> 1$) происходит быстрый переход всех клеток *X* в клетки Z.

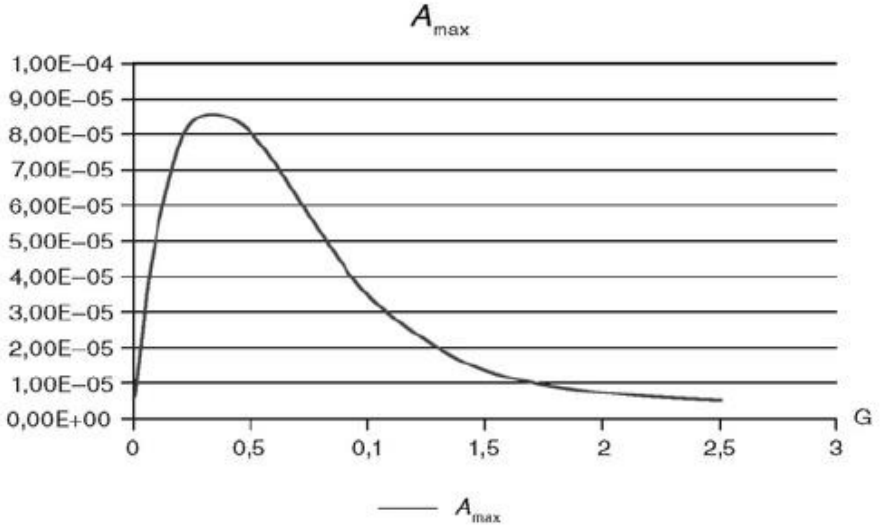


Рис. 11.21. График зависимости максимальной концентрации антител A_{max} в зависимости от начальной дозы антигена *(G_0)* при первичном иммунном ответе. После вывода антигена в системе не остается ни клеток-предшественников X, ни клеток памяти Y. Следовательно, вторичная реакция не наблюдается совсем: антитела не образуются, и организм становится на некоторое время невосприимчивым к данному антигену. Это явление носит название толерантности высокой дозы. Приведенный расчет конкретной иммунной реакции показал, что созданная модель показывает хорошее совпадение динамики иммунного ответа с экспериментальными данными.

Основанием для деления *ТИМС* на виды была характеристика цели обработки информации:

• автоматизированные системы клинико-лабораторных исследований (АСКЛИ), включая программно-аппаратные комплексы, предназначенные для функциональной, лучевой и лабораторной диагностики;

• автоматизированные системы консультативной вычислительной диагностики (АСКВД);

• автоматизированные системы профилактических осмотров населения (АСПОН);

• автоматизированные системы постоянного интенсивного наблюдения для отделений реанимации и интенсивной терапии (АСПИН).

Основанием для деления на виды *БИМС* была широта охвата обслуживаемого населения:

• банки медицинской информации лечебно-профилактических учреждений (БМИЛУ) - поликлиник, стационаров, диспансеров, родильных домов и т.д.;

• банки медицинской информации специализированных служб (БМИСС) - персонифицированные регистры (онкологические, психиатрические, наркологические, кожно-венерологические и др.);

• банки медицинской информации населения административной территории (БМИНТ), включая банки фондов обязательного медицинского страхования.

Деление на виды *СИМС* было основано на различии объектов описания, представленных в статистических отчетах территориальных органов управления здравоохранением и самих МО:

• МИС оценки здоровья населения, в которых объектами исследования являются половозрастные и профессиональные группы населения как по России, так и по территориям или муниципальным образованиям (ИМСЗН);

• МИС оценки среды обитания, в которых объектами исследования выступают социальные институты, объекты производства и экологические зоны (ИМССО);

• МИС учреждений здравоохранения, основанные на описании материально-технической базы МО, характеристиках их деятельности (ИМСУЗ);

• МИС описания кадров здравоохранения, в которых объектами описания являются медицинские работники - руководители, врачи, средний медицинский персонал (ИМСКЗ);

• МИС оценки деятельности медицинской промышленности, основанные на описании объектов-предприятий и объектов-продуктов этих предприятий (оборудования, лекарств и т.п.) (ИМСМП). Разделение на виды *НИМС* также основано на различиях объектов описания:

• автоматизированные системы научной медицинской информации (АСНМИ), основанные на описании научных публикаций;

• организационные научно-исследовательские медицинские системы (ОНИМС), основанные на описании тематики научных исследований и их результатов по совокупности учреждений или научных направлений;

• системы автоматизации медико-биологических исследований (САМБИ), основанные на описании исследуемых объектов или их совокупности (от АСКЛИ имеют одно существенное отличие: в АСКЛИ объектом описания является пациент, а в САМБИ - экспериментальное животное).

В 2001 г. С.А. Гаспарян модернизировал классификацию 1978 г., добавив еще один класс: образовательные (обучающие) информационные медицинские системы (ОИМС), которые обеспечивают информационную поддержку отношений: обучаемые-преподаватели. *ОИМС* разделены на виды в соответствии с педагогическими принципами оценки уровня освоения знаний учащимися:

• автоматизированные системы, контролирующие воспроизводство знаний по ответам на вопросы, выбранным из возможных вариантов (АСКВЗ);

• автоматизированные системы, обучающие и контролирующие знания, т.е. представляющие знания и контролирующие их усвоение (АСОКЗ);

• автоматизированные системы, обучающие решению задач (АСОРЗ) (имелись в виду ситуационные задачи, имитирующие клинические случаи).

Системы этого класса разделяются по уровню интеллектуальной насыщенности системы и уровню усвоения знаний. Системы вида АСОКЗ могут включать в себя возможности АСКВЗ, а системы вида АСОРЗ - возможности и АСКВЗ, и АСОКЗ.

ГЛАВА 12. СОВРЕМЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Любая классификация условна. И классификации МИС - не исключение. Современная классификация информационных медицинских систем базируется на структуре здравоохранения как отрасли по уровням:

• базовый (клинический);

• учрежденческий (поликлиники, стационары, диспансеры и другие медицинские организации различного подчинения, вплоть до федерального);

• управленческий (муниципальный, городской, окружной, субъектовый);

• федеральные органы управления.

Внутри каждого уровня МИС классифицируются по функциональному принципу, т.е. по целям и задачам.

Все МИС последовательно подразделяются на ряд автоматизированных систем:

• медико-технологические системы;

• автоматизированные рабочие места;

• информационно-технологические системы;

• информационные системы медицинских организаций всех типов и уровней;

• информационно-аналитические системы (от муниципального до субъектового уровня);

• Единая государственная информационная система здравоохранения (ЕГИСЗ).

Медико-технологические системы *обеспечивают обработку и анализ информации для поддержки принятия врачебных решений и информационной поддержки медицинских технологических процессов.*

Они подразделяются:

• на автоматизированные системы обработки медицинских сигналов и изображений;

• автоматизированные системы для слежения за жизненно важными функциями организма;

• автоматизированные системы консультативной помощи в принятии решений;

• наряду с системами поддержки принятия решений разрабатываются и используются медицинские информационные справочные системы, не включающие модули с рекомендациями по ведению больного.

Автоматизированные рабочие места (АРМ) медицинских работников *обеспечивают сбор и обработку информации, при необходимости - ведение базы данных, а также поддержку процессов принятия решений в определенной предметной области.*

АРМ подразделяют:

• на медико-технологические - клинические, функциональные, фармакологические;

• организационно-технологические - организационно-клинические, телемедицинские;

• административные - административно-клинические, административно-управленческие, медико-статистические, медико-экономические.

Информационно-технологические системы *обеспечивают поддержку электронного документооборота (в первую очередь - медицинского) и принятия организационных решений.* К ним относятся:

• системы диспансерного наблюдения;

• электронные медицинские карты;

• информационные системы отделений медицинских организаций.

Информационные системы медицинских организаций всех типов и уровней:

• ИС амбулаторно-поликлинических учреждений;

• ИС учреждений стационарного типа;

• ИС специализированных учреждений;

• ИС скорой и неотложной помощи;

• ИС экстренной медицинской помощи;

• ИС станций переливания крови.

Информационно-аналитические системы от муниципального до субъектового уровня:

• автоматизированные системы сбора и обработки данных о состоянии здоровья прикрепленного населения;

• специализированные регистры территориального уровня по направлениям медицины;

• ИС обязательного медицинского страхования;

• автоматизированные системы лекарственного обеспечения;

• системы санитарно-экологического надзора;

• ИС кадрового и материально-технического обеспечения.

ЕГИСЗ:

• МИС сбора и обработки статистических данных о состоянии здоровья населения России;

• МИС федеральных специализированных служб;

• федеральные регистры по направлениям медицины;

• федеральные реестры;

- ИС Федерального фонда ОМС;
- МИС лекарственного обеспечения;
- ИС санитарно-экологического надзора;
- ИС ресурсного обеспечения медицинской помощи.

Фрагменты ЕГИСЗ могут реализовываться как федеральные сервисы.

Каждый последующий уровень МИС может «вбирать» в себя системы предыдущих уровней. Например, медико-технологические системы могут быть подсистемами автоматизированных рабочих мест медицинского персонала, автоматизированные рабочие места - подсистемами информационно-технологических систем и т.д.

12.1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Медико-технологические системы

Медико-технологические системы - *это автоматизированные системы, обеспечивающие обработку и анализ информации для поддержки медицинских технологических процессов и принятия решений.* Это самые многочисленные системы среди МИС. Пользователи таких систем - медицинские работники: врачи и средний медицинский персонал.

Автоматизированные системы (АС) обработки кривых и изображений называют по-разному: медицинские приборно-компьютерные системы, измерительные или микропроцессорные медико-технологические системы, автоматизированные системы клинико-лабораторных исследований и т.д. Разночтение в названиях объясняется тем, что с самого начала разработки (конец 60-х годов XX в.) развитие таких систем шло двумя путями: 1) с помощью подключения медицинской аппаратуры к цифровым электронно-вычислительным машинам; 2) путем оснащения медицинских приборов специализированными микропроцессорными устройствами. Постепенно пути сближались. В настоящее время системы, сопоставимые по целевому назначению, но построенные разными способами, обладают одинаковыми возможностями.

Технологическая цепочка автоматизированной системы обработки медицинских сигналов и изображений включает в себя технические средства: для съема информации; измерения, аппаратной фильтрации, усиления; аналого-цифрового преобразования; для цифровой фильтрации и обработки сигналов.

Построение заключений в таких системах осуществляется с помощью разных методов, среди которых преобладают методы математической статистики и алгоритмы на основе врачебной практики.

Программное обеспечение включает: программы, реализующие специализированные алгоритмы для ввода и обработки сигналов и изображений; базу данных для хранения архива сигналов, изображений, заключений; а также интерфейс, обеспечивающий взаимодействие с системой.

Итак, современная АС обработки медицинских сигналов и изображений может осуществлять:

- настройку на исследование пациента - ввод анкетных, антропометрических данных, определение объема и режима исследования, ввод специализированной информации после установки датчиков на пациента;

• проведение исследования с визуализацией кривых, изображений (при необходимости - в режиме реального времени), с возможностями остановки изображения, выбора необходимых участков для анализа, записи в базу данных;

• построение заключения с выведением результата в цифровой и графической форме, облегчающей интерпретацию данных;

• получение твердых копий (распечатку) - как исходных сигналов, так и всех результатов;

• работу с базой данных.

Подробнее об АС обработки медицинских сигналов и изображений будет рассказано в главе 14.

Автоматизированные системы для слежения за жизненно важными функциями организма или АС для постоянного интенсивного наблюдения используют в отделениях реанимации и интенсивной терапии. Строго говоря, их можно считать разновидностью АС обработки медицинских сигналов и изображений, но исторически так сложилось, что в силу особой медицинской важности их всегда выделяли в особый вид МИС. Они предназначены для индивидуализированного мониторного слежения за витальными параметрами организма. Такие системы называют прикроватными или мониторно-компьютерными системами.

Мониторно-компьютерные системы (МКС) должны обеспечивать в режиме реального времени (online) регистрацию основных физиологических сигналов для исследования систем гомеостаза, расчет величин витальных параметров, представление волновых форм регистрируемых сигналов и цифровой информации на экране монитора. Наиболее распространенный набор мониторируемых кривых включает: электрокардиограмму (мониторное отведение), сигнал для расчета артериального давления, кривую венозного давления, кривую для расчета минутного объема крови, фотоплетизмограмму, капнограмму.

В МКС, как и в автоматизированных системах 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 автоматический способ обработки сигналов (без участия медицинского персонала). Однако до 15% всей мониторинговой информации по ряду причин составляют артефакты.

Небольшая часть данных вводится в МКС вручную. Это анкетные, антропометрические данные (рост, масса тела, геометрические параметры тела), специальные параметры (например, атмосферное давление, влажность воздуха), необходимые для расчетов. Ввод величин параметров вручную осуществляется на этапе настройки системы на конкретного пациента. При необходимости экстренного начала мониторинга, в определенных клинических ситуациях, большую часть настройки

опускают. Нельзя исключать лишь выбор мониторируемых сигналов и ввод необходимой для их обработки специальной информации.

В мониторном режиме современные МКС работают сколь угодно долго. Работа осуществляется по циклическому принципу. Цикл мониторинга включает периоды: съема сигналов, их обработки, представления обновленной информации на экране монитора. Длительность цикла в современных автоматизированных следящих системах для отделений реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) обычно составляет 1 мин. Визуализация регистрируемых кривых происходит в режиме реального времени.

Представление информации на экране дисплея осуществляется в нескольких стандартных формах, для каждой из которых обязательными являются краткая информация о пациенте, обновляемые величины заданных в данной МКС витальных параметров.

Широко используемые формы представления в МКС следующие.

1. Экран волновых форм. На экране движется несколько мониторируемых кривых по выбору врача, который оценивает состояние больного, ориентируясь, среди прочего, и на форму регистрируемых кривых.

2. Экран динамических трендов (изменений параметра во времени). Выводится динамика нескольких витальных параметров по выбору врача. По окончании каждой минуты осуществляется вывод вновь полученных величин витальных параметров.

3. Табличная форма представления. По оси абсцисс - параметры, по оси ординат - время. Форма снабжена линейками прокрутки. Таблица включает не только определенный в данной системе и относительно короткий перечень витальных параметров, но и все рассчитываемые показатели.

По окончании мониторинга или в любой момент по желанию врача выводятся табличный и графический отчеты в исходном или «свернутом» виде. МКС позволяет хранить информацию за последние 24 (48) ч наблюдения. Из этих систем информация может передаваться в базу данных ОРИТ. Кроме повременных «срезов» основных физиологических параметров, в базе данных отделения хранятся анамнестические данные, результаты всех лабораторных анализов, данные карты ведения больного, показатели инструментальных и радиологических методов исследования.

МКС могут использоваться в ОРИТ независимо. Однако в ряде медицинских организаций автоматизированные системы для постоянного интенсивного наблюдения являются важной составляющей АРМ персонала ОРИТ.

Среди автоматизированных систем для консультативной помощи в принятии решений выделяют: автоматизированные системы для распознавания патологических состояний с помощью методов вычислительной диагностики и автоматизированные консультативные системы для помощи в принятии решений на основе интеллектуального (экспертного) подхода.

Вычислительная диагностика (использование при решении задач клинической дифференциальной диагностики методов математической статистики и распознавания образов) была одним из первых направлений, которыми начала заниматься отечественная медицинская кибернетика.

Вычислительная диагностика используется для решения задач: дифференциальной диагностики; прогнозирования течения заболевания, оценки тяжести состояния, исхода заболевания; выявления лиц с повышенным риском заболевания при массовых диспансерных (профилактических, профессиональных) осмотрах.

Постановка задачи включает в себя формулирование перечня заболеваний (состояний, синдромов), которые необходимо распознавать с помощью создаваемого правила. Всех пациентов следует описывать значениями набора параметров, предположительно вносящих вклад в распознавание. Используется система кодирования параметров. Формируется обучающая выборка - совокупность медицинских карт с верифицированными диагнозами. Отбор пациентов в обучающую группу может осуществляться как ретроспективно, так и в проспективном режиме. Важно, чтобы отбор пациентов производился в соответствии со сформулированными критериями (включения и исключения).

Подходов к исследованию параметров на информативность при дифференциальной диагностике и решении задач прогнозирования много. К ним относится подсчет частот, методы параметрической и непараметрической статистики для исследования различий средних значений выборок и расчета корреляций, метод Байеса, точный метод Фишера и др. В результате такого исследования в рассмотрении остаются наиболее информативные параметры, число которых существенно сокращается без ущерба для конечной цели - распознавания дифференцируемых состояний.

Для получения диагностического алгоритма часто применяют методы множественного статистического анализа: дискриминантный, регрессионный, нейросетевой и др. Для этого используют известные статистические пакеты: SPSS, SAS, Statistica и др. Качество распознавания оценивают по-разному. Одним из распространенных критериев является процент правильных отнесений на обучающей выборке. Принято также оценивать чувствительность диагностического алгоритма и его специфичность. Распространенный способ оценки качества решающего правила - проведение скользящего экзамена: поочередного исключения каждого пациента из обучающей выборки, получения правила без него, подставления данных исключенного пациента в правило и оценки правильности диагностики. Наконец, для проверки правила часто прибегают к его исследованию на контрольной выборке (подробнее см. гл. 16).

В процессе разработки врач участвует в этой работе на этапах постановки задачи и при оценке полученного правила. Особенно полезны системы вычислительной диагностики для пользователей: молодых врачей-интернов, клинических ординаторов - и для применения в дистанционном режиме при неотложных состояниях.

В Российской Федерации с конца 70-х до середины 80-х годов прошлого века под руководством С.А. Гаспаряна осуществлялась масштабная программа по разработке и внедрению системы дистанционной консультативной диагностики. Целью разработки было создание системы вычислительной диагностики, позволяющей осуществлять дифференциальную диагностику заболеваний в дистанционном режиме при неотложных состояниях: ишемической болезни сердца, инфаркте миокарда, нарушениях мозгового кровообращения, травмах черепа, острых заболеваниях органов брюшной полости, таза, забрюшинного пространства. Система была внедрена на 48 административных территориях РФ на базе консультативных диагностических центров при отделениях санитарной авиации.

Дистанционная диагностика осуществлялась в круглосуточном режиме путем телефонного или радиообщения между врачом, обратившимся за консультацией, и дежурным оператором центра. Врач диктовал номера признаков формализованной карты осмотра больного дежурному оператору центра, который вводил эти данные в компьютер и передавал результаты диагностического заключения врачу, обратившемуся за консультацией. Применение системы вычислительной диагностики позволило поднять уровень правильно диагностированных случаев до 87%. Среди руководителей направлений были известные специалисты Е.В. Гублер, Л.Г. Ерохина, Г.А. Хай, Э.К. Цыбулькин.

Известный недостаток методов распознавания образов - непрозрачность логики принятия решений для медицинского персонала.

Методы математической статистики не всегда эффективны при анализе клинических данных, в особенности при редких заболеваниях, когда приходится иметь дело с малыми выборками. Поэтому наряду с обработкой данных широкое применение нашла и «обработка» знаний.

Знания - *это закономерности предметной области (принципы, связи, законы), полученные в результате как теоретических исследований, так и практической деятельности.* Системы, построенные на основе анализа знаний, полученных из литературы, при работе с высококвалифицированными врачами и из историй болезней, подвергнутых последующему формальному и содержательному исследованию, называют*интеллектуальными.* Системы, построенные на знаниях, извлеченных непосредственно в целевом общении с высококвалифицированными специалистами (экспертами в конкретной области медицины), называют*экспертными.*

При построении систем знания формализуют. Экспертная система оперирует с формализованными знаниями врачей-специалистов, имитируя логику человеческого мышления, основанную на знаниях и опыте экспертов с целью выработки рекомендаций или решения проблем. Одним из важных свойств экспертной системы является ее способность объяснить понятным для пользователя образом, как и почему принято то или иное решение.

Пользователями медицинских экспертных систем могут быть врачи предметной области, для которой разработана экспертная система, врачи смежных областей, врачи общей практики, а также ординаторы и интерны.

В экспертных системах реализуются четыре базовые функции: извлечение знаний, их представление, управление процессом поиска решения, разъяснение логики принятого решения. Экспертная система (ЭС) состоит:

• из самой ЭС, ядром которой является база знаний (БЗ) - совокупность знаний предметной области, записанная на машинном носителе в понятной пользователю и эксперту форме. Важные части БЗ: блок логического вывода - программа, моделирующая ход рассуждений эксперта, и подсистема объяснений - программа, объясняющая логику принятия решения; интерфейс пользователя - программа, позволяющая вести диалог с ЭС;

• блока разработки и модификации ЭС, главной частью которого является редактор базы знаний - программа, позволяющая специалисту-когнитологу (инженеру по знаниям) дополнять и изменять БЗ.

В последнее время к автоматизированным системам для консультативной помощи в принятии решений некоторые специалисты стали с оговорками относить и некоторые справочные системы, в том числе справочники медикаментов, взаимодействия лекарственных средств, регламентирующие документы и другие, определенным образом структурированные и обработанные. Это, конечно, не системы поддержки принятия решений, но уже и не обычные справочники. Информация в таких системах представляется в виде, облегчающем деятельность медицинского работника.

Автоматизированные рабочие места

Автоматизированное рабочее место - *это информационная система (или ее фрагмент), обеспечивающая решение конкретных медицинских (медико-организационных) задач с использованием средств автоматизации.*

Еще совсем недавно автоматизированное рабочее место (АРМ) медицинского работника позиционировалось как отдельный комплекс, обеспечивающий ряд функций. В настоящее время понятие АРМ все больше виртуализируется. Все чаще доступ к ресурсам

своего АРМ можно получить по коду доступа из любой точки входа в автоматизированную систему. Однако функционально понятие АРМ сохраняется.

Основными функциями автоматизированного рабочего места медицинского работника остаются следующие.

• Регистрация пациентов и направление на обследование к врачам-специалистам и на госпитализацию.

• Ведение медицинской документации.

• Поддержка лечебно-диагностических мероприятий, включая поддержку врачебных решений.

• Обработка данных и ведение электронного документооборота при проведении функциональных, инструментальных, радиологических и лабораторных исследований.

• Компьютерное моделирование в фармакологии при создании новых фармакологических препаратов и при анализе взаимодействия лекарственных средств между собой.

• Поддержка организационных решений, включая медико-тактические решения в чрезвычайных ситуациях.

• Медико-статистическая обработка данных.

• Расчет стоимости обследования и лечения.

• Доступ к информационным ресурсам и дистанционный обмен данными.

Среди *медико-технологических* АРМ выделяют:

• клинические - АРМ врачей лечебных отделений, врачей-консультантов (включая клинических фармакологов, иммунологов и т.п.), фельдшеров, медицинских сестер;

• функциональные - АРМ врачей функциональной диагностики, радиологических отделений, клинико-биохимических лабораторий и др.;

• фармакологические - АРМ специалистов, осуществляющих разработку новых лекарственных препаратов.

Среди *организационно-технологических* АРМ выделяют:

• организационно-клинические - АРМ заведующих отделениями, заместителей главных врачей по лечебной работе, главных специалистов;

• телемедицинские - АРМ сотрудников, обеспечивающих проведение телеконсультаций.

Среди *административных* АРМ выделяют:

• 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.

В зарубежных классификациях медицинских программных средств АРМ более всего соответствуют системы записи состояния здоровья - Computerized Physician Order Entry (CPOE) и по ряду функций системы поддержки принятия решений - Decision Support Systems (DSS).

Современные АРМ должны разрабатываться с соблюдением общих принципов их построения и функционирования. Это необходимое условие совместимости АРМ как между собой, так и с другими системами. АРМ имеют особенности, обусловленные их профилем. Например, АРМ врача-хирурга должен включать конструктор протоколов операций, в соответствии с профилем отделения; АРМ руководителя МО предполагает доступ к финансовой, хозяйственной, медико-статистической информации и электронным записям о пациентах; АРМ главного специалиста профильной службы территории позволяет анализировать деятельность службы в целом и ее структурных подразделений на территории районов и городов.

Информационная модель АРМ, включенных в состав более высокоуровневых информационных медицинских систем, например электронных историй болезни, корректируется с учетом особенностей построения МИС, в составе которой они функционируют. Это позволяет осуществлять на нижнем уровне системы ввод и первичную обработку данных о пациенте и выдачу на этот уровень решений, результатов исследований и листов назначений. На верхних уровнях системы осуществляются углубленный анализ и принятие решений.

Информационно-технологические системы

Информационно-технологические системы (ИТС) строятся по модульному принципу на основе объединения автономных или связанных подсистем. В их состав могут быть интегрированы как программно-аппаратные комплексы, так и АРМ медицинских работников. Результаты обработки информации со всех подсистем поступают в общую базу данных, что обеспечивает получение общей картины состояния пациентов. Кроме центральной БД, в ИТС могут функционировать базы данных подсистем.

Среди функций ИТС - создание и ведение медицинской документации; поддержка процессов наблюдения и лечения; формирование групп пациентов, требующих повышенного внимания, на основе оценки отклонений в состоянии здоровья; контроль за состоянием здоровья под влиянием факторов окружающей среды.

Автоматизированные системы диспансерных осмотров населения могут быть как автономными (для поддержки первичной диспансеризации либо массовых или профессиональных медицинских осмотров), так и составной частью больших диспансерных информационных систем, включающих вопросы общей профилактики, диспансеризации хронических больных, диспансеризации инвалидов. Такие системы должны поддерживать: анкетирование пациентов (или их родителей) по специальному опроснику с последующей обработкой полученной информации, доврачебное обследование средним медицинским персоналом, в том числе с применением электронной медицинской аппаратуры для антропометрии, измерения артериального давления, определения остроты зрения и т.п. В случае выявления отклонений система непосредственно после проведенных измерений выдает «подсказки» о необходимости дополнительных исследований. Затем осуществляется обследование терапевтом (педиатром) и врачами-специалистами, формирование медицинской документации, определение группы «риска».

Одна из известных систем профилактических осмотров детей «АСПОН-Д» была создана сотрудниками Ленинградского педиатрического медицинского института (ныне - Санкт-Петербургская государственная педиатрическая медицинская академия) и Научно-исследовательского и конструкторско-технологического института биотехнических систем под руководством И.М. Воронцова и В.М. Ахутина на основе технологии скринирующей диагностики нарушений здоровья. Ее особенность - возможность использовать «диагностические пороги» на угрозометрической шкале, что позволяет создавать группы риска заданной численности.

Электронная медицинская карта (ЭМК) - *это МИС, обеспечивающая автоматизацию электронного документооборота, оперативный обмен между участниками лечебно-диагностического процесса.*

Ядром базы данных ЭМК является «запись пациента», представляющая собой в частном случае электронный аналог истории болезни. Функции и общие принципы построения электронной истории болезни (ЭИБ) многопрофильного стационара едины для всех учреждений, а ее структура и методы реализации определяются особенностями конкретной больницы. Главная задача ЭИБ - документирование лечебно-диагностического процесса в сочетании с поддержкой управления им.

ЭМК - это новая технология, освобождающая медицинский персонал от значительной части действий, не требующих осмысления, предоставляющая врачам возможность просмотра записей и списков невыполненных предписаний, создающая условия для взаимодействия всех участников лечебно-диагностического процесса.

Среди разработанных информационных систем лечебных отделений наиболее полнофункциональными являются системы отделений реанимации и интенсивной терапии. Это объясняется рядом причин, среди которых - необходимость поддержки оперативного принятия решений врачами-реаниматологами и широкое использование мониторно-компьютерных систем, другой высокотехнологичной компьютеризированной аппаратуры. Персонал ОРИТ более подготовлен к работе «в среде» мощной автоматизированной системы.

Информационно-технологическая система ОРИТ нацелена на оптимизацию широкого круга задач: минимизацию нагрузки на медицинский персонал в отношении рутинных операций; организацию потоков информации и ее структурирование для формирования отчетов о состоянии дел в ОРИТ; поддержку врача при принятии решений (в том числе - о состоянии систем гомеостаза, при прогнозировании течения заболевания); отслеживание динамики количественных показателей; выбор данных для клинико-научного анализа.

Одной из первых систем, разработанных в нашей стране для ОРИТ, была «Информационная система отделения реанимации», созданная на базе московской больницы им. С.П. Боткина. Современная информационная система для отделений реанимации и интенсивной терапии «ИНТЕРИС», разработанная в Российском национальном исследовательском медицинском университете им. Н.И. Пирогова, представляет собой программно-аппаратный комплекс, который включает медицинскую аппаратуру, стандартное и специализированное программное обеспечение, персональные компьютеры, объединенные в локальную сеть. С «ИНТЕРИС» работают все сотрудники ОРИТ: заведующий отделением, врачи, средний медицинский персонал. Предусмотрено автоматизированное рабочее место в экспресс-лаборатории. Встроенная система идентификации пользователя определяет права доступа к ресурсам системы. Такие системы могут функционировать как на базе ОРИТ МО в автономном режиме, так и во взаимодействии с больничной информационной системой.

Создание и внедрение ИТС для клинических, функциональных, лабораторных отделений - важная и перспективная задача. Их внедрение в практику делает реальностью поддержку участников лечебно-диагностического процесса не только при ведении медицинской документации, но и на всех этапах оказания медицинской помощи больному. Однако в перспективе МИС отделений неизбежно станут сначала интегрируемыми системами, а затем и подсистемами МИС следующего уровня - АИС медицинской организации.

12.2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УРОВНЯ

Идеология разработки автоматизированных информационных систем лечебно-профилактических учреждений (сейчас принято говорить - медицинская организация) была разработана давно: первые в нашей стране концепции создания МИС МО написаны более 30 лет назад. В них подчеркивалось, что учрежденческая система создается как интегрированная совокупность средств для решения всех задач автоматизации деятельности МО. Все предложенные концепции декларировали подход «вокруг пациента», при этом отличались по порядку решения задач.

Однако условия для осуществления реальной разработки и развития учрежденческой системы появились только в 80-90-х годах прошлого века, в настоящее время есть примеры крупных МО, которые имеют 10-15-летний опыт разработки на их базе таких МИС и не представляют без них функционирования учреждения.

Основная цель информатизации медицинских организаций - повышение эффективности их деятельности, а именно: улучшение качества профилактического и лечебно-диагностического процессов, сокращение времени на обслуживание пациента за счет оптимизации затрат ресурсов, всесторонний анализ деятельности учреждения в целом и его структурных подразделений с выдачей информации для принятия управленческих решений. МИС МО оптимизируют информационные потоки и автоматизируют основные виды деятельности учреждения.

Такие системы различают по типам учреждений: госпитальные, поликлинические, диспансерные и т.д. Однако это деление условно: бывает, что в рамках единой технологии (на одной платформе) разрабатываются системы для разных типов учреждений.

МИС МО состоят из большого количества подсистем, которые объединяют в три группы: административные, организационные, медико-технологические.

Административные подсистемы служат для информатизации административно-управленческой и финансово-экономической деятельности учреждения, обеспечивая контроль за основными показателями деятельности МО и ее подразделений: расчетами со страховыми медицинскими организациями (СМО), за сроками лечения, выполнением своих обязанностей медицинским персоналом. Они включают АРМ главного врача и его заместителей, заведующего отделением медицинской статистики и др.

Организационные подсистемы используются для решения задач управления потоками информации на основе учета посещений, занятости коек и других показателей. Среди важнейших задач, решаемых с помощью организационных подсистем, - оптимизация учета и распределения всех ресурсов, включая диспетчеризацию пациентов.

Необходимость решения медико-технологических задач в рамках МИС МО декларировалась с момента написания первых концепций таких разработок. Однако большинство таких АИС в реальности предоставляют возможность ведения медицинской документации и пользования справочными данными, но не дают никаких средств поддержки собственно лечебно-диагностического процесса.

Разработка медико-технологических подсистем МИС МО - сложная ресурсо- и наукоемкая задача. Интегрирование имеющихся систем в силу отсутствия условий для «интероперабильности» (совместимости) может быть не менее сложным. В настоящее время есть попытки интегрирования с имеющимися системами: положительным примером является, например, интеграция МИС МО «Ариадна» и лабораторной системы фирмы «Брегис». Удачный пример совместной работы специалистов МИС МО - разработка реанимационной подсистемы сотрудниками Российского национального

исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова и ООО «Программы и комплексы» в рамках госпитальной информационной системы «АСКЛЕПИУС».

Медицинские организации Российской Федерации значительно различаются по уровням автоматизации, условно их три.

Первый подразумевает наличие в МО программного средства для ведения базы данных пациентов (прикрепленных к МО, пролеченных в стационаре) и учета оказанных в учреждении услуг для взаиморасчетов со СМО. Второй обеспечивает поддержку деятельности управленческого состава учреждения: главного врача и его заместителей, заведующего отделением медицинской статистики. Кроме функций, обеспечиваемых на первом уровне автоматизации МО, реализуется учет потоков движения больных. Третий уровень автоматизации МО подразумевает создание и внедрение полнофункциональной учрежденческой медицинской информационной системы с ведением электронной медицинской карты (электронной истории болезни) и поддержкой деятельности всех участников лечебно-диагностического процесса, включая врачей и средний медицинский персонал (рис. 12.1).

Разработка и внедрение АИС учреждения - длительный, ресурсоемкий, требующий настройки на конкретное учреждение процесс. И хотя он осуществляется поэтапно, внедрение МИС МО в учреждении идет не просто, так как несет в себе изменение технологии работы каждого сотрудника. Внедрение МИС МО окупается за несколько лет, и его полезность уже не подвергается сомнению.

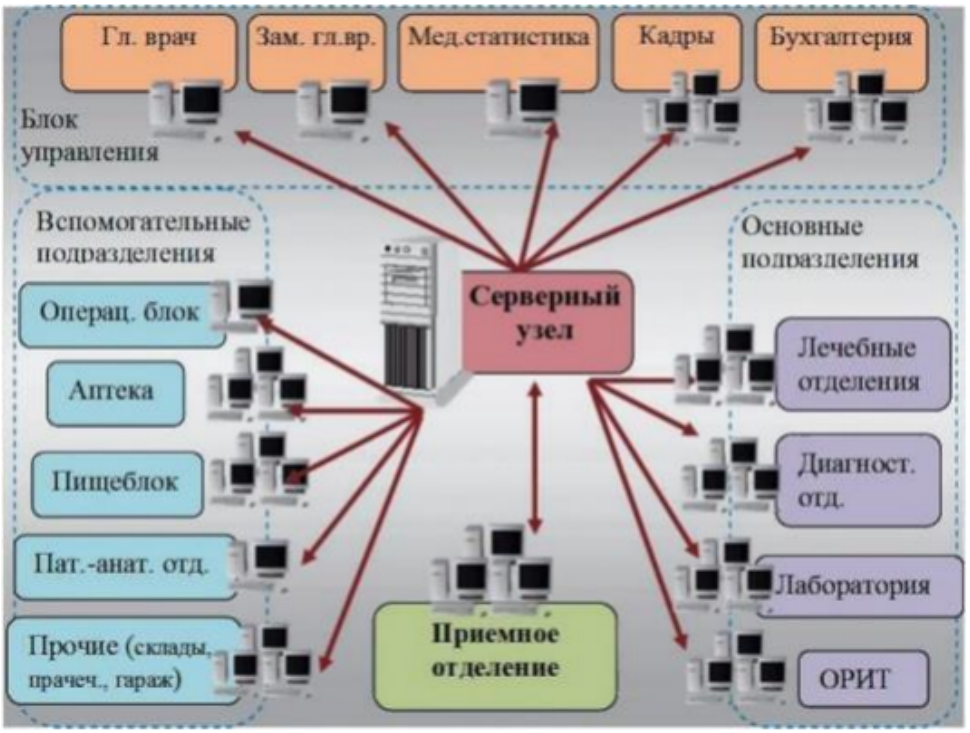


Рис. 12.1. Структурная схема автоматизированной информационной системы медицинской организации

Преимущество в настоящее время имеют те фирмы-разработчики МИС МО, которые предоставляют возможность поддержки медико-технологических компонентов: анализа, хранения сигналов и изображений, построения заключений, оценки динамики состояния пациента, а также стандартизации ведения медицинской документации.

Информационно-аналитические системы

Информационно-аналитические системы предназначены для поддержки принятия решений руководителями разных уровней здравоохранения на основе объективно сформированной медико-статистической отчетности. Субъектовые системы должны предоставлять возможности для анализа данных на вложенных уровнях: муниципальном и городском.

Среди важнейших функций информационно-аналитических систем территориального уровня следующие:

• создание и актуализация базы данных прикрепленного населения соответствующего территориального уровня;

• ведение регистров отдельных контингентов населения;

• оценка и анализ динамики состояния здоровья населения территории, включая социально значимые заболевания и эпидемиологическую картину;

• оценка состояния окружающей среды, установление связей факторов изменения среды и уровня заболеваемости;

• автоматизированное формирование форм государственной статистической отчетности;

• определение потребности в видах медицинской помощи, в том числе входящих в программу государственных гарантий;

• оценка дополнительного лекарственного обеспечения;

• отслеживание динамики деятельности МО;

• управление медицинскими службами;

• планирование и прогнозирование развития учреждений и служб здравоохранения территории.

В настоящее время на территории в большинстве случаев работает несколько разных систем: для оценки здоровья населения - на основе как статистической информации, так и первичных данных; системы социально-гигиенического мониторинга состояния окружающей среды; обязательного медицинского страхования; регистры по отдельным видам патологии.

Регистры в настоящее время позиционируются как проблемно-ориентированные системы, обычно территориального или федерального уровня. Они включают в себя персонифицированную актуализируемую базу данных, систему запросов и аналитические модули.

Создание многофункциональной территориальной АИС невозможно без реализации единого медицинского информационного пространства, объединяющего все медицинские учреждения региона. Формироваться оно может разными средствами, но они должны быть надежными как в плане защиты передаваемых данных, так и в плане доступности и скорости их доставки. Создавая территориальную АИС, нельзя забывать о самой нижней составляющей здравоохранения региона - фельдшерско-акушерских пунктах и участковых МО, без охвата которых «за бортом» единого пространства останется существенная часть населения России. Современные коммуникационные средства могут реально способствовать повышению доступности медицинской помощи на местах.

Создание единой среды невозможно без применения единых стандартов, классификаторов и кодификаторов.

АИС территориального уровня должна предоставлять пользователям данные в форме, облегчающей их интерпретацию (табличной, графической, картографической и т.д.), с необходимым уровнем поддержки решений.

Единая государственная информационная система здравоохранения

ЕГИСЗ - это метасистема, представляющая собой общероссийскую МИС. Она объединяет необходимую информацию по запросам с помощью общегосударственных протоколов обмена данными - о состоянии здоровья населения, окружающей среды, материально-технической базе отрасли здравоохранения страны, экономических аспектах ее функционирования и медицинских кадрах.

ЕГИСЗ должна обеспечивать задачи информационной и аналитической поддержки принятия стратегических и тактических решений по управлению развитием отрасли здравоохранения на основе всестороннего анализа медицинских данных и состояния окружающей природной среды.

Главные задачи медицинского фрагмента ЕГИСЗ следующие.

1. Оценка в динамике ситуации по состоянию здоровья населения в разрезе половозрастных, этнических, профессиональных групп на основе ведения полицевых баз данных с учетом факторов окружающей среды; кадрового состава отрасли здравоохранения; материально-технического оснащения.

2. Прогнозирование (включая средне- и долгосрочное) заболеваемости, инвалидизации, смертности населения, структуры показателей; предварительная оценка эффективности программ, нацеленных на улучшение ситуации.

3. Оценка в динамике и прогнозирование потребности населения в медицинской помощи (в том числе высокотехнологичной), лекарственных и немедикаментозных средствах.

Перспективный подход к созданию системы мониторинга здоровья населения - организация наблюдения с момента постановки на учет беременной в консультации с последующим ведением в родильном доме, затем в детских и взрослых МО с интегрированием информации на любом необходимом уровне. Такой подход подразумевает отслеживание факторов риска врожденной патологии, развития социально значимых и других заболеваний, инвалидизации. Он предусматривает обязательное использование общегосударственного идентификатора пациента, широкое применение стандартов обмена информацией между МИС.

Самым сложным для реализации единого информационного пространства, объединяющего различные медицинские организации, остается нижний уровень - приближенный к пациенту.

Возвращенный приоритет профилактической направленности здравоохранения с периодическими диспансеризациями населения может обеспечить своевременное выявление заболеваний на ранних стадиях и лучшие результаты по их излечению.

Перспективны для своевременного выявления патологии также системы оценки состояния работников предприятий, работающих в условиях вредных производств. Такие системы должны обеспечивать мониторинг и анализ профессиональных вредностей.

Информатизация здравоохранения должна охватить все уровни здравоохранения: клинический (доврачебный, врачебный, отделенческий), учрежденческий, сельский, районный, городской, субъектовый, федеральный.

Самая важная задача информатизации здравоохранения на современном этапе - задача интеграции МИС. Это важно как для решения проблем каждой предметной области, так и

для преемственности оказания медицинской помощи; наконец, это необходимо также для реализации обратных связей при решении самых разных клинических и управленческих задач.

ГЛАВА 13. ЗНАЧЕНИЕ СТАНДАРТОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Стандарт - *это документ, в котором в целях многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации, выполнения работ или оказания услуг.* Стандарт может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке и правилам их нанесения (например, в Службе крови).

Стандарт имеет распространение в пределах компетенции органа стандартизации. В России компетентный орган - Госстандарт России. Различают следующие уровни стандартизации.

1. Международная стандартизация. Один из самых известных органов по стандартизации - International Organization for Standardization (ISO, ИСО) (www.iso.org). Нормативный документ ИСО - стандарт ИСО.

2. Межрегиональная стандартизация. Охватывает ряд независимых государств (СНГ, стран ЕС и др.). Нормативный документ - межрегиональный стандарт.

3. Национальная стандартизация. Это стандартизация в пределах одного государства. Нормативным документом по национальной стандартизации в России установлен Государственный стандарт России - ГОСТ Р.

4. Отраслевая стандартизация. Стандарты разрабатываются министерствами и ведомствами. Нормативный документ - отраслевой стандарт (ОСТ).

5. Стандарты группы компаний.

6. Стандарты организаций - стандарты предприятий (СТП), обществ и т.п.

Различают стандарты обязательного и добровольного исполнения.

13.1. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТАНДАРТОВ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

Обмен информацией - ключевой компонент в любой системе. В области здравоохранения информация циркулирует между организациями, врачами, учеными, другими специалистами, а в последние годы - между медицинскими информационными системами - как одного, так и разных уровней.

Для эффективной коммуникации необходимо, чтобы отправители и получатели информации использовали общую методологию взаимодействия. Стандарты предоставляют такую методологию, внося единообразие в определение и описание компонентов медицинской информационной системы, например, таких, как диагнозы, заболевания, операции, лекарственные средства и др.

Разработка индивидуальных решений под отдельную проблему возможна при краткосрочной перспективе. Однако такие специализированные решения становятся практически несовместимыми с количеством решаемых задач и увеличением количества систем, процессов и организаций, между которыми необходима интеграция.

Стандартные решения могут быть более сложными для реализации, но их можно адаптировать и масштабировать ко множеству различных сценариев использования.

Необходимость взаимодействующих систем очевидна в любой части здравоохранения. Например, врач лечебного отделения стационара должен иметь доступ к истории жизни пациента и развития заболевания, списку принимаемых препаратов, лабораторным результатам, данным инструментальных исследований, актуальным величинам витальных параметров, чтобы иметь возможность предоставить адекватное лечение. Для обеспечения должного наблюдения за пролеченным пациентом ему необходимо иметь возможность направить результаты лечения врачу общей практики, осуществляющему дальнейшее наблюдение за пациентом. Пока нереально ожидать, что пациент будет самостоятельно собирать все фрагменты информации о его лечении из различных независимых информационных систем. Интероперабельные системы должны обмениваться информацией постоянно и автоматически, предоставлять информацию врачу в удобном виде.

Интероперабельность (от англ. *interoperability) - способность к взаимодействию между независимыми информационными системами.*

Интероперабельность требует создания, принятия и реализации стандартов, чтобы гарантировать сохранность смысла и контекста информации в различных процессах в здравоохранении.

Стандарты в здравоохранении должны определять правила для электронного хранения и обмена данных пациента. В идеале единый конечный набор стандартов должен обеспечить эффективный доступ к текстовой, числовой информации и изображениям, предоставляя возможность совместного использования информации врачами, страховщиками, администраторами и потребителями услуг.

К сожалению, в здравоохранении стандарты разрабатываются множеством организаций, что приводит к значительным сложностям в вопросе обеспечения интероперабельности систем.

Случаи лечения обычно являются набором взаимодействий между врачами, пациентами, страховыми компаниями и государственными учреждениями, данные часто слабо формализованы, им свойственно преобладание свободного текста.

Интероперабельность строится на двух важных понятиях:

1) синтаксическая (функциональная) интероперабельность;

2) семантическая интероперабельность.

Синтаксис определяет структуру для взаимодействия. Примером стандарта синтаксической интероперабельности может служить стандарт сообщений HL7 версии 2.x. (см. 13.3).

Семантика определяет значение передаваемых данных. Номенклатура клинических терминов SNOMED CT, кодификатор LOINC, архитектура клинических документов HL7 CDA являются примерами стандартов для обеспечения семантической интероперабельности.

Доступные в настоящее время стандарты предоставляют возможность для реализации обоих видов интероперабельности и могут быть разделены на 6 категорий.

1. *Стандарты для обмена данными и сообщениями.* Эти стандарты обеспечивают процесс обмена данными между системами и организациями, определяя формат, элементы и структуру данных. Среди самых известных и распространенных стандартов этой группы - стандарты HL7 для административных и клинических данных, DICOM для медицинских изображений.

2. *Терминологические стандарты.* Эти стандарты определяют коды для клинических понятий, таких, как заболевания, диагнозы, аллергические реакции, медикаменты.

Примеры терминологических стандартов - МКБ, SNOMED CT для клинических терминов, LOINC для лабораторных результатов.

3. *Стандарты документов.* Данные стандарты определяют типы информации, которые могут быть включены в документ, а также разделы документа, в которых эта информация может быть найдена. Самый известный и в перспективе наиболее применимый из таких стандартов - «Архитектура клинических документов» (HL7 CDA), стандарт для создания и обеспечения обмена любым документом, классифицированным как клинический документ, как, например, первичный осмотр, протокол операции или выписной эпикриз.

4. *Концептуальные стандарты.* Стандарты этой группы содержат методологию для понимания понятий клинических данных и того, как эти данные могут перемещаться между системами без потери смысла или контекста. Примером этой группы может быть HL7 RIM (Базовая информационная модель), которая предоставляет методологию описания клинических данных и контекста.

5. *Стандарты приложений.* Эти стандарты определяют пути реализации бизнес-логики и то, как пользователи будут взаимодействовать с программным обеспечением. Примером может служить реализация возможности единичного подключения, обеспечивающего пользователям доступ ко множеству приложений с одного рабочего стола, - стандарты, разрабатываемые CCOW (HL7 Clinical Content Object Workgroup), для доступа ко множеству неинтегрированных баз данных.

6. *Архитектурные стандарты.* Это стандарты, определяющие логистические вопросы.

13.2. ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТОВ ПО ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Для разработки международных стандартов в области информатизации и коммуникационных технологий в здравоохранении Международной организацией по стандартизации (ISO) создан технический комитет (TC 215 ISO) «Health Informatics» - «Информатизация здоровья». Им опубликовано уже более сотни стандартов. Данные стандарты нацелены на обеспечение интероперабельности.

Комитет состоит из нескольких рабочих групп (Working Groups, WG), каждая из которых занимается определенным аспектом работы с электронными медицинскими записями (Electronic Health Records, EHR):

- CAG 1: Исполнительный совет (Executive council, harmonization and operations);
- WG 1: Структура данных (Data structure);
- WG 2: Сообщения и коммуникации (Messaging and communications);
- WG 3: Представление понятий здравоохранения (Health Concept Representation);
- WG 4: Конфиденциальность и безопасность (Privacy and Security);
- WG 6: Аптека и медикаменты (Pharmacy and medicines business);
- WG 7: Приборы (Devices);
- WG 8: Бизнес-требования для электронных медицинских записей (Business requirements for Electronic Health Records);
- WG 9: Согласование работы организаций по разработке стандартов (SDO Harmonization).

Применение стандартов ISO добровольное.

В нашей стране Комитет по стандартизации был создан 15 сентября 1925 г.

Государственные стандарты (ГОСТ) были обязательными документами для всех предприятий и организаций в различных отраслях промышленности до 1992 г. С 1992 г. государственные стандарты носят добровольный характер в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», принятым в конце 2002 г.

В мае 2004 г. Государственный комитет по стандартизации и метрологии был преобразован в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование, с 2010 г. - Росстандарт). В настоящее время Росстандарт - это федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий межотраслевую координацию и функциональное регулирование в сфере оценки стандартизации, метрологии и соответствия.

Росстандарт выполняет роль национального органа по стандартизации в России и представляет Россию в международных (и региональных) организациях по стандартизации.

В 2005 г. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации на базе ФГУ ЦНИИО-ИЗ Минздрава России был создан национальный технический комитет по стандартизации № 468 «Информатизация здоровья» с функцией постоянно действующего национального рабочего органа ТК 215 ИСО (ТК-468).

Задачи, решаемые ТК-468:

• гармонизация нормативных документов и стандартов с действующими международными стандартами;

• создание стандартов для обеспечения процедур подтверждения соответствия медицинских информационных систем требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации для содействия потребителям в компетентном выборе продукции (услуг);

• рассмотрение нормативных документов и стандартов организаций здравоохранения на предмет соответствия закону «О техническом регулировании»;

• разработка национальных стандартов в области информатизации здоровья и стандартов медицинских организаций по применению информационных технологий.

В состав ТК-468 входят следующие подкомитеты:

• ПК № 1 «Данные и системное моделирование в области информатизации здоровья»;

• ПК № 2 «Обмен сообщениями и коммуникация в области информатизации здоровья»;

• ПК № 3 «Концептуальные представления в области здоровья»;

• ПК № 4 «Защита информации в области здоровья»;

• ПК № 5 «Информационные карты здоровья»;

• ПК № 6 «Информация в сфере фармацевтической и аптечной деятельности»;

• ПК № 7 «Информатизация медицинской деятельности с использованием информологии».

Действующие национальные стандарты:

• ГОСТ Р 52636-2006 «Электронная история болезни. Общие положения»;

• ГОСТ Р 52979-2008 «Информатизация здоровья. Состав данных сводного регистра застрахованных граждан для электронного обмена этими данными. Общие требования»;

• ГОСТ Р 52977-2008 «Информатизация здоровья. Состав данных о взаиморасчетах за пролеченных пациентов для электронного обмена этими данными. Общие требования»;

• ГОСТ Р 52978-2008 «Информатизация здоровья. Состав данных о лечебно-профилактическом учреждении для электронного обмена этими данными. Общие требования»;

• ГОСТ Р 52976-2008 «Информатизация здоровья. Состав первичных данных медицинской статистики лечебно-профилактического учреждения для электронного обмена этими данными. Общие требования»;

• ГОСТ Р 53395-2009 «Информатизация здоровья. Основные положения». В стандарте установлено общее для РФ понятие комплекса национальных стандартов информатизации здоровья как совокупности «взаимоувязанных стандартов, определяющих требования, нормы и правила, способы и методы, направленные на применение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в сфере здравоохранения».

Объекты, к которым предъявляются требования в стандартах, могут относиться к разным ведомствам, предъявить им требования со стороны одного ведомства не представляется возможным, поэтому необходимы разработка и применение стандартов, обеспечивающих взаимодействие.

Существующая процедура разработки и принятия стандарта подразумевает его широкое обсуждение, учет всех замечаний и предложений, что не допускает принятия стандарта с учетом интересов какой-либо одной организации.

Порядок разработки стандарта включает в себя:

1) разработку первой редакции национального стандарта;

2) уведомление о разработке стандарта;

3) публичное обсуждение первой редакции стандарта;

4) подготовку второй (окончательной) редакции национального стандарта;

5) уведомление о завершении публичного обсуждения;

6) разработку сопроводительных документов;

7) официальное направление в Росстандарт текста стандарта;

8) экспертизу национального стандарта;

9) принятие решения об утверждении;

10) подготовку проекта приказа;

11) редактирование текста стандарта, направление в набор;

12) приказ об утверждении, номер стандарта.

Каждый этап разработки стандарта регламентирован во времени.

Определение требований к медицинским информационным системам и контроль их качества путем сертификации - единственный законный и действенный механизм при регулировании разработки и внедрении МИС.

Сертификация - *форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.*

Подтверждение соответствия подразумевает документальное удостоверение соответствия продукции (в нашем случае - МИС) сформулированным требованиям.

13.3. СТАНДАРТЫ HEALTH LEVEL SEVEN

Health Level Seven International (HL7) - организация, регламентирующая разработку международных стандартов в области медицинской информатики и интероперабельности.

HL7 предоставляет методологию (и соответствующие стандарты) для обеспечения информационного обмена, интеграции, совместного доступа и получения электронной медицинской информации. Члены HL7 организованы в рабочие группы (WGs).

HL7 разрабатывает международные стандарты, поэтому имеет около 40 филиалов по всему миру, в том числе с 2009 г. - в Российской Федерации, а также активно взаимодействует с другими международными и региональными организациями по разработке стандартов, например с Европейским комитетом по стандартизации (European Committee for Standartization - CEN) и ISO. В настоящее время многие стандарты HL7 получили статус ISO-стандартов и идет процесс их гармонизации со стандартами CEN.

Организация HL7 имеет официальные отношения с другими крупными организациями по разработке стандартов, в том числе: ASTM (Американское общество по испытанию материалов), CEN TC/251 (Европа), DICOM (Цифровые изображения и коммуникации в медицине), IEEE (Институт электротехники и электроники) и многими другими.

HL7 разрабатывает стандарты в следующих областях: концептуальное моделирование (HL7 RIM), медицинская документация (HL7 CDA), стандарты приложений (HL7 CCOW) и стандарты обмена сообщениями (HL7 v2.x and v3.0), стандарт FHIR.

В основе разработки современных стандартов HL7 (v3.0) лежат Базовая информационная модель (Reference Information Model, RIM) и Методология разработки HL7 (HL7 Development Framework - HDF). С помощью RIM представляются клинические данные определенной области. HDF описывает методологию разработки стандартов HL7: открытие проекта, определение требований, дизайн стандарта, способы реализации, процесс утверждения. Стандарты HL7:

• Version 2.x Messaging Standard - спецификация интероперабельных транзакций в здравоохранении;

• Version 3 Messaging Standard - спецификация интероперабельных транзакций в здравоохранении на основе RIM;

• Version 3 Rules/GELLO - стандартный язык выражений для систем поддержки принятия решений;

• Clinical Context Object Workgroup (CCOW) - спецификация для интеграции пользовательских приложений;

• Clinical Document Architecture (CDA) - модель для обмена клиническими документами на основе HL7 version 3;

• Electronic Health Record (EHR) / Personal Health Record (PHR) - описание функциональности для электронных медицинских записей;

• Structured Product Labeling (SPL) - спецификация для указания информации о медикаменте на основе HL7 version 3.

Еще одна известная международная организация, нацеленная на улучшение методов обмена информацией между медицинскими информационными системами, - IHE (Integrating the Healthcare Enterprise). Она была основана в 1997 г. консорциумом радиологов и специалистов по информационным технологиям. IHE собирает требования,

определяет доступные для использования стандарты, а также разрабатывает руководства, которые могут быть использованы при реализации проектов по информатизации в здравоохранении.

IHE также организует съезды, на которых производители могут проверить и продемонстрировать возможность интероперабельности между своими продуктами. Деятельность IHE нацелена на разработку открытых и глобальных профилей интеграции IHE, а также на развертывание интероперабельных систем на уровне регионов.

Профили интеграции IHE описывают клиническую информацию, необходимую для организации определенного рабочего процесса, и документируют, каким образом использовать стандарты (например, HL7, DICOM, LOINC) при их реализации. Интеграционные профили описывают базовые функциональные элементы, которые могут быть повторно использованы во множестве IT-приложений.

13.3.1. HL7 версии 2.x

Стандарты HL7 версии 2 разрабатываются с 1988 г. и называются в общем HL7 v2.x, - это протоколы обмена административными и клиническими данными через сообщения. Обычно сообщения HL7 v2.x кодируются с использованием символов ASCII (American Standard Code for Information Interchange - кодировочная таблица) и разделителей.

Исходной нацеленностью стандартов HL7 версии 2.x было обеспечение информационных потоков внутри медицинской организации. Первые стандарты HL7 версии 2 были выпущены в 1989 г.

HL7 v2.x определяет содержание каждого поля (например, диагноза), но может оставить на усмотрение разработчиков решение о том, будет ли поле заполнено свободным текстом или будет использовать стандартную терминологию.

Сообщения HL7 версии 2 позволяют наладить интероперабельное взаимодействие между различными электронными медицинскими системами, такими, как системы движения пациентов, лабораторные информационные системы, аптечные системы, электронные медицинские карты.

Стандарт не определяет того, как сообщения должны передаваться (напрямую через TCP/IP, через файловый обмен, через веб-сервис и т.п.). Однако стандарт HL7 v2.x может иногда рекомендовать те или иные протоколы, хотя это не обязательно.

В России есть опыт применения стандартов HL7 версии 2.x для обмена как внутри МИС МО, так и между МИС разных уровней.

Зарубежный опыт использования стандартов HL7 версии 2.x показал, что они хорошо работают при реализации обмена медицинской информацией между разнородными системами в рамках одной организации, а при попытках создания информационного взаимодействия в региональном или национальном масштабе возникли проблемы, которые обусловили появление HL7 версии 3.

Последней версией стандарта HL7 v2.x на данный момент является v2.8.

13.3.2. HL7 версии 3

Стандарты HL7 версии 3 нацелены на поддержку всех информационных потоков в здравоохранении. В отличие от версии 2, стандарты HL7 версии 3 разрабатываются с использованием формализованной методологии (HDF) и объектно-ориентированных принципов. Стандарт HL7 версии 3 разрабатывался с 1995 г., впервые был опубликован в 2005 г.

Базовая информационная модель (RIM) является краеугольным камнем процесса разработки HL7 версии 3. RIM позволяет определить данные, необходимые в

определенном клиническом или административном контексте и предоставляет возможность выразить семантические и лексические связи между информацией, передаваемой в сообщении HL7.

Методология разработки HL7 версии 3 (HL7 Development Framework - ISO/HL7 27931) активно развивается, нацелена на интероперабельность между медицинскими информационными системами. HDF документирует не только разработки по обмену сообщениями, но также и процессы, инструменты, действующие лица, правила, относящиеся к разработке любых спецификаций HL7.

Стандарты обмена сообщениями HL7 версии 3 определяют наборы электронных сообщений (также называемых взаимодействиями), которые позволяют обеспечить поддержку всех информационных потоков в здравоохранении. Для кодирования сообщений версии 3 в настоящее время используется язык разметки XML.

Основная цель HL7 v3 - предоставление стандарта, который может служить основой для информатизации взаимодействия между объектами. Основы разработки стандартов HL7 версии 3:

- формальная объектно-ориентированная методология проектирования;
- акцент на использование контролируемых словарей;
- стандартная транспортная спецификация (XML). Архитектура клинических документов HL7 версии 3 (Clinical

Document Architecture, CDA - ISO 10781) - это стандарт для кодирования структуры и семантики клинических документов для целей обмена. В настоящее время распространен CDA Release 2.

Документ CDA - самостоятельный и полный информационный объект, имеющий реквизиты, позволяющие идентифицировать автора документа. В состав документа CDA, кроме текста, могут включаться изображения, звуки, другое содержание.

Поддержку HL7, в том числе CDA, декларируют многие отечественные разработчики медицинских информационных систем уровня учреждения.

Стандарт HL7 версии 3 включает множество спецификаций, которые объединены в группы по определенным критериям - например, по отношению к той или иной области. HL7 версии 3 содержит в себе специальные инструменты, например язык кодирования медицинских знаний (медицинских логических модулей - Medical Logic Modules), называемый *синтаксисом Ардена.*

13.4. МЕЖДУНАРОДНЫЕ НОМЕНКЛАТУРЫ И СТАНДАРТЫ

Проблемы интеграции МИС усугубляются чрезвычайно большой размерностью пространства понятий, используемых в медицинской практике, разнообразием медицинской информации, отсутствием единой терминологии, отсутствием однозначности интерпретации одних и тех же явлений, субъективной качественной оценкой признаков. Выход - в разработке международных терминологических стандартов для кодирования медицинских терминов.

13.4.1. SNOMED CT

Систематизированная номенклатура медицинских/клинических терминов SNOMED (Systematized Nomenclature of Medicine) развивается на протяжении около 50 лет. Начавшись с номенклатуры патологий (SNOP), созданной Американским институтом патологоанатомов (College of American Pathologists), она продолжилась как SNOMED, SNOMED II, version 3.0/international, SNOMED version 3.5, SNOMED RT и, наконец, SNOMED CT (SNOMED Clinical Terms), включающей множество терминов

здравоохранения со всесторонним охватом описания болезней, клинических данных, этиологии, лечения, процедур и исходов.

Номенклатура медицинских терминов SNOMED стала одним из важных международных стандартов. В настоящее время терминология используется более чем в 50 странах мира. Изменения международной редакции SNOMED CT выходят дважды в год, гарантируя соответствие терминологии последним тенденциям развития медицинской сферы. Каждая редакция включает ключевую терминологию (понятия, определения и связи) и информацию, необходимую для реализации и использования SNOMED CT, в том числе карты существующих классификаций, схемы кодирования и обширный набор рекомендаций и документов.

SNOMED CT находится в собственности и распределяется через Организацию по разработке международных стандартов в сфере здравоохранения - IHTSDO (The International Health Terminology Standards Development Organisation - www.ihtsdo.org). IHTSDO - некоммерческая многонациональная организация, базирующаяся в Копенгагене.

В настоящее время в разработку и внедрение терминологии SNOMED CT и относящихся к ней стандартов включены 15 стран. Взносы стран-участниц определяются по скользящей шкале и зависят от национального дохода. При этом стандарты IHTSDO бесплатно доступны на территории этих стран.

В 2011 г. IHTSDO дважды объявляла о новой политике, предоставляющей привилегии международным генетическим базам данных, и о том, что будет бесплатно выдавать партнерские лицензии на использование англоязыкового варианта клинических терминов и идентификаторов SNOMED CT для согласованных научно-исследовательских проектов, связанных с информационными технологиями, а также пользователям из стран, обозначенных Всемирным банком как страны с низким уровнем дохода. По мнению IHTSDO, это поможет расширить географию использования стандартизированной клинической терминологии в мире.

В настоящее время полной версии SNOMED CT на русском языке нет. Не решен и вопрос с оплатой за пользование номенклатурой SNOMED CT, так как наша страна не относится к странам с низким уровнем дохода. Однако первый опыт применения номенклатуры есть, и он позволяет судить о перспективности использования SNOMED CT в российской практике.

Номенклатура SNOMED CT быстро развивается: на январь 2002 г. она включала в себя 275 000 уникальных понятий, в 2009 г. - свыше 310000 и более 1,3 млн связей или отношений между ними.

SNOMED CT представляет собой иерархическую - древовидную - структуру, где на верхнем уровне находится несколько элементов, под каждым из которых, в свою очередь, один или несколько элементов нижележащего уровня и т.д. Структура SNOMED CT включает в себя 6 разновидностей иерархий на верхнем уровне:

1) Subtypes hierarchy / подтипы иерархии;

2) Concepts with related value / концепции (понятия) с относительной величиной;

3) SNOMED CT Top Level Navigation Hierarchy (v1) - верхний уровень перемещения по сетям иерархической структуры;

4) Read-4B Navigation (v6) / коды Рида 4B Навигация (v6);

5) Read-v2 Navigation (v6) / коды Рида v2 Навигация (v6);

6) CTv3 Navigation (v8) / Клиническая терминология версии 3, ранее известная как Коды Рида версии 3.

Если SNOMED CT можно рассматривать как тип иерархии, то затем идут 19 терминов (табл. 13.1), озаглавливающих определенные, связанные взаимными ссылками классификации (они могут быть названы подтипами иерархии), далее каждый из подтипов раскрывается в под-подтипы иерархии и т.д. Каждое понятие (концепт-элемент представления знаний) имеет свой идентификатор (код).

Таблица 13.1. Подтипы иерархии (Subtypes Hierarchy) номенклатуры SNOMED CT

Идентификатор (код) SNOMED	Название раздела (термина и т.д.)	Перевод	Синоним
123037004	Bodystructure	Строение тела	Структура тела (топография)
404684003	Clinicalfinding	Клинические данные	Клинические показатели
308916002	Environment or geographical location	Окружающая среда или географическое местоположение	
272379006	Event	Событие	Исход (результат)
106237007	Linkageconcept	Концепция связи	Понятие соединений
363787002	Observable entity	Наблюдаемая сущность (наблюдаемые проявления)	Наблюдаемая данность (заметные различия)
410607006	Organism	Организм	Микроорганизм (микроб, микрофлора)
373873005	Pharmaceutical/ biologic product	Фармацевтический/ биологический продукт	
78621006	Physicalforce	Физическое воздействие	Соматическая сила
260787004	Physicalobject	Физический объект	Медицинский объект
71388002	Procedure	Процедура	Методика проведения
362981000	Qualifiervalue	Квалификационная оценка	Уточняющее значение
419891008	Recordartifact	Предмет записи	

Окончание табл. 13.1

Идентификатор (код) SNOMED	Название раздела (термина и т.д.)	Перевод	Синоним
243796009	Situation with explicit context	Ситуация с ясным смыслом	Состояние с ясным контекстом
48176007	Socialcontext	Социальный контекст	Социальный фон
370115009	Special concept	Специальное понятие	Особый смысл (особый концепт)
123038009	Specimen	Образец	Экземпляр, проба,

			препарат
254291000	Staging and scales	Определение стадии и размера	Шкалирование и шкалы (тестов)
105590001	Substance	Вещество	Материал

При углубленном запросе понятий по каждому представленному подтипу иерархии видно, каким образом идет описание.

Подтип «Топография (структура, строение тела)» включает в себя подподтипы иерархии об анатомических особенностях, совокупности анатомических мест для возможной локализации опухолей, характерных и нехарактерных локализациях, о морфологических изменениях структуры и пр.

Подтип «Клинические данные» включает в себя административные данные, классы неблагоприятного исхода, историю болезни и данные наблюдений, показатели клинических стадий, данные о деформации, заболевании, воздействии лекарств, ферментативной активности и др.

Подтип «Окружающая среда или географическое местоположение» описывает географический и (или) политический регион мира.

Подтип «Событие/исход» содержит сведения о несчастном случае, смерти, злоупотреблении лекарствами, наркотиками, воздействии потенциально опасных веществ, о факторах, представляющих непосредственную опасность жизни и здоровью, о намеренном вреде себе, убийстве, перенапряжении и пр.

Подтип «Концепция связи» включает наименования взаимосвязей и ссылок между понятиями, их значения.

В подтипе «Наблюдаемая сущность» представлены данные о лекарственной и лучевой терапии, особенностях организма, различимых гематологических показателях, опухолях и изображениях, поддающихся визуализации, молекулярных, генетических и (или) клеточных различиях, мониторинге данных, популяционной статистике.

В подтипе «Организм» представлены инфекционные агенты, микроорганизмы, патогенные организмы, формы жизненного цикла и пр.

В подтипе «Фармацевтический/биологический продукт» представлены группы лекарственных препаратов.

В подтипе «Физическое воздействие» описаны возможные неблагоприятные воздействия на организм: высота, электричество, взрыв, огонь, сырость, облучение, сдавливание, звуковая волна, крайние температуры, тепловой удар, травматический фактор и пр.

Подтип «Физический/медицинский объект» содержит описание устройств, аппаратов, больничного инвентаря, печатных материалов и пр.

Подтип «Процедура/методика проведения» описывает родовспомогательную методику, лабораторные методики, методики уборки помещения, социальной службы, процедуры для амбулаторного больного, процедуры по назначению, по методу, по приоритету, по месту, процедуры, связанные с анестезией и воздействием седативного средства, со вскармливанием, режимы и лечение, инструкции дозирования, лабораторные анализы и др.

Подтип «Квалификационная оценка» описывает агентства и организации, льготы и права, классификационные системы, клинические специальности, идентификаторы,

инструкции по дополнительному дозированию, анатомические ориентиры, временные циклы, общие и клинические стадии болезней и (или) опухолей и др.

Подтип «Предмет записи» включает типы документов и отчетов, их составляющие и др.

Подтип «Ситуация с ясным смыслом» включает такие понятия, как факт обнаружения патологии, факторы риска (социальные, медицинские, от предыдущей беременности, во время родов и пр.), семейное наследование заболевания, ответ на лечение и др.

Подтип «Социальный контекст» включает в себя данные о социальном, экономическом, психосоциальном положении, т.е. такие понятия, как семья, стиль жизни и пр.

Подтип «Специальное понятие (особый смысл)» включает неактивные и навигационные понятия, области понятий.

В подтипе «Образец (экземпляр, проба, препарат)» описаны препараты данных биопсии, препараты костного мозга, лимфатического узла, зародыша, сердечно-сосудистый, мышечно-скелетный и дерматологический препараты, пробы жидкости, пищи, генетическую пробу, цитологический материал, данные соскоба, образцы от структур головы и шеи, от нижней конечности, от верхней конечности, от нерва, от пищеварительной системы, образцы, полученные при ампутации, при аспирации, при промывании, хирургически удаленный образец, мазок и т.д.

В подтипе «Шкалирование и шкалы» представлены оценка градаций, оценка признака, классификация эндометриоза, гистологические ранжированные системы, системы классификации вируса иммунодефицита человека, определение стадии опухоли.

Подтип «Вещество (материал)» содержит класс аллергенов, биологические вещества, медикаменты, вещества, распределенные по категориям опасности, вещества неправильного или ошибочного употребления (вещества злоупотребления) и др.

Разработчики систематизированной номенклатуры медицинских (клинических) терминов SNOMED каждому термину приписали отдельный код. При этом синонимы не сгруппированы, возможные варианты близких понятий имеют различные коды. Обозначения одного и того же термина, состоящие, например, из двух слов, при перестановке слов местами также имеют отдельные коды, как и варианты описания терминов с сокращениями и без сокращений.

Итак, номенклатура медицинских (клинических) терминов SNOMED CT, предназначенная для формализации описания клинических наблюдений и обеспечивающая передачу смысла при обмене информацией, может выступать в качестве основы для кодирования при создании электронной медицинской документации.

Представляется важным иметь в нашей стране возможность использования SNOMED CT - международной стандартизированной клинической терминологии. Номенклатуру реально использовать в настоящее время, начиная с объемов, определяемых конкретными проектами, и выполнять их, пользуясь общедоступными браузерами.

13.4.2. LOINC

Logical Observation Identifier Names and Codes (LOINC) - «Логические идентификаторы наблюдений: названия и коды» - кодификатор лабораторных и клинических терминов. В отечественных источниках ее название переводится как «Наименования и коды врачебных и лабораторных наблюдений».

Разработкой LOINC с 1994 г. занимается североамериканская организация Regenstrief Institute, Inc. LOINC используется более чем в 140 странах мира.

Цель разработки и внедрения LOINC - содействие обмену и объединению результатов исследований. Большинство клинико-диагностических лабораторий мира кодируют результаты тестов с помощью собственных внутренних кодов. Для того чтобы медицинские информационные системы могли принять результаты проведенных исследований, необходимо либо каждый раз создавать перекодировщик из внутренней системы кодов в свою, либо использовать LOINC.

LOINC позволяет определить не только тип выполненного теста, но и особенности методики его проведения. Для этого в LOINC предусмотрено 6 главных классифицирующих осей, логическое взаимодействие которых и выделяет уникальный параметр в классификации.

1. Component field - множество параметров, которые измеряются, оцениваются, наблюдаются (например, эритроциты, время свертывания крови, парциальное давление кислорода и т.д.).

2. Kind of property - тип свойства, измеряемого у исследуемого параметра (например, масса, молярная концентрация и т.д.).

3. Time aspect - интервал времени, в течение которого проводится исследование (например, одномоментное, в течение часа, в течение суток и др.).

4. System/Specimen - система, в которой проводилось исследование или тип образца, который брался для проведения исследования (например, артериальная кровь, сердце как орган и т.д.).

5. Type of - тип шкалы измерения (например, количественный, порядковый, качественный, описательный).

6. Type of method - тип метода, которым проводилось измерение (например, микроскопия, иммунофлюоресцентный анализ, расчетный и т.д.).

Подобным образом на настоящий момент в LOINC описано более 60 тыс. диагностических тестов. Это позволило LOINC выиграть конкуренцию с другими терминологическими словарями в области описания лабораторных исследований. Поэтому HL7, начиная с версии 2.3, рекомендует использовать именно коды LOINC как наиболее полные и динамично развивающиеся.

LOINC является также рекомендованным словарем кодирования лабораторных тестов, согласно требованиям к МИС Министерства здравоохранения РФ. Однако в отечественных разработках как МИС МО, так и лабораторных систем поддержка LOINC встречается чрезвычайно редко, что удивительно - использование этой номенклатуры должно быть конкурентным преимуществом. О поддержке словаря LOINC в своих системах заявляют ЗАО «БиоХимМак» для своей ЛИС «MeDaP-LIS» и ООО «Асклепиус» для госпитальной АИС «АСКЛЕПИУС».

13.4.3. DICOM

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) относится к немногочисленным стандартам структурирования информации, отвечающим за хранение и обмен медицинскими данными. Стандарт DICOM узкоспециализированный.

DICOM - стандарт создания, визуализации, хранения и передачи растровых медицинских изображений, полученных с помощью методов лучевой диагностики (радиология, эндоскопия, ультразвуковые исследования), и документов обследованных пациентов. Поддерживается большинством производителей медицинских приборов соответствующего назначения. Опирается на стандарт ISO. Осуществляется расширение его функциональности на область ЭКГ.

DICOM определяет два информационных уровня: файловый и сетевой. Файловый уровень современного стандарта DICOM 3.0 включает описание данных пациента, модели аппарата, на котором проводилось исследование, и фирмы-производителя, МО, где осуществлялось исследование, персонала, вида исследования и даты его проведения, параметров изображения, а также сами изображения, некоторую служебную информацию.

DICOM Network используется для передачи медицинской информации от приборов в Picture Archiving and Communication System (PACS-систему) и для связи между PACS-системами протокола TCP/IP.

DICOM 3.0 обеспечивает возможность интеграции медицинского оборудования от разных производителей. Успешно используется также при интеграции приборов с МИС.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ К РАЗДЕЛУ 4

1. Труды каких ученых сыграли определяющую роль для становления кибернетики как самостоятельной науки?

2. Дайте определение кибернетики как науки.

3. Приведите примеры первых экспериментальных и клинических автоматизированных медицинских систем.

4. В чем заключается принципиальная особенность системного подхода?

5. Что такое управление? Перечислите основные элементы контура управления.

6. Какова роль обратной связи для живых систем?

7. Укажите виды медицинской информации по содержанию и сфере применения.

8. Приведите примеры зрительной медицинской информации.

9. Что такое информационный процесс?

10. Назовите объект и предмет науки «медицинская информатика».

11. Дайте определение понятия «модель».

12. Что подразумевается под понятием «моделирование»?

13. На какие этапы разделяется процесс моделирования?

14. В чем заключается отличие моделей данных от моделей систем?

15. В какой области медицинских задач используются так называемые камерные модели? Для какой цели они используются?

16. В чем заключается процедура идентификации параметров модели?

17. В каких случаях для описания и исследования медицинского или биологического объекта выбирается метод математического моделирования?

18. Какой фундаментальный закон лежит в основе создания математических моделей динамических систем? Сформулируйте этот закон.

19. Как подбирается время введения следующей дозы лекарственного вещества при длительном режиме лечения?

20. Какие методы исследования поведения систем дифференциальных уравнений вам известны?

21. В чем состоит метод качественного исследования поведения нелинейных систем?

22. Дайте определение понятия «медицинская информационная система».

23. На каких системообразующих факторах была построена первая классификация медицинских информационных систем?

24. На какие классы и виды были подразделены МИС в классификации С.А. Гаспаряна?

25. Расскажите о современной классификации МИС.

26. Какие автоматизированные системы поддерживают клинический уровень здравоохранения?

27. Какие медицинские информационные системы должны использоваться на учрежденческом, муниципальном, городском, субъектовом уровнях здравоохранения?

28. Что такое ЕГИСЗ?

29. Что такое стандарт?

30. Какие уровни стандартизации различают?

31. Для чего нужны стандарты в здравоохранении?

32. Что такое интероперабельность?

33. Назовите категории стандартов, обеспечивающих интероперабельность.

34. Какие организации занимаются разработками стандартов для информатизации здравоохранения?

35. Чем различаются стандарты HL7 v.2 и v.3?

36. Для чего нужна номенклатура SNOMED CT?

37. Что такое LOINC?

38. Для чего применяется стандарт DICOM?

РАЗДЕЛ 5. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

ГЛАВА 14. МЕДИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ

14.1. МЕДИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Системы, которые поддерживают процессы, связанные с профессиональной деятельностью медицинских работников: диагностику, лечение, реабилитацию, профилактику, - называют медико-технологическими (МТС). Их используют в своей работе медицинские специалисты, которые непосредственно взаимодействуют с пациентом: врачи клинических отделений, врачи функциональной, лучевой и лабораторной диагностики, врачи-фармакологи, врачи-гигиенисты, медицинский персонал среднего звена.

Медико-технологические системы обеспечивают специфику информационной поддержки в отрасли. В их разработке принимают участие многие медицинские научно-исследовательские центры и коллективы, МТС представляют большинство среди всех МИС.

В задачи МТС входит:

• ведение необходимой для решения прикладных задач информации о пациенте с возможностью ее накопления в базах данных;

• обработка представленной в электронной форме информации, получение характеристик состояния органов и систем;

• контроль персональных параметров здоровья, сравнение с пороговыми значениями, динамическая оценка;

• контроль пограничных и угрожающих состояний;

• обработка медицинских изображений с целью получения более высокого качества и (или) выделения диагностически значимых объектов, построения трехмерного изображения;

• анализ информации с выдачей заключений на профессиональном языке пользователя для поддержки принятия решений при оценке состояния пациента, диагностике заболеваний, прогнозировании, выборе лечебной тактики, назначении лечения;

• представление всей формируемой информации в удобном для восприятия виде, облегчающем и ускоряющем интерпретацию данных;

• нормативно-справочная информация при осуществлении медико-технологических процессов.

Медико-технологические системы по своему назначению, как уже говорилось в главе 12, делятся на 3 вида:

1) автоматизированные системы для обработки медицинских сигналов и изображений;

2) автоматизированные системы (АС) для слежения за жизненно важными функциями организма;

3) автоматизированные системы консультативной помощи в принятии решений.

14.2. ВОЗМОЖНОСТИ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ И ИЗОБРАЖЕНИЙ

Медицинские сигналы и изображения позволяют исследовать состояние органов и (или) физиологических систем организма. Их обработка часто занимает большое количество времени и отличается высокой рутинностью. Попытки автоматизировать этот процесс осуществлялись с того момента, как только вычислительные технологии стали доступны в медицинской области. В настоящее время трудно назвать физиологические сигналы, при обработке которых не использовались бы алгоритмы автоматизации. АС обработки медицинских сигналов и изображений используются в подразделениях функциональной, лучевой, клинико-лабораторной, морфологической, цитогенетической и молекулярно-генетической диагностики (рис. 14.1). Они являются самыми многочисленными среди всех разработанных МТС.



Рис. 14.1. Основные виды диагностики и методы исследования, для автоматизации которых используются автоматизированные системы обработки медицинских сигналов и изображений

Можно встретить разные названия этого класса систем в литературе: АС клинико-лабораторных исследований, аппаратно-программные комплексы, медицинские приборно-компьютерные системы, измерительные или микропроцессорные медико-технологические системы и т.д.

Разработка МТС началась в начале 70-х годов прошлого века, когда стали появляться микропроцессорные устройства. Одно из направлений их развития было связано с научно-исследовательской деятельностью клинических институтов и высших учебных заведений, где стояла задача достижения максимальной информации и автоматизации процессов обработки сигналов, получаемых с медицинской аппаратуры. Разрабатываемые алгоритмы реализовывались на цифровых электронно-вычислительных машинах, к которым подключалась медицинская аппаратура, чаще всего силами медиков-исследователей и научных сотрудников клинических подразделений. Развитие по другому пути происходило в технических НИИ, на заводах и фирмах, производящих медицинскую аппаратуру.

Инженеры-специалисты не только выполняли на микросхемах медицинских приборов регистрацию сигналов и изображений, но и использовали уже существующие алгоритмы их обработки и анализа. Каждое из направлений развития имело свои достоинства и недостатки. Со временем шло сближение сопоставимых по целевому назначению, но построенных разными способами АС для обработки медицинских сигналов и изображений, и в настоящее время эти системы обладают практически одинаковыми возможностями.

Выделяют следующие этапы работы АС обработки медицинских сигналов и изображений:

- регистрация;
- обработка;

• представление результатов обработки и анализа данных. Технологическая цепочка регистрации медицинских сигналов и изображений включает:

• датчики и электроды, обеспечивающие съем информации (рис. 14.2), которые преобразуют физические характеристики организма в электрические сигналы;



Рис. 14.2. Средства для съема информации

• измерительные модули, приборы, обеспечивающие измерение, преобразование, аппаратную фильтрацию, усиление сигналов (рис. 14.3). Получаемые на выходе из измерительных модулей кривые (электрокардиограмма, реограмма, пневмотахограмма, капнограмма, фотоплетизмограмма и др.) являются аналоговыми (непрерывными) сигналами;



Рис. 14.3. Схема работы измерительного модуля

• аналого-цифровой преобразователь, обеспечивающий преобразование информации в цифровой формат для последующего хранения и обработки в современных вычислительных устройствах;

• вычислительное устройство, обеспечивающее обработку полученных в результате оцифровки аналоговых сигналов и изображений цифровых массивов с помощью специальных алгоритмов, а также при возможности построение заключений.

14.2.1. Принцип аналого-цифрового преобразования медицинских сигналов

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) - это стандартное устройство для преобразования непрерывного сигнала в дискретную цифровую форму. Аналоговый сигнал является непрерывной функцией напряжения от времени, в АЦП он преобразуется в многократную последовательность цифровых значений, сделанных с определенной частотой (рис. 14.4). Частота, с которой осуществляется преобразование, называется частотой дискретизации сигнала. Она измеряется в Гц (1/с).

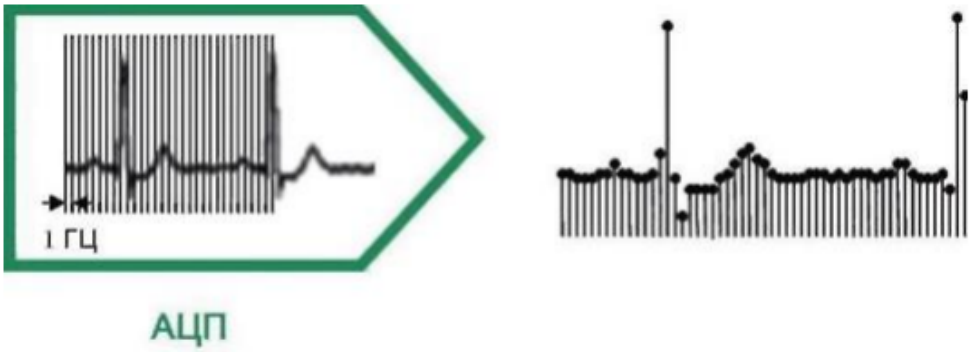


Рис. 14.4. Схема процесса аналого-цифрового преобразования

Любой сигнал может представляться набором синусоид. Чем чаще изменяется сигнал, тем больше синусоид нужно для его описания. Представление сигнала как набора синусоид называется *спектром сигнала.* Для того чтобы получить представление сигнала в цифровой форме, достаточное для выявления необходимых для обработки сигнала характерных точек, в соответствии с теоремой Котельникова-Шеннона, частота дискретизации должна вдвое превышать максимальную частоту спектра сигнала.

Таким образом, чем быстрее меняется сигнал, тем большая частота дискретизации требуется. Так, для оцифровки кардиологических кривых используется большая частота дискретизации, чем для респираторных, например, для ЭКГ частота дискретизации равна 500 Гц, для реографического сигнала - 100 Гц, а капнографического - 25 Гц.

14.2.2. Принцип аналого-цифрового преобразования изображений

Медицинское изображение исходно может быть получено как в аналоговом, так и в цифровом формате. Аналоговый формат предполагает зафиксированные на твердых носителях (например, пленках) или видимые на экранах диагностического оборудования изображения. Этот формат требует оцифровки для последующей обработки, передачи и хранения в информационных системах. В зависимости от вида изображения (статическое или динамическое), его размера, характера аналогового носителя, требований к качеству получаемого цифрового изображения выбирают технологии его оцифровки с помощью сканеров, цифровых фотоаппаратов или камер.

Принцип оцифровки изображений состоит в том, что аналоговое изображение преобразуется в структурированный в виде двумерного массива набор (растр, решетка, сетка), состоящий из отдельных элементов - пикселов (точек). Для каждого такого элемента может независимо задаваться цвет и яркость в виде цифровых характеристик.

Если изображение черно-белое, то значение каждого пиксела соответствует градациям (яркости) серого цвета. Согласно рекомендациям Американского института

радиологии, в диагностическом устройстве для рентгеновских снимков число градаций серого должно быть не менее 1024 (10 бит), для других изображений лучевой диагностики - не менее 256 (8 бит). Современные цифровые рентгеновские аппараты обеспечивают 4096 (12 бит) градаций яркости.

Если изображение цветное (говорят: «с палитрой»), в каждом пикселе хранится информация о компонентах цвета, чаще всего красной (R), зеленой (G) и синей (B). Тремя байтами (по одному на описание градаций каждого основного цвета) можно задать 16 млн различных цветов, что в медицине явно избыточно.

Чтобы не потерять при оцифровке изображения мелкие детали и не исказить изображение, очень важно правильно выбирать размер пиксела. Этот размер не должен превышать половины размера минимальной детали изображения. Согласно рекомендациям того же Американского института радиологии, для рентгенологических снимков разрешающая способность (число точек на единицу длины) получаемого изображения должна быть не менее 5-7 точек/мм. Таким образом, рентгенограмма размером 350x430 мм будет представлять собой матрицу около 2000x2500 пикселов. Если при этом соблюдать рекомендации по градациям серого цвета (не менее 10 бит на 1 пиксел), то размер файла с оцифрованным изображением такого разрешения будет составлять несколько Мбайт.

Следует отметить, что современные сканеры способны практически стопроцентно снять всю информацию с негатива.

Для исходного создания высококачественных видеокадров или изображений в диагностической аппаратуре используют цифровые камеры. Сущность их работы состоит в следующем: главным элементом является светочувствительная матрица, которая состоит из массива фотоэлементов. Каждый фотоэлемент вырабатывает электрический сигнал, пропорциональный количеству попавшего на него света. При использовании фильтров фотоэлемент может регистрировать яркость одного из основных цветов (R, G, B). Весь массив информации считывается с фотоэлементов, преобразуется в цифровой вид и обрабатывается встроенным микропроцессором или программным обеспечением компьютера.

Полученные в результате оцифровки аналоговых сигналов и изображений цифровые массивы передаются в память вычислительного устройства, где обрабатываются с помощью специальных алгоритмов. Алгоритмы для ввода, обработки медицинских сигналов и изображений, а также построения заключений составляют основу программного обеспечения таких АС (рис. 14.5).



Рис. 14.5. Пример АС для обработки электроэнцефалограммы

14.2.3. Принципы обработки медицинских сигналов и интерпретации полученной информации

Суть обработки сигналов (в большинстве случаев) состоит в поиске так называемых реперных (характерных, ключевых) точек с целью определения величин физиологических параметров. Как правило, эти значения являются минимумами или максимумами, перегибами или переходами через нулевое значение и т.д. Для их поиска часто используются математические функции и процедуры (например, дифференцирование, интегрирование и др.). По характерным точкам производится расчет временных интервалов и амплитуд, которые применяют в формулах для вычисления параметров гомеостаза.

Обработка сигналов в АС может осуществляться в разных режимах: автоматически, без участия врача; в полуавтоматическом режиме, когда врач помогает выделить характерные точки с помощью специальных реперов; и в автоматизированном варианте, когда результат автоматической разметки предъявляется врачу для редактирования. Последние режимы особенно важны при обработке «сложных» неритмичных сигналов.

Модули анализа полученной в результате обработки информации далеко не всегда присутствуют в данном классе АС, так как их разработка чаще всего требует проведения серьезного статистического анализа и научного исследования. Разработчики используют разные методы и подходы для построения заключений. Их цель - помочь медикам справиться с большим объемом данных, обеспечив им надежную поддержку для диагностики и лечения.

Наиболее широко представлены аналитические модули в системах функциональной диагностики, где имеются общепринятые нормы для показателей функции внешнего дыхания (ФВД), центральной гемодинамики (ЦГД), периферического и регионального кровообращения и др.

Так, большинство современных АС исследования ФВД способны автоматически формировать медицинское диагностическое заключение в виде синдромального заключения о состоянии вентиляционной функции легких с указанием типа и степени нарушений, интерпретировать функциональные пробы, оценивать воспроизводимость основных показателей (жизненная емкость легких, объем форсированного выдоха за первую секунду, форсированная жизненная емкость легких) и их динамику, анализировать правильность выполнения спиро- и пневмотахометрии (рис. 14.6).

В системах функционального исследования сердца и гемодинамики (с регистрацией и обработкой ЭКГ, измерением артериального давления, фонокардиографией в покое и при проведении нагрузочных проб, суточным мониторированием АД и ЭКГ, вазографических кривых исследования ГД и др.) многие разработчики реализуют программы интерпретации изменения исследуемых параметров для взрослых и детей, способные автоматически выявлять нарушения предварительно установленных пределов, эпизоды патологических изменений *ST*-сегмента, АД, ЧСС и др. (рис. 14.7).

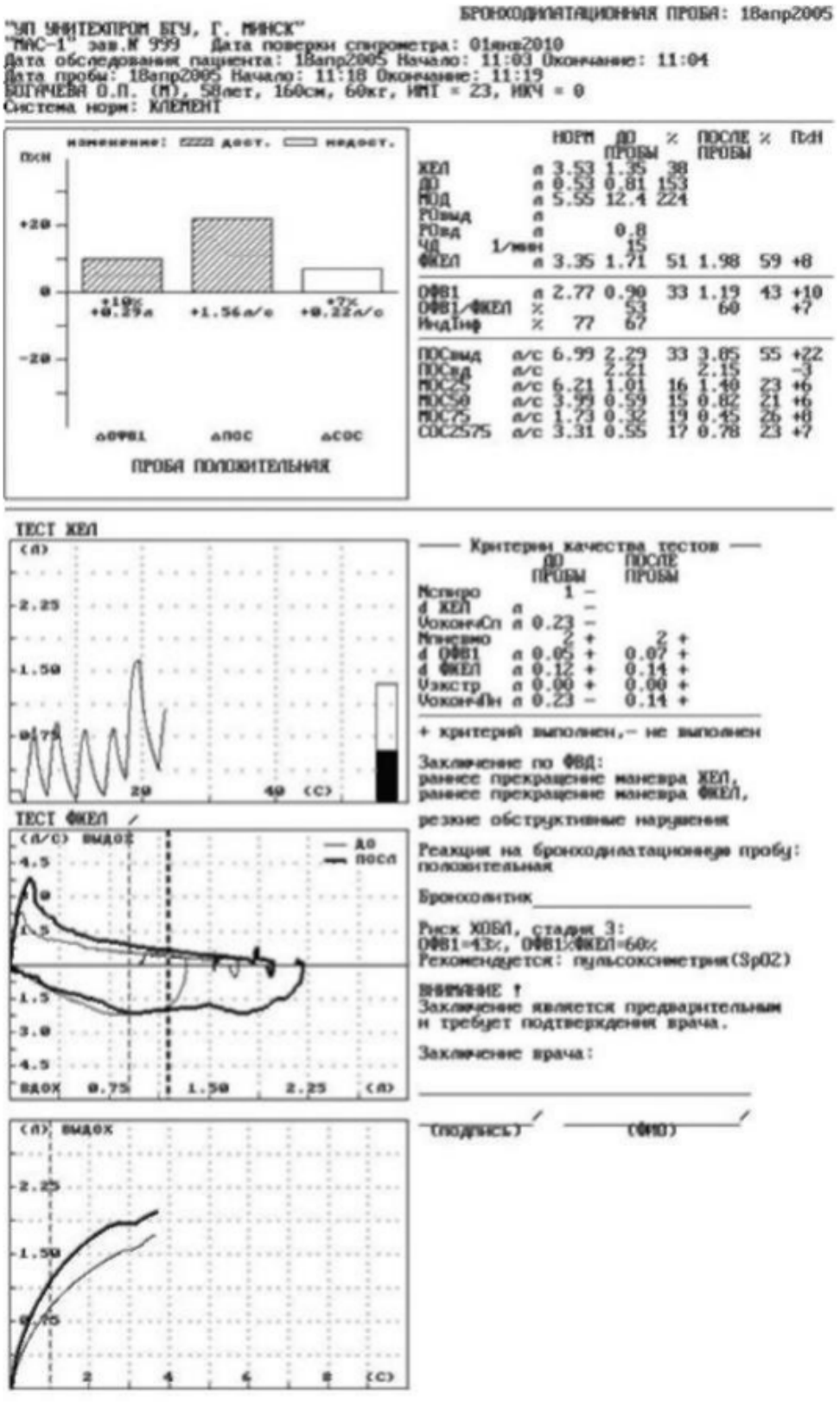


Рис. 14.6. Пример построения заключений в АС исследования функции внешнего дыхания (данные с сайта http://www.unitehprom.by/spiro_art01): ЖЕЛ - жизненная емкость

легких; $ОФВ_1$- объем форсированного выдоха за первую секунду; ФЖЕЛ - форсированная жизненная емкость легких

Благодаря системам автоматизации обработки медицинских сигналов стало возможным появление новых методик, использование которых было затруднительным из-за больших объемов вычислений. Данные методики дают возможность на основе стандартных исследований получать новые данные о функциональном состоянии систем и органов. Так, например, кардиоинтервалография позволяет оценивать вегетативный баланс организма путем анализа изменений ритма сердца во время регистрации электрокардиограммы (запись в течение 5 мин) и выполнения ряда простых проб (запись ЭКГ в положениях стоя, при специальных дыхательных упражнениях). Кардиовизор позволяет регистрировать электрофизиологические процессы, которые являются интегральной составляющей временных изменений перфузии, микроциркуляции и метаболических процессов в миокарде на основе исследования динамики ЭКГ (рис. 14.8).

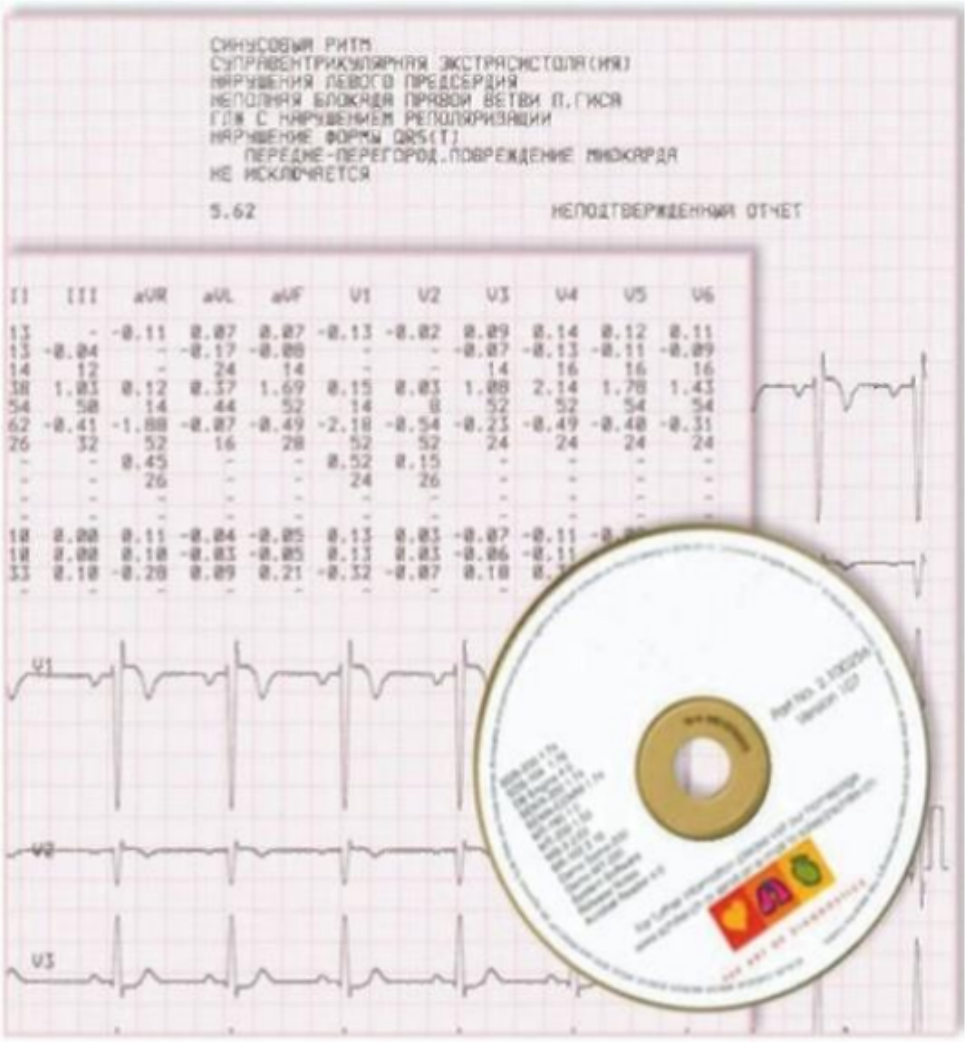


Рис. 14.7. Пример ЭКГ-интерпретации в АС компании «Шиллер»

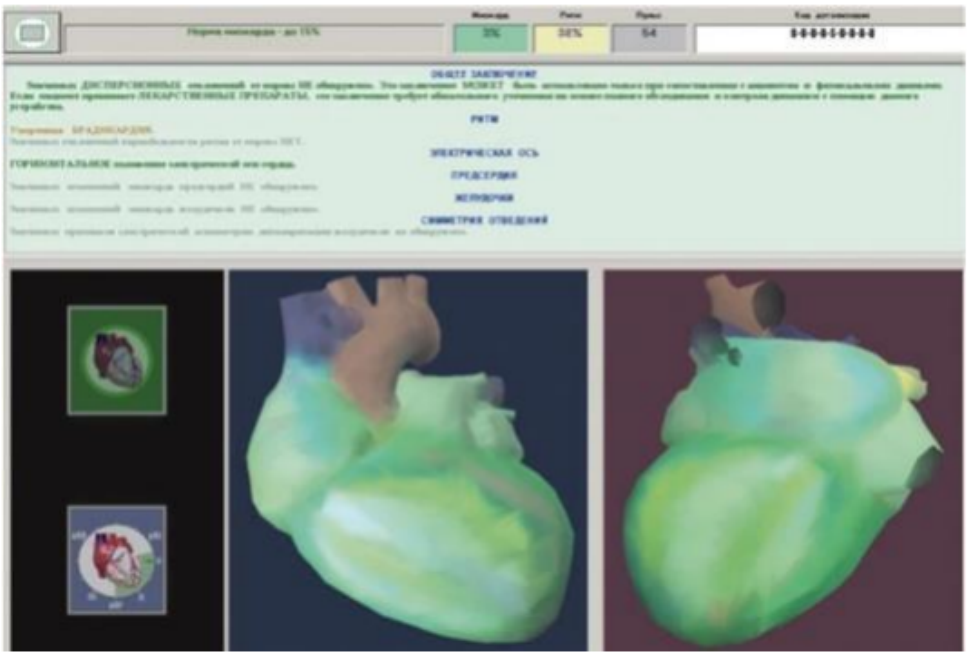


Рис. 14.8. Итоговое заключение о функциональном состоянии миокарда в АС Кардиовизор (с сайта http://biosite.ru)

14.2.4. Принципы обработки и анализа медицинских изображений

Обработка изображений имеет специфику по используемым специальным алгоритмам и является многоплановой задачей, в которой должны реализовываться следующие возможности:

- фильтрация шумов;
- геометрическая коррекция, например вращение и масштабирование;
- цветовая и градационная коррекция: изменение яркости и контраста, квантование цвета, преобразование в другое цветовое пространство, усиление локальных контрастов и т.п.;
- сравнение двух изображений и более (например, нахождение корреляции с эталонным изображением);
- комбинирование изображений различными способами;
- интерполяция и сглаживание;
- разделение изображения на области (сегментация изображений), выделение контура исследуемых областей;
- редактирование и ретуширование;
- компенсация потери резкости;
- восстановление изображений.

В результате обработки должно получаться новое изображение, лучше исходного, в частности возможно построение трехмерного (правильнее - псевдотрехмерного) изображения.

Алгоритмы обработки изображений могут обеспечить также расчет количественных показателей (например, измерение фракции выброса левого желудочка сердца по

динамической последовательности изображений, подсчет количества и типа клеток в поле микроскопа и т.д.) или решать некоторые задачи, которые невыполнимы при ручной обработке, такие, как точная регистрация мультимодальных изображений (совмещение изображений, полученных разными методами лучевой диагностики) (рис. 14.9).

Распознавание патологических процессов - одна из наиболее важных задач обработки медицинских изображений. За рубежом такие системы называют компьютерными системами диагностики - CAD (Computer Added Diagnostic). Их алгоритмы анализа, как правило, включают в себя сегментацию изображения, выделение подозрительных на патологию объектов из общего изображения, параметрическое описание этих объектов и отнесение к определенному классу.

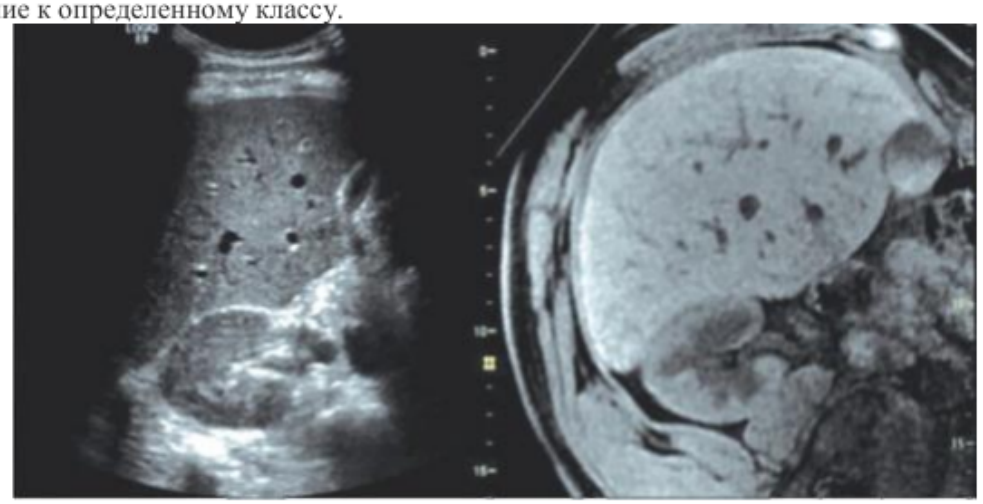


Рис. 14.9. Объединение изображений УЗИ и МРТ (томографический срез справа и такой же срез, полученный ультразвуковым датчиком, слева)

Основная идея процесса сегментации состоит в следующем: каждая точка (пиксел) изображения связана с такими характеристиками, как яркость, цвет и текстура. В пределах одного объекта или одной части объекта эти характеристики изменяются относительно мало, при переходе через границу от одного объекта к другому обычно происходит существенное изменение одной или сразу нескольких характеристик. Большинство алгоритмов разбиения изображения основано на определении градиента яркости.

В качестве методов параметрического описания выделенных объектов можно выделить текстурный (описание структуры и присутствие повторяющихся частей), гистограммный (показатели яркости) и морфометрический (выделение геометрических параметров и подсчет количества микрообъектов на единице площади) анализы с использованием математических методов.

Классификация объектов может проводиться по методу нейронных сетей, опорных векторов, дискриминантного анализа и др.

Известны АС с модулями анализа изображений в области цифровой рентгенографии, компьютерной томографии, сцинтиграфии.

Применение систем распознавания образов и анализа изображений в микробиологических исследованиях не только позволяет ускорить процедуру количественного анализа, но и дает важную информацию качественно нового уровня, практически недоступную при визуальном наблюдении или с использованием только традиционной микробиологической техники (световая и электронная микроскопия).

Например, одним из методов объективизации дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных процессов служит окрашивание парафиновых

срезов азотнокислым серебром с целью выявления так называемых областей ядрышковых организаторов (подсчитывается количество гранул серебра в 100 клетках и вычисляется среднее количество гранул в ядре).

При внедрении компьютерной системы анализа изображений на базе микроскопа с цифровой камерой и персонального компьютера возможно оценивать не только количество гранул серебра в ядрах клеток, но и их среднюю и суммарную площадь на ядро. После проведения статистических расчетов оказалось, что наиболее значимым критерием для дифференциальной диагностики аденом с тяжелой дисплазией и рака служит даже не количество гранул серебра в ядре, а их суммарная площадь на ядро. Так, при аденомах нередко наблюдались многочисленные гранулы мелких размеров, суммарная площадь которых была небольшой, тогда как при раке гранулы были, как правило, крупные и даже при меньшей численности занимали большую площадь. Таким образом, анализ параметра, недоступного оценке человеческим глазом (суммарная площадь нескольких, иногда 10-20, отдельных объектов), играл решающую роль в выполнении дифференциально-диагностической задачи. Следует отметить существенное сокращение (в 4-5 раз) времени, затрачиваемого на проведение исследования, по сравнению с ручной обработкой[1].

Таким образом, современное развитие систем цифрового изображения дало активный толчок появлению алгоритмов автоматизированной диагностики патологических процессов, хотя эти задачи еще далеки от своего разрешения.

Кроме специализированных алгоритмов для ввода, обработки и анализа сигналов и изображений, программное обеспечение таких АС включает встроенную базу данных (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, видеорядов такие архивы сохраняются не на персональных компьютерах, а в специальных хранилищах на дисковых массивах серверов (например, для PACS).

Итак, АС обработки медицинских сигналов и изображений позволяют осуществлять:

• настройку на исследование - ввод анкетных, антропометрических данных, определение объема и режима исследования, ввод специализированной информации после установки датчиков на пациента;

• проведение исследования с визуализацией кривых, изображений (при необходимости - в режиме реального времени), с возможностями остановки изображения, выбора необходимых участков для анализа, наложение и совмещение изображений, запись в базу данных;

• обработку сигналов и изображений с представлением результата в цифровом и графическом виде, что облегчает интерпретацию данных;

• анализ полученных в результате обработки данных и построение диагностических заключений;

• получение твердых копий (распечатка на бумаге, запись на диск, флэш-носитель) как исходных сигналов, так и всех результатов;

• работу с базой данных системы.

В настоящее время АС обработки медицинских сигналов и изображений (для отделений функциональной, лучевой, клинико-лабораторной диагностики и др.) представлены многочисленными различными зарубежными и отечественными системами. Они различаются по используемым алгоритмам, функциональным возможностям, вычислительной технике, возможностям расчета производных показателей и построения

заключений, настройке на конкретную медицинскую аппаратуру, интерфейсам взаимодействия с пользователем и другими информационными системами. АС разных производителей чаще всего не могут обмениваться информацией. Для интеграции систем необходимы стандарты протоколов обмена (в современных системах используется стандарт DICOM), а также применение для кодирования медицинских терминов международной систематизированной номенклатуры.

ГЛАВА 15. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

15.1. ЭЛЕМЕНТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВРАЧА КАК ОБЪЕКТЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Лечебно-диагностический процесс (ЛДП), включая оздоровительно-профилактический, - *это процесс управления состоянием пациента с целью его улучшения.* Таким образом, пациент - это сложная динамическая система, рассматривается как объект управления в ходе ЛДП, а врач - как лицо, принимающее решения, т.е. субъект управления.

В зависимости от вида оказываемой лечебно-профилактической помощи учреждения практического здравоохранения делятся на амбулаторно-поликлинические, стационарные и санаторно-курортные.

Лечебные учреждения амбулаторно-поликлинического типа предоставляют медицинскую помощь тем категориям пациентов, чье состояние здоровья не требует экстренной или плановой госпитализации. Таких больных обследуют на приеме и назначают лечение в домашних условиях, при необходимости обеспечивают соответствующим объемом квалифицированной помощи на дому. Осмотр, постановка диагноза и назначение комплекса лечебных мероприятий в данном случае проводятся участковым врачом или врачом общей практики. Учреждения амбулаторно-поликлинического типа в числе прочего также осуществляют диспансеризацию населения.

При состояниях, требующих комплексной диагностики и лечебных мероприятий, использования специального оборудования, серьезных хирургических вмешательств, постоянного контроля со стороны медицинского персонала и интенсивного ухода, медицинская помощь оказывается в специализированных учреждениях стационарного типа. Необходимость госпитализации пациента в стационар определяется участковым врачом амбулатории или поликлиники, а при развитии у больного неотложных состояний - врачом скорой помощи или приемного отделения стационара. Выделяются детские поликлиники и стационары.

При отсутствии в необходимости госпитализации комплексная диагностика с использованием сложного медицинского оборудования может производиться в консультативно-диагностическом центре (КДЦ).

Отдельно выделяются следующие учреждения:

• станции скорой медицинской помощи, учреждения экстренной медицинской помощи, включая санитарную авиацию;

• специализированные медицинские учреждения для оказания акушерско-гинекологической помощи, к которым относятся женские консультации, родильные дома, родильные и специализированные гинекологические отделения и стационары.

Специализированная помощь по направлениям (психиатрия, кожно-венерологические болезни и т.п.) оказывается на догоспитальном этапе в специализированных диспансерах, на госпитальном - в специализированных больницах.

Несмотря на различные режимы реализации ЛДП, в нем может быть выделен ряд последовательно осуществляемых этапов:

• первый этап - сбор и обработка информации о пациенте и его состоянии с помощью всех имеющихся в арсенале современной медицины методов;

• второй этап - диагностика состояния организма пациента. Это может быть нозологическая диагностика, синдромальная диагностика, а также диагностика некоего недифференцированного состояния пациента, на которое необходимо реагировать;

• третий этап - выбор управляющих воздействий на основе прогнозирования возможных результатов их применения. Подразумевает выбор лечебных и профилактических мероприятий, оценку риска, связанного с их проведением, выбор тактических решений и т.д.;

• четвертый этап - реализация управляющих воздействий;

• после реализации выбранного комплекса воздействий вновь начинается сбор информации о состоянии пациента для его контроля и своевременного внесения корректив в лечебно-диагностический процесс.

Как и любой другой процесс управления, ЛДП основывается на информации, которая используется для выбора управляющих воздействий. В ходе реализации ЛДП врач использует медицинскую информацию разных видов - клиническую (сведения о состоянии организма пациента по данным различных методов клинических исследований); эпидемиологическую (о наличии вспышки инфекционных заболеваний); экологическую - о превышении вредных веществ в окружающей среде; научную (сведения из научных и профессиональных публикаций о современных подходах к проблемам профилактики, диагностики и терапии); общественную (о политике в области здравоохранения); конъюнктурную (сведения о новых технологиях, препаратах и оборудовании медицинского назначения).

Информатизация ЛДП - *совокупность мероприятий, обеспечивающих медицинских работников информационно-коммуникационными компьютерными средствами и результатами их применения в практике.*

Среди основных видов деятельности врача принято выделять следующие.

• Профилактическая деятельность:

— мероприятия, ориентированные на предупреждение возникновения инфекционных заболеваний;

— осуществление диспансерного наблюдения для предупреждения развития хронических заболеваний;

— проведение санитарно-просветительной работы.

• Диагностическая:

— диагностика заболеваний и патологических состояний на основе владения пропедевтическими и лабораторно-инструментальными методами исследования;

— диагностика неотложных состояний;

— диагностика беременности;

— судебно-медицинская экспертиза.

• Лечебная:

— оказание первой помощи при неотложных состояниях;

— лечение с использованием терапевтических и хирургических методов;

— ведение беременности (в особенности - патологической), прием родов;

— проведение лечебно-эвакуационных мероприятий в условиях чрезвычайной ситуации.

• Реабилитационная:

— использование средств лечебной физкультуры, физиотерапии, нетрадиционных методов (рефлексотерапии, фитотерапии, гомеопатии).

• Организационно-управленческая:

— осуществление медико-тактических мероприятий в условиях чрезвычайной ситуации (развертывание полевых госпиталей, сортировка пострадавших и т.д.);

— организация труда медицинского персонала;

— ведение учетно-отчетной медицинской документации;

— проведение экспертизы временной и стойкой утраты трудоспособности.

Анализируя широкий спектр различных видов деятельности в лечебном отделении, необходимо обратить внимание на элементы работы врача, требующие информационной поддержки: сбор и фиксация информации о пациенте (первичный осмотр, текущие осмотры, осмотры дежурным врачом, осмотр врачом-консультантом); всесторонний анализ клинической информации (оценка тяжести состояния, предварительный диагноз, дифференциальный диагноз, развернутый клинический диагноз); принятие тактических и терапевтических решений (план лабораторных и инструментальных обследований, консультаций, медикаментозной и немедикаментозной терапии, решения о переводе пациента в другое лечебное учреждение, решение о выписке пациента); формирование медицинских документов (эпикризы, выписки, направления).

Таким образом, использование современных информационно-коммуникационных технологий в ходе ЛДП должно обеспечить:

• формирование первичной медицинской документации в электронном виде с учетом фактов оказания медицинской помощи;

• предоставление справочной и консультативной поддержки принятия всех видов решений;

• информационное взаимодействие между различными медицинскими организациями в рамках оказания медицинской помощи, включая направление пациентов в другие медицинские организации для проведения лабораторных и диагностических обследований, а также для получения медицинской помощи.

Специфика работы учреждений скорой медицинской помощи диктует необходимость автоматизации функций регистрации и диспетчеризации вызовов, отслеживания состояния подвижного состава (местонахождение, занятость), ведения специальных журналов. Выездной бригаде предоставляется оперативный доступ к информации о месте направления пациента в ближайший стационар.

Медицинским организациям в сфере гематологии, трансфузиологии и трансплантологии необходима автоматизация процессов учета доноров, лиц, имеющих противопоказания к донорству, запасов донорских материалов и препаратов на их основе, а также ведения списка очередников.

Интегральной оценкой информатизации врачебной деятельности могут служить две базовые характеристики - полнота и уровень информатизации.

Полнота информатизации дает возможность оценить долю функций медицинского персонала, при реализации которых используются информационные технологии. При этом могут быть условно выделены три градации: информатизация основных функций, информатизация части функций, начальный уровень информатизации.

Информатизация любой функции врача может быть реализована на разных уровнях:

• ввод в компьютер произвольной информации с последующим ее хранением и использованием в процессе деятельности;

• использование шаблонов, справочников и баз данных;

• автоматизация сбора и обработки регистрируемой физиологической, лабораторной и радиологической информации;

• интеллектуальная поддержка деятельности врача при принятии решений на разных этапах оказания пациенту медицинской помощи;

• передача информации в консультативных или организационных целях в другие медицинские учреждения.

Таким образом, полнота в большей степени является количественной характеристикой процесса информатизации врачебной деятельности, а уровень - его качественной характеристикой.

15.2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ И СТРУКТУРИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Клиническая медицинская информация относится к слабоструктурированной и слабоформализованной области знаний, где используется широкий профиль понятий и характеристик уровня проявлений состояния пациента. К существенным недостаткам традиционного способа фиксации информации о пациенте в ходе ЛДП (записи в амбулаторных картах и историях болезни) можно отнести: обилие несущественной информации; отсутствие четкой структуры описаний и вследствие этого возможную потерю важной информации; слабую формализацию данных, допускающую неоднозначность их трактовки.

В ходе ЛДП врач выполняет с медицинской информацией следующие действия: поиск, сбор, фиксацию и анализ. Реализация второго уровня информатизации врачебных функций, связанных с поиском, сбором и фиксацией медицинской информации, требует проведения большого объема предварительной работы по созданию структурированных и формализованных вопросников, шаблонов, системных списков и структуры баз данных. Иными словами, это работа по формализации информации декларативного, т.е. фиксирующего, характера - о фактах и свойствах предметной области.

Повсеместное внедрение принципов структуризации и формализации клинической информации способно существенно улучшить качество ее сбора и облегчить получение врачом качественной информации о пациенте и, следовательно, должно положительно влиять на принятие всех дальнейших врачебных решений.

Для реализации максимального уровня информатизации врачебной деятельности - возможности автоматизированной интеллектуальной поддержки принятия решений - необходима формализация информации не только декларативного, но и процедурного характера. Эта информация обеспечивает согласование полученных данных и представляет собой описание процедур и алгоритмов способов решения задач в предметной области.

Формализация декларативной информации - *это, по сути, такой способ описания свойств реальных объектов, при котором формируются конечное число понятий, характеризующих объект (т.е. некая область определения для рассматриваемой проблемы), и перечень возможных значений для каждого из выделенных понятий.*Формализация позволяет заменить или улучшить неточные и многословные описания объекта ограниченным набором однозначно интерпретируемых признаков (понятий).

Основной объем работы по формализации декларативных знаний для практической медицины включает в себя работу по формализации клинических данных о пациенте, диагностических заключений, данных для реализации лечебных и тактических решений и обычно предусматривает создание:

• формализованных карт, вопросников, протоколов, бланков и т.п. для фиксации результатов осмотра лечащим врачом, врачами-консультантами и результатов лабораторно-инструментальных методов исследования пациента;

• структурированной базы диагностических заключений, содержащей названия нозологических форм, синдромов, симптомокомплексов;

• базы названий лабораторно-инструментальных методов обследований и консультаций;

• базы лекарственных средств и немедикаментозных методов лечения, процедур и манипуляций.

15.2.1. Формализация клинических данных

К формализованным вопросникам (картам), используемым для сбора клинической информации о пациенте, предъявляется ряд требований:

• полнота - врач должен иметь возможность с использованием формализованной карты зафиксировать всю информацию или ее большую часть, необходимую для решения поставленной задачи;

• однозначность - все формулировки формализованной карты должны быть однозначно интерпретируемы, используемые аббревиатуры обязательно сопровождаются расшифровкой;

• правильная организация - структура и объем формализованной карты должны соответствовать источнику информации и поставленным задачам.

Признаки, описывающие состояние пациента, могут быть разделены на следующие типы:

• качественные, по отношению к которым приемлем один из двух взаимоисключающих ответов - да/нет, беспокоит/не беспокоит, определяется/отсутствует (например, кашель, одышка, боль, отеки и т.п.);

• количественные - выражаются числом с указанием единиц измерения (t тела, ЧД, ЧСС, АД);

• классификационные - выражаются словами, аббревиатурой, цифрами (например, группы крови: I(0), II(A), III(B), IV(AB)).

Последовательность сбора и фиксации информации по результатам опроса и осмотра пациента должна соответствовать следующим принципам, принятым в пропедевтике внутренних болезней.

• Жалобы.

• История настоящего заболевания *(Anamnesis morbi).*

• История жизни *(Anamnesis vitae).*

• Настоящее состояние *(Status praesens):*

— общий осмотр (общее состояние, сознание, телосложение, температура тела, лимфатические узлы, костно-мышечная система и т.д.);

— система органов дыхания;

— система органов кровообращения;

— желудочно-кишечный тракт;

— нервная система и органы чувств.

При описании состояния отдельных систем организма пациента рекомендуется единая, принятая в пропедевтике схема (последовательность): осмотр, пальпация, перкуссия, аускультация.

Фиксация качественных клинических признаков обычно сопровождается указанием ряда атрибутов (характер процесса, условия появления, локализация, распространенность и т.д.). Для обеспечения возможности оценки динамики качественного признака возникает необходимость использовать порядковые атрибуты, по отношению к которым допустимы операции сравнения («больше», «меньше»). Например, интенсивность процесса - одышка незначительная (умеренная, сильная, резко выраженная).

Многочисленные работы по созданию формализованных карт (историй болезни) ведутся в нашей стране с 60-х годов прошлого века. Были разработаны машинно-ориентированные истории болезни для ведения больных с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, гастроэнтерологических больных, с нефрологической и урологической патологией, а также для больных отделений хирургии, неврологии, гинекологии и др. Глубокий анализ и обобщение накопленного опыта позволили создать «Структурированный справочник симптомов для формирования формализованных историй болезни» (Гаспарян С.А. и соавт., 2008). Особенность данного терминологического справочника - его универсальный характер: в нем собраны описания (термины) для обозначения всех органов и систем организма. Поэтому такой справочник может быть использован для формирования проблемно-ориентированного формализованного вопросника. В состав указанного структурированного справочника симптомов включены основные словари (охватывающие термины основных разделов истории болезни) и вспомогательные словари («Интенсивность», «Продолжительность», «Время возникновения, усиления» и т.д.) - содержащие атрибуты, характерные для описания различных симптомов.

Разработка формализованных бланков (протоколов) для фиксации результатов лабораторных, радиологических инструментальных методов диагностики тесно связана с созданием базы соответствующих методов исследования, представленных в конкретной МО. Для реализации возможности информационной поддержки принятия решений по формированию плана дополнительных обследований в создаваемой базе в формализованном виде должна быть отражена информация о названии исследований, методах и условиях их проведения, субстрате (для лабораторных методик).

Структура и состав вопросов, входящих в бланк для фиксации результатов, полностью определяются видом соответствующего исследования.

Для формализованного описания назначения консультаций и результатов, получаемых врачами-специалистами, следует опираться на формализацию методов специальных исследований. В соответствующих протоколах (бланках) должны быть информация о специальности врача-консультанта, о цели консультации, а также формализованный бланк-вопросник для записи результатов консультации.

15.2.2. Формализация диагностических заключений

Диагноз (клинический, патологоанатомический, судебно-медицинский) - обязательная составная часть медицинской документации: карт амбулаторного и стационарного больного, протокола патолого-анатомического вскрытия, судебно-медицинской экспертизы трупа. Согласно одному из наиболее полных определений (БМЭ), диагноз - *это краткое врачебное заключение о патологическом состоянии здоровья обследуемого, об имеющихся у него заболеваниях (травмах) или о причине смерти, оформленное в соответствии с действующими стандартами и выраженное в терминах, предусмотренных действующими классификациями и номенклатурой болезней;* содержанием диагноза могут быть также особые физиологические состояния организма (беременность, климакс, состояние после разрешения патологического процесса и др.), заключение об эпидемическом очаге.

В настоящее время в работах, посвященных теории построения медицинского диагноза, сформулированы разнообразные подходы к его классификации. Однако в соответствии с общепризнанными правилами процесса классификации деление на классы проводится по единому основанию (признаку), и таким основанием деления должен быть признак, указывающий на существенное различие между членами деления. Такой классифицирующий признак для медицинского диагноза - основная функция, которую он выполняет, а именно:

- клинический диагноз способствует комплексному лечению и вторичной профилактике;
- патологоанатомический диагноз - выявлению основной и непосредственной причины смерти больного, умершего от болезни;
- судебно-медицинский диагноз - выявлению криминальной причины смерти;
- санитарно-эпидемический диагноз - выявлению особенностей появления, формирования и распространения эпидемического очага.

Среди перечисленных видов медицинского диагноза непосредственно к лечебно-диагностическому процессу относится клинический диагноз. Общепринятая формула для построения клинического диагноза - выделение трех рубрик (по И.В. Давыдовскому).

1. Основное заболевание - нозологическая форма (единица), имеющая в данный момент наиболее выраженные проявления, угрожающие здоровью и жизни больного, по поводу которого проводится лечение. Для патологоанатомического диагноза основным заболеванием является нозологическая форма (единица), которая сама по себе или через связанные с ней осложнения послужила причиной смерти больного.

2. Осложнения основного заболевания - симптомы, синдромы и патологические процессы, патогенетически тесно связанные с основным заболеванием, но имеющие качественно новые признаки, отличные от признаков основного заболевания.

3. Сопутствующие болезни - нозологические единицы, этиологически и патогенетически не связанные с основным заболеванием и его осложнениями, которые не оказали на их развитие и течение неблагоприятного влияния или не способствовали наступлению смерти.

Клинический диагноз формулируется в условиях стационара или при амбулаторно-поликлиническом наблюдении пациента. Это заключение в процессе наблюдения за больным может дополняться и изменяться. С целью отражения хода ЛДП в формализованное описание клинического диагноза включают соответствующий «динамичный» атрибут, который может принимать следующие значения:

- диагноз направившего учреждения;

• диагноз при поступлении;

• предварительный клинический диагноз;

• развернутый клинический диагноз;

• заключительный клинический диагноз.

Для формулировок развернутого и заключительного клинического диагноза основополагающим и приоритетным является нозологический принцип. Для обеспечения терминологического единства при формулировании диагностических заключений, помимо использования МКБ, необходимо сформировать базы интранозологических дополнительных характеристик (форма патологии, характер течения, степень активности процесса, степень тяжести заболевания). За основу рекомендуется брать общепризнанные и наиболее распространенные классификации соответствующих нозологических форм.

Таким образом, формализованное описание клинического диагноза должно включать в себя атрибут стадии лечебно-диагностического процесса, а также следующие рубрики.

• Основное заболевание:

— название нозологии (в соответствии с рубриками МКБ);

— клиническая, клинико-морфологическая или патогенетическая форма;

— характер течения;

— стадия (фаза) и степень активности патологического процесса;

— степень тяжести заболевания (или тяжесть функциональных расстройств).

• Осложнения основного заболевания (по возможности с указанием степени тяжести этих нарушений).

• Сопутствующие заболевания.

Пример: развернутый клинический диагноз.

Основное заболевание. *Инфаркт миокарда, острый, трансмуральный, задней и боковой стенок левого желудочка (дата).*

Осложнения основного заболевания. *Острая левожелудочковая недостаточность IIб. Отек легких.*

Сопутствующие болезни. *Хронический холецистит в стадии ремиссии.*

Обеспечение информационной поддержки лечебных и тактических решений требует реализации формализованного описания ряда блоков:

• режим;

• диета;

• лекарственные средства;

• немедикаментозные методы лечения;

• перечень возможных тактических решений врача.

При разработке соответствующих формализованных справочников необходимо ориентироваться на общепринятые и наиболее распространенные классификации и формулировки. Например, формализованное описание раздела «Режим» включает в себя градации:

• строгий постельный;

• постельный;

• палатный;

• общий.

Основные лечебные диеты, которые применяют в медицинских организациях, классифицируются в соответствии с перечнем диет.

Формирование листа медикаментозных назначений в обязательном порядке включает в себя фиксацию следующих атрибутов лекарственного препарата:

• название;

• способ введения;

• лекарственная форма;

• схема введения (с указанием времени и дозы).

Для информационной поддержки формирования медикаментозных назначений в указанном виде требуется разработка базы лекарственных средств, структура которой должна соответствовать принятой в клинической фармакологии классификации. В настоящее время таких классификаций существует несколько, и они основаны на различных признаках лекарственных средств:

• по химическому строению (например, группа салицилаты: аспирин, салициламид, метилсалицилат - препараты, полученные на основе ацетилсалициловой кислоты);

• по фармакологическому действию (вазодилататоры - расширяющие сосуды, спазмолитики - устраняющие спазм сосудов, анальгетики - снижающие болевое раздражение);

• по нозологическому признаку (например, средства для лечения инфаркта миокарда, бронхиальной астмы и т.д.);

• анатомо-терапевтическо-химическая классификация - международная классификация, в которой учитываются фармакологическая группа препарата, его химическая природа и нозология заболевания, для лечения которого предназначен препарат.

Среди классификаций лекарственных средств, наиболее часто используемых в практической медицине, можно отметить классификацию, разработанную академиком М.Д. Машковским, а также справочники Видаль и Государственный реестр лекарственных средств.

Структурированный и формализованный перечень немедикаментозных методов лечения должен быть, во-первых, ориентирован на возможности конкретного лечебного учреждения, а во-вторых, желательно оперировать названиями процедур и манипуляций, представленными в номенклатуре медицинских услуг. Например, «промывание желудка», «постановка горчичников», «наложение гипсовой повязки при переломах костей», «воздействие электрическим полем ультравысокой частоты», «лечебная физкультура при заболеваниях позвоночника» и т.д.

ГЛАВА 16. АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ

Формализация медицинской информации процедурного характера, относящейся к ЛДП, связана с разработкой и представлением алгоритмов анализа медицинской информации с целью формирования диагностических заключений, планов дополнительного обследования и лечения, тактических решений.

По принципу построения алгоритмы анализа медицинской информации можно разделить на две принципиально различные группы:

1) вычислительные алгоритмы, в основу которых положена обработка данных методами математической статистики и распознавания образов;

2) алгоритмы, основанные на знаниях, базирующихся на основных закономерностях предметной области, полученных в результате теоретических исследований, практической деятельности и профессионального опыта.

16.1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Применение математических (вычислительных) подходов к медицинской диагностике сводится к задаче распознавания образов (под образом в данном случае понимается группа сходных по проявлениям заболеваний, состояний и т.п.).

Активное внедрение методов распознавания в медицину началось уже в первой половине 60-х годов XX в. Среди основных направлений использования такого анализа медицинской информации могут быть указаны:

- дифференциальная диагностика;
- выявление при массовых профилактических или профессиональных осмотрах лиц с повышенным риском заболевания;
- прогнозирование течения заболевания, оценка тяжести состояния;
- эффективность лечения;
- исход заболевания.

Формально задачу медицинской диагностики можно представить как задачу классификации, которая состоит в установлении соответствия совокупности выявленных симптомов (параметров) конкретному заболеванию. Результатом могут быть два варианта решения: 1) однозначное решение в пользу одного из диагнозов (детерминистский подход) или 2) вероятностное (в процентах) указание о возможном диагнозе у пациента (стохастический подход).

В рамках логического подхода каждое заболевание характеризуется определенным набором симптомов, которые располагают в строгой последовательности. Наличию симптома соответствует «1», а отсутствию - «0». Таким образом, заболевание описывается многозначным двоичным числом типа 1001 ... 101. Конкретный клинический случай кодируется по аналогичному принципу и затем сравнивается с кодом заболевания. В качестве результата будет однозначное указание на один из возможных вариантов ответа или сообщение о ненайденном соответствии.

В реальности такие ситуации с патогномоничными симптомами весьма редки. Чаще мы наблюдаем случаи, когда один или несколько симптомов встречаются при различных патологиях, но с разной частотой и (или) выраженностью. После расчета вероятности каждого симптома при каждом заболевании может быть построена диагностическая таблица, которая позволит для вновь поступившего пациента по имеющимся у него симптомам рассчитать вероятность каждого из рассматриваемых заболеваний. Также каждому из признаков может придаваться весовой коэффициент, заранее определенный врачами для разных заболеваний, при которых встречаются одни и те же симптомы.

Еще один принципиально важный подход к классификации вычислительных алгоритмов диагностики основывается на количестве первоначальной (априорной) информации о предметной области и распознаваемых объектах. В зависимости от возможности описать признаковое пространство и перечень диагностируемых классов

предметной области, а также сформулировать правила отнесения распознаваемого объекта к одному из указанных классов выделяют вычислительные алгоритмы диагностики (табл. 16.1):

- без обучения (обучение на примерах);
- с обучением (обучение с учителем);
- с самообучением (обучение без учителя).

В случае обучения на примерах предусматривается введение в готовом виде описания признакового пространства, перечня распознаваемых классов и их описание на языке признаков, а также способа отнесения распознаваемого объекта к конкретному классу. Такой подход накладывает очень высокие требования к достаточности исходной информации о предметной области и распознаваемых объектах. Необходимо располагать сведениями о вероятностях рассматриваемых заболеваний в различных условиях и вероятностях симптомов при различных заболеваниях; пользоваться унифицированными словарями для описания нозологических форм, патологических состояний, клинических симптомов, симптомокомплексов и синдромов; оперировать едиными диагностическими критериями. При описании обучения распознаванию «на примерах» можно встретить термин «системы без обучения», так как все основные характеристики для работы распознающего алгоритма задаются в уже готовом виде.

Таблица 16.1. Вычислительные алгоритмы диагностики

Основные характеристики распознавания	Обучение на примерах	Обучение с учителем	Обучение без учителя
Признаковое пространство	+	+	+
Перечень классов	+	+	-
Правила отнесения к классам	+	-	-

Для реализации действительного обучения необходимо сформировать так называемую обучающую выборку - некоторое множество реальных клинических случаев с достаточно полным описанием признаков и симптомов, а также с известными верифицированными диагнозами. Такое множество необходимо для определения статистически «типичной» картины («образа») каждого из рассматриваемых заболеваний (состояния, синдрома) и выполняет роль своеобразного «учителя». Сформировать обучающую выборку можно как на ретроспективном материале (по историям болезни), так и в проспективном исследовании. Чрезвычайно важны полнота собираемого клинического материала и его объем при минимальном количестве пропущенных значений используемых параметров.

Еще одно важное для процесса обучения условие - наличие критерия, по которому оценивают качество распознавания. В практической медицине это минимизация ошибок диагностики, но в последнее время это может быть минимизация времени или расходов на распознавание. Исходно необученный алгоритм производит распознавание предлагаемых признаков и симптомов, классифицирует состояние и сравнивает свои результаты с правильным ответом, поступающим от учителя (с «образом заболевания»). По результатам сравнения с указанным критерием алгоритм корректирует параметры решающей функции (рис. 16.1).

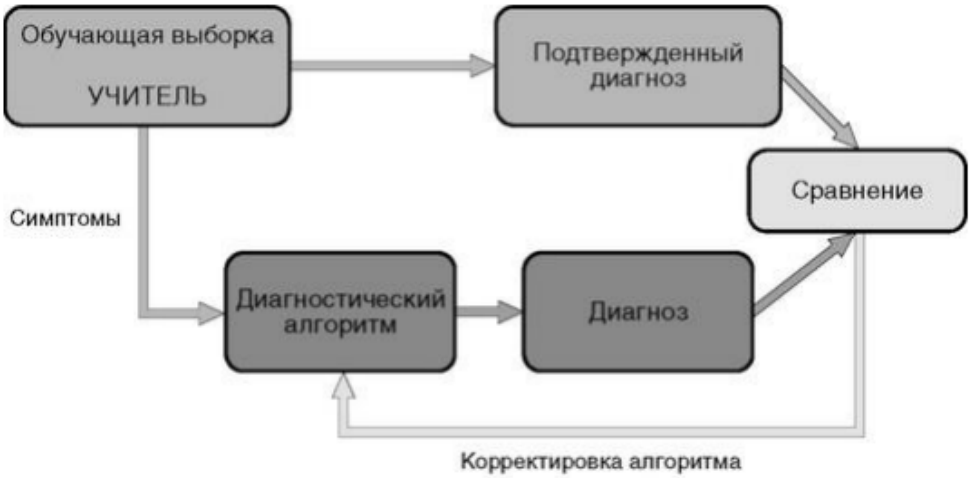


Рис. 16.1. Принцип построения диагностического алгоритма с обучением

Обучение распознающего алгоритма на основе подхода «обучение без учителя» способствует созданию некоторой классификации, вытекающей из описания признаков. Алгоритм сам проводит границы между классами, основываясь на том, чтобы близость объектов по заданному критерию внутри класса была максимальной, а между классами - минимальной. Задачи такого рода могут также решаться различными методами кластерного анализа.

16.1.1. Основные этапы работы вычислительного алгоритма диагностики

Функциональная схема работы любого распознающего алгоритма должна включать в себя ряд обязательных этапов:

- предобработка данных;
- обучение распознаванию;
- принятие решения;
- оценка эффективности алгоритма распознавания.

На 1-м этапе прежде всего решается задача создания формализованного описания объектов распознавания. Формулируется перечень распознаваемых процессов или явлений (заболеваний, синдромов, состояний) и принцип их классификации. Составляется перечень признаков или параметров для описания выбранных классов. Создается формализованная карта параметров с их градациями, по возможности различающаяся для объектов разных классов. Продумывается система (шкала) кодирования градаций параметров.

2-й этап работы алгоритма распознавания - обучение, связан с его настройкой на множество возможных входных данных. В соответствии с рассмотренными выше принципами обучения используются или правила распознавания в готовом виде, или возможность сформировать правила распознавания в процессе работы с обучающей выборкой.

3-й этап - принятие решения, является наиболее значимым в цикле работы алгоритма распознавания с точки зрения его характеристики в целом. Выделяют два основных класса задач, решаемых на этапе принятия решений:

- распознавание - отнесение предъявляемых объектов к определенным классам с помощью применения известных правил классификации. Это наиболее типичная задача медицинской диагностики. Перед тем как алгоритм сможет выполнять данную функцию, применяется обучение с учителем на примере обучающей выборки;

• классификация (таксономия) - разбиение множества объектов на непересекающиеся классы по их формализованным описаниям. Данная задача решается в тех случаях, когда от алгоритма не требуется отнесения входных образов к каким-либо определенным классам, а требуется лишь способность различать их каким-либо способом по определенным признакам. Например, выделение групп риска при массовых профилактических осмотрах. Для обеспечения решения задачи классификации часто используется процедура обучения без учителя.

Окончанием работы любого алгоритма диагностики должна быть оценка правильности его работы. Принято выделять два типа ошибок диагностики:

1) ошибка 1-го рода - гипердиагностика - алгоритм констатирует заболевание у здорового человека;

2) ошибка 2-го рода - гиподиагностика - алгоритм не распознает заболевание у больного пациента.

Считается, что в практической медицине более опасна и недопустима гиподиагностика, т.е. необнаруженное, а потому оставленное без лечения заболевание. Это утверждение особенно справедливо для тяжелых состояний, инфекционных и социально значимых заболеваний. Для оценки качества работы диагностического алгоритма используют две операционные характеристики, которые определяются на контрольной выборке при наличии так называемого референтного метода диагностики - мнения эксперта, результатов врачебного консилиума (табл. 16.2):

• чувствительность - доля пациентов с диагностированным (с помощью правила) заболеванием среди всех пациентов с данным заболеванием в выборке, т.е. отношение числа истинно положительных результатов к числу случаев с наличием заболевания. Характеризует способность решающего правила выявить болезнь;

• специфичность - доля пациентов с недиагностированным заболеванием (с помощью правила) среди пациентов без данного заболевания в выборке, т.е. отношение числа истинно отрицательных результатов к общему числу случаев с отсутствием заболевания. Характеризует способность решающего правила выявить отсутствие болезни.

Таблица 16.2. Референтный метод диагностики

Диагностический алгоритм	Выявлена болезнь	Отсутствует болезнь
Выявлена болезнь	A: истинно-положительный результат	B: ложноположительный результат (ошибка 1-го рода)
Отсутствует болезнь	C: ложноотрицательный результат (ошибка 2-го рода)	D: истинно-отрицательный результат

На основании данных, представленных в табл. 16.2, характеристики качества работы распознающего алгоритма рассчитываются следующим образом:

чувствительность диагностического алгоритма = A / (A + C) • 100%; специфичность диагностического алгоритма = D / (B + D) • 100%.

Один из способов оценки качества полученного диагностического алгоритма - проведение скользящего экзамена. Суть его заключается в том, что данные каждого пациента по очереди исключаются из обучающей выборки, процедура классификации повторяется без него, а затем данные исключенного пациента подставляются в полученное правило и оценивается правильность диагностики.

16.1.2. Основные подходы к распознаванию образов

При решении наиболее часто встречающихся в практической медицине задач - дифференциальной диагностики и прогнозирования - основным подходом для реализации алгоритмов распознавания образов является применение теоремы Байеса и методов дискриминантного анализа.

Формула Байеса позволяет разработать вероятностный алгоритм распознавания без обучения. Такой подход дает возможность определить вероятность заболевания (из ограниченной группы различных заболеваний) у пациента с некоторым набором симптомов. Основа для расчетов - информация об априорной вероятности*P(D)* появления данного заболевания в случайной выборке (т.е. до предъявления сведений о рассматриваемом клиническом случае) и условной вероятности наличия симптомов при указанном заболевании *P(S\D.)*.

$$P(D_j|S) = \frac{P(D_j)P(S|D_j)}{\sum_{j=1}^{d} P(D_j)P(S \mid D_j)}, \quad j = 1, 2, \ldots, d,$$

где D_j- заболевание из рассматриваемой группы; $S (S_1, S_2...)$ - набор симптомов.

При использовании формулы Байеса предполагается ряд допущений:

• проявление симптомов у больного дискретно (т.е. принимает значения «есть» или «нет») и статистически независимо;

• каждое заболевание имеет свои непересекающиеся наборы симптомов.

В реальных клинических ситуациях указанные допущения практически не выполнимы, так как, во-первых, существует большое количество симптомов, встречающихся при различных заболеваниях, а во-вторых, наблюдается патогенетическая связь многих симптомов, что отражается в их статистической корреляции. Отмеченные особенности предметной области накладывают определенные ограничения на широкое использование формулы Байеса для решения задач в медицине.

Дискриминантный анализ как раздел многомерного статистического анализа включает в себя методы классификации наблюдений в случае, когда исследователь обладает так называемыми обучающими выборками («классификация с учителем»).

Для реализации данного метода исследуемые объекты графически можно отобразить в некотором признаковом пространстве, на осях координат которого представлены шкалы соответствующих признаков. В общем случае рассматриваемое признаковое пространство будет многомерным. В частных случаях могут быть рассмотрены ситуации с трехмерным и двухмерным признаковым пространством. Например (рис. 16.2), обучающая выборка представлена пациентами с двумя четко различающимися формами патологии D_1и D_2, которые характеризуются определенными значениями двух диагностически важных признаков (симптомов) -S_1и S

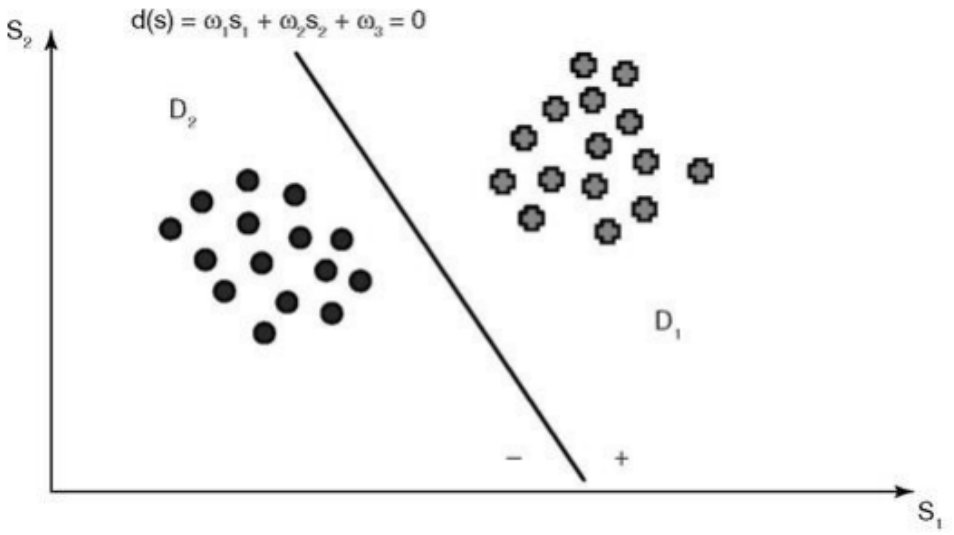


Рис. 16.2. Обучающая выборка пациентов с патологиями D_1 и D_2

Для представленного двухмерного признакового пространства можно построить некоторую прямую, отделяющую пациентов с патологией D_1 от пациентов с патологией D_2. Уравнением такой прямой является линейная функция вида:

$cd(s) = \omega_1 5_1 + \omega_2 s_2 + \omega_3 = 0$,

где ω_1 - параметры; s_1, s_2- переменные.

Очевидно, что подстановка в уравнение значений признаков любого пациента с патологией D_1 даст положительное значение. Отрицательное значение функция $d(s)$ примет при подстановке образа, относящегося к классу D_2. Таким образом, функцию $d(s)$ можно использовать в качестве *решающей* (или *дискриминантной)*функции. При рассмотрении образа вновь поступившего пациента с неизвестной патологией можно утверждать, что он относится к группе с патологией D_1, если $d(s) > 0$, и к группе с патологией D_2, если $d(s) < 0$.

С геометрической точки зрения при увеличении размерности признакового пространства до трех дискриминантная функция будет определять разделяющую плоскость, а в p-мерном пространстве - гиперплоскость.

Для минимизации числа признаков может проводиться последовательное изъятие признаков и устанавливаться «критерий полезности» признаков для выявления отличия одного образа от другого.

16.1.3. Основные недостатки вычислительных алгоритмов диагностики

Обладая определенными достоинствами и прежде всего тем, что с их помощью реализуется попытка объективизировать имеющуюся информацию о заболеваниях, статистические методы страдают рядом недостатков. Во-первых, информация, необходимая для построения статистических моделей, часто отсутствует. Для ее накопления, хранения и обработки требуется отдельный и весьма значительный объем работы. Кроме того, внесение в статистическую модель новой информации приведет к необходимости изменения модели и перерасчету всех вероятностей. Во-вторых, базовые предположения о статистической независимости симптомов и наличии непересекающихся множеств симптомов при различных патологиях, на которых строится работа статистических алгоритмов диагностики, не приемлемы для медицины. И, в-третьих, возможно, наиболее существенный недостаток вычислительных алгоритмов диагностики связан с самим методом некоторых математических операций, который нельзя объяснить

врачу с использованием привычных для него конструкций (особенности признакового пространства, патогенез, этиология, здравый смысл).

16.2. АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ, ОСНОВАННЫЙ НА ЗНАНИЯХ, И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

В процессе постановки диагноза врач оперирует прежде всего своими знаниями и применяет различные способы поиска решений, свойственные человеку. Размышления, умозаключения, обобщение и абстрагирование, базирующиеся на фундаментальных научных знаниях по медицине, субъективных знаниях, полученных в результате практической работы, здравом смысле, - вот что составляет основу интеллектуальной деятельности диагноста. Отображение и автоматизированная реализация таких врачебных знаний представляют собой сложнейшую проблему и находятся в центре внимания интенсивно развивающейся области информатики, называемой искусственным интеллектом. Впервые термин «искусственный интеллект» предложил в 1956 г. знаменитый американский ученый Джон Маккарти (John McCarthy).

Искусственный интеллект - *это область компьютерной науки, занимающаяся моделированием определенных аспектов человеческого способа приобретения и использования знаний, или имитация некоторых аспектов мыслительной деятельности человека.* Использование принципов искусственного интеллекта, логики врачебного мышления позволяет строить компьютерные системы для диагностики, прогноза и выбора лечебной тактики, которые могут отражать знания о патогенезе заболеваний.

16.2.1. Знания и особенности их приобретения

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.*

Знания характеризуются наличием ряда свойств:

• внутренняя интерпретируемость - в отличие от данных, которые можно интерпретировать только в соответствии со способами их использования, знания могут быть интерпретированы сами по себе;

• структурированность - информационные единицы знаний обладают гибкой структурой, которая позволяет организовать их разделение или объединение по типу взаимоотношений «часть-целое», «род-вид», «элемент-класс»;

• связность - между элементами знаний можно установить причинно-следственные, иерархические и другие связи;

• семантическая метрика - свойство, характеризующее ситуационную (контекстную) близость элементов знаний по смыслу;

• активность - в отличие от данных, которые сами по себе всегда пассивны, элементы знаний активизируют деятельность человека, инициируя определенные процедуры, алгоритмы, планы и т.д.

В качестве основных информационных единиц знаний могут быть названы базовые элементы, отражающие объекты реального мира (сущности, события, значения), связи между объектами, аксиомы (утверждения, заранее рассматриваемые как достоверные), теоремы (утверждения, степень достоверности которых заранее неизвестна), алгоритмы, концепции и стратегии.

Необходимые знания для построения алгоритмов поддержки принятия решений частично могут быть отражены в литературе, но в большей степени ими располагают

эксперты - высококвалифицированные специалисты в конкретной предметной области. Таким образом, процесс приобретения требуемых знаний включает в себя поиск их источников и непосредственное извлечение (выявление) знаний.

Применяемые методы извлечения знаний принято делить:

• на текстологические - предполагают извлечение знаний из документов (методик, пособий, руководств) и специальной литературы (статей, монографий, учебников);

• коммуникативные - охватывают все виды контактов с живым (интерактивным) источником знаний - экспертом.

Интеллектуальные системы включают знания двух типов. Знания 1-го типа: общезначимые факты, явления, закономерности - истины, признанные в данной предметной области и зафиксированные в справочниках, монографиях, статьях. Знания 2-го типа: эмпирические правила (т.е. полученные опытным путем), эвристики (личностные представления) и интуитивные соображения, которые дают возможность опытному врачу эффективно принимать решения даже в условиях неполных и противоречивых исходных данных (последнее может быть обусловлено наличием признаков, относящихся к другим заболеваниям). Интеллектуальные системы оказываются тем эффективнее, чем выше удельный вес знаний 2-го типа.

Все знания о болезнях разделяются на декларативные - для описания собственно заболевания (клиническая картина, дополнительные синдромы) и процедурные, указывающие на то, как использовать знания в процессе диагностики. Для того чтобы знания можно было использовать при построении автоматизированных систем, их формализуют. Под формализацией понимается однозначное (иногда многозначное) описание клинических проявлений заболеваний (включающее дифференциально значимые признаки и их сочетания для отдельных болезней или групп заболеваний), профессиональных навыков, технологий, методов принятия решений, на основе которого возможно последующее моделирование деятельности врача и использование знаний в компьютеризированных системах, в данном случае экспертных или интеллектуальных.

Знания предметной области по источникам можно разделить на фактические (наблюдаемые) и эвристические (отыскиваемые в памяти, основанные на «догадке» врача). Фактические знания - это хорошо известные в данной предметной области факты, описанные в учебниках, в специальной литературе. Однако их недостаток - отсутствие описания нестандартных (нетрадиционных) клинических проявлений заболеваний. Эвристические знания основаны на собственном опыте врача-эксперта, и чем выше его квалификация, что включает информацию о большом разнообразии встречавшихся ему клинических вариантов заболеваний (атипичных вариантов заболеваний) и редких нозологических форм, тем эффективнее будет созданная на основе его знаний экспертная система.

Важнейшую роль в приобретении знаний играет правильно организованное взаимодействие эксперта и инженера по знаниям (специалиста-когнитолога). Эксперт определяет знания (данные и правила), характеризующие проблемную область, обеспечивает их полноту и правильность. Инженер по знаниям помогает эксперту выявить и структурировать знания, определяет форму их формального представления. По способу взаимодействия эксперта и инженера по знаниям коммуникативные методы извлечения знаний могут быть разделены на пассивные и активные. В пассивных методах ведущую роль играет эксперт, а инженер по знаниям только протоколирует рассуждения эксперта по принятию решений или записывает то, что эксперт считает нужным сказать во время беседы или лекции. В активных методах ведущая роль, инициатива принадлежит инженеру по знаниям, который активно контактирует с экспертом различными способами - как в индивидуальном режиме (интервью, анкетирование, свободный диалог), так и в

группах («круглый стол», «мозговой штурм», ролевые игры). На выбор методики извлечения знаний влияют характер предметной области, личностные особенности участников (эксперта и когнитолога), а также особенности научных школ, к которым они принадлежат.

16.2.2. Модели представления знаний

Общепризнано, что одной из основных трудностей при построении баз знаний является способ представления полученных от эксперта знаний, доступный для дальнейшей автоматизированной обработки. В настоящее время разработано множество моделей представления знаний .

На базе подхода, в большей степени теоретическом, создаются модели, основанные на формальной логике (исчисление высказываний, предикатов).

На основе подхода, ориентированного на принципы организации человеческой памяти и моделирование механизмов решения задач человеком, разработаны и получили наибольшую известность следующие модели:

• продукционные - модели, основанные на правилах, позволяют представить знание в виде предложений типа: «ЕСЛИ условие, ТО действие»;

• сетевые (или семантические сети) - представляют собой граф, отображающий смысл целостного образа; узлы графа соответствуют понятиям и объектам, а дуги - отношениям между объектами;

• фреймовые - основываются на таком понятии, как фрейм, - структуре данных для представления некоторого концептуального объекта.

Еще одно направление в рамках искусственного интеллекта - с определенным ограничением относимое к бионическим - основано на предположении о том, что если в искусственной системе воспроизвести структуры и процессы человеческого мозга, то и результаты решения задач такой системой будут подобны результатам, получаемым человеком. К группе таких моделей представления и обработки знаний ряд исследователей относят нейронные сети и генетические алгоритмы.

16.2.3. Системы продукций

Системы продукций берут свое начало в работах американского математика и логика Э. Поста (E. Post). Для рассматриваемой модели представления знаний характерно четкое разделение между данными (фактами), операциями и управлением. Таким образом, в состав продукционной системы должны входить три модуля:

1) база правил (знаний);

2) рабочая память (база данных или фактов);

3) интерпретатор правил (решатель), реализующий определенный механизм логического вывода.

Любое продукционное правило, содержащееся в базе знаний, состоит из двух частей: антецедента и консеквента. Антецедент представляет собой посылку правила (условную часть) и состоит из элементарных предложений, соединенных логическими связками «и», «или». Консеквент (заключение) включает одно или несколько предложений, которые выражают либо некоторый факт, либо указание на определенное действие, подлежащее исполнению. Если условие выполняется, то правило может быть применено. Например:

Если *(скорость проводимой инфузии >500 мл/ч),* То *(необходимо мониторировать центральное венозное давление).*

Интерпретатор осуществляет проверку применимости правил, затем выбирает, какое из нескольких применимых правил должно быть использовано (проблема разрешения конфликтов) и реализует исполнение выбранных правил.

Традиционные системы продукций имеют важную характерную особенность. Глобальная база данных (фактов) доступна для всех правил. Одни правила не инициализируют другие правила непосредственно (напрямую), а только через изменения в базе фактов. Это свойство позволяет организовать общие формальные стратегии управления выводом в системах продукций. Схемы организации структуры управления (интерпретатора) принципиально можно разбить на две группы:

1) прямая стратегия - «от данных к цели»;

2) обратная стратегия - «от цели к данным».

В первом случае проверяются левые части (условия) всех правил для определения применимых продукций. После разрешения возникших конфликтов происходит исполнение правых частей правил, что соответствует логическому выводу новых утверждений. После добавления выведенных утверждений в базу данных процедура повторяется. Процесс заканчивается, если в базу фактов поступает утверждение, являющееся решением, или выполняется продукция, которая предписывает окончание поиска.

При обратной стратегии осуществляется проверка некоторых утверждений, наиболее близких к решению. При этом в базе правил проверяются правые части продукций с целью обнаружения в них искомого утверждения. Если такие правила найдены, то проверяются их левые части (условия) на соответствие базе данных.

В ходе работы интерпретатора возможно возникновение так называемой конфликтной ситуации, когда могут оказаться истинными условия более чем одной продукции. Совокупность таких продукций называется*конфликтным множеством,* а процедура выбора продукции из этого множества - *процедурой разрешения конфликта.* Среди основных способов разрешения конфликтов можно указать:

• случайный выбор;

• выбор по заранее оговоренному критерию, не изменяемому в ходе вычислительного процесса (например, первой применяется продукция с самыми жесткими требованиями - продукция с самым длинным списком условий, либо на продукциях задан полный порядок или иерархия, при этом первой применяется самая «старшая» продукция, и т.п.);

• выбор по критерию, формируемому динамически по ходу процесса, например приписыванием правилам и (или) компонентам базы динамически вычисляемых весов (приоритетов) (в этом случае первой для исполнения выбирается продукция с наивысшим приоритетом или продукция, условия (образец) которой удовлетворяется на данных, имеющих максимальный приоритет).

Процедура разрешения конфликта может использовать одну из стратегий: безвозвратную или пробную. При безвозвратной стратегии на каждом шаге вычислений из конфликтного множества для выполнения выбирается одна из подходящих продукций, и в дальнейшем вернуться к этой точке вычислений и применить другую продукцию невозможно. При пробной стратегии, называемой также бэктрекингом, обеспечивается возможность возврата к уже пройденной точке вычислений и применения другой (альтернативной) продукции из конфликтного множества.

Основные достоинства систем, основанных на продукционных моделях, связаны с простотой представления знаний и организацией логического вывода. К недостаткам таких систем можно отнести:

- отличие от структур знаний, свойственных человеку;
- неясность взаимных отношений правил;
- сложность оценки целостного образа знаний;
- низкую эффективность обработки знаний.

При разработке небольших систем (десятки правил) проявляются в основном положительные стороны продукционных моделей знаний, однако при увеличении объема знаний более заметными становятся слабые стороны.

16.2.4. Фреймовая модель

Термин «фрейм» (от англ. *frame* - каркас, рамка) введен Марвином Мински (Marvin Minsky) - профессором Массачусетского технологического института, автором ряда фундаментальных работ по искусственному интеллекту в 70-е годы прошлого века для обозначения структуры знаний по восприятию пространственных сцен. Фреймовая модель представляет собой логическую запись, включающую поля (подструктуры) для хранения информации. Соединив множество фреймов, можно построить фреймовую систему.

По сути, фреймы - это отдельные единицы представления знаний, в которых содержится информация, относящаяся только к описываемому этой структурой понятию (рис. 16.3). Все фреймы взаимосвязаны и образуют единую фреймовую структуру, в которой органически объединены декларативные и процедурные знания.

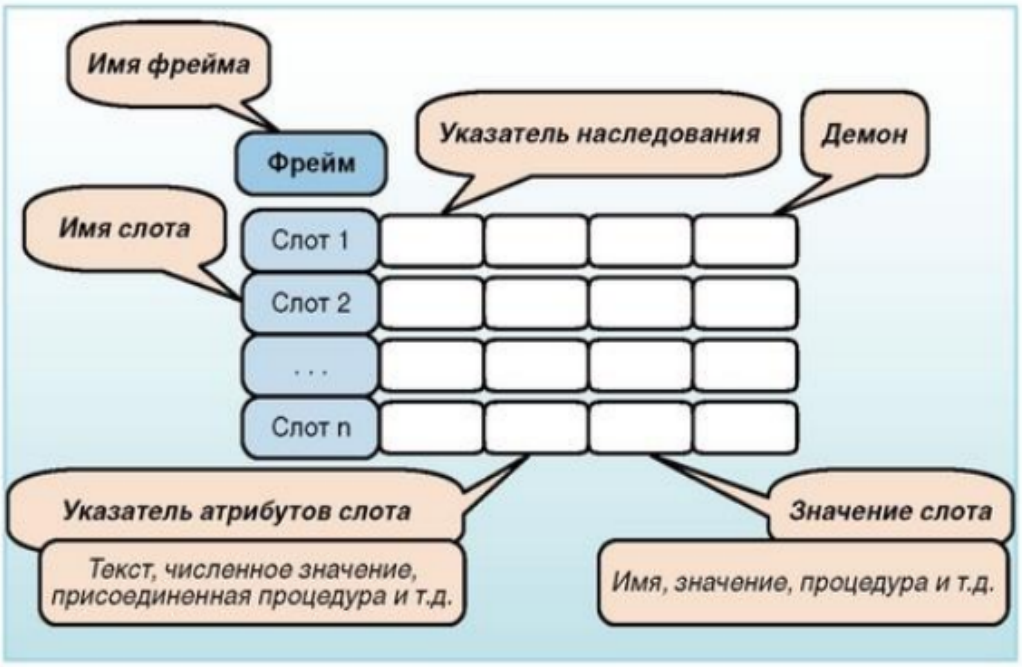


Рис. 16.3. Структура данных фрейма

Каждый фрейм должен иметь уникальное для рассматриваемой системы имя. Информация, относящаяся к фрейму, содержится в составляющих его слотах (от англ. *slot* - щель, прорезь). Каждый слот также должен иметь имя, уникальное в пределах данного фрейма. Структура слота включает в себя:

- указатель типа данных - целое число, текст, список, выражение, указатель на другой фрейм, присоединенная процедура и др.;

• значение слота - содержимое, которое соответствует заявленному типу данных (числовая или символьная константа, имя процедуры или другого фрейма).

Во фреймовых структурах иерархического типа, когда слот одного фрейма представляет собой фрейм нижнего уровня, присутствует компонент, отражающий тип наследования.

Дополнительный компонент, который может присутствовать в структуре фрейма, - демон: процедура, автоматически запускаемая при выполнении некоторого условия. Демоны запускаются при обращении к соответствующему слоту. Например, демон IF-NEEDED запускается, если в момент обращения к слоту его значение не было установлено; IF-ADDED запускается при подстановке в слот значения. Таким образом, фреймы могут содержать процедуры, управляющие преобразованием информации как внутри самого фрейма, так и в других узлах фреймовой сети.

Фреймовые модели достаточно универсальны, поскольку позволяют отобразить все многообразие знаний о мире посредством:

• фреймов-структур для обозначений объектов и понятий (система, синдром, стационар и т.п.);

• фреймов-ролей (лечащий врач, врач функциональной диагностики, заведующий отделением);

• фреймов-сценариев (лечебно-диагностический процесс);

• фреймов-ситуаций (кардиогенный шок, приступ удушья и т.д.). К основным достоинствам фреймовой модели относятся:

• способность отражать концептуальную основу организации памяти человека;

• наглядность представления;

• модульность.

Основной недостаток фреймовых моделей - отсутствие явных механизмов управления выводом. Элементы, позволяющие реализовать вывод: демоны, присоединенные процедуры, ссылки и механизмы наследования - включены внутрь фреймовой модели.

16.2.5. Семантические сети

Семантическая сеть - *информационная модель предметной области, имеющая вид ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (ребра) задают отношения между ними.* Семантические сети состоят из узлов, представляющих концепты (понятия), и связей - отношений между ними (рис. 16.4).



Рис. 16.4. Пример семантической сети

Однородные семантические сети характеризуются одним типом отношений (стрелок). В неоднородных семантических сетях, где количество типов отношений больше двух, также встречаются связи:

- функциональные (определяемые обычно глаголами «производит», «влияет» ...);
- количественные (больше, меньше, равно);
- пространственные (далеко от, близко от, за, под, над...);
- временные (раньше, позже, в течение...);
- атрибутивные (иметь свойство, иметь значение).

Семантическая сеть может использоваться самостоятельно или в сочетании с фреймовым формализмом, что позволяет не производить полного перебора всех правил, а осуществлять целенаправленный поиск по сети фреймов.

Особенность, но одновременно и недостаток семантической сети - это ее целостность, т.е. невозможность разделить базу фактических знаний и механизм поиска решения.

16.3. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ/ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Рассмотренные выше принципы построения алгоритмов, основанных на знаниях, для практического использования реализуют в виде особого класса компьютерных программ, имеющих специфическую организацию.

Интеллектуальные медицинские системы - *различного типа системы, опирающиеся на анализ знаний, полученных из литературы, при работе с высококвалифицированными специалистами и из данных историй болезней, подвергнутых последующему формальному и содержательному исследованию.*

Как правило, экспертные системы создаются для решения практических задач в предметных областях, где большую роль играют знания известных специалистов-экспертов. Несмотря на то что эксперт как высококвалифицированный специалист в конкретной области может наделить ЭС уникальными и ценными знаниями, для их дальнейшего эффективного использования требуются существенные усилия инженера по знаниям (когнитолога), а также специалистов по программированию. Таким образом, ЭС

есть плод совместной работы экспертов в данной предметной области, инженеров по знаниям и программистов.

Близки к процессу традиционной дифференциальной диагностики заболеваний интеллектуальные системы на основе рассуждений, использующие понятия аргументов и контраргументов, т.е. утверждений «за» или «против» диагноза при наличии определенных признаков (показателей).

В табл. 16.3 представлены принципы процесса диагностики в медицинской практике и в интеллектуальной системе.

Познавательный цикл продуктивного (творческого) мышления для медицинской диагностики может быть представлен в следующем виде:

1) анализ результатов осмотра;

2) рассуждение и аргументация, включая аналогии;

3) гипотеза или альтернативные гипотезы;

4) верификация или фальсификация;

5) пополнение данных и знаний;

6) повторный цикл рассуждения и аргументации;

7) коррекция гипотезы.

Таблица 16.3. Последовательность действий врача и интеллектуальной системы в процессе диагностики

В медицинской практике	В интеллектуальных системах
Подразделение признаков в зависимости от их диагностической ценности на патогномоничные, важные, второстепенные	Упорядочение информации по степени существенности
Уменьшение диагностической неопределенности путем поиска идентифицирующих признаков	Устранение неопределенности посредством использования информации, упорядоченной по степени релевантности (существенности)
Мысленная самооценка наблюдаемых признаков и выдвигаемых гипотез, их отклонение/подтверждение с помощью дополнительно привлекаемой информации (мысленное рассуждение)	Рефлексивное управление (управление на основе анализа) - способность к оценке полученных результатов и выбранных средств получения этих результатов, к коррекции информации (пополнение данных, отказ от некоторых данных, пересмотр результатов и т.п.)
Поиск аргументов и контраргументов или прецедента	Выбор стратегий, адекватных решаемой задаче
Распознавание состояний на основе «так как ... то ...»	Выведение логических следствий по принципу «если ... то ...»
Наличие фактов, характерных для ряда заболеваний, позволяет строить дифференциально-диагностические ряды	Поиск сходства фактов и генерирование предположений
Отклонение контраргументов и представление фактов, однозначно характерных для определенного диагноза	Верификация (проверка истинности) и фальсификация (порождение контраргументов) получаемых результатов

Аргументационная логика врача-диагноста направлена, с одной стороны, на выявление признаков, подтверждающих предполагаемый им, предположительно наиболее вероятный диагноз («за»), а с другой стороны, на поиск альтернативных признаков, отрицающих другие заболевания («против»).

Ассоциативное устройство памяти человека выдвигает проблему учета и анализа ассоциативных знаний, которые должны находить свое отражение в системах искусственного интеллекта. Логика врачебного мышления включает ассоциативное мышление на разных этапах процесса обследования больного (например, внешний вид, особенности передвижения; физикальные данные, получаемые при аускультации, перкуссии и т.п.). Мощность ассоциативного мышления возрастает с опытом врача, включая особенности связей, характерные для атипичных вариантов заболеваний и редких нозологических форм. Ассоциативные знания могут касаться причинно-следственных отношений не только между признаками, но и между состояниями - синдромами или болезнями (синдромы-предшественники и синдромы-потомки), а также в отношении одновременно отмечаемых у больного фоновых и (или) сопутствующих заболеваний. Это дает возможность учитывать, с какими болезнями/синдромами совместим текущий синдром (заболевание). На основе каузальных отношений строится как ретро-, так и проспективное изучение (анализ анамнеза, прогноз осложнений). Учет разнообразных взаимосвязей способствует повышению эффективности диагностических систем, так как позволяет активизировать дополнительные врачебные знания, в частности интуитивные представления при включении ассоциативных механизмов.

Ассоциативные связи, возникающие у врача или формируемые экспертной системой, позволяют учитывать: а) на фоне каких заболеваний мог развиться наблюдаемый патологический процесс (анамнез); б) фоном для каких синдромов он может послужить в дальнейшем (прогноз); в) сочетание каких синдромов, наблюдаемых у пациента, не противоречит выдвинутой диагностической гипотезе; г) информацию о взаимоисключающих симптомах или болезнях (ассоциация по контрасту).

Особенности экспертных систем, отличающие их от других распознающих программ, заключаются в том, что они должны обладать следующими качествами:

• компетентностью - возможностью достигать экспертного уровня решений, т.е. в конкретной предметной области подобного уровня профессионализма, что и эксперты-люди; применять знания эффективно и быстро, избегая, как и человек, ненужных вычислений;

• глубиной - возможностью работать в предметной области, содержащей трудные задачи, использовать сложные правила, т.е. использовать либо сложные конструкции правил, либо большое их количество;

• самосознанием - умением исследовать свои рассуждения и выводы, т.е. проверять правильность принимаемых решений и объяснять свои действия.

Сравнивая возможности ЭС и человека-эксперта в решении сложных задач, можно отметить два явных преимущества компьютерной экспертной системы. Во-первых, легкость «тиражирования» экспертных компетенций: передача знаний от одного человека другому - долгий и дорогой процесс, а передача информации, содержащейся в интеллектуальной системе, - это простой процесс копирования программы или файла данных. Во-вторых, устойчивость и воспроизводимость результатов работы: ЭС устойчивы к «помехам», результаты их работы стабильны, а человек легко поддается влиянию внешних факторов, которые непосредственно не связаны с решаемой задачей (например, эмоции или самочувствие). Еще одна важная черта ЭС, особенно характерная для медицинской сферы применения, - возможность одновременной работы со знаниями специалистов из различных областей медицины. Например, для диагностики заболеваний,

приводящих к повышению артериального давления, требуются знания экспертов в области эндокринологии, нефрологии, кардиологии. Организовать консилиум перечисленных специалистов высокой квалификации - далеко не простая задача, в то время как ЭС способна интегрировать их знания и предоставить для широкого использования.

Среди основных недостатков ЭС можно указать: существенные сложности с формализованным описанием глубоких знаний экспертов о предметной области; значительную трудоемкость в отладке и тестировании ЭС; и, наконец, для поддержания ЭС в актуальном состоянии требуется постоянная работа над обновлением базы знаний со стороны экспертов и специалистов-когнитологов. Лишенная такой поддержки со стороны разработчиков, ЭС, особенно лечебная, быстро теряет свою востребованность.

Разработка БЗ экспертной системы для диагностики и консультативной помощи в принятии решений включает в себя несколько этапов.

• Формирование эталонного описания основных диагностических заключений. Эталонное описание диагноза - это наиболее полная совокупность характерных признаков анамнеза, текущих клинических симптомов, результатов исследований, присущих конкретному диагнозу. При использовании в описании весовых коэффициентов признаки могут иметь разные значения, характеризующие их вклад для выдвижения конкретной диагностической гипотезы.

• Формирование признакового пространства, обеспечивающего решение выбранной проблемы. Признаковое пространство формируется как объединение подмножеств признаков, вошедших в эталонное описание всех диагностических заключений, сформированных на этапе создания БЗ.

• Формирование алгоритмов (решающих правил), позволяющих получать диагностические заключения. Алгоритмы могут быть: а) эмпирические, т.е. сообщенные экспертом; б) обнаруженные в процессе анализа медицинских карт больших баз данных - своего рода постоянно воспроизводящиеся шаблоны, отражающие многоаспектные взаимоотношения в данных (см. Data Mining); в) полученные в результате специальной статистической обработки первично извлеченных у эксперта знаний.

Опыт разработки и использования ЭС позволил сформулировать ряд требований к программам этого вида:

• ЭС 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;

• ЭС должна объяснять получаемые решения, используя конструкции, понятные врачу;

• созданные ранее ЭС должны обеспечивать возможность модификации при обновлении медицинских знаний по данной предметной области.

ЭС может работать в одном из двух режимов: в режиме приобретения знаний и в режиме консультаций (называемом также режимом решения, или режимом пользования экспертной системой).

В режиме приобретения знаний общение с ЭС осуществляют эксперты и инженер по знаниям. В этом режиме ЭС «приобретает» знания, которые позволяют ей затем в режиме консультаций самостоятельно (без эксперта) решать задачи конкретной проблемной области в диалоге с врачом-пользователем.

В режиме консультации конечного пользователя (врача) интересует результирующее заключение и способ его получения экспертной системой. Интерактивный диалог врача с ЭС осуществляется посредством специально разрабатываемого для этого модуля - интерфейса пользователя, который должен обладать свойством «дружественности», т.е. быть удобным и понятным.

Таким образом, ЭС, являясь сложными программами искусственного интеллекта, имеют довольно развитую архитектуру (рис. 16.5). ЭС должна включать в свой состав следующие элементы:

- базу знаний;
- базу данных (рабочую память);

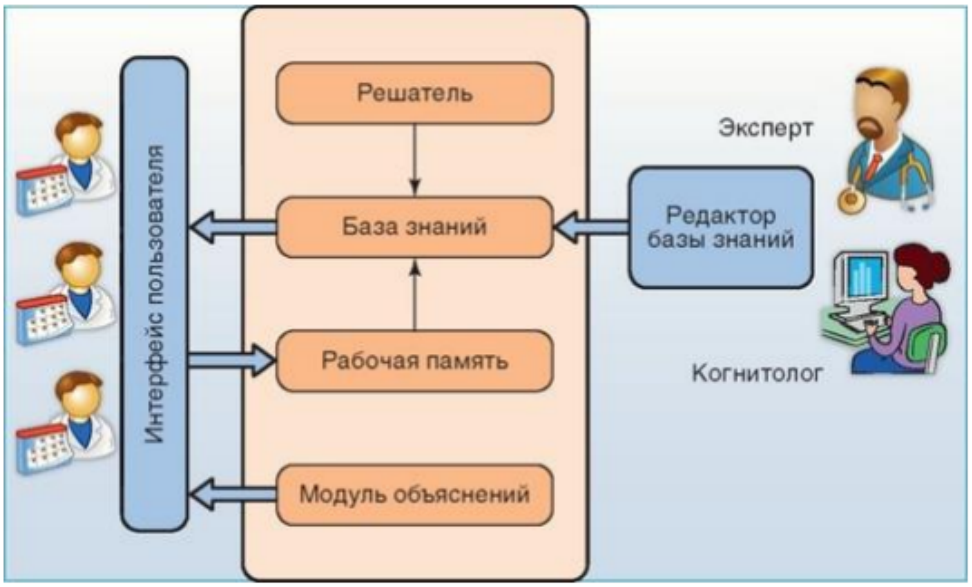


Рис. 16.5. Архитектура экспертной системы

- блок логического вывода (решатель);
- модуль объяснений;
- модуль (редактор) приобретения знаний;
- интерфейс пользователя.

Модуль приобретения знаний реализует одну из основных базовых функций ЭС - восприятие опыта решения проблемы от эксперта или из литературных источников/медицинских историй болезни и преобразование его в вид, доступный системе.

База знаний - ядро любой ЭС. Находящиеся в ней знания зафиксированы с использованием основных языков представления знаний (описанные ранее правила продукций, фреймы, семантические сети).

В базу данных пользователь (врач) в режиме консультации помещает информацию о текущей решаемой задаче (анамнестические, клинические данные о пациенте).

Блок логического вывода (решатель - механизм извлечения знаний) в определенной последовательности извлекает соответствующие знания из базы знаний и применяет их к введенным в рабочую память данным. Тип решателя в значительной степени зависит от языка представления знаний и выбранной модели вывода решений.

В режиме консультации, помимо активации базы знаний и решателя, пользователь задействует еще одну возможность ЭС - объяснение полученных результатов. Разъяснение принятого экспертной системой решения - важная базовая функция, обеспечивающая высокий уровень доверия к ЭС. Данная функция позволяет понять логику, оценить качество и безопасность решений, предлагаемых системой, и сделать врачу окончательный обоснованный выбор.

Среди важнейших функций, возлагаемых на современные медицинские ЭС, особенно важно отметить два аспекта:

1) медицинские ЭС призваны оказывать консультирующую помощь врачам в их каждодневной работе, восполняя нехватку экспертов в конкретной предметной области;

2) использование медицинских ЭС в целях обучения и повышения квалификации специалистов.

Практически важные аспекты консультативных систем - с одной стороны, выдвижение гипотезы о состоянии больного на основании ограниченного набора параметров (оптимизация совокупности правил), а с другой стороны, направленный дополнительный опрос врача по признакам для подтверждения или отклонения выдвинутой гипотезы.

Эффективность решений консультативных систем в определенной степени объясняется их способностью учитывать различную степень выраженности клинических проявлений болезни в конкретном случае. Медицина характеризуется многочисленными особенностями - как присущими вообще трудно формализуемым предметным областям (т.е. не имеющим четкого соответствия наблюдаемого и мысленного представления с его формальным отображением), так и специфическими, свойственными именно ей (варианты клинической картины, временная динамика). Для их учета и повышения эффективности предложены различные решения.

Во-первых, гетерогенность (т.е. неоднородность) заболеваний, в особенности характерная для наследственной патологии вследствие возможности генокопирования (практически одинаковые клинические изменения как результат фенотипических проявлений различных мутантных генов). Наиболее перспективным представляется преодоление этой трудности с позиций гибридных интеллектуальных систем на основе представления и обработки знаний о прецедентах.

Во-вторых, недостаточность информации об особенностях редко встречающихся заболеваний, в отношении которых эксперты вынуждены опираться на литературные источники, не имея надежного собственного опыта наблюдения таких больных. В решении этой проблемы один из возможных вариантов - привлечение ряда экспертов и организация группового анализа данных с формированием согласованного мнения, в том числе и по анализу необходимых литературных данных.

В-третьих, диагностика по неполному списку критериев, т.е. учет и представление ранних проявлений болезни, вариантов и атипичных форм заболеваний, а также такого явления, как фенотипический полиморфизм, представляющего собой разнообразие клинической картины у разных больных с одним и тем же диагнозом. Для его преодоления предложены различные решения. Это, к примеру, понятие «маски» - логическое выражение, состоящее из всех теоретически возможных клинических проявлений синдрома, часто встречающихся, редко встречающихся и т.д., что позволяет осуществлять диагностику при стертой клинической картине или не полностью развившемся заболевании. Работа по «маске» ведется в двух противоположных направлениях: 1) проявления зафиксированы в «маске», но отсутствуют у больного и 2) проявления отмечены у больного, но не зафиксированы в «маске». Другой способ

отражения различий в клинических проявлениях заболеваний - описание всех возможных вариантов течения болезни.

В-четвертых, работа с «размытыми» терминами или понятиями (формы, стадии заболеваний), переходы между которыми не имеют четких границ, и «нечеткими» описаниями, что вызывает различную их трактовку и субъективную оценку врачами. Это довольно широкая шкала нечетких вербальных определений, включающая следующие варианты: а) скорее всего или весьма (очень) вероятно; б) нельзя исключить; в) можно заподозрить; г) противоречивые или спорные сведения; д) сомнительно, но не исключено или маловероятно; е) крайне маловероятно. Примером первого может служить такой ряд, как «умственная отсталость-интеллектуальная недостаточность-задержка развития-отставание в развитии», которые не являются синонимами, а несут каждый свою смысловую нагрузку. Примером второго могут быть переходы цветов (кожа серая, землистая, с землистым оттенком, бледная, розоватая и т.п.). Определенную помощь здесь может оказать обращение к методам нечеткой логики, что касается неточно определенных границ, в особенности для формализации описаний второго типа. Основатель теории нечетных множеств и нечеткой логики - известный американский математик и логик, профессор Калифорнийского университета Лотфи Заде.

В-пятых, учет изменений клинических проявлений во времени, что включает, с одной стороны, так называемые большие периоды, характеризующие возрастную динамику, с другой стороны, смену состояний в масштабе реального времени при неотложных состояниях. Системы, учитывающие временные связи, находятся на стыке диагностических и прогностических систем. В настоящее время все более активно развиваются динамические интеллектуальные системы, которые могут обеспечить обработку данных мониторинга физиологических параметров в реальном времени.

Важная особенность медицинских ЭС - возможность учета специальности (врач общей практики, врач-специалист) и уровня квалификации пользователя (врач с большим стажем, ординатор, врач-интерн, фельдшер). Также важно учитывать ситуации экстренности, т.е. необходимость принять решение в короткие сроки или, наоборот, без временного ограничения, для чего может осуществляться разное построение пользовательского интерфейса. В первом случае имеется возможность строить диалог, начиная с предполагаемого врачом диагноза путем его подтверждения или отклонения в результате ответов на вопросы ЭС в инициируемом ею кратком диалоге, что имеет особое значение в экстренных случаях. Во втором случае обычно предполагается последовательный диалог-опрос по широкому перечню признаков. Таким образом, могут быть принципиально разные варианты выбора стратегии пользователем, что определяется его потребностями, опытом, привычками и, наконец, ограничениями, обусловленными состоянием пациента.

Для пользователя медицинской консультативной системы с психологической точки зрения особое значение имеет проблема его участия в процессе принятия решения или, по крайней мере, получение дополнительной информации при выдаче заключения системой. Это может быть реализовано различными средствами:

• возможностью выразить свою уверенность в отношении роли и выраженности проявлений (признаков) заболевания в конкретном случае;

• доступностью выбора режима диагностики среди альтернативных вариантов;

• модификацией представления о патологическом процессе в различные периоды диагностического процесса;

• возможностью получить информацию об аналогичных клинических случаях.

Последнее представляет отдельный интерес, так как диагностика (выбор лечения) по прецедентам соответствует общепринятой медицинской тактике и психологически близка

врачу. Реализация этого принципа происходит путем сопоставления данных нового больного по отдельным параметрам с историями болезни, хранящимися в архиве (библиотеке) ЭС. Благодаря этому врач получает возможность при выборе лечения использовать совокупный опыт пользователей данной компьютерной системы, ориентируясь на прогноз и исход, которые имели место при аналогичных случаях в прошлом.

16.4. КЛИНИЧЕСКИЕ И ОБУЧАЮЩИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

В различных областях медицинских знаний накоплен определенный опыт в построении автоматизированных систем по принятию врачебных решений в клинической практике. В этих системах реализованы разнообразные подходы к решению поставленных задач и представлению их результатов врачам.

Одной из первых разработок медицинских ЭС была диагностическая система MYCIN (1976), предназначенная для идентификации возбудителей инфекционных заболеваний. ЭС содержит 450 правил, разработанных при участии группы специалистов по инфекционным заболеваниям Стэнфордского университета (США). MYCIN осуществляет постановку диагноза, исходя из отмеченных симптомов, и рекомендует курс лечения. Система «умеет» объяснять свои заключения, позволяет модифицировать старые правила и вводить новые.

Наиболее крупными в области диагностики терапевтических заболеваний являются три системы: американские ЭС INTERNIST-I/ CADUCEUS, ЭС QMR - Quick Medical Reference и индийская ЭС PAIRS - Physician Assistant Artificial Intelligence System.

ЭС INTERNIST-I/CADUCEUS содержит в БЗ сведения о 500 нозологических единицах и 6000 признаках, опирается в своих решениях на набор профилей заболеваний, содержащих факты, встречающиеся при каждом из них. Понятие «свойство» в этой ЭС отображает данные, получаемые в процессе лечения, характеризует их клиническую значимость и сложность получения, отражает взаимосвязь данных. Так называемые ударные свойства (типа табу) указывают на физиологическую невозможность или очень малую вероятность некоторых заболеваний при определенных патологических проявлениях. В системе введена мера важности данных для определенного диагноза и «стоимость» их регистрации у больного. ЭС QMR включает знания о диагностике 750 терапевтических болезней. ЭС PAIRS, предназначенная для диагностики трудных случаев, использует базу данных, включающую более чем 30000 признаков заболеваний, описывающих 620 болезней внутренних органов. В ЭС MEDICS, включающей 530 болезней, не только выдается список наиболее вероятных диагнозов, но и указываются для каждого из них сравнительные характеристики между признаками пациента и «эталонными» для каждого из рассматриваемых заболеваний.

В российской системе ТАИС (Терапевтическая Автоматизированная Информационная Система) знания по каждой нозологической форме (полученные из литературных источников) имплантируются независимо в виде отдельных блоков. Среда ТАИС обеспечивает их непротиворечивое сочетание.

В первой отечественной ЭС МОДИС диагностика различных форм артериальной гипертензии и выдача дополнительных рекомендаций основаны на фреймово-продукционном формализме представления знаний, что позволило не производить полного перебора всех правил, а осуществлять целенаправленный поиск по сети фреймов.

В области абдоминальной хирургии можно отметить ЭС ДИАНА, развитием которой стала ЭС КОНСУЛЬТАНТ-2, в которых знания представлены в виде формальных логических структур. Внутренние связи отображают причинно-следственные отношения развития и проявления патологических процессов. Особенностью этих ЭС были учет

уровня подготовки медицинского персонала (врач, фельдшер) и характер оказания помощи (догоспитальная, стационарная).

В случае когда отсутствует возможность однозначной трактовки имеющихся данных, результаты работы системы могут быть представлены дифференциально-диагностическим рядом, данными о наблюдаемых у больного симптомах, которые не удается объяснить в рамках рассмотренных диагнозов, и рекомендациями по дальнейшему обследованию.

Один из подходов реализован в интеллектуальной системе для до-лабораторной дифференциальной диагностики наследственных болезней у детей ДИАГЕН, включающей 1200 нозологических форм. Модель представления знаний, лежащая в основе системы, сочетает в себе свойства продукционных и фреймовых структур. Врач указывает степень диагностической значимости каждого введенного признака, используя механизм корректировки коэффициентов или «весов» признаков, что позволяет ему отразить свое мнение о предполагаемой диагностической значимости любого из симптомов в конкретном случае. При определенных сомнениях (различных гипотезах) он может повторять эту процедуру несколько раз, меняя «веса». БЗ системы включает знания группы экспертов в области клинической генетики, использовавших совокупность собственных и литературных данных. Модуль хранения данных диагностированных больных (архив) может использоваться для последующей диагностики по аналогии. Кроме того, ДИАГЕН включает 1000 фотографий, отражающих различные фенотипические проявления заболеваний, которые врач может просмотреть после получения дифференциально-диагностического ряда, или любые фото при обращении к справочнику, являющемуся автономным блоком системы. Эта система была создана в Московском НИИ педиатрии и детской хирургии.

В ЭС CADIAG-2/PANCREAS общая форма структуры БЗ представлена в виде If (условия) Then (выводы) With(частота наблюдений, оценка уверенности выводов), т.е. учитывается опыт наблюдения таких больных экспертами. Система генерирует гипотезы о диагнозе заболевания, планирует дальнейшие исследования и указывает симптомы у больного, не объясненные выдвинутым диагнозом. Эта ЭС основана на методах нечеткой логики.

ЭС ГЕМАТУРИЯ для диагностики патологии мочевой системы у детей отвечает следующим требованиям: а) постановка сочетанных диагнозов; б) постановка диагнозов у больных с неспецифическими симптомами; в) наглядное отображение неопределенности диагнозов на текущем этапе исследований в виде вероятностного интервала; г) моделирование процесса диагностики, т.е. изменения неопределенности в зависимости от предполагаемых результатов исследований.

ЭС ДИН, ориентированная на решение задачи распознавания неотложных состояний в детском возрасте и содержащая описания 34 синдромов, которые включали 84 состояния, содержит более 1000 диагностических критериев и заключений о динамике развития неотложных состояний. Эта ЭС позволяет осуществлять диагностику при стертой клинической картине, на начальных стадиях развития неотложных состояний и при ограничениях на проведение специальных исследований, обусловленных тяжестью состояния или недостатком аппаратуры. Введение коэффициентов уверенности врача в отношении степени выраженности введенного им признака в системе ДИН обеспечивает активное участие пользователя в принятии решения. Важно, что диагностический поиск проводится с использованием упоминавшейся выше «маски» в двух противоположных направлениях: с одной стороны, по проявлениям, зафиксированным в «маске» для определенного варианта болезни, но отсутствующим у конкретного больного, а с другой - по проявлениям, отмеченным у больного при отсутствии их в «маске». В первом случае, если пользователя не устраивает надежность полученного диагноза, он может попытаться уточнить отсутствующие данные и получить на основании их рассмотрения системой

более надежный вывод. Во втором, по «лишним» для данного синдрома симптомам не исключена вероятность обнаружения других синдромов (болезней), в описании которых эти данные играют известную роль. Один из режимов работы ДИН позволяет врачу осуществлять проверку правильности предполагаемого им диагноза при движении от синдрома к симптомам. В другом варианте работы ЭС имеется возможность наряду с ведущим диагнозом получить весь список рассмотренных системой гипотетических состояний с оценкой их правдоподобия.

ЭС ДИНАР, в отличие от ДИН, включает управленческо-диагностические решения при неотложных состояниях у детей, что позволяет использовать ее как автоматизированное рабочее место врача-диспетчера реанимационно-консультативного центра: диагностический блок обеспечивает автоматизированный опрос (анамнез жизни и заболевания, динамика клинических проявлений) и определяет оптимальное тактическое решение, а справочный блок предоставляет информацию о лечебных учреждениях, по фармакологии и диагностике угрожающих состояний, а также схемы лечения основных неотложных состояний.

ЭС ЭСТЕР для диагностики лекарственных отравлений анализирует 19 групп распространенных препаратов, имитируя рассуждения врача-эксперта в токсикологии. При 63 диагностических признаках и в среднем трех значениях на шкале каждого из них общее количество таких комбинаций равно 3^{63}. Эти комбинации (клинические ситуации) соотносятся с различными классами в соответствии с препаратом, послужившим причиной отравления. Для каждого класса решений в системе указаны наиболее типичные значения диагностических признаков. Таблицы запрещенных значений для пар «диагностический признак-класс решений» позволяют ускорить процесс диагностики. Для классов решений со сходными сочетаниями диагностических признаков построены дополнительные БЗ. Деревья решений позволяют сделать вывод в сложных случаях, когда возможно отравление более чем одним препаратом или когда различные препараты дают сходную клиническую картину. В подобных ситуациях ЭСТЕР дает один из ответов следующего вида: «Отравление препаратом А более вероятно, чем отравление препаратом В», «Возможно отравление препаратами А и В». Модуль выдвижения гипотез исследует описание состояния пациента с целью выявить типичные признаки отравления тем или иным препаратом. Если конкурируют несколько гипотез, то он выбирает ту из них, которая подкреплена наибольшим количеством типичных значений признаков. Модуль «Лечение» способен выдать рекомендации с учетом тяжести отравления, степени поражения различных систем организма. При назначении метода лечения и дозировок антидотов ЭСТЕР позволяет учитывать возраст и массу пациента, его историю болезни. В университете Майами (США) для прогнозирования нежелательных эффектов взаимодействия лекарственных препаратов при их совместном назначении была создана ЭС, учитывающая индивидуальные характеристики пациентов (систематическое потребление алкоголя, наркотиков, анальгетиков, антибиотиков). Ее БЗ содержит 1300 правил логического вывода для установления факта взаимодействия медикаментов.

Ряд КС создан в области неврологии и психиатрии. В российской экспертной системе симптомально-синдромальной диагностики психических расстройств у детей и подростков, содержащей 300 синдромов и 1200 симптомов, ввод знаний включает 2 этапа:

1) описание понятий проблемной области - симптомов и синдромов (возможен ввод поясняющего текста, определение синонимов и групп понятий);

2) введение отношений между понятиями, к которым относятся:

а) порядок вывода целей (синдромов);

б) взаимоисключающие цели (синдромы) - это позволяет не рассматривать ряд синдромов (считать их ложными) при доказательстве определенного синдрома, а также позволяет отвергать более общие синдромы при доказательстве более конкретных;

в) взаимоисключающие факты (симптомы) - это позволяет считать ряд фактов ложными при установлении определенного факта;

г) значение фактов по умолчанию - дает возможность устанавливать истинность/ложность фактов, если они явно не введены врачом (при отсутствии вопроса);

д) вычисляемые факты - данное отношение позволяет устанавливать истинность/ложность фактов по значению определенных полей «Истории болезни», относящихся к конкретному больному;

е) отношение между фактами (симптомы) и целями (синдромы) - описывает симптомы (группы симптомов), доказывающие синдром, и указывает симптомы (группы симптомов), обусловливающие выбор синдрома для доказательства.

Система поддержки принятия решений в области психического здоровья GEMS может подвергать сомнению диагноз и лечение пациентов, что можно использовать как в практической медицине, так и для обучения врачей. Кроме того, система идентифицирует и регистрирует нестандартные случаи и аномальные результаты, что позволяет накапливать данные, которые в перспективе можно использовать в прецедентной диагностике и лечении.

ЭС BLUEBOX для диагностирования типа депрессии, оценки степени ее тяжести и выработки терапевтической тактики использует информацию о наблюдаемых у пациентов симптомах, перенесенных заболеваниях, предыдущих обращениях за психиатрической помощью, получаемом лечении и психических заболеваниях у родственников. План лечебных мероприятий включает рекомендации о госпитализации и лекарственных препаратах.

ЭС SYSTEMD ориентирована на диагностику головокружений, в том числе при наличии нескольких причин их возникновения у пациента. Система «побуждает» врача ввести факты (например, принимаемые медикаменты) и проявления (например, ощущение подступающего обморока) и предлагает диагноз, включая оценку относительных вероятностей конкурирующих гипотез. Знания в системе включают информацию как о конкретных случаях, так и о дифференциальной диагностике этого состояния. В системе использованы основанная на фреймах схема представления знаний и механизм последовательного порождения и проверки гипотез.

Российская система ЭЭГ-ЭКСПЕРТ является базой знаний в области электроэнцефалографии. Она может быть использована для оценки функционального состояния мозга и его отдельных структур у детей и взрослых. Особенности представления ЭЭГ-информации в виде структурных блоков, связанных с определенными системами мозга, обеспечивают эффективное сопоставление с данными неврологического обследования и нейропсихологического тестирования при дифференциальной диагностике.

ЭС ВЕСТ-СИНДРОМ (Россия) позволяет проверить согласованность экспертных оценок по множественным клиническим «портретам» одного и того же диагноза, отличающимся комбинацией признаков, что обеспечивает уверенное распознавание нехарактерно или полиморфно протекающих заболеваний. Система предлагает врачу информацию о дополнительных исследованиях, которые могут позволить максимально повысить вероятность нозологической идентификации инфантильных спазмов при дифференциальной диагностике. При невозможности их проведения указываются другие исследования, проведение которых может повысить эффективность предложенной гипотезы. Критерий альтернативы при выборе оптимального плана обследования больного с указанием степени угрозы диагностических процедур для жизни пациента включает интеллектуальная система MEDAS (США).

В неврологии и нейрохирургии традиционно принято представлять определенную информацию, связанную с топической диагностикой процесса, в схематической форме, что необходимо для идентификации места локализации очага поражения. Классическим вариантом реализации этого можно считать американскую систему NEUROLOGIST, где было реализовано формирование схематического изображения среза мозга с указанием локализации очага поражения в ЦНС - нарушения проводящих путей, для чего осуществляется анализ данных о пациенте (жалобы и результаты обследования). Объяснение дается в виде рисунка, демонстрирующего локализацию процесса: на дисплей выдаются схематические пространственные рисунки соответствующих уровней (в памяти заложено 20 горизонтальных разрезов ЦНС на уровнях от спинного мозга до коры головного мозга). ЭС использует знания нейрофизиологии, преобразованные в виде аналого-геометрической модели.

До некоторой степени аналог консилиума - американская ЭС MDX, действующая как сообщество консультантов разных специальностей, которые «вызывают» друг друга для решения вопросов, требующих их знаний и опыта. Их «сотрудничество» осуществляется с использованием доски объявлений («blackboard»). Знания в системе состоят из диагностических эвристик и иерархической глубокой модели понятийной структуры печеночного синдрома, известного как холестаз. Формальная модель, представленная в виде фреймов, позволяет осуществлять не только диагностику холестаза, но и анализ его этиологии на основании жалоб пациента, анамнеза болезни и клинических данных.

Хотя большинство интеллектуальных систем содержат элементы самообучения врача (блок объяснений и др.), ряд систем разработаны непосредственно для использования в медицинской учебной практике. Экспертная система ILIAD (США) для диагностики около 1500 внутренних болезней используется главным образом для обучения студентов. Другая американская ЭС ATTENDING подвергает аргументированной критике план предоперационной подготовки и выбор способа анестезии, обращая внимание на недостатки, требующие исправления, и на опасности, которые можно избежать, и предлагает альтернативный вариант. Знания в системе представлены в виде фреймов, содержащих список комментариев к определенным действиям врача. ЭС PHEO-ATTENDING осуществляет оценку действий врача при назначении дополнительного обследования, используя знания, отражающие позиции двух конкурирующих медицинских школ. Российская ЭС НЕФРОТРЕНАЖЕР содержит около 1000 диагностических задач различной степени сложности в области патологии почек у детей, позволяющих определить уровень знаний обучаемого, включая оптимальность проведенного им диагностического поиска, с последующей оценкой результатов по 5-балльной шкале и рекомендациями по дальнейшему обучению. TheraSim (США) - имитационная система для поддержки обучения врачей и фармацевтов диагностике и лечению хронических и инфекционных болезней, включая ВИЧ.

Термин «гибридная архитектура ЭС» предполагает сочетание разных подходов к их созданию и функционированию. Для решения одной и той же задачи могут использоваться системы знаний в сочетании с прецедентами (это и послужило причиной называть такие системы гибридными), методами математической статистики, математическими моделями.

Приобретение знаний из примеров, т.е. совмещение традиционных ЭС с библиотеками прецедентов, включающих атипичные варианты заболеваний, позволяет врачу проводить выбор лечения в сложных случаях, прогнозировать течение и исход на основе аналогичных случаев, имевших место в прошлом.

Другой подход к созданию гибридных систем реализован в интеллектуальной системе для мониторно-компьютерного контроля АЙБОЛИТ (в более поздней реализации МИРРОР), построенной на совокупности математических моделей, логических решателей

и прецедентов в НЦССХ им. А.Н. Бакулева. Алгоритм, обеспечивающий врача информацией для обоснованного принятия решений, опирается на фундаментальные знания в области кровообращения и работы сердца. Предложенная технология обеспечивает индивидуализацию суммы знаний о пациенте на основе контроля результатов текущих решений системы (при*online-анализе* информации, поступающей с мониторирующих систем). Гибридная система для диагностики геморрагического и ишемического (с его подтипами) инсульта, включающая логический, математико-статистический и нейросетевой подходы, создана в НЦ неврологии РАМН.

Динамические интеллектуальные системы предполагают сопряжение с программно-аппаратными комплексами обработки электрофизиологических данных, т.е. реализуется динамический анализ ситуаций в режиме реального времени, как это уже было указано в отношении системы АЙБОЛИТ. В качестве примера можно назвать интегральную систему постоянного интенсивного наблюдения ГАСТРОЭНТЕР для синдромальной диагностики и прогнозирования состояний у больных с острой абдоминальной патологией, созданную в РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Актуализация ЭС под воздействием постоянно изменяющихся данных приводит к проверке ранее принятого решения и при необходимости его пересмотру с выдачей новой гипотезы, а также рекомендаций для экстренной коррекции возникших отклонений.

Таким образом, консультативные системы по принципам их реализации можно классифицировать следующим образом:

• *экспертные,* т.е. основанные на знаниях конкретных высококвалифицированных врачей-специалистов, именуемых экспертами;

• *интеллектуальные,* т.е. базирующиеся на информации: а) из литературных источников; б) сочетании личных и литературных знаний; в) знаний, извлеченных из совокупности историй болезни и подвергнутых экспертной оценке;

• *гибридные,* т.е. сочетающие обработку логической компоненты знаний с анализом прецедентов, математическими моделями или вычислительными процедурами;

• *динамические,* т.е. обеспечивающие анализ новых гипотез в реальном времени при поступлении биосигналов с мониторирующей аппаратуры.

Интеллектуальные системы демонстрируют высокую эффективность в вопросах диагностики и лечения по широкому кругу заболеваний, достаточно большую надежность предлагаемых решений и способствуют повышению квалификации врачей-пользователей в процессе взаимодействия с компьютерной системой, т.е. обладают эффектом самообучения.

Интеллектуальные (экспертные) системы в клинической медицине находят применение в следующих ситуациях:

• дифференциальная диагностика и выбор лечения в широком круге нозологических форм;

• анализ динамики патологического процесса (с учетом проводимой терапии);

• оценка состояния в режиме «реального» времени (при неотложных состояниях);

• анализ прогностически неблагоприятных ситуаций;

• выбор лечебной тактики.

ГЛАВА 17. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ВРАЧА

Согласно ГОСТу 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения», «автоматизированное рабочее место - это программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида».

Автоматизация деятельности медицинских сотрудников предполагает следующие основные аспекты:

• обеспечение ведения баз данных;

• обработка клинической информации и результатов лабораторных, инструментальных и радиологических исследований;

• поддержка процессов принятия решений в определенной предметной области.

Обязательные элементы в структуре этого комплекса - средства вычислительной техники и специализированное программное обеспечение. При необходимости в состав АРМ медицинских сотрудников может быть интегрирована специализированная медицинская аппаратура (лабораторное, диагностическое, физиотерапевтическое и другое оборудование).

Для работы современного врача характерны следующие особенности:

• наблюдается рост объема информации, необходимой для качественного выполнения профессиональных обязанностей;

• имеется большой объем рутинной работы, связанной с оформлением различных документов - историй болезни, справок, выписок, отчетно-учетной документации и т.д.;

• кроме того, общепризнанной является проблема доступности информации из рукописных документов для дальнейшего использования (неразборчивый почерк врача, недостаточная полнота сбора информации, отсутствие единой терминологии и т.д.), что вызывает трудности в преемственности ведения пациента и использовании массивов накопленной клинической информации для научно-исследовательской и обучающей деятельности.

Таким образом, среди основных задач, возлагаемых на АРМ медицинских сотрудников, необходимо отметить:

• повышение эффективности и качества медицинской помощи за счет своевременно предоставленной врачу информации (отражающей современные достижения медицинской науки; характеризующей пациента по данным лабораторно-инструментальной диагностики, консультаций специалистов, по сведениям из других МО; о наличии необходимых ресурсов - лекарственных средств, методов инструментальной и лабораторной диагностики - в данной МО);

• снижение временных затрат на работу с документами (использование шаблонов, ввод данных выставлением флажков, выбором из списка, копированием и др.);

• накопление верифицированной (подтвержденной) информации в структурированном и формализованном виде, удобном для дальнейшего использования (в целях обучения, в научных исследованиях).

В соответствии с иерархической классификацией медицинских информационных систем АРМ медицинских сотрудников относятся к системам базового (клинического) уровня. На современном этапе принципы информатизации лечебно-диагностического процесса обусловливают тесную интеграцию АРМ как с системами того же базового уровня, так и с вышестоящими системами учрежденческого уровня (рис. 17.1).

Любая из медико-технологических систем может входить в состав АРМ врачей в качестве подсистемы. Такая организация взаимодействия ИС дает целый ряд преимуществ:

• возможность осуществлять обработку и анализ результатов лабораторно-инструментальных методов диагностики соответствующими специалистами;

• возможность лечащему врачу получать консультативную поддержку диагностических решений и выбора лечебных мероприятий;

• осуществлять мониторирование жизненно важных показателей деятельности организма пациента с учетом диагноза и степени тяжести его состояния, что позволяет повысить эффективность принимаемых врачом оперативных решений.

В свою очередь, АРМ медицинских сотрудников активно взаимодействуют с системами более высокого порядка - информационно-технологическими системами и МИС МО. Для реализации ЛДП чрезвычайно важно взаимодействие АРМ лечащего врача с электронной историей болезни (ЭИБ) или электронной медицинской картой (ЭМК) консультативного или другого нестационарного учреждения.



Рис. 17.1. Положение АРМ в классификации МИС

Интеграция АРМ врачей в составе ИС соответствующего отделения позволяет поднять на качественно новый уровень организацию его работы. Реализация профилактических мероприятий и диспансерных осмотров тесно связана с возможностью взаимодействия АРМ врачей и медицинских сестер поликлиники с ИС диспансерного наблюдения и специализированными регистрами. Современные интегрированные информационные системы медицинских учреждений включают в свой состав целый пакет АРМ специалистов разного профиля - сотрудников регистратуры, врачей лечебных и лабораторно-диагностических отделений, врачей кабинетов медицинской статистики, сотрудников администрации МО и др.

Медицинские информационные системы класса АРМ составляют достаточно многочисленную и разнообразную группу информационных систем, среди которых, в соответствии с их предназначением, принято выделять три основных типа (рис. 17.2):

1) *медико-технологические* АРМ - информационные системы, непосредственно участвующие в реализации ЛДП или медико-экологического анализа при подозрении на экопатологию;



Рис. 17.2. Классификация АРМ медицинских сотрудников по назначению

2) *организационно-технологические* АРМ, обеспечивающие организацию ЛДП, включая дистанционное консультирование;

3) *административные* АРМ, предназначенные для организации общего руководства ЛДП (см. гл. 12).

17.1. ЭЛЕМЕНТЫ В СОСТАВЕ ТИПОВОГО АРМ ВРАЧА

Состав технического, программного и информационного обеспечения медицинского АРМ во многом определяется спецификой сферы его применения, т.е. специализацией и должностью пользователя АРМ. С другой стороны, режим работы с данным видом медицинских информационных систем - АРМ медицинского сотрудника - может функционировать как в самостоятельном автономном режиме, так и входить в состав информационных систем отделений или МО, что также влияет на принцип его организации. Необходимое условие для разработки совместимых АРМ - определение понятия «типовое автоматизированное рабочее место», которое базируется на общих принципах его построения и функционирования.

В соответствии с базовыми задачами медицинского АРМ можно выделить несколько общих функциональных направлений использования АРМ медицинскими сотрудниками.

• Работа с базами данных:

— списки пациентов (регистрация, переводы, выписки, формирование групп по тяжести состояния, по характеру выявленной патологии, по воздействию вредных факторов, по проведению профилактических и диспансерных мероприятий и т.д.);

— списки сотрудников (специальности, квалификация, графики работы и т.д.);

— взаимодействие с ЭИБ или ЭАК (формирование электронных персональных медицинских записей (ЭПМЗ) о пациенте, просмотр результатов инструментальных и лабораторных исследований, консультаций врачами-специалистами, а также сведения о выполнении терапевтических назначений);

— доступ к информационно-справочным базам данных.

• Обработка информации:

— при проведении лабораторных, функциональных, радиологических и инструментальных исследований, в том числе с использованием программно-аппаратных комплексов;

— медико-статистическая обработка данных;

— формирование учетно-отчетной документации;

— расчет стоимости консультаций, обследования и лечения.

• Поддержка принятия решений:

— автоматизированная диагностика;

— прогнозирование осложнений и динамики патологического процесса;

— выбор плана обследования и лечения (на основе утвержденных для конкретной патологии стандартов);

— поддержка организационных решений.

Для обеспечения реализации указанных возможностей типовое *АРМ лечащего врача* должно включать в себя ряд функциональных модулей:

• блок формирования ЭПМЗ;

• блок информационно-справочной и консультативной поддержки;

• блок формирования отчетной документации.

Специальность врача-пользователя АРМ определяет особенности аппаратного, программного и информационного наполнения системы. Например, *АРМ врача-реаниматолога* зачастую совмещает функции лечебно-диагностической и регистрирующей системы, включая в свой состав сеть аппаратно-программных прикроватных комплексов, что позволяет врачу контролировать и оптимизировать режимы мониторирования отдельных параметров состояния пациента, совмещать процессы обработки функциональных данных и работу консультирующих систем.

АРМ врача-эндоскописта обеспечивает привязку описания результатов диагностического исследования к технологии его проведения, что сопровождается видеозаписями наблюдаемой у больного картины и произведенных манипуляций. Таким образом, интеграция специализированной медицинской техники в состав АРМ обусловливает необходимость специфического функционального модуля, обеспечивающего управление настройкой и работой прибора, формирование архивов результатов исследований (изображений, кривых) и их специальной обработки.

Отличительная особенность типового *АРМ заведующего отделением* - наличие блока разнообразной работы со списками:

• всех пациентов отделения (ФИО, палата, койка, лечащий врач);

• пациентов, выбывших из отделения (по диагнозам, исходам, оперативным пособиям);

• пациентов без диагноза на 3-и сутки пребывания;

• не проведенных вовремя консультаций;

• сведения о движении пациентов отделения.

Весомую часть всего информационного обеспечения АРМ медицинских сотрудников составляет справочная информация. Информационно-справочная система (ИСС) - это средство накопления, хранения и предоставления знаний. Их принципиальное отличие от систем поддержки принятия решений состоит в том, что подобные системы не осуществляют обработку информации, а только обеспечивают быстрый доступ к запрашиваемым сведениям.

Медицинские информационно-справочные системы (базы данных) предназначены для ввода, хранения, поиска и выдачи медицинской информации по запросу пользователя. Обычно ИСС подразделяются по видам хранимой информации:

• *клинические* (типичные жалобы, симптомы, методы исследования и тактика лечения распространенных заболеваний, а также этиология, патогенез и возможные осложнения);

• *научные* (сведения из публикаций, отражающие объективные закономерности в области медицины и здравоохранения, описание атипичных случаев заболеваний);

• *нормативно-правовые* (официальная информация о политике в области здравоохранения, стандарты и протоколы ведения пациентов с различной патологией).

Среди наиболее часто встречаемых в составе медицинских АРМ справочников и классификаторов можно указать на МКБ-10, Реестр лекарственных средств, справочники хирурга, кардиолога и других врачей-специалистов, стандарты оказания медицинской помощи.

Кроме общепринятых медицинских справочников, в состав информационно-справочного модуля АРМ могут входить локальные справочники, наполнение которых зависит от конкретного лечебного учреждения - перечень реализуемых в данной МО диагностических и лабораторных методов, телефонный справочник организации и др.

В составе АРМ медицинского сотрудника предоставляется возможность получить не только информацию справочного характера, но и консультативную поддержку. Возможность осуществлять содержательный анализ данных реализуется за счет включения в состав информационно-программного обеспечения АРМ систем поддержки принятия решений - как на основе вычислительной диагностики, так и базирующихся на знаниях (прежде всего ЭС).

Режим использования АРМ (автономный или в составе ИС учреждения) определяет специфику доступа пользователя к некоторым функциональным модулям системы (рис. 17.3). Например, в случае автономного использования системы (АРМ семейного врача) пользователь обращается к локальным (находящимся в составе АРМ) базам данных наблюдаемых пациентов, компьютеризированным электронным картам и выпискам из историй болезни, справочникам и системам поддержки принятия решений.

Однако в соответствии с современными подходами к построению МИС автономный режим работы с АРМ встречается все реже. Широкое распространение получила интеграция АРМ врачей разных специальностей в системы более высокого уровня - ИС отделений и ИС МО. При такой организации работы врач, пользуясь предлагаемым АРМ интерфейсом, получает доступ к удаленным базам данных (в том числе к спискам пациентов и их ЭМК) в соответствии с принятым в организации регламентом. В этом случае АРМ рассматривается не как физическое, а как функциональное понятие. Современные принципы организации МИС в трехуровневой архитектуре (клиент, обычно тонкий, т.е. не имеющий своей БД, а использующий данные единой БД - сервер приложений - сервер БД) позволяют организовать распределенную структуру баз данных, реализовать развитые средства администрирования, протоколирования и разграничения прав доступа к информационным ресурсам.

23.2. КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

В конце апреля 2011 г. была утверждена Концепция создания единой государственной информационной системы в здравоохранении.

В Концепции определены цель, задачи, принципы, архитектура, основные этапы создания, механизм управления и ресурсного обеспечения создания и сопровождения системы, ожидаемый социально-экономический эффект.

В Концепции отмечено, что в области управления здравоохранением наиболее острыми являются следующие вопросы:

• получение достоверных и оперативных первичных данных об объемах и качестве медицинской помощи, оказываемой учреждениями системы здравоохранения;

• планирование затрат на оказание гарантированных объемов медицинской помощи;

• принятие мер по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия людей;

• контроль расходования бюджетных средств на медицинское и лекарственное обеспечение населения;

• оптимизация ресурсов в здравоохранении с учетом потребностей отрасли.

В области собственно оказания медицинской помощи значимыми представляются такие вопросы:

• профилактика и ранняя диагностика, своевременное оказание медицинской помощи пациентам групп риска, лицам с социально значимыми заболеваниями, работникам вредных и опасных условий труда;

• эффективное использование высокотехнологичного медицинского оборудования, дорогостоящих лекарственных средств и материалов;

• поддержка принятия врачебных решений, в том числе за счет предоставления оперативного доступа к информации о здоровье пациента, внедрения автоматизированных процедур проверки соответствия назначенного лечения стандартам оказания медицинской помощи, а также с использованием экспертных систем;

• качественное образование, непрерывное обучение, активное профессиональное взаимодействие медиков и фармацевтов;

• интеграция медицинского оборудования с медицинскими информационными системами.

При взаимодействии органов управления здравоохранением, медицинских организаций и персонала с населением по вопросам здравоохранения важными являются вопросы:

• повышения медицинской грамотности граждан;

• вовлечения людей в процесс наблюдения за собственным здоровьем;

• создания удобного механизма реализации права выбора страховой и медицинской организации, лечащего врача;

• упрощения процедур, связанных с получением полисов обязательного медицинского страхования и иных документов, подтверждающих право на бесплатную или льготную медицинскую помощь, поэтапного перехода на использование

универсальной электронной карты гражданина как единого средства подтверждения такого права;

• перевода в электронный вид государственных услуг в здравоохранении.

Основной целью создания информационной системы в здравоохранении (далее Система) стало обеспечение эффективной информационной поддержки органов, организаций системы здравоохранения, граждан в рамках процессов управления системой медицинской помощи и при ее непосредственном оказании.

Система призвана повысить: эффективность управления в сфере здравоохранения; качество оказания медицинской помощи; информированность населения по вопросам ведения здорового образа жизни, профилактики заболеваний, получения медицинской помощи.

Среди принципов создания Системы - совместимость (интер-операбельность) медицинских информационных систем; разработка прикладных информационных средств Системы на основе модели «программное обеспечение как услуга» (SaaS); обеспечение защиты персональных данных (с использованием электронной подписи и универсальной электронной карты гражданина РФ); единая технологическая политика с применением международных стандартов, включая HL7, DICOM и др.

В Концепции создания информационной системы в здравоохранении сформулированы функции Системы для информационно-технологической поддержки деятельности всех органов управления в сфере здравоохранения, органов исполнительной власти.

Основные функции Системы для информационно-технологической поддержки деятельности органов управления в сфере здравоохранения, фондов ОМС и страховых медицинских организаций:

• анализ реальной себестоимости оказанной медицинской помощи в субъектах РФ, ее сравнение в динамике со стоимостью медицинских услуг, сравнительный анализ показателей здоровья населения в регионах, оценка качества работы учреждений здравоохранения, прогнозирование развития здравоохранения;

• мониторинг оснащенности медицинских организаций материально-техническими ресурсами, оптимизация закупок расходных материалов и комплектующих, загруженности высокотехнологичного медицинского оборудования;

• мониторинг кадрового обеспечения и кадровых потребностей, планирование объемов и структуры подготовки, переподготовки и повышения квалификации медицинских и фармацевтических кадров, увязка уровня их заработной платы с качеством и объемом оказываемой медицинской помощи;

• анализ влияния принимаемых управленческих решений на обеспеченность отрасли ресурсами, обеспечение гарантий предоставления медицинских услуг в соответствии со стандартами качества.

Основные функции Системы для информационно-технологической поддержки деятельности органов исполнительной власти и местного самоуправления:

• прогнозирование потребности в медицинской помощи по различным нозологическим формам, группам населения, территориальным и другим признакам, планирование профилактики, планирование расходов на оказание медицинской помощи требуемого качества и объема;

• оценка эффективности расходования средств и контроль за оказанием медицинских услуг и оборотом лекарственных препаратов по выписанным рецептам с учетом медицинских и медико-экономических стандартов, перечней лекарственного обеспечения

отдельных категорий граждан, себестоимости оказанной медицинской и лекарственной помощи в субъектах РФ и величины ее отклонения от стоимости данных услуг;

• мониторинг выполнения государственного и муниципального заказа на поставку лекарственных средств и изделий медицинского назначения.

В рамках создания Системы предусмотрено создание федерального центра обработки данных, федеральных прикладных систем либо централизованных на федеральном уровне компонентов, обеспечивающих интеграцию региональных информационных систем и систем МО, набора требований к прикладным компонентам Системы, к медицинским информационным системам, к условиям информационного обмена для интеграции медицинских информационных систем всех уровней между собой.

На уровне МО (с учетом опыта уже эксплуатируемых информационных систем) автоматизации подлежат функции:

• ведения листов ожиданий и записи на прием, ведения ЭМК пациента, поддержки принятия врачебных решений;

• обеспечения информационного взаимодействия между различными медицинскими организациями в рамках оказания медицинской помощи;

• управления административно-хозяйственной деятельностью медицинской организации.

Для обеспечения долговременного хранения медицинских изображений могут создаваться централизованные цифровые архивы, обслуживающие несколько медицинских организаций. Цифровые архивы и программное обеспечение медицинской аппаратуры и лабораторных комплексов должны интегрироваться с АИС медицинской организации.

В Концепции подчеркивается обеспечение силами аптечных и фармацевтических организаций автоматизации функций предоставления, контроля и учета оборота лекарственных средств по выписанным рецептам с возможностью анализа данной деятельности и формирования отчетности.

Общая архитектура Системы состоит из сегмента централизованных общесистемных компонентов и сегмента прикладных компонентов. Сегмент централизованных общесистемных компонентов состоит из общесистемного и платформенного программного обеспечения, хранилищ данных, общесистемных сервисов, системы защиты данных. Сегмент прикладных компонентов включает уже существующие и вновь создаваемые прикладные информационные системы органов и организаций системы здравоохранения.

По автоматизируемым функциям прикладные информационные системы подразделяются создателями Концепции на транзакционные, управленческие и справочные.

Транзакционные системы обеспечивают формирование первичной информации о деятельности медицинских и фармацевтических организаций, автоматизацию информационного обмена.

К *транзакционным федеральным* системам относят системы: ведения расписания приемов специалистов, проведения консультаций, в том числе телемедицинских, электронной записи на прием к врачу; обеспечения направлений на проведение диагностических исследований, консультаций, экспертиз; учета финансово-хозяйственной деятельности МО, в том числе взаимодействия со страховыми медицинскими организациями в части формирования и оплаты счетов за медицинскую помощь, кадрового учета.

К *транзакционным региональным* системам относят: медицинские информационные системы МО; системы выдачи и обслуживания льготных рецептов, рецептов на контролируемые лекарственные средства; системы удаленного мониторинга состояния здоровья категорий пациентов; системы архивного хранения медицинских изображений.

Управленческие системы обеспечивают информационную поддержку функций органов управления и ОМС. К*управленческим федеральным* системам относят: паспорт медицинской организации; регистр врачей и медицинского персонала; регистр медицинского оборудования и медицинской техники; систему мониторинга реализации программ в здравоохранении; систему ведения интегрированной электронной медицинской карты, создаваемых на ее основе специализированных регистров по отдельным нозологиям и категориям граждан, в том числе персонифицированного учета медицинской помощи и лекарственного обеспечения; аналитические системы, системы контроля и поддержки принятия управленческих решений.

Справочные системы обеспечивают информационную поддержку как медицинского персонала, студентов профильных учебных заведений, так и населения. К *справочным федеральным* системам относят: федеральную электронную медицинскую библиотеку; библиотеку экспертных медицинских систем; электронные образовательные курсы, программы дистанционного обучения и повышения квалификации в области здравоохранения; системы группового профессионального общения; средства обеспечения доступа к первичным данным, необходимым для проведения научных исследований в сфере здравоохранения; средства информирования граждан о деятельности системы здравоохранения.

Министерство здравоохранения Российской Федерации или уполномоченная им организация осуществляет проектирование, разработку и эксплуатацию федеральных прикладных систем, а также разработку функциональных требований к региональным прикладным системам, средств информационного обмена для обеспечения их интеграции с федеральными прикладными системами.

Органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в сфере здравоохранения обеспечивается проектирование, разработка и эксплуатация региональных прикладных систем, их интеграция с федеральными системами и сервисами, обеспечивающими взаимодействие систем, разрабатываемых и эксплуатируемых в регионах.

Основным элементом инфраструктуры Системы является федеральный центр обработки данных (ЦОД) Минздрава РФ. Для обеспечения надежности и доступности информационно-технических сервисов федеральный ЦОД должен располагаться на нескольких территориально удаленных площадках. Техническая архитектура федерального ЦОД должна быть гибкой, обеспеченной инвариантностью инфраструктуры для выполнения различных задач. Должна быть возможность внедрения единой централизованной системы управления сетью и сетевой безопасностью.

Федеральный ЦОД должен отвечать требованиям инфраструктуры уровня не менее Tier 3, определяемым международным стандартом TIA-ETA-942 «Телекоммуникационная инфраструктура центров обработки данных». Федеральный ЦОД должен базироваться на основе трех удаленных друг от друга площадок (основной ЦОД, ЦОД «горячего» резерва, ЦОД «холодного» резерва).

На инфраструктуре федерального ЦОД размещаются: федеральные прикладные компоненты Системы; компоненты, обеспечивающие интеграцию региональных и учрежденческих прикладных систем в здравоохранении, интеграцию с инфраструктурой «Электронного правительства»; централизованные общесистемные компоненты единого информационного пространства в здравоохранении. На федеральном ЦОД также

размещаются региональные компоненты системы по модели «инфраструктура как сервис» (IaaS).

Доступ пользователей к прикладным компонентам Системы осуществляется через тонкий клиент либо через централизованно распространяемое приложение. Федеральные и региональные приложения в составе Системы взаимодействуют между собой через централизованные общесистемные компоненты единого информационного пространства. Межведомственное информационное взаимодействие, а также предоставление государственных услуг в электронном виде осуществляется через инфраструктуру «Электронного правительства».

Для обеспечения создания Системы предусматривается реализация нормативных, информационно-технологических, методических и организационных мер.

Должны быть регламентированы вопросы: автоматизированной обработки персональных данных пациентов; ведения первичной юридически значимой медицинской документации и медицинских архивов в электронном виде; перехода к электронному документообороту в здравоохранении с исключением необходимости дублирования документов на бумажных носителях; обеспечения равнозначности электронного и бумажного документооборота в учреждениях здравоохранения; использования электронной подписи в здравоохранении; обеспечения информационной безопасности при использовании электронных медицинских документов. Должны быть нормативно определены и закреплены статус и механизм проведения телемедицинских консультаций и консилиумов.

Разработка Системы требует решения методологических вопросов, связанных с расчетом полной стоимости медицинской услуги, прогнозирования необходимого объема и стоимости медицинской помощи и лекарственного обеспечения, кадровых потребностей.

В специальной программе Минздрава РФ предусматриваются меры по стимулированию медицинских и фармацевтических работников к использованию информационных технологий в их деятельности. Предполагается разработка отдельной программы, содержащей меры популяризации создаваемых медицинских и фармацевтических ресурсов в сети Интернет среди населения, а также электронного взаимодействия с МО и медицинским персоналом.

Концепция предусматривает разработку Системы в два этапа. Первый этап - «Базовая информатизация», предполагает разработку региональных программ информатизации, согласованных с идеологией Концепции, создание стандартов медицинской помощи, информационного обмена, требований к МИС, прикладным компонентам, интеграции; разработку проектно-конструкторской документации на Систему; начало создания ЦОД; обеспечение медицинских учреждений компьютерной техникой, сетевым оборудованием, средствами информационной безопасности, подключением к Интернет; создание базового пакета нормативного правового и методического обеспечения; разработку программ стимулирования и обучения медицинских и фармацевтических работников использованию информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности. Второй этап предполагает продолжение работ по всем основным направлениям информатизации здравоохранения.

23.3. «ОБЛАЧНЫЕ» ВЫЧИСЛЕНИЯ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

«Облачными» вычислениями называются технологии обработки информации, в рамках которых компьютерные ресурсы предоставляются пользователям как интернет-сервис. Среди наиболее распространенных «облачных» технологий можно выделить:

1) IaaS (Infrastructure as a Service - предоставление инфраструктуры как услуги) - виртуализация серверных мощностей - покупка серверного времени, дискового

пространства и т.д. - на одном физическом сервере разворачивается несколько виртуальных серверов, это ведет к повышению эффективности использования дорогостоящего серверного оборудования;

2) PaaS (Platform as a service - предоставление платформы как услуги) - для разработки и внедрения предоставляются СУБД, сервера приложений и т.д., не нужно покупать техническое и программное обеспечение, не нужна предварительная подготовка к работе - повышение эффективности работы за счет снижения затрат;

3) SaaS (Software as a service - предоставление программного приложения как услуги) - поставщик разрабатывает и поддерживает программное обеспечение, оно доступно пользователям через Интернет, оплачивается аренда программного обеспечения - экономия средств на закупку техники и программные средства, создается только инфраструктура для пользователей и каналы связи.

При обращении к технологии «облачных» вычислений указывают на ряд преимуществ по сравнению с распространенными в настоящее время технологиями. Среди них снижение затрат на технику, оптимизация работы серверного оборудования, удешевление инфраструктуры, стандартизация конфигураций и повышение безопасности вследствие централизации, оптимизация работы персонала.

Однако в многочисленных публикациях как западные, так и отечественные разработчики информационных систем, в том числе медицинских, отмечают, что проблем с «облачными» вычислениями не меньше, чем достоинств. Среди них: 1) постановочные - пока до конца не проявлен круг задач, которые следует решать «в облаках»; 2) защиты информации - открытые каналы связи при передаче медицинских данных недопустимы; 3) пропускной способности каналов - специалисты указывают, что именно эта проблема может стать «ахиллесовой пятой» технологий «облачных» вычислений (это не учитывая необходимости также резервных каналов связи).

Кроме того, сомнения высказываются по поводу сохранности информации (сейчас это проблема одной МО, а в случае «облаков» - многих МО или целого региона); «привязанности» заказчика к поставщику решения и даже экономической эффективности. Представляется, что уровень успешности «облачных» проектов будет определяться тем, для каких задач и кто конкретно (имеются в виду как организации, так и специалисты) будет воплощать их в жизнь.

В зависимости от модели внедрения «облака» делят на *публичные* (системы групповой работы, почтовые сервисы и т.п., созданные разработчиками и провайдерами, доступ к которым осуществляется через Интернет) и *частные* (решения для задач организации или группы организаций, часто - с собственными системой хранения информации и каналами связи, а значит, с уменьшением уровня проблемы безопасности и повышением контроля доступа).

Именно частные «облака» многие отечественные разработчики считают перспективной моделью для реализации большинства проектов здравоохранения территориального уровня. Подразумевается, что в МО разворачиваются лишь рабочие места персонала и внутренняя сеть, создается выделенный канал связи от МО до «облака», основная часть «облака» с серверами, программным обеспечением и собственно медицинской информационной системой для большинства МО территории размещается на базе территориального ЦОД. Однако такой подход требует как высокоскоростных каналов для обмена «тяжелой» информацией (КТ, МРТ), так и дополнительных каналов связи на случай отказа в передаче по основному каналу.

Для медицинских информационных систем федерального уровня больше подходят публичные решения.

В целом, для информатизации здравоохранения РФ приемлемым будет решение, сочетающее в себе обе модели: как публичные, так и частные «облака», а также объединение «облачной» и «безоблачной» архитектур.

23.4. АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕЛ ПО ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В РОССИИ

Вследствие длительного отсутствия координации действий информационного сообщества на государственном уровне (с середины 90-х годов XX в.) современный уровень информатизации здравоохранения Российской Федерации крайне неоднороден. Не зря его характеризуют как «лоскутное одеяло» с вообще не «сшитыми» или «сшитыми» плохо «лоскутами».

Относительно хорошо обстоят дела с разработкой медико-технологических систем (аппаратно-программных комплексов), которые максимально приближены к пациенту и решают в основном задачи обработки медицинских сигналов и изображений. Среди внедряемых систем такого типа много разработок отечественных фирм. В каждой из этих систем есть свои «изюминки», и их развитие происходит в полном соответствии с законами рынка. Многие подобные системы становятся фрагментами отдельных АРМ врачей разных профилей. Иногда такие АРМ «погружаются» в отделенческую или учрежденческую систему.

Среди АИС отделений особое место принадлежит в настоящее время лабораторным и RIS/PACS-системам. Их необходимость очевидна, поэтому внедрение происходит достаточно широко. Однако в перспективе эти системы должны быть «погружены» в среду АИС МО. Поэтому для них, впрочем, как и для других систем, очень важны стандарты обмена медицинской информацией. Если в ближайшее время стандартных протоколов не будет создано, фирмы-разработчики информационно-технологических систем будут вынуждены создавать столько программ-переходников, сколько у них будет внедрений, что весьма ресурсозатратно.

Разработка и внедрение МИС МО на текущий момент имеют особое значение для информатизации здравоохранения отрасли. Именно от таких разработок реально зависит уровень информатизации собственно медицинской составляющей здравоохранения. В настоящее время это верхний уровень разработок, осуществляемых в основном крупными фирмами-разработчиками за собственные средства, т.е. относительно независимо, подчиняясь рыночным законам. Это дорогостоящие разработки, вынужденно основанные на недешевых СУБД, требующие постоянной ресурсной подпитки, развития и профессионального сопровождения.

Доказано, что внедрение таких систем окупается, правда, не менее чем за 5 лет. Грамотные выбор, адаптация, сопровождение такой системы - это благо для МО, реальный переход его деятельности на принципиально новый уровень, отличный от настоящего в лучшую сторону. Однако и цена ошибки здесь высока. «Поменять» МИС МО крайне непросто.

В стране есть разработки МИС МО на уровне мировых стандартов, поддерживающие деятельность всех участников лечебно-диагностического процесса, обеспечивающие современный уровень интеграции оборудования, хранения информации (в том числе ресурсоемких изображений), поддержку деятельности не только главного, но и рядового врача на уровне написания стандартизованной медицинской документации и аналитической помощи в принятии решений.

Медицинская информационная система территориального уровня призвана обеспечивать информационную поддержку лиц, принимающих решения, по проблемам

стратегического, тактического, оперативного управления; формировать статистическую отчетность; поддерживать планирование дальнейшего развития территориального здравоохранения. В преобладающем большинстве регионов РФ в данный момент работает множество никак не связанных МИС территориального уровня: ОМС, социально-гигиенического мониторинга, оценки здоровья населения на основе медико-статистической информации и др.

Среди действующих МИС федерального уровня следует выделить регистры по направлениям - системы с полицевым учетом пациентов в МО, интеграцией информации на территориальном, а затем - на федеральном уровне. Среди работающих регистров (см. гл. 22) - регистры заболеваний сахарным диабетом, врожденных пороков развития, онкологический и др.

Широко упоминающиеся в настоящее время «сервисы» и в первую очередь электронная регистратура - это, конечно, шаг вперед, но он станет реально существенным для здравоохранения только при интеграции с полномасштабными МИС.

На рис. 23.1 приведена актуальная схема информационного взаимодействия учреждений здравоохранения в РФ. Демонстрируется «типичное» положение дел с наличием на базе нескольких крупных МО территории АИС учрежденческого уровня и преобладающего большинства МО с минимальным уровнем автоматизации; с действующим МИАЦем, который осуществляет мониторирование состояния дел на уровне территории по медицинским кадрам, паспортам МО, обеспечению населения необходимыми лекарственными средствами посредством передачи в МО программных средств для ввода информации, сбора от них и интегрирования данных; с ведением на базе территориального фонда ОМС регистра сведений о застрахованных лицах, персонального учета сведений о медицинской помощи.

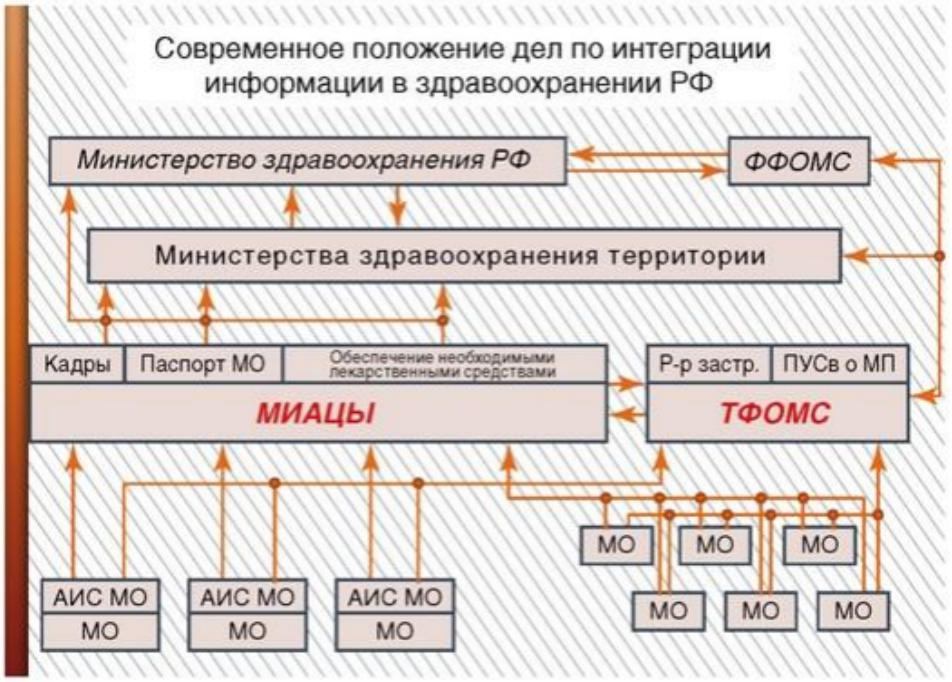


Рис. 23.1. Актуальная схема информационного взаимодействия учреждений здравоохранения в РФ

23.5. ПЕРСПЕКТИВНАЯ СХЕМА ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИИ

Перспективная схема информационного взаимодействия учреждений здравоохранения РФ приведена на рис. 23.2.

Имеющиеся МИС МО должны быть связаны с общим хранилищем медицинских данных, располагающимся в ЦОД на федеральном и (или) территориальном ресурсе (он может физически располагаться на базе МИАЦа, на базе ТФОМСа, на базе другого учреждения); передавать медицинскую информацию, например выписные эпикризы, по стандартным протоколам (с использованием HL7 v.3, CDA r.2) в хранилище с перспективой создания реально действующего территориального (федерального) банка данных электронных медицинских карт населения.



Рис. 23.2. Перспективная схема информационного взаимодействия учреждений здравоохранения РФ

Предполагается создание одной или нескольких АИС для обслуживания небольших МО с применением «облачных» вычислений. Перспективно постепенное создание сервисов для врачей, реализующих среду профессионального общения (на рис. 23.2 - ПС), доступ к медицинской электронной библиотеке, мощной системе поддержки принятия врачебных решений.

Разработка полноценных МИС территориального и тем более федерального здравоохранения немыслима без создания единого медицинского информационного пространства, объединяющего всю медико-социальную информацию, независимо от ее дальнейшего использования разными учреждениями и службами в различных целях. Это позволит получать любые необходимые срезы медико-статистических данных на основе обработки первичной информации и исключит неоправданное дублирование данных в различных МИС.

Информатизация здравоохранения - это важнейшая, нужная, но ресурсоемкая задача. Решать ее необходимо осмысленно, объединяя чаяния, опыт и знания как всех заинтересованных лиц (управляющих здравоохранением, медицинских работников, страховщиков, работников образовательных учреждений, сотрудников социальных служб), так и специалистов в области медицинской кибернетики и информатики, ведущих разработчиков МИС страны в содружестве с мировым сообществом. При системном проведении информатизации отрасли можно надеяться не только на улучшение отчетности и объективизацию результатов деятельности на всех уровнях здравоохранения России, но и, главное, на реальное повышение качества оказываемой людям медицинской помощи.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 7

1. Что такое электронное здравоохранение?

2. Каковы цели электронного здравоохранения?

3. В чем суть проекта epSOS?

4. Что является основной целью создания информационной системы в здравоохранении согласно утвержденной Концепция?

5. Какие технологические модели и архитектуры приемлемы для построения информационной системы здравоохранения РФ?

6. В чем суть актуальной схемы информационного взаимодействия учреждений здравоохранения в РФ?

7. В чем суть перспективной схемы информационного взаимодействия учреждений здравоохранения в РФ?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Медицинская информатика как научная дисциплина является основой для разработки разнообразных прикладных средств в области охраны здоровья человека.

С использованием методов, используемых медицинской кибернетикой и информатикой, создаются и внедряются средства, упрощающие, ускоряющие и объективизирующие процесс сбора информации о пациенте, диагностики его состояния, влияющих на него факторах, принятия решений о необходимых воздействиях, реализации этих решений.

Реальностью становится возможность вовлечения пациента в процесс мониторинга состояния собственного здоровья.

Врач в настоящее время «вооружен» большим количеством специальных программных средств, обеспечивающих поддержку его деятельности на всех этапах лечебно-диагностического процесса, включая ведение электронной медицинской карты, применение многообразных справочных систем, ведение базы данных пациентов, использование средств поддержки принятия врачебных решений при наличии доступа к ним в медицинской организации.

Около 20% медицинских организаций России оснащены медицинскими информационными системами учрежденческого уровня. Эти мощные, поддерживающие все основные функции медицинской организации системы обеспечивают работоспособность сотен рабочих мест персонала учреждения. На уровне подсистем они включают в себя отделенческие системы, в том числе связанные с использованием

сложной медицинской техники - лабораторные, радиологические, реанимации и интенсивной терапии.

Широкое внедрение информационных технологий в учреждениях управления здравоохранением на разных уровнях уже обеспечивает мониторинг здоровья населения (точнее - его отдельных контингентов) и оценку качества оказываемой медицинской помощи; повышение эффективности использования ресурсов и поддержку принятия долгосрочных управленческих решений.

В информатизации здравоохранения используются современные технологии, включая телемедицинские и mHealth. Получило развитие направление, связанное с дистанционным контролем состояния пациента на дому. Специализированная консультативная помощь на основе применения телемедицинских технологий уже не является эксклюзивной.

Процесс информатизации здравоохранения в новейшей истории (с 2008 г.) начал осуществляться по всей стране. Наряду с бесспорными достижениями - реальная компьютеризация, начало решения нескольких наиболее простых задач - он сделал более выпуклыми проблемы, без решения которых успешная информатизация здравоохранения невозможна. Это в первую очередь разработка структуры электронной медицинской карты и медицинских словарей для кодирования каждого ее поля, а во вторую, - создание протоколов обмена информацией, без чего невозможно существование единого информационного пространства отрасли.

С учетом того, что кроме базовой части ЭМК необходимо разрабатывать и специфические модули - для каждого медицинского профиля по отдельности, - грандиозность задачи впечатляет. Такая задача должна решаться очень продуманно и последовательно. Начинать следует с небольших и бесспорных для внедрения медицинских документов.

Однако перспективы системно проводимой информатизации здравоохранения переоценить невозможно.

Медицинская информатика «прорастет» всю систему здравоохранения и приведет к возможностям:

• лечить пациента, имея всю информацию обо всех имевшихся эпизодах отклонений в состоянии его здоровья и оказанной медицинской помощи;

• консультировать его на любом уровне дистанционно;

• анализировать медицинскую информацию по сколь угодно большим массивам, получая новые клинико-научные данные, и многим другим.

Можно заключить, что медицинская информатика в будущем приведет к реинжинирингу самой системы охраны здоровья для повышения качества оказываемой людям медицинской помощи.

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

Автоматизированная информационная система медицинского учреждения - интегрированный комплекс информационных систем (подсистем), обеспечивающих все многообразные потребности деятельности учреждения.

Автоматизированное рабочее место - программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида.

Авторизация - процесс проверки некоторых обязательных параметров пользователя, например электронной подписи, и при успешности проверки предоставление ему

определенных полномочий (прав доступа) на выполнение разрешенных ему действий в системах с ограниченным доступом.

Атрибутивный риск, или атрибутивный эффект (Attributable Risk), - доля заболеваний в исследуемой группе больных, причиной которых послужило только вредное воздействие фактора.

Аутентификация - процедура проверки соответствия субъекта с помощью некой уникальной информации (кода или биологических параметров).

Видеоконсультация - совместное дистанционное обсуждение лечебно-диагностических вопросов рядом врачей, обычно реализуемое в режиме многоточечной видеоконсультации.

Видеоконференция - двусторонний или многосторонний (многоточечный) интерактивный обмен аудиовизуальной информацией на расстоянии в режиме реального времени с использованием аппаратно-программных и телекоммуникационных средств.

Географические информационные (геоинформационные) системы - системы визуального представления географически или координатно привязанной проблемно-ориентированной информации. Программное обеспечение географической информационной системы предназначено для создания, обработки, наглядной демонстрации и анализа различных типов пространственно распределенных данных.

Доказательная медицина, или, точнее, медицина, основанная на доказательствах или фактах (Evidence-based medicine), - совокупность методологических подходов к проведению клинических исследований, оценке и применению их результатов, опирающаяся на аргументы (аргументированные факты), извлеченные из клинических данных.

Единая государственная информационная система здравоохранения - метасистема, представляющая собой общероссийскую информационную медицинскую систему.

Единая федеральная информационная медицинская система - это фактически комплекс федеральных информационных медицинских систем различных профилей (клинического, лекарственного, социально-гигиенического, экологического, организационного, финансово-экономического, кадрового, материально-технического), подчиненных различным ведомствам и фондам, но обменивающихся необходимой информацией (или обеспечивающих санкционированный доступ к необходимым данным) на основе согласованных протоколов.

Знания - 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.

Идентификация - процесс сообщения субъектом своего имени или номера с целью получения определенных полномочий (прав доступа) на выполнение некоторых (разрешенных ему) действий в системах с ограниченным доступом.

Интегрированная электронная медицинская карта - совокупность определенных фрагментов персональных ЭМК.

Интеллектуальные гибридные системы - широкий класс систем, не только использующих моделирование человеческого мышления, но и включающих в себя человеко-машинные комплексы и модели, а также прецеденты, представляющие собой редкие заболевания.

Интеллектуальные медицинские системы - различного типа системы, опирающиеся на анализ знаний, полученных из литературы, при работе с высококвалифицированными специалистами и из данных историй болезней, подвергнутых последующему формальному и содержательному исследованию.

Интеллектуального анализ данных - выявление и извлечение закономерностей из базы фактов (данных).

Интернет - всемирная система, объединяющая компьютерные сети (глобальная сеть, состоящая из множества сайтов, на которых хранятся разнообразные сведения).

Интернет-медицина - получение так называемого второго мнения («second opinion») от любого врача при размещении вопроса и медицинской информации на специализированном форуме.

Интероперабельность (от англ. *interoperability)* - способность к взаимодействию между независимыми информационными системами.

Информатизация лечебно-диагностического процесса - совокупность мероприятий, обеспечивающих медицинских работников информационными коммуникационно-компьютерными средствами и результатами их применения в практике.

Информатика - научная дисциплина, изучающая вопросы, связанные с поиском, сбором, хранением, преобразованием и использованием информации в различных сферах человеческой деятельности.

Информационная безопасность - 1) комплекс организационно-технических мероприятий, обеспечивающих целостность данных и конфиденциальность информации в сочетании с ее доступностью для всех авторизованных пользователей; 2) показатель, отражающий статус защищенности информационной системы.

Информационно-аналитическая система - система, обеспечивающая, наряду с процессами сбора, накопления, хранения, поиска и статистической обработки информации, также формально-содержательный анализ данных на основе построения моделей, необходимых для оценки состояния и планирования развития службы.

Информационно-аналитическая система Минздрава России - система, предназначенная для автоматизации процессов сбора и анализа данных в сфере здравоохранения с использованием современных информационных технологий обработки с целью обеспечения информационно-аналитической поддержки принятия решений.

Информационно-технологические системы - объединение автономных или связанных подсистем, построенных на основе модульного принципа, отвечающего последовательности лечебно-диагностического процесса.

Информационные медицинские системы - совокупность информационных, организационных, программных и технических средств, предназначенных для автоматизации медицинских процессов и (или) организаций.

Искусственный интеллект - область компьютерной науки, занимающаяся моделированием определенных аспектов человеческого способа приобретения и использования знаний, или имитация некоторых аспектов мыслительной деятельности человека.

Кибербезопасность (сетевая безопасность) - предотвращение внешних атак (хакерских и др.).

Кибернетика - наука об управлении в сложных динамических системах.

Кластеризация - группировка объектов (наблюдений) на основе данных, описывающих их свойства.

Когнитолог (инженер по знаниям) - субъект, помогающий эксперту выявить и структурировать знания, определяющий форму их формального представления.

Компартментальная модель - совокупность компартментов, т.е. некоторого количества вещества, выделяемого в биологической системе и обладающего свойством единства, потоков вещества между ними, а также источников и оттоков всех веществ.

Корпоративная сеть передачи данных - телекоммуникационная сеть, объединяющая в единое информационное пространство все структурные подразделения организации, которые могут находиться на значительном удалении друг от друга: в разных частях города, в различных городах и странах.

Коэффициент заболеваемости *(Incicdence proportion)* - определение числа новых случаев болезни, возникших за определенное время.

Коэффициент распространенности *(Prevalence proportion)* - доля больных в популяции; вычисляется как отношение числа больных к общему размеру популяции.

Лабораторная информационная система - совокупность информационного и программного обеспечения, технических и аппаратных средств, а также организационных решений, предназначенная для автоматизации технологических процессов медицинской лаборатории.

Лечебно-диагностический процесс (включая оздоровительно-профилактический) - процесс управления состоянием пациента с целью его улучшения.

Локальная вычислительная сеть - сеть, обеспечивающая взаимодействие между компьютерами и сервером в МО или группе МО.

Математическая модель - описание какого-либо класса объектов или явлений, выполненное с помощью математических подходов.

Медико-технологические системы - автоматизированные системы, обеспечивающие обработку и анализ информации для поддержки медицинских технологических процессов и принятия решений.

Медицинская информация - в широком смысле этого словосочетания - любая информация, относящаяся к медицине.

Медицинская информатика - наука о получении, обработке и передаче медицинской информации на основе использования информационно-коммуникационных технологий.

Медицинская карта стационарного больного (История болезни), или Медицинская карта амбулаторного больного (Амбулаторная карта) - первичные медицинские документы, в которых отражается вся информация о пациенте, связанная с пренатальным процессом, рождением, развитием, ростом, данными профилактических осмотров (диспансеризация) и лечебно-диагностическим процессом при острых и хронических заболеваниях, причиной смерти (в конкретной МО).

Медицинская кибернетика - наука об управлении в сложных динамических медицинских системах.

Метод черного ящика - модель, в которой все выводы делаются только на основе изучения реакций объекта (выходов) на те или иные внешние воздействия (входы) без учета внутренней структуры объекта.

Методы пространства состояний - модели, в которых описание дается в понятиях вход-состояние-выход.

Моделирование - процесс построения, изучения и применения моделей.

Модель - это такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает реальный объект (объект-оригинал) так, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале.

Мониторинг здоровья населения - система оперативного слежения за состоянием и изменением здоровья населения, основанная на механизме получения информации для углубленной оценки и прогноза здоровья населения за различные временные интервалы на определенной территории.

Нормативно-справочная информация - информация, заимствованная из нормативных документов и справочников, используемая при функционировании информационных систем.

«Облачные» вычисления - технологии обработки информации, в рамках которых компьютерные ресурсы предоставляются пользователям как интернет-сервис.

Оперативный уровень управления - решение многократно повторяющихся задач и быстрое реагирование на изменения входной текущей информации.

Организационная защита данных - регламентация производственной деятельности и взаимоотношений исполнителей и пользователей

на нормативно-правовой основе, цель которых - исключение или существенное затруднение неправомерного использования конфиденциальной информации и предотвращение внутренних и внешних угроз.

Относительный риск (относительный эффект) - отношение значений соответствующих показателей заболеваемости в исследуемой и контрольной группах, т.е. мера влияния фактора риска.

Оценка риска - качественная или количественная оценка вероятности воздействия вредных эффектов, которые могут быть результатом воздействия конкретного вредного фактора.

Паспорт МО - система для учета материально-технического оснащения медицинских учреждений.

Персональные медицинские записи - записи, сделанные конкретным медицинским работником в отношении конкретного пациента.

Персоноцентрированный подход - объединение записей о состоянии здоровья пациента независимо от места его наблюдения и лечения.

Правовое обеспечение - совокупность правовых норм, регламентирующих правоотношения при создании, внедрении и эксплуатации информационных систем.

Процесс - обязательная последовательность некоторых действий и событий, которые могут быть распределены во времени и пространстве.

Регистр госпитальный - система, обеспечивающая регистрацию случаев, диагностированных и пролеченных в одном медицинском учреждении.

Регистр популяционный - система, аккумулирующая информацию обо всех случаях (распространенности) заболеваний в определенной популяции (на всей площади административной территории).

Регистры - специализированные информационные системы по направлениям медицины, обеспечивающие поддержку электронного документооборота персональных данных в проблемно-ориентированных областях медицинской деятельности, включающие аналитические функции.

Реестры - унифицированные перечни информации, своего рода электронные картотеки.

Семантическая сеть - информационная модель предметной области, имеющая вид ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги (ребра) задают отношения между ними.

Сети передачи данных - коммуникационная среда, состоящая из каналов передачи данных различных типов, коммутаторов, маршрутизаторов и других устройств, что обеспечивает автоматический обмен данными между компьютерами различных типов, работающими под управлением соответствующего программного обеспечения (операционных систем).

Система - совокупность взаимозависимых и взаимообусловленных элементов, обладающая свойствами, не присущими каждому элементу в отдельности.

Специфичность - доля пациентов с недиагностированным заболеванием (с помощью правила) среди пациентов без данного заболевания в выборке, т.е. отношение числа истинно отрицательных результатов к общему числу случаев с отсутствием заболевания. Характеризует способность решающего правила выявить отсутствие болезни.

Стандарт - документ, в котором в целях многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации, выполнения работ или оказания услуг.

Стандарт «Архитектура клинических документов» (HL7 CDA) - стандарт для создания и обеспечения обмена любым документом, классифицированным как клинический документ.

Стратегический уровень - выработка управленческих решений, направленных на достижение долгосрочных целей.

Тактический уровень управления - решение задач, требующих предварительного анализа информации, подготовленной на оперативном уровне.

Телемедицина - метод предоставления услуг по медицинскому обслуживанию там, где расстояние является критическим фактором, с использованием информационно-коммуникационных технологий после дистанционного получения информации, необходимой для диагностики, лечения или профилактики заболевания.

Телемониторинг - вариант теленаблюдения за пациентами, предполагающий профилактический и постгоспитальный контроль физиологических показателей пациентов.

Телеобучение (телеобразование) - динамический процесс, основными принципами которого являются: обучение в течение всей жизни, интерактивное обучение, обучение «без границ», непрерывное профессиональное обучение с использованием телемедицинских и интернет-технологий.

Телепатология - дистанционная оценка микроскопических препаратов (гистологических, цитологических), пересланных по электронной почте или наблюдаемых в режиме *online* на экране компьютера.

Телепомощь *(telecare)* - домашняя или персональная телемедицина с использованием видеоконференцсвязи, ориентированная на оказание помощи в таких ситуациях, когда рядом с пациентом нет медицинских работников.

Телеприсутствие - обеспечение полного дистанционного участия консультанта в лечебно-диагностическом процессе путем использования роботизированных комплексов и (или) высокоскоростных телекоммуникационно-компьютерных средств.

Телерадиология - передача радиологических (растровых) изображений (УЗИ, РКТ, МРТ и др.) в электронной форме с целью их интерпретации и (или) консультации.

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.

Управление - процесс изменения организации системы (ее структуры и функций) путем переработки информации в управляющий сигнал для достижения определенной цели.

Федеральная информационная медицинская система здравоохранения - интегрированная система сбора, обработки и хранения данных о состоянии здоровья населения, состоянии окружающей природной среды, материально-технической базы и об экономических аспектах функционирования отрасли здравоохранения страны.

Чувствительность - доля пациентов с диагностированным (с помощью правила) заболеванием среди всех пациентов с данным заболеванием в выборке, т.е. отношение числа истинно положительных результатов к числу случаев с наличием заболевания. Характеризует способность решающего правила выявить болезнь.

Экспертные системы - программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и имитирующие построенную на их основе логику для решения определенной задачи.

Электронная медицинская карта и ее разновидность в виде электронной истории болезни - медицинская информационная система, обеспечивающая автоматизацию ведения и формирования медицинской документации, оперативный обмен информацией между участниками лечебно-диагностического процесса и поддержку их деятельности.

Электронная персональная медицинская запись - электронный аналог привычной записи в бумажной амбулаторной карте или истории болезни, являющейся ядром информационной медицинской системы ЭМК (ЭИБ).

Электронная подпись - специфический «цифровой код», интегрированный с полным содержанием электронного документа, включая все прикрепленные файлы и все элементы формализованных данных.

Электронная регистратура - система записи на прием к врачу через федеральный сервис.

Электронное здравоохранение (e-Health) - информационная поддержка всех задач здравоохранения на основе персоноцентрированного подхода и оперативного доступа к медико-статистическим данным.

Эпидемиология - наука о распространении относящихся к здоровью человека состояний (включая хронические заболевания) и факторов (событий), влияющих на состояние здоровья или являющихся потенциальной основой для развития заболеваний.

Data Mining - процесс обнаружения в исходных данных, ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений.

DICOM - стандарт создания, визуализации, хранения и передачи растровых медицинских изображений, полученных с помощью методов лучевой диагностики

(радиология, эндоскопия, ультразвуковые исследования) и документов обследованных пациентов.

European patients Smart Open Services (epSOS) - трансграничный европейский проект электронного взаимодействия в здравоохранении, нацеленный на улучшение лечения граждан, находящихся за рубежом, посредством предоставления необходимых данных о пациенте медицинским работникам.

Health Level Seven (HL7) - организация, регламентирующая разработку международных стандартов в области медицинской информатики и интероперабельности.

Logical Observation Identifier Names and Codes (LOINC) - «Логические идентификаторы наблюдений: названия и коды» - классификатор лабораторных и клинических терминов.

OLAP (On-Line Analytical Processing) - технология, обеспечивающая оперативное выполнение как стандартных, так и заранее нерегламен-тированных запросов.

Picture Archiving and Communication System - система архивации и передачи изображений.

SNOMED CT - международная стандартизированная клиническая терминология.

Web-браузер - программа-клиент, предоставляющая пользователю возможности навигации и просмотра web-ресурсов, скачивания файлов и др.

Web-сайт - совокупность web-страниц с повторяющимся дизайном, объединенных по смыслу, навигационно и физически находящихся на одном web-сервере.

Wi-Fi (Wireless-Fidelity) - общее название стандартного оборудования беспроводных локальных вычислительных сетей.