

МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА



**Підручник
для студентів вищих медичних закладів**

**Міністерство охорони здоров'я України
Харківський національний медичний університет**

До 210 річниці заснування ХНМУ

МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА

*Підручник
для студентів вищих медичних закладів*

За редакцією В.Г. Книгавка

**Харків
2015**

УДК 681:004 (075.8)

ББК 5.73фя73

М42

Затверджено вченою радою ХНМУ. Протокол №1 від 22.01.15

Колектив авторів: Антюфєєва О.І., Балик І.А., Батюк Л.В.,
Бондаренко М.А., Висоцька О.В., Гордієнко Н.О., Гранкіна С.С., Зайцева
О.В., Кнігавко В.Г., Лад С.М., Мещерякова О.П., Польотова Н.П., Радзішевська
Є.Б., Рисована Л.М., Солодовніков А.С., Шуба І.В.

Рецензенти: *Чайніков С.І.*, кандидат технічних наук, професор кафедри системотехніки ХНУРЕ; *Артамонова Н.О.*, зав.відділу НАМІВ, доктор наук із соціальних комунікацій, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник.

М42 **Медична інформатика:** підручник для студентів медичних ВНЗ: за ред.
В.Г. Кнігавка. – Харків: ХНМУ, 2015. – 240 с.

Підручник створено на основі типової програми та відповідає програмі дисципліни «Медична інформатика» для студентів ВНЗ.

Додатково до питань типової програми у підручнику розглянуто питання системного аналізу, кібернетики та теорії прийняття рішень. Крім того, порівняно з існуючими підручниками, додано розділи, в яких обговорюються основні напрямки інформаційної підтримки медичних комплексів та систем.

УДК 681:004 (075.8)

ББК 5.73фя73

©Харківський національний
медичний університет, 2015
© Макет обкладинки, 2015

ПЕРЕДМОВА

Необхідність видання цього посібника пов'язана з суттєвими змінами типової навчальної програми курсу «Медична інформатика», що призвело до відповідних змін у типової програми цієї навчальної дисципліни. При написанні посібника автори прагнули досягти максимальної відповідності посібника нової робочої програмі навчальної дисципліни «Медична інформатика».

У посібнику викладено основні розділи медичної інформатики, що вивчаються у вищих медичних навчальних закладах з виділенням матеріалу для аудиторної та самостійної роботи студентів.

ТЕМА 1 «ТАБЛИЧНИЙ ПРОЦЕСОР EXCEL»

План:

1. Основні прийоми роботи в Excel.
2. Удосконалення Excel.
3. Найпростіші операції з електронними таблицями.

Основні прийоми роботи в Excel

Для оперування з табличними даними призначені сучасні програми, які називають електронними таблицями. Електронна таблиця – це матриця з рядків і стовпців, які утворюють окремі комірки. У ці комірки можуть записуватися дані (числа, текст, логічні змінні), а також формули, за якими проводяться різного роду обчислення.

Пакет Excel має ряд істотних переваг перед іншими електронними таблицями, що забезпечили йому високу популярність: по-перше, це багаті графічні можливості і, по-друге, завдяки тому, що Excel входить до Microsoft Office, це значно полегшує оформлення звітної документації – графіки і таблиці з результатами з легкістю переносяться в текстовий редактор Word.

Багато операцій в Excel можна виконувати не тільки над окремими комірками, а й над безліччю комірок. До таких операцій відносяться:

- копіювання та переміщення даних,
- форматування комірок,
- обробка даних різних комірок за однією формулою (наприклад, підсумовування)

та інші.

У формулах можна змішувати та поєднувати абсолютні і відносні посилання на комірки, тобто, наприклад, вказати абсолютне посилання на літеру (ім'я колонки) разом із відносним посиланням на число (номер рядку).

За допомогою електронних таблиць можна скласти, наприклад, кошторис особистих витрат або оформити накладну, обчислити складний тригонометричний вираз або вирішити логічну задачу.

У медицині Excel використовують для обробки статистичних даних. Електронні таблиці, звичайно, менш зручні для аналізу медичних даних, ніж спеціалізовані статистичні пакети, проте найпростіша статистична обробка даних в медичних роботах часто проводиться саме за допомогою електронних таблиць внаслідок їх широкої поширеності.

Інструменти Excel дозволяють виконувати аналіз масивів даних і представляти результати аналізу у вигляді графіків і діаграм. Електронні таблиці мають у своєму розпорядженні зручні засоби для ведення баз даних, які створені на основі звичайних списків. І це далеко не повний перелік того, що можна зробити в такій потужній системі як Excel.

Кожен документ в Excel називається робочою книгою. Книга в Excel являє собою файл з розширенням **.xls**, **.xlsx**, призначений для зберігання та обробки даних. Шаблони

робочих книг мають розширення **.xlt**. У старих версіях електронних таблиць у робочій книзі був всього один лист. Підтримка безлічі листів у наступних версіях, зробила роботу в Excel набагато ефективнішою. На різні листи зазвичай розміщують різномірну інформацію.

При роботі в електронних таблицях часто доводиться мати справу з подібними даними або з однотипними формами подання даних. Для роботи з однотипними даними або формами передбачено корисний інструмент, який називають об'єднанням аркушів в групу. Групування аркушів суттєво економить час при оформленні пакету документації.

Удосконалення Excel

У наступних версіях Excel, таких як 7.0 / 97/2000 / XP, ще більш поліпшений інтерфейс користувача та інші характеристики системи.

Вбудована мова програмування VBA стала єдиною для всіх додатків офісу. Зміни торкнулися її довідкової системи, яка стала більш інтелектуальною та гнучкою. У нових версіях Excel все більш зустрічається анімація. Крім традиційної інтерактивної довідки, Excel надає довідкову інформацію прямо з Web-сторінки Microsoft.



Всі додатки Office володіють можливостями, що полегшують роботу користувача з Інтернет і локальною мережею, такими, як пошук: публікація даних в Інтернеті, інтеграція в мережу Інтернет, підтримка всіх основних форматів файлів Інтернет, включаючи HTML документи. Завдяки удосконаленню базових елементів, користувачеві стало значно легше працювати з програмою. Значно розширилися можливості електронних таблиць, такі як:

- зведені таблиці,
- форматування,
- попередній перегляд та друк,
- виявлення та попередження введення некоректних даних.

Удосконалено панелі інструментів. Робота з діаграмами стала простішою. Запити тепер можуть запускатися у фоновому режимі, надаючи можливість користувачам виконувати інші завдання під час очікування обробки даних. Крім того, з'явилася можливість створити запит за допомогою майстра, опитувати базу даних збережену в Web, спільно використовувати запити, зберігати запит параметрів і зберігати запит як шаблон.

В основі MS Excel лежить ідея електронної таблиці, але цього явно недостатньо для характеристики різноманітних можливостей MS Excel, саме тому Microsoft Excel – програма для створення і обробки електронних таблиць.

Найпростіші операції з електронними таблицями

Запустити електронну таблицю Excel можна з головного меню Пуск, пункт Програми. При частому зверненні до цієї програми зручно помістити її ярлик на робочий стіл і користуватися ним для запуску Excel. Ярлик Microsoft Excel найчастіше має вигляд  або . Крім того, подвійне клікання на файлі з розширенням .xls відкриє вікно цієї програми та завантажить в нього вміст файлу. При першому запуску вікно Excel має вигляд, який наведено на рис. 1.1.

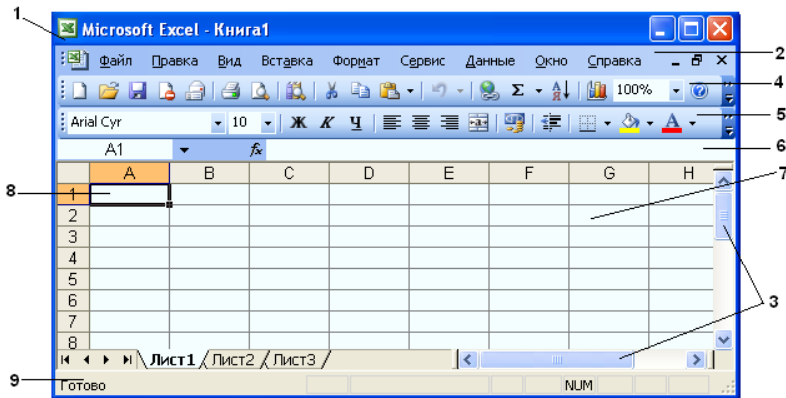


Рис. 1.1. Вікно Microsoft Excel

Це стандартне вікно Windows: воно містить рядок заголовка (1), меню (2), смуги прокрутки (3), стандартну панель інструментів (4), панель форматування (5), рядок формул (6), робочий лист (7), табличний курсор (8), рядок стану (9). Зазвичай, кількість, вигляд і розташування панелей інструментів можна змінювати, користуючись методом *Drag and Drop*, контекстним меню панелей інструментів або командою меню **Вид/Панелі інструментів**.

Створення робочої книги

Для створення нової робочої книги слід у меню **Файл** вибрати команду **Створити**. У діалоговому вікні з'являється шаблон, на основі якого буде створено робочу книгу, після чого натиснути кнопку **ОК**. Звичайні робочі книги створюються на основі шаблону Книга.

Відкриття робочої книги

Для відкриття існуючої робочої книги необхідно в меню **Файл** вибрати команду **Відкрити** або натиснути кнопку, після чого відкриється діалогове вікно **Відкриття документа**. У полі переліку **Папка** слід вибрати диск, на якому знаходиться потрібна робоча книга. У списку, розташованому нижче, вибрати папку з книгою, а потім саму книгу.

За умовчанням у списку виводяться тільки файли з книгами Microsoft Excel, які мають розширення **xls**. Для виведення інших типів файлів або усіх файлів необхідно вибрати відповідний тип у полі списку **Тип файлів**.

Листи книги можуть містити різну інформацію: таблиці, діаграми, які побудовані за даними таблиць, програми мовою Visual Basic та ін. Зазвичай, кожна книга містить 16 аркушів, однак цей параметр можна змінити, встановивши необхідну кількість в діалоговому вікні **Параметри**, на вкладці **Загальні** (або за допомогою контекстного меню). Щоб відкрити це вікно, слід вибрати підпункт меню **Сервіс/Параметри**. Перехід від одного аркуша до іншого здійснюється кліканням на його ярлику або за допомогою кнопки переходу.

Структура аркушів однакова: кожен з них розбито на стовпці і рядки, на перетині яких знаходяться комірки. Для позначення стовпців використовуються латинські літери від **A**

до **Z** і їх дволітерні поєднання від **AA** до **IV**. Всього на аркуші 256 стовпців (**A**, **B**, **C**, ... **Z**, **AA**, **AB**, ... **BA**, **BB**, **BC**, ... **BZ**, ... **IA**, **IB**, **IC**, ... , **IV**). Рядки позначаються числами 1, 2, 3, ... , 65536. Для позначення комірки спочатку записується ім'я стовпчика, а потім номер рядка, на перетині яких знаходиться ця комірка. Таке позначення називається *адресою комірки (ім'ям комірки)*. Наприклад, комірка, що має адресу **A1** (для стислості кажуть «**комірка A1**»), розташована на перетині стовпчика **A** і 1-го рядка – це ліва верхня клітинка аркуша. Комірка **D5** розташована на перетині стовпчика **D** і 5-го рядка, а комірка **IV65536** розташована на перетині стовпця **IV** і **65536**-го рядка – це права нижня клітинка аркуша. Таким чином, всього на аркуші $256 \times 65536 = 16777216$ комірок. У вікні Excel відображається тільки частина аркушу. Користуючись смугами прокрутки можна переміщатися по аркушу. Для швидкого переміщення до країв аркуша слід користуватися комбінаціями клавіш Ctrl→ (до правого краю), Ctrl← (до лівого краю), Ctrl↑ (до верхнього краю), Ctrl↓ (до нижнього краю).

Одну з комірок виділено. Вона називається *активною* або *поточною*. Адреса активної комірки виводиться у полі імені, яке знаходиться в лівому кінці рядка формул. Саме з цією коміркою користувач працює при записі або зчитуванні даних. У рядку формул виводиться вміст активної комірки. Крім того, цей рядок може використовуватися для введення даних. Щоб зробити комірку активною, досить клікнути по неї лівою кнопкою миші. Можна пересунути виділення клавішами управління курсором або скористатися командою **Правка/Перейти** (гарячі клавіші **Ctrl-G**) й у вікні, що відкрилося, потрібно вказати необхідну адресу.

Крім стовпця, рядка та комірки, користувач може працювати з *діапазоном стовпців, діапазоном рядків і блоком комірок*.

Діапазон стовпців – це вертикальна смуга таблиці. Вона задається іменами стовпців, що обмежують її справа та зліва. Як роздільник використовується символ двокрапки. Наприклад, діапазон **В:Е** – це вертикальна смуга шириною в 4 стовпці від **В** до **Е** включно.

Діапазон рядків – це горизонтальна смуга таблиці, яка задається іменами рядків, що обмежують її зверху та знизу. Як роздільник використовується символ двокрапки. Наприклад, діапазон **8:12** – це горизонтальна смуга шириною в 5 рядків від 8-го до 12-го включно.

Блок комірок – це прямокутник, що задається адресою лівої верхньої та правої нижньої комірки. Наприклад, блок **В3:Е8** знаходиться на перетині вертикальної смуги **В:Е** і горизонтальної смуги **3:8** (він містить $4 \times 6 = 24$ комірок).

Вміст комірок. Введення та редагування даних

Кожна комірка аркуша може бути або порожньою, або містити деякі дані. У комірці аркуша можна вводити дані різних типів: числові значення, текстові рядки, дату і час, формули. За допомогою команд Excel можна змінювати спосіб розташування і подання даних у комірках, форматувати їх (вибирати шрифт, колір, розмір і спосіб зображення), задавати вид (формат), відображати дату і час, регулювати розмір комірки, захищати дані від несанкціонованого доступу, щоб запобігти їх випадковій або навмисній зміні.

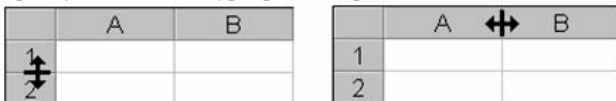
Для того, щоб ввести число, потрібно зробити активною необхідну комірку та набрати число на клавіатурі. У процесі введення цифр вони з'являються в активній комірці та в рядку формул. Введені дані можна відразу редагувати. Натискання клавіші **Enter** фіксує введення і зберігає введені значення в комірці. При цьому за умовчанням активізується

комірка, яка розташована під поточною. Цей параметр можна змінити, виконавши команду **Сервіс/Параметри**. У діалоговому вікні, яке відкрилось, на вкладці **Правка** слід вибрати потрібний напрямок зсуву. По закінченні введення можна натиснути одну з клавіш ↓, ↑, ←, →.

При цьому буде збережено введення й активовано сусідню (відповідно з натиснутою стрілкою) комірку. За умовчанням числові дані вирівнюються по правій границі комірки. Введення тексту здійснюється аналогічно введенню числових значень, але текстова символіка вирівнюється по лівій границі комірки. Якщо потрібно, щоб Excel сприйняв числове значення як текст (наприклад, коли числа використовуються як заголовки рядків або стовпців таблиці), слід набрати символ апострофа перед числом. Наприклад, при введенні **'12345** в комірці буде збережено текстове значення **12345** (без апострофа). Той же результат буде, якщо взяти число в лапки і поставити перед ним знак рівності. Наприклад, введення **'12345** еквівалентно введенню **"=12345"**. Коли текст не поміщається в одній комірці, він виводиться, перекриваючи сусідні (але його значення зберігається в одній комірці). Якщо вводити тепер текст у перекриту комірку, то частину введеного раніше тексту буде не видно. За необхідності бачити весь текст, слід збільшити ширину стовпця. Двічі клікніть на границі стовпчика в рядку заголовків. Ширину стовпців автоматично налаштується на максимальну довжину значень у цьому стовпці.

Зміна розмірів рядків і стовпців

Типово комірки мають стандартну ширину та висоту. Висота рядка визначається розміром шрифту. Ширину стовпця можна змінити і «вручну», захопивши мишею його границю в рядку заголовків. Курсор миші прийме вигляд:



Аналогічно можна змінювати висоту рядка. Для редагування вмісту комірки двічі клікніть на ньому або виділіть його та натисніть клавішу **F2**. *Зверніть увагу:* режим «Готово» змінився на режим «Правка», і в комірці з'явився курсор для редагування значення. Можна просто виділити комірку та ввести в неї нове значення. Excel «зітре» старе значення, як тільки почнеться введення нового. Для відновлення старого значення до фіксації нового натисніть **Esc**. Якщо ж ви зафіксували нове значення, а потім зрозуміли свою помилку, скористайтеся командою меню **Правка/Відмінити** (комбінацією **Ctrl-Z**) для відновлення старого значення.


Обчислення за допомогою формул

У комірки можна вводити *формули*. Формула являє собою арифметичний або логічний вираз. Значенням комірки з формулою є значення відповідного арифметичного або логічного виразу (тобто результат обчислень за цією формулою). *Всі формули в Excel повинні починатися зі знака рівності*. Знак рівності вказує на те, що наступні символи утворюють формулу. Якщо формула введена без знака рівності, вона сприймається Excel як звичайний текст (або як число, якщо набір введених символів утворює число).

Формули, що представляють собою логічні вирази, використовуються для перевірки виконання або невиконання деяких умов. Такі формули мають одне з двох значень –

«істина» (1) чи «хиба» (0). Крім того, істиною вважається будь-яке ненульове значення. Нульове значення – завжди хиба. У логічних виразах використовуються операції відношення: >, > = (більше або дорівнює), <, <=, =, <> (не дорівнює). Наприклад, значення формули =A1<A2 «істина», якщо вміст комірки A1 менший за вміст комірки A2, та «хиба» в іншому випадку. Інші приклади формул, які є логічними виразами: =D5="Привіт!" (істина, якщо вміст комірки D5 співпадає з текстом "Привіт!").

Крім чисел, текстів і адрес комірок, у формулу можуть входити вбудовані в Excel функції. Кожна має ім'я, аргументи, що поміщені в круглі дужки, та значення, що повертається. Функцію можна інтерпретувати як заздалегідь визначену послідовність дій, яка виконується над аргументами. Результатом виконання цих дій є значення, що повертається. Аргументами можуть бути конкретні значення, адреси комірок, формули, діапазони, інші функції. Аргументи відділяються один від одного крапкою з комою(;). Наприклад, функція СУМ(A1; B1; 100) обчислює та повертає суму трьох значень: вмісту комірок A1, B1 та числа 100; функція СРЗНАЧ(A1:B3) знаходить і повертає середнє значення усіх комірок діапазону A1 : B3.

Проте, щоб уникнути помилок, краще користуватися майстром функцій для вибору відповідної функції та правильного завдання аргументів. Вікно майстра функцій з'являється на екрані по команді меню **Вставка/Функція**, або при натисненні на кнопку  на стандартній панелі інструментів.

Якщо Excel не може вичислити значення по формулі, у комірці з'являється помилкове значення. Існує сім помилкових значень, що з'являються залежно від ситуації.

Значення	Опис
# ДІЛ/0	Спроба ділення на нуль
# ІМ'Я?	У формулі використовується неіснуюче ім'я (чи рядок символів не поміщений в лапки)
# ЗНАЧ	Введено арифметичний вираз, що містить адресу комірки з текстом
# ПОСИЛАННЯ!	Відсутні комірки, адреси яких використовуються у формулі
# Н/Д	Немає даних для обчислень. Зручно використати для резервування комірок під очікувані дані. Формула, що містить адресу комірки зі значенням # Н/Д, повертає значення # Н/Д.
# число!	Задано неправильний аргумент функції
# пусто!	У формулі використовується перетин діапазонів, що не мають загальних комірок.

Окрім самих даних, кожна комірка зберігає інформацію про способи їх представлення – формати даних в ній. Це – шрифт, його розмір, колір і спосіб зображення для тексту, процентний, грошовий або інший із існуючих в Excel форматів для чисел, формат виведення дати і часу і таке інше. У формат комірки входить також інформація про її розміри й вирівнювання даних в ній. Операція форматування в одній комірці не поширюється на інші комірки.

Виділення об'єктів

Для виділення блоку як групи об'єктів або фрагмента тексту слід "протягнути" по ньому мишу. Можна виділити одну з кутових комірок блоку, а потім скористатися комбінаціями клавіші **Shift** з клавішами →,←,↑,↓ для протягання виділення.

Ще один спосіб виділення блоку – клікнути на одну з кутових комірок, а потім на протилежний по діагоналі, утримуючи при другому кліканні натиснутою клавішу **Shift**. Це зручний спосіб для розширення виділення: якщо деякий блок наприклад, **A2:B4**, вже виділений, а треба виділити ширший, наприклад **A2:E5**, клікніть на новій кутовій комірці **E5** з натиснутою клавішею **Shift**.

Часто треба виконати дію не з одним, а з декількома блоками. Виділіть один з них, а при виділенні кожного наступного утримуйте натиснутою клавішу **Ctrl**.

Для виділення цілого стовпця або рядка клікніть на його імені. Для виділення діапазону або групи діапазонів стовпців або рядків використовуються ті ж способи, що і для виділення блоку: протягання миші по діапазону; клікання на одній з границь діапазону, а потім на другій з натиснутою клавішею **Shift**; утримування клавіші **Ctrl** при виділенні кожного наступного діапазону.

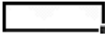
Робота з об'єктами

Найшвидший спосіб копіювання або переміщення виділеного блоку – за допомогою миші. Захопіть блок за рамку виділення (курсор миші при цьому набере вигляду стрілки) і перетягніть на нове місце. Щоб скопіювати (а не перемістити) блок, слід при перетяганні утримувати натиснутою клавішу **Ctrl**. При перетяганні з'являється сіра рамка, яка дозволяє правильно розмістити блок.

Надійніше перетягувати виділений блок правою кнопкою миші. При відпусканні кнопки буде виведено меню запропонованих команд. З їх допомогою можна також перемістити або скопіювати блок із зрушенням інших комірок в потрібну сторону, так, щоб звільнилося місце для блоку, що перетягується.

Якщо треба перемістити у певне місце виділений блок, слід перетягувати його при натиснутій клавіші **Shift**. При попаданні на вертикальну або горизонтальну лінію сітки таблиці курсор миші набуває форми великої букви **I** та легко позиціонує місце вставки.

Натиснення **Ctrl + Shift** при перетяганні приведе до копіювання, а не переміщення блоку.

Якщо при попаданні на рамку виділення курсор миші не міняє своєї форми на стрілку, то слід вибрати підпункт меню **Сервіс/Параметри** та активувати перетягання комірок на вкладці **Правка**. Про те, що цей режим встановлено, свідчить наявність маленького квадрата в нижньому правому кутку рамки виділення . Він називається *маркером заповнення*. При попаданні курсору миші на маркер заповнення він набуває форми напівжирного перехрестя.

Назва "маркер заповнення" – не випадкова: він дозволяє заповнити комірки певним значенням шляхом простого перетягання миші. Виділіть комірку, а потім захопіть її за маркер заповнення та протягніть у будь-якому напрямі. Вміст комірки буде скопійований в кожну комірку блоку, через який протягнули мишу.

Ті ж дії із заповнення комірок можна виконати, користуючись варіантами команди меню **Правка/Заповнити**.




При виборі варіанту **Правка/Заповнити/Прогресія** можна вказати напрям заповнення, вид прогресії, її крок й обмежувальне значення. Останнє визначить довжину заповнюваного діапазону.

Для очищення виділеної комірки або блоку натисніть **Del** або скористайтесь командою меню **Правка/Очистити**. За допомогою маркера заповнення можна очистити виділений блок, протягаючи маркер "назад". Це еквівалентно натисненню кнопки **Del** або


вибору команди меню **Правка/Очистити/Вміст**. Якщо ж треба очистити не лише вміст комірок блоку, а й усю інформацію, що зберігається в них, то слід натиснути клавішу **Ctrl** при "зворотному" перетяганні маркера. Це еквівалентно вибору команди меню **Правка/Очистити/Все**.

Всі дії з виділеними об'єктами можна виконувати й за допомогою команд **Вирізати, Копіювати, Вставити, Видалити** меню **Правка**, гарячих клавіш, контекстного меню або відповідних кнопок на стандартній панелі інструментів. Помилково виконану дію можна скасувати, а потім повторити знову, користуючись кнопками на панелі інструментів або відповідними командами меню **Правка**.

Для вставки порожніх комірок, рядків і стовпців можна використовувати команди меню **Вставка**. При вставці рядка слід виділити рядок або будь-яку комірку в кромку та вибрати команду меню **Вставка/Рядок**. Порожній рядок з'явиться перед вказаним. Аналогічно вставляється порожній стовпець. При вставці комірки поруч з виділеною слід вибрати команду **Вставка/Комірки** і в діалоговому вікні вказати напрямком зсуву виділеної комірки при вставці.

Якщо вставка порожніх рядків і стовпців виконується часто, то зручно мати кнопки для виконання цих дій на панелі інструментів. Ці кнопки мають вигляд  (Вставити комірку),  (Вставити рядок),  (Вставити стовпець).

Excel, як і більшість додатків Windows, підтримує OLE-технологію – механізм скріплення і інтегрування об'єктів інших додатків. Ви можете збагатити зовнішній вигляд і зміст аркуша, помістивши на нього відповідний малюнок, музичний супровід або відеокліп. Для цього скористайтеся командами меню **Вставка/Малюнок** або **Вставка/Об'єкт**.

Excel має вбудовані засоби для графічного представлення інформації. Побудувати діаграму в Excel зовсім просто: слід виділити блок даних, який має бути відображений на діаграмі і клікнути на кнопці  (майстер діаграм) на стандартній панелі інструментів або скористатися командою меню **Вставка/Діаграма**. В обох випадках буде запущена програма майстра діаграм, яка в діалоговому вікні крок за кроком побудує необхідну діаграму.

Форматування комірок

Для форматування виділеної комірки або блоку слід скористатися командою меню **Формат/Комірки** або пунктом його контекстного меню **Формат комірок**.

Багато параметрів форматування зручніше задавати за допомогою панелі форматування, яка за умовчанням знаходиться на екрані. Якщо її немає, виконайте команду меню **Вид/Панелі інструментів** або відкрийте контекстне меню стандартної панелі і клікніть на пункті **Форматування** у списку панелей. Якщо якихось кнопок бракує, перетягніть їх з вікна налаштування панелі інструментів, вибравши категорію **Форматування комірок**.

Абсолютні і відносні адреси

У формулах, які містять посилання (адреси комірок), використовуються два види адрес: відносні і абсолютні.

Пояснимо різницю між ними на прикладах.

Нехай у комірці **B2** міститься формула **=A3 +1**. Вставимо перед другим рядком порожній. Формула переміститься в осередок **B3**, тобто адреса осередку, який містить

формулу, зміниться: номер рядка збільшився на одиницю. При цьому формула автоматично зміниться на **=A4 +1**, тобто посилання у формулі зміниться по тому ж самому правилу: номер рядка збільшиться на одиницю.

Точно так само, якщо перед другим стовпцем вставити порожній, то формула переміститься в комірку **C2** і автоматично прийме вигляд **=B3+1**. Адреса комірки, яка містить формулу, і посилання у формулі змінилися по одному і тому ж правилу: адреса стовпця збільшилась на одиницю.

Посилання **A3** у формулі **=A3+1** є *відносним*: це адреса щодо місця розташування комірки з формулою. При зміні за певними правилами адресів комірок, які містять формулу, за цими ж правилами змінюються відносні адреси комірок, що містяться у формулі.

Цією властивістю зручно користуватися при копіюванні формули з однієї комірки в цілий блок комірок. Відносні посилання у формулах будуть автоматично змінені.

Адреса комірки називається відотною, якщо при зміні місця розташування комірки, яка містить цю адресу, та адреса змінюється за тими ж правилами.

Для того, щоб при зміні комірки, яка містить посилання, саме посилання не змінювалось, слід використовувати *абсолютні адреси*. Абсолютна адреса утворюється з відносної за допомогою знака **\$**. Символ, перед яким ставиться знак **\$**, залишається незмінним.

Наприклад, абсолютний адрес комірки **A3** має вигляд **\$A\$3**. Адреса **A\$3** означає, що абсолютним є тільки адреса рядка, тобто при зміні адреси комірки, яка містить це посилання, змінюватися буде тільки адреса стовпця. Адреса **\$A3** означає, що абсолютним є тільки адреса стовпця, тобто змінюватися буде тільки адреса рядка.

Адреса комірки називається абсолютною, якщо вона не змінюється ні при яких змінах місця розташування комірки, яка містить цю адресу.

Для переходу від відносної адреси до абсолютної слід натиснути клавішу **F4**. Наприклад, якщо при введенні формули ви клікнете на комірку **A3**, її відносна адреса з'явиться в рядку формул. Натисніть **F4**. Адреса буде перетворена в абсолютну **\$A\$3**. Наступне натискання **F4** перетворює її на адресу **A\$3**, наступне – на адресу **\$A3**, а наступне – знову в вихідну адресу **A3**. Таким чином, кожне наступне натискання на клавішу **F4** перетворює адреси комірки за схемою:

A3 → \$A\$3 → A\$3 → \$A3 → A3

Оформлення таблиць

Microsoft Excel дозволяє працювати з таблицями в двох режимах:

звичайний – найбільш зручний для виконання більшості операцій.

розмітка сторінок – зручний для остаточного форматування таблиці перед друкуванням. Границі між сторінками у цьому режимі відображаються синіми пунктирними лініями. Границі таблиці – суцільною синьою лінією, пересуваючи яку можна змінювати розмір таблиці.

Для переходу між режимами **Загальний** і **Розмітка сторінок** використовуються відповідні пункти у меню **Вид**.

Таблиці в Microsoft Excel можна взяти в рамку і заповнити різними кольорами.

Для обрамлення необхідно:

- виділити комірки, які необхідно обрамити;
- у меню **Формат** вибрати команду **Комірки**;

- вибрати вкладку **Границя**;
- у полі **Тип лінії** вибрати тип лінії рамки;
- у списку **Колір** - колір лінії;
- для обрамлення виділених комірок ззовні слід натиснути кнопку **зовнішні**;
- для обрамлення внутрішніх меж комірок слід натиснути кнопку **внутрішні**;
- для зняття обрамлення виділених комірок слід натиснути кнопку **ні**;
- за допомогою групи кнопок **Окремі** можна встановлювати і прибирати окремі лінії; це також можна робити кліканням миші у зразку обрамлення, представленому у вікні;
- клацнути **ОК**.

*Створювати рамки можна також за допомогою прихованого переліку **Границь***



- виділити комірки, які необхідно обрамити;
- клікнути на стрілці поруч із кнопкою **Границі**;
- вибрати тип обрамлення в палітрі рамок.

Обраний тип обрамлення можна застосувати і для інших комірок, виділивши ці комірки й клікнувши на кнопці **Границі**. Для зручності використання палітру рамок можна витягнути за заголовок з панелі інструментів.

Елементи таблиці можна заштрихувати різними кольорами і візерунками:

- виділити комірки;
- вибрати в меню **Формат** команду **Комірки**;
- вибрати вкладку **Вид**;
- у палітрі кольорів вибрати колір (у рамці Зразок буде представлений зразок з обраними параметрами);
- у списку **Візерунок** вибрати візерунок;
- клікнути кнопку **ОК**.

Зміна шрифтів

Аналогічно можна змінювати шрифт, тип шрифту, формувати вміст комірки. Зазвичай ці операції стандартні, але слід врахувати, що дані операції можна використовувати тільки для окремої виділеної комірки або групи виділених комірок.

Для встановлення шрифту необхідно:

- виділити групу комірок;
- у меню **Формат** вибрати команду **Комірки**;
- вибрати вкладку **Шрифт**;
- у списку **Шрифт** вибирається тип шрифту;
- у полі **Накреслення** вибирається написання шрифту:

курсив – *курсивне написання*;


напівжирний – *жирне написання*;

напівжирний курсив – *жирне курсивне написання*;

підкреслений – підкреслене написання.

- у полі **Розмір** – розмір шрифту в пунктах (1 пункт = 0,375 мм)

Збереження робочої книги

Для збереження робочої книги необхідно викликати команду **Зберегти** меню **Файл** або натиснути кнопку . При першому збереженні з'являється діалогове вікно **Збереження документа**. У полі переліку **Папка** слід вибрати диск, а в списку, розташованому нижче – папку, в якій необхідно зберегти книгу (за умовчанням зазвичай це папка «Мої документи» на диску С). У полі списку **Тип файлу** – формат, в якому буде збережено книгу. У полі **Ім'я** файлу ввести ім'я книги й натиснути кнопку **Зберегти**.

Питання, які винесені на практичну роботу:

1. Які переваги має MS Excel перед іншими електронними таблицями?
2. Який вид даних може містити в собі комірка?
3. Як вирівнюються, за умовчанням, дані в комірці Excel-таблиці?
4. Що називається адресою комірки?
5. Що називається абсолютною адресою комірки?
6. Що називається відносною адресою комірки?
7. Як відрізнити абсолютну адресу комірки від відносної адреси?
8. Що називається блоком комірок?
9. Як змінити розмір рядків і стовпців ?
10. Що відбувається при копіюванні формул в Excel, якщо у нас:
а) абсолютне посилання на комірки;
б) відносне посилання на комірки?
11. Що являє собою рядок формул?
12. Які основні правила введення формул в Excel ви знаєте?
13. Що таке «Функція» в MS Excel?
14. Яким чином в MS Excel можна звести число до ступеня?

Питання, які винесені на самостійне вивчення:

1. Що називається робочою книгою в MS Excel?
2. Як виглядає робоча книга MS Excel, чи можна міняти в ній що-небудь? Якщо «Так», то, що і як?
3. Що собою являє форматування комірок і чи можна форматувати всю книгу цілком? Якщо «Так», то, як?
4. Як можна з'ясувати яким є символ – роздільник дробової і цілої частини чисел?
5. Що називається помилковим значенням в MS Excel?
6. Побудова діаграм (графіків) в MS Excel.
7. Використання в медицині MS Excel.
8. Використання MS Excel для обробки статистичних даних.
9. Яким чином в Excel можна об'єднати кілька комірок?

ТЕМА 2 "ОСНОВИ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАТИКИ"

План:

1. Мета і завдання медичної інформатики.
2. Інформація як ключове поняття інформатики. Основні поняття інформатики
 - повідомлення;
 - дані;
 - сигнал;
 - канал зв'язку;
 - кодування;
 - формула Шенона.
3. Структура інформатики.
4. Структурна схема ЕОМ. Принципи функціонування персональних комп'ютерів (ПК).
5. Програмне забезпечення ПК. Класифікація ПЗ.

Мета і завдання медичної інформатики

У останнє десятиліття 20-го століття інформаційні технології стали одним з найважливіших факторів, що впливають на розвиток суспільства. Їх розвиток торкається державних структур і інститутів громадянського суспільства, економічних і соціальних сфер, науки і освіти, культури і способу життя людей. Багато розвинених країн вже повною мірою усвідомили ті можливості і переваги, які несе з собою впровадження і розповсюдження інформаційно-комунікаційних технологій. Що стосується медицини, то сучасний етап її розвитку характеризується широким впровадженням новітніх технічних засобів і технологій в діяльність служб і органів управління охороною здоров'я, лікувально-профілактичних установ, учбових і наукових закладів.

Сучасні комп'ютерні і інформаційні технології, інтеграція їх з мультимедійною інформацією довідкового і навчального характеру зробили можливою практичну реалізацію проблеми впровадження автоматизованих засобів обробки медичної інформації на усіх рівнях системи охорони здоров'я населення. Поява медичної інформатики як нової дисципліни стало можливим завдяки прогресу в комп'ютерних і комунікаційних технологіях.

Для подальшого успішного впровадження в медицину сучасних комп'ютерних систем і технологій, виникає необхідність в якіснішій підготовці і перепідготовці медичних кадрів усіх рівнів по медичній інформатиці.

Учені дають різне визначення поняттю медична інформатика, але як найповнішим за своїм змістом є визначення В.Я. Гельмана (2001).

Медична інформатика (МІ) – це наукова дисципліна, що займається дослідженням процесів отримання, передачі, обробки, зберігання, поширення, представлення інформації з використанням інформаційної техніки і технології в медицині і охороні здоров'я.

Основною метою МІ є оптимізація інформаційних процесів в медицині за рахунок використання комп'ютерних технологій, що забезпечує підвищення якості охорони здоров'я населення.

МІ є результатом перехресної взаємодії медицини і інформатики: медицина поставляє комплекс завдання-методи, а інформатика забезпечує комплекс засоби-підходи.

Нині медична інформатика визнана як самостійна галузь науки, що має свій предмет, об'єкт вивчення і що займає місце у ряді інших медичних дисциплін. З іншого боку,

методологія медичної інформатики ґрунтована на методології загальної інформатики у зв'язку з чим вивчення медичної інформатики необхідно розпочати з вивчення основних положень інформатики.

Інформація як ключове поняття інформатики **Основні поняття інформатики**

Поняття інформації є ключовим поняттям інформатики. Будь-яка діяльність людини є процесом збору і переробки інформації, прийняття на її основі рішень і їх виконання. З появою сучасних засобів обчислювальної техніки інформація стала виступати одним з найважливіших ресурсів науково-технічного прогресу.

Інформація міститься в людській мові, текстах книг, журналів, газет, повідомленнях радіо і телебачення, показаннях приладів і так далі. Людина сприймає інформацію за допомогою органів чуття. Зберігає і переробляє її за допомогою мозку і центральної нервової системи. Передана інформація зазвичай торкається якихось предметів або нас самих і пов'язана з подіями, що відбуваються у світі, що оточує нас.

Таким чином, поняття *інформації* – можна розглядати як отриману в ході переробки даних сукупність знань (нових, раніше не відомих відомостей).

З поняттям інформації пов'язані такі поняття як *сигнал*, *повідомлення* і *дані*.

Повідомлення – це впорядкована сукупність сигналів, здатних переносити інформацію.

Дані – це інформація, представлена у формалізованому виді і призначена для обробки її технічними засобами, наприклад ЕОМ.

Сигнал є будь-яким процесом, що впливає на сенсорні системи.

Каналом зв'язку називається середовище, по якому передаються сигнали. При усній розмові сигналом є мова, а каналом зв'язку – повітря, при радіопередачі музики сигналом є звук, а каналом зв'язку – електромагнітне поле і повітря, в нервовій системі сигналом є нервові імпульси, а каналами – нервові волокна.

Фізичним носієм сигналу можуть бути всілякі види матерії, які при передачі одного сигналу можуть чергуватися. Наприклад, при радіопередачі думка, що виражається словом, передана за рахунок біоелектричних імпульсів голосовим м'язом, викликаючи їх скорочення, створює звуковий образ, який в результаті коливання мембрани в мікрофоні перетвориться в електричний імпульс – сигнал, що передається на відстань. При цьому сигнали повинні задовольняти вимогам ізоморфізму. Під *ізоморфізмом* розуміють таку відповідність фізично різних явищ, при якому зберігається, не спотворюється зміст переданого повідомлення.

Порушення ізоморфізму призводить до спотворення інформації. Спотворення сигналів, як внаслідок порушення ізоморфізму, так і в результаті зовнішніх перешкод називають *шумом*. Типова схема передачі інформації показана на рис. 2.1.

Залежно від значення переданих сигналів їх ділять на інформаційні, що повідомляють яку-небудь інформацію, і виконавчі, які містять яку-небудь команду до дії. Розрізняють сигнали *дискретні* і *безперервні*. Прикладом дискретного сигналу є передача азбукою Морзе, або передача цифр імпульсами струму, прикладом безперервного – зміна напруги в ланцюзі, відповідна зміна температури, зміна кров'яного тиску.

Всяке повідомлення складається з комбінації простих сигналів певної фізичної природи. Повний набір таких сигналів називають *алфавітом*, один сигнал – *літера алфавіту*. Для передачі повідомлення його слід описати за допомогою якого-небудь алфавіту, інакше

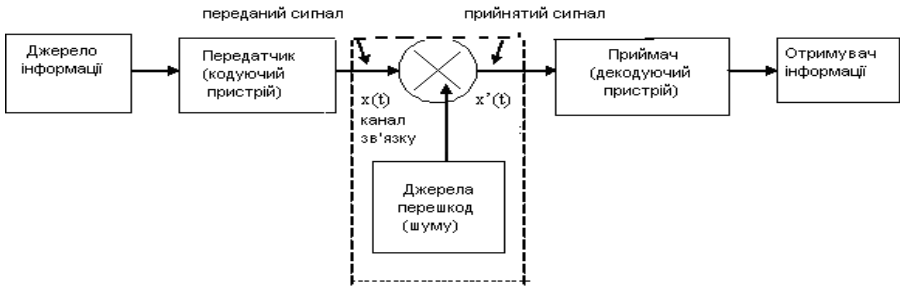


Рис. 2.1. Схема передачі інформації

кажучи, закодувати. *Кодуванням* називається опис якого-небудь повідомлення за допомогою певного алфавіту, тобто встановлення однозначної відповідності між параметрами, що характеризують сигнал, і інформацією. Переклад цього повідомлення на інший алфавіт називається *перекодуванням*, розшифровка повідомлення – *декодуванням*.

Для передачі повідомлень в господарському і науковому житті кодування робиться людиною. Проте природою створені природні способи кодування. Ці способи представляють величезний інтерес для науки, наприклад вивчення способу кодування спадкової інформації про дорослий організм в зародковій клітині. Застосування кодування дозволяє використати невеликий алфавіт для передачі величезної інформації. Виявилось, що будь-яку інформацію можна закодувати за допомогою двох знаків (0;1). Такий код називається *двійковим*.

Передача будь-якого сигналу пов'язана з затратою енергії, проте кількість переданої інформації і тим більше її сенс не залежать від енергії сигналу. Більш того, дуже часто сигнал малої енергії передає повідомлення, в результаті якого може бути викликаний процес, пов'язаний з величезною витратою енергії. Наприклад, атомний вибух може бути викликаний натисненням кнопки-вмикача відповідного пристрою, спокійна інформація про чий-небудь непривабливий вчинок може викликати вибух обурення.

В інформатиці не важливо, яка енергія витрачена для передачі інформації, але суттєво важливо, яка кількість інформації буде передана або можна передати по тому або іншому каналу зв'язку. Для кількісного підрахунку інформації слід відволіктися від сенсу повідомлення, аналогічно тому, як для вирішення арифметичного прикладу відволікаються від конкретних предметів. Складаючи, наприклад 2 і 3, отримуємо 5, при цьому несуттєво, які саме предмети складаємо.

Як же обчислюється кількість інформації? З визначення інформації випливає, що вона (інформація) має сенс тільки тоді, коли зменшує міру незнання, тобто процес добування інформації пов'язаний зі збільшенням визначеності наших відомостей про об'єкт. Повідомлення несе інформацію, якщо з сукупності реально можливих подій вказується деяке визначене. Наприклад, читаючи історію хвороби, лікар отримує інформацію про хвороби цього пацієнта: з усього різноманіття різних захворювань виділені тільки ті, які переніс цей хворий. *Повідомлення про вже відоме не несе інформації*; так для грамотної людини не містить інформації твердження, що після 15-го числа місяця настає 16-е число.

Чим більше різних можливостей має подія, тим більшу інформацію про нього несе повідомлення. Так, при одноразовому киданні гральної кістки (6 граней) отримують більшу інформацію, ніж при киданні монети (2 сторони), бо перший випадок має більше число

рівноможливих результатів, ніж другий. Говорять, що кількість інформації змінюється у відношенні, зворотному імовірності.

Оскільки мірою невизначеності яких-небудь подій є імовірність, то слід припустити, що кількісна оцінка інформації пов'язана з основними представленнями теорії імовірності. Дійсно, сучасний метод підрахунку інформації, що ґрунтується на імовірнісному підході при розгляді систем зв'язку і кодування повідомлень.

Кількість інформації, що міститься в повідомленні про деяку подію, залежить від імовірності цієї події, причому, чим більше імовірність події, тим менше міститься інформації в повідомленні про те, що ця подія сталася, і навпаки. Якщо імовірність події дорівнює одиниці, то така подія не могла не статися, і повідомлення про цю подію не несе інформації (інформація дорівнює нулю) $I(P(A)=1) = 0$. Якщо імовірність події прагне до нуля, то кількість інформації прагне до нескінченності $I(P(A) \rightarrow 0) \rightarrow \infty$. Якщо врахувати ще, що інформація має бути аддитивною величиною (інформація, що міститься в повідомленні про те, що сталися дві події, повинна дорівнювати сумі інформацій, що містяться в повідомленнях про кожну з цих подій), то стає зрозумілою причина вибору логарифмічної функції для опису залежності між кількістю інформації і імовірністю. Ця залежність визначається *формулою Хартлі*:

$$I(A) = -\log_2 p(A)$$

де $I(A)$ - інформація про те, що сталася подія A , $P(A)$ - імовірність цієї події.

Знак мінус у формулі стоїть для того, щоб зробити цей вираз позитивним, оскільки логарифм позитивного числа меншого одиниці є негативним, а $0 \leq P(A) \leq 1$.

Одиниця виміру кількості інформації - *біт*. З формули Хартлі витікає, що, якщо $p(A) = 0,5$, то $I(A) = 1$. Тому можна сказати, що **1 біт - це інформація, що міститься в повідомленні про те, що сталася подія, імовірність якої дорівнює 0,5**. Якщо можливими є тільки дві події і вони рівноімовірні, то їх імовірність дорівнює 0,5. Тому біт часто визначають так: **1 біт - це інформація, яка міститься в повідомленні про те, що сталося одно з двох рівноімовірних подій**. Для виміру інформації використовуються також і такі одиниці: 1 байт = 8 біт; 1 кбайт = 1024 байт; 1 Мбайт = 1024 кбайт, 1 Гбайт = 1024 Мбайт.

Якщо можуть прийти повідомлення про різноімовірні події, то кількість інформації, що міститься в повідомленнях про ці події, відрізнятиметься. При цьому часто важливо знати, чому дорівнює середня кількість інформації, що доводиться на одне повідомлення. Ця величина (позначається \bar{I}) може бути вичислена по *формулі Шенона*:

$$\bar{I} = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

де n - число усіх можливих подій, про які приходять повідомлення, p_i - імовірність i - тої події ($i = 1; 2; \dots; n$).

Цю ж величину часто позначають буквою H і називають *інформаційною ентропією*. На користь такої назви можна привести такі аргументи:

1) як інформаційна, так і термодинамічна ентропія логарифмічно залежать від імовірності;

2) величина H досягає максимуму, якщо усі p_i рівні між собою, тобто, якщо ситуація найбільш невизначена (непередбачувана). Термодинамічна ентропія є мірою

невпорядкованості системи, а **інформаційна – мірою невизначеності ситуації**. Тут також є аналогія.

Структура інформатики

Термін інформатика виник в 60-х рр. у Франції для назви області, що займається автоматизованою обробкою інформації за допомогою електронних обчислювальних машин. Французький термін *informatique* (інформатика) утворений шляхом злиття слів *information* (інформація) і *automatique* (автоматика) і означає "інформаційна автоматика або автоматизована переробка інформації". У англomовних країнах цьому терміну відповідає синонім *computer science* (наука про комп'ютерну техніку).

Виділення інформатики як самостійної області людської діяльності в першу чергу пов'язано з розвитком комп'ютерної техніки. Причому основна заслуга в цьому належить мікропроцесорній техніці, поява якої в середині 70-х рр. послужила початком другої електронної революції. З того часу елементною базою обчислювальної машини стають інтегральні схеми і мікропроцесори, а область, пов'язана із створенням і використанням комп'ютерів, отримала потужний імпульс у своєму розвитку. Термін "інформатика" набирає нове дихання і використовується не лише для відображення досягнень комп'ютерної техніки, але і зв'язується з процесами передачі і обробки інформації і трактується як "комплексна наукова і інженерна дисципліна, що вивчає усі аспекти розробки, проектування, створення, оцінки і функціонування ґрунтованих на ЕОМ систем переробки інформації, їх застосування і дії на різні області соціальної практики".

Інформатика в такому розумінні націлена на розробку загальних методологічних принципів побудови інформаційних моделей. Тому методи інформатики застосовані усюди, де існує можливість опису об'єкта, явища, процесу і тому подібне за допомогою інформаційних моделей. Існує безліч визначень інформатики, що пов'язано з багатогранністю її функцій, можливостей, засобів і методів. Узагальнюючи опубліковані в літературі по інформатиці визначення цього терміну можна запропонувати таке сучасне трактування поняття "інформатика":

Інформатика – це область людської діяльності, пов'язана з процесами перетворення інформації за допомогою комп'ютерів і їх взаємодією з середовищем застосування.

Часто виникає плутанина в поняттях "інформатика" і "кібернетика". Спробуємо роз'яснити їх схожість і відмінність.

Основна концепція, закладена Н. Вінером в кібернетику, пов'язана з розробкою теорії управління складними динамічними системами в різних областях людської діяльності. Кібернетика існує незалежно від наявності або відсутності комп'ютерів і є наукою про загальні принципи управління в різних системах: технічних, біологічних, соціальних та ін.

Інформатика займається вивченням процесів перетворення і створення нової інформації більш широко, практично не вирішуючи задачі управління різними об'єктами, як кібернетика. Тому може скластися враження про інформатику як про більш містку дисципліну, ніж кібернетика. Однак, з іншого боку, інформатика не займається вирішенням проблем, не пов'язаних з використанням комп'ютерної техніки, що, поза сумнівом, звужує її, здавалося б, узагальнювальний характер. Між цими двома дисциплінами провести чітку межу не представляється можливим у зв'язку з її розмитістю і невизначеністю, хоча існує досить поширена думка, що інформатика є одним з напрямів кібернетики.

Інформатика з'явилася завдяки розвитку комп'ютерної техніки, базується на ній і абсолютно немислима без неї. Кібернетика ж розвивається сама по собі, будуючи різні моделі

управління об'єктами, хоча і дуже активно використовує усі досягнення комп'ютерної техніки. Кібернетика і інформатика, зовні дуже схожі дисципліни, розрізняються, швидше за все, в розставлянні акцентів: в інформатиці – на властивостях інформації і апаратно-програмних засобах її обробки; у кібернетиці – на розробці концепцій і побудові моделей об'єктів з використанням, зокрема, інформаційного підходу.

Інформатика в широкому сенсі є єдністю різноманітних галузей науки, техніки і виробництва, пов'язаних з переробкою інформації головним чином за допомогою комп'ютерів і телекомунікаційних засобів зв'язку в усіх сферах людської діяльності.

Інформатику у вузькому сенсі можна представити як складову з трьох взаємозв'язаних частин – технічних засобів (hardware), програмних засобів (software), алгоритмічних засобів (brainware). У свою чергу, інформатику як в цілому, так і кожну її частину звичай розглядають з різних позицій: як галузь народного господарства, як фундаментальну науку, як прикладну дисципліну.

Інформатика як *галузь народного господарства* складається з однорідної сукупності підприємств різних форм господарювання, де займаються виробництвом комп'ютерної техніки, програмних продуктів і розробкою сучасної технології переробки інформації. Специфіка і значення інформатики як галузі виробництва полягають в тому, що від неї багато в чому залежить зростання продуктивності праці в інших галузях народного господарства. Більше того, для нормального розвитку цих галузей продуктивність праці в самій інформатиці повинна зростати більш високими темпами, оскільки в сучасному суспільстві інформація все частіше виступає як предмет кінцевого споживання: людям потрібна інформація про події, що відбуваються у світі, про предмети і явища, що відносяться до їх професійної діяльності, про розвиток науки і самого суспільства. Подальше зростання продуктивності праці і рівня добробуту можливе лише на основі використання нових інтелектуальних засобів і людино-машинних інтерфейсів, орієнтованих на прийом і обробку великих об'ємів мультимедійної інформації (текст, графіка, відеозображення, звук, анімація). За відсутності достатніх темпів збільшення продуктивності праці в інформатиці може статися істотне уповільнення зростання продуктивності праці в усьому народному господарстві. Нині близько 50% усіх робочих місць у світі підтримується засобами обробки інформації.

Інформатика як *фундаментальна наука* займається розробкою методології створення інформаційного забезпечення процесів управління будь-якими об'єктами на базі комп'ютерних інформаційних систем. Існує думка, що одне з головних завдань цієї науки – з'ясування, що таке інформаційні системи, яке місце вони займають, яку повинні мати структуру, як функціонують, які загальні закономірності їм властиві. У Європі можна виділити наступні основні наукові напрямки в області інформатики:

- розробка мережевої структури
- комп'ютерно-інтегровані виробництва
- економічна і медична інформатика
- інформатика соціального страхування і довкілля
- професійні інформаційні системи

Мета фундаментальних досліджень в інформатиці – отримання узагальнених знань про будь-які інформаційні системи, виявлення загальних закономірностей їх побудови і функціонування.

Інформатика як *прикладна дисципліна* займається:

- вивченням закономірностей в інформаційних процесах (накопичення, переробка, поширення);
- створення інформаційних моделей комунікацій в різних областях людської

діяльності;

- розробкою інформаційних систем і технологій в конкретних областях і виробленням рекомендацій відносно їх життєвого циклу (етапи проектування і розробки

систем, їх

виробництва, функціонування і таке інше).

Головна функція інформатики полягає в розробці методів і засобів перетворення інформації і їх використанні в організації технологічного процесу переробки інформації.

Завдання інформатики полягають в наступному:

- дослідження інформаційних процесів будь-якої природи;
- розробка інформаційної техніки і створення новітньої технології переробки інформації на базі отриманих результатів дослідження інформаційних процесів;
- рішення наукових і інженерних проблем створення, впровадження і забезпечення ефективного використання комп'ютерної техніки і технології в усіх сферах громадського життя.

Інформатика існує не сама по собі, а є комплексною науково-технічною дисципліною, покликаною створювати нову інформаційну техніку і технології для вирішення проблем в інших областях. Вона надає методи і засоби дослідження іншим областям, навіть таким, де вважається неможливим застосування кількісних методів із-за неформалізованості процесів і явищ. Особливо слід виділити в інформатиці методи математичного моделювання і методи розпізнавання образів, практична реалізація яких стала можливою завдяки досягненням комп'ютерної техніки.

Комплекс індустрії інформатики стане ведучим в інформаційному суспільстві. Тенденція до все більшої інформованості в суспільстві в істотному ступені залежить від прогресу інформатики як єдності науки, техніки і виробництва.

Структурна схема ЕОМ

Принципи функціонування персональних комп'ютерів (ПК)

Як вже згадувалося раніше, інформаційні технології – це переважно комп'ютеризовані способи обробки, зберігання, передачі і використання інформації. Хоча, строго кажучи, поняття інформаційні технології ширші, ніж комп'ютерні технології, стосовно сучасної інформатики вони практично співпадають.

Сукупність пристроїв, призначених для автоматичної або автоматизованої обробки даних називається *обчислювальною технікою*.

Конкретний набір пристроїв, що взаємодіють між собою, і програм, призначених для обслуговування одного робочого місця або ділянки, називають *обчислювальною системою*.

Центральним обладнанням більшості обчислювальних систем є комп'ютер.

Слово "комп'ютер" означає обчислювач. У своєму розвитку обчислювальна техніка пройшла різні етапи:

- ◇ палички для обчислень, рахівниці;
- ◇ 1642 рік, Блез Паскаль винайшов механічний пристрій для складання чисел;
- ◇ 1673 рік, Готфрід Вільгельм Лейбніц створив арифмометр, що дозволяє виконувати усі чотири арифметичні дії;

◇ друга половина XIX століття, Чарльз Беббідж розробив основні ідеї універсального обчислювального пристрою - аналітичної програмованої машини;

◇ 1943 рік, американець Говард Ейкен на основі ідей Ч.Бebbиджа створив на базі електромеханічних реле обчислювальну машину "Марк-1";

До цього часу потреба в автоматизації обчислень стала настільки велика, що над створенням подібних машин одночасно працювало декілька груп фахівців. Створені ними електронні обчислювальні машини (ЕОМ) вже на основі електронних ламп працювали в тисячу разів швидше, ніж "Марк-1". У 1945 році до цієї роботи був залучений відомий математик Джон фон Нейман. Підсумком його роботи стала доповідь, яка здобула широку популярність, оскільки в ній фон Нейман ясно і просто сформулював загальні принципи функціонування універсальних обчислювальних пристроїв, тобто комп'ютерів.

З цієї доповіді виходило, що для ефективної роботи комп'ютера він повинен містити наступні пристрої:

- арифметично-логічний пристрій, що виконує арифметичні і логічні операції;
- пристрій управління, який організовує процес виконання програм;
- пристрій, що запам'ятовує, або пам'ять для зберігання програм і даних;
- зовнішні пристрої для введення-виведення інформації.

У загальних рисах роботу комп'ютера можна описати так. Спочатку за допомогою якого-небудь зовнішнього пристрою в пам'ять комп'ютера вводиться програма. Пристрій управління зчитує вміст комірки пам'яті, де знаходиться перша команда програми і організовує її виконання. Після виконання першої команди пристрій управління починає виконувати команду, розташовану в наступній комірці пам'яті і так далі. Цей порядок може бути порушений за допомогою команд передачі управління (переходу), які вказують пристрою управління, що йому слід виконувати команди з інших комірок пам'яті.

Таким чином, управляючий пристрій виконує інструкції програми автоматично, тобто без втручання людини. При цьому управляючий пристрій може обмінюватися інформацією з оперативною пам'яттю і зовнішніми пристроями.

Слід зазначити, що схема облаштування сучасного комп'ютера дещо відрізняється від приведеної вище. Зокрема, арифметично-логічний пристрій і пристрій управління об'єднані в єдиний пристрій – центральний процесор. Крім того, процес виконання програм може перериватися для виконання невідкладних дій, пов'язаних з сигналами, що поступили, від зовнішніх пристроїв комп'ютера – перериваннями. Проте, більшість сучасних комп'ютерів в основних рисах відповідають принципам, викладеним фон Нейманом.

Розвиток електроніки в другій половині ХХ століття (транзистори – 1948 рік, інтегральні мікросхеми – 1958 рік, мікропроцесор – 1969 рік) привів до значного зменшення габаритів і вартості ЕОМ, що і зумовило появу персональних ЕОМ, інакше – персональних комп'ютерів (ПК).

Після цього було створено велику кількість ПК до тих пір, поки фірмою ІВМ в 1981 році не був розроблений комп'ютер ІВМ РС, який став стандартом персонального комп'ютера. Зараз такі комп'ютери ("сумісні з ІВМ РС") складають більше 90 % усіх вироблених у світі персональних комп'ютерів.

Такий значний успіх був досягнутий завдяки використанню принципу відкритої архітектури. Тобто комп'ютер був зроблений не єдиним нероз'ємним пристроєм, а давав можливість його складання з незалежно виготовлених частин аналогічно дитячому конструктору. При цьому методи сполучення пристроїв з комп'ютером ІВМ РС не лише не трималися в секреті, але і були доступні усім бажаним.

Зазвичай сучасні персональні комп'ютери ІВМ РС складаються з трьох основних блоків: системного блоку; клавіатури для введення символів і монітора (дисплея).

Структурна схема ПК показана на рис. 2.2.

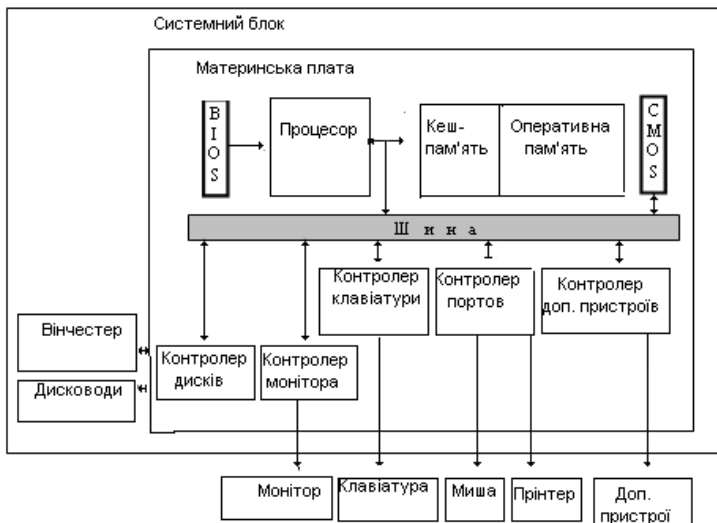


Рис. 2.2. Структурна схема ПК

Системний блок має модульну структуру. Головний елемент – *мікропроцесор*, що виконує усі основні арифметичні і логічні операції і керує синхронною роботою усіх інших блоків ПК. У комп'ютерах типу IBM PC використовуються мікропроцесори фірми Intel, а також сумісні з ними мікропроцесори інших фірм (AMD, IBM та ін.).

Основними параметрами процесора є:

- розрядність
- робоча тактова частота
- розмір кеш-пам'яті.

Розрядність процесора показує, скільки біт даних він може прийняти і обробити у своїх регістрах за один раз (за один такт); робоча тактова частота визначає швидкість, з якою здійснюються операції в процесорі; кеш-пам'ять (надшвидкодіюча пам'ять, розташована усередині процесора) дозволяє понизити кількість звернень процесора до значно повільнішої оперативної пам'яті.

Дуже важливим елементом комп'ютера є його *пам'ять*. Вона забезпечується різними елементами.

Оперативна пам'ять (ОП) – призначена для тимчасового зберігання даних, коли комп'ютер включений. Це та пам'ять, яка безпосередньо працює з процесором, передаючи в нього дані і отримуючи результати обробки. У ній зберігаються дані і програми, з якими працює ПК в теперішній момент часу. Оперативна пам'ять (ОП), будучи відносно невеликою за об'ємом, має високу швидкодію. Зазвичай ОП виконується у вигляді набору мікросхем. При виключенні комп'ютера інформація, що знаходиться в ОП стирається.

Довготривала (зовнішня) пам'ять відноситься до пристроїв, призначених для довготривалого зберігання великих об'ємів даних і програм. Вона має невисоку швидкодію але дуже велику місткість, і інформація, що зберігається в ній, не стирається при виключенні комп'ютера. Існують дисководи і, відповідно, носії інформації на змінних, гнучких магнітних

дисках (дискети), жорсткі магнітні диски (вінчестери) і дисководи для компакт-дисків (CD – ROM), DVD та ін.

Кеш-пам'ять – спеціальна надшвидка оперативна пам'ять, яка розташовується як би "між" мікропроцесором і оперативною пам'яттю і зберігає копії найчастіше використовуваних ділянок оперативної пам'яті.

Постійна пам'ять (ПЗП), в яку внесені дані при виготовленні ПК. Ці дані не можуть бути змінені, виконувати на комп'ютері програми можуть тільки їх зчитувати. Тому часто такий вид пам'яті ще називають ROM (read only memory). Велика частина програм, розміщених в ПЗП пов'язана з обслуговуванням операцій введення-виведення, відповідно вміст ПЗП часто називають BIOS (Basic Input-Output System – базова система введення-виведення).

Напівпостійна пам'ять використовується для зберігання параметрів конфігурації комп'ютера. Цей вид пам'яті ще називають CMOS-пам'яттю, оскільки вона здійснюється за технологією CMOS (complementary metal – oxide semiconductor), що має низьке енергоспоживання. Вміст CMOS-пам'яті не змінюється при виключенні комп'ютера, оскільки для її електроживлення використовується спеціальний акумулятор.

Відеопам'ять – використовується для зберігання даних зображення, що виводиться на екран монітора. Ця пам'ять входить до складу відеоконтроллера – електронної схеми, що управляє виведенням зображення на екран.

Пристрої введення відносяться до периферійних пристроїв ПК і призначені для введення інформації в ПК. Основними пристроями введення даних в комп'ютер є клавіатура, миша і сканер. Сканери призначені для введення графічної і текстової інформації, що нанесена на паперовий носій. Крім того, комп'ютер може сприймати інформацію і з датчиків – у вигляді електричних сигналів через спеціальний пристрій, що називається аналого-цифровим перетворювачем (АЦП).

Пристрої виведення також відносяться до периферійних пристроїв і призначені для надання користувачам результатів обробки даних. Найпоширеніші пристрої виведення – монітор і друкуючий пристрій, або принтер. Існують пристрої для отримання графіків і креслень – графічні пристрої, або плоттери. Комп'ютер також здатний виводити інформацію у вигляді електричних сигналів на які-небудь виконавчі пристрої через цифрово-аналогові перетворювачі (ЦАП).

Обмін інформацією між оперативною пам'яттю і різними пристроями здійснюється за допомогою контроллерів і магістралей обміну даних. Для кожного пристрою в комп'ютері є електронна схема, яка ним управляє. Ця схема називається контроллером (чи адаптером). Усі контроллери взаємодіють з процесором і оперативною пам'яттю через системну магістраль передачі даних (шину).

Програмне забезпечення ПК Класифікація ПЗ

Програмне забезпечення (ПЗ) – сукупність програм, які забезпечують працездатність ПК, використовуються програмістами і користувачами ЕОМ при рішенні різноманітних завдань.

Програмне забезпечення (software) в загальній сумі витрат на створення комп'ютерів складає більш ніж 70 % і з часом ця доля збільшується, а витрати на апаратні засоби (hardware) знижуються.

Програмне забезпечення ПК підрозділяється на:

- системне ПЗ;
- базове (інструментальне) ПЗ;
- прикладне ПЗ.

Класифікація ПЗ показана на рис. 2.3.

1. Системне ПЗ.

Операційна система (ОС) є ядром системного ПЗ комп'ютера і визначає його функціональні можливості. Операційна система виконує наступні головні функції:

а) управляє комп'ютером, підтримує роботу будь-яких програм, забезпечує їх взаємодію з апаратурою (драйвери пристроїв), здійснює розподіл оперативної пам'яті, реакцію на події, що виникають в процесі роботи, ситуації і так далі;

б) організовує структуру даних (так звана *файлова система*);

в) забезпечує користувачеві зручний спосіб спілкування – *інтерфейс*.

Операційні оболонки. Часто буває не зовсім зручно робити операції над файлами і каталогами засобами ОС. Тому, щоб полегшити спілкування з ПК були створені, так звані, *операційні оболонки* – програми, що значно полегшують взаємодію з ПК в найбільш поширених типових ситуаціях і режимах. Вони дозволяють наочно показати структуру інформації, що зберігається на комп'ютері, легко здійснювати операції над файлами і каталогами: створення, перейменування, перегляд і редагування, видалення і так інше.

Найбільш популярними програмами-оболонками для різних операційних систем є *Norton Commander*, *Total Commander*, *Norton Navigator*, *FAR* і ін.



Рис. 2.3. Програмне забезпечення ПК

Утиліти. Так називають програми допоміжного призначення. Найчастіше наступні типи утиліт використовуються:

- антивірусні програми – призначені для запобігання зараження комп'ютерним вірусом і ліквідації наслідків зараження;

- програми пакувальники (архіватори) дозволяють за рахунок застосування спеціальних методів "упаковки" інформації стиснути інформацію на дисках;
- програми для діагностики комп'ютера дозволяють перевірити працездатність його пристроїв;
- програми для оптимізації дисків забезпечують швидший доступ до інформації на диску за рахунок оптимізації даних на диску;
- програми-русіфікатори пристосовують інші програми (зазвичай ОС) для роботи з російськими буквами;
- програми-кеші для дисків прискорюють доступ до інформації на дисках шляхом організації в оперативній пам'яті кеш-буфера, що містить найбільш часто використовувані ділянки диска;
- програми обмеження доступу дозволяють захистити дані, що зберігаються на комп'ютері, від небажаних користувачів.

2. Базове ПЗ.

Системи програмування служать для розробки нових комп'ютерних програм. Зазвичай в них входять:

- компілятор, що здійснює перетворення програм на мові програмування в програму в машинних кодах;
- редактор текстових програм;
- бібліотеки підпрограм, які містять заздалегіть підготовлені підпрограми, якими можуть користуватися програмісти;
- різні допоміжні програми: налагоджувачі програм, програми для отримання перехресних посилань і таке інше.

Системи управління базами даних (СУБД) дозволяють управляти великими інформаційними масивами – базами даних, в яких багато різних видів об'єктів, пов'язаних один з одним деякими співвідношеннями. Вони забезпечують введення, пошук, сортування записів, складання звітів і так далі.

Редактори, видавничі системи. Редагування – одна з найпоширеніших операцій при роботі з будь-якими файлами. Редактори-програми, призначені для введення, редагування і підготовки до друку на принтер різноманітних текстів, звітів, описів, довідок, статей і інших документів. Існує безліч програм, починаючи від простих текстових редакторів і закінчуючи складними програмними комплексами для обробки графічних зображень або документів довільного виду (книг, журналів і таке інше).

3. Залежно від можливостей, редактори можна розділити на наступні типи:

- Вбудовані редактори. Входять як частина інших програмних систем. Як правило прості і мають обмежені можливості. Широко застосовуються вбудовані редактори сервісних систем.

- Редактори комп'ютерних програм. Вбудовані в систему програмування і дозволяють створювати тексти програм на алгоритмічній мові і інші нескладні тексти. До текстових відносяться редактори систем програмування.

- Редактори документів, які орієнтовані на обробку текстів, що мають структуру документу (складається з розділів, сторінок, речень, абзаців).

- Редактори наукових документів окрім функцій редакторів документів можуть формувати складні формули (математичні, хімічні, спеціальні знаки і так далі).

- Видавничі системи – для оформлення книг, журналів, рекламних буклетів і іншої друкарської продукції високого класу. Мають засоби підготовки тексту, ілюстрацій графіків, різних шрифтів. Розвинені можливості розміщення матеріалу різнотипного характеру на сторінці. Вони побудовані за принципом – що ви бачите, то ви отримуєте.

Універсальні прикладні програми або інакше програми офісного призначення використовуються практично в усіх ділових застосуваннях комп'ютерів. Це редактори текстів, табличні процесори, графічні редактори, програми підготовки презентацій, записники і так далі. Саме такий набір програм зазвичай входить в комплект офісних програм Microsoft Office, Perfect Office і інших. Серед інших офісних програм варто відзначити:

- програми розпізнавання символів (FineReader, Cunieform);
- програми перекладачі (Stylus, Сократ та ін.) дозволяють здійснювати переклад тексту з однієї мови (англійська, французька, німецька, російська та ін.) на іншу;
- програми словники (Лінгво, Поліглосум, Мультилекс та ін.);
- програми перевірки правопису і граматики (ОРФО, Пропис).

4. Прикладне ПЗ.

До цієї групи відносяться програми спеціального призначення: бухгалтерські програми, правові бази даних, програми фінансового аналізу, системи автоматичного проектування, статистичні програми і багато інших.

Питання, винесені на семінар:

1. Що таке інформатика?
2. Яка головна функція інформатики?
3. Назвіть завдання інформатики.
4. Що таке інформація?
5. Від чого залежить кількість інформації, яка міститься в повідомленні про яку-небудь випадкову подію?
6. Що таке сигнал? Які типи сигналів ви знаєте?
7. Що таке повідомлення, дані, канал зв'язку?
8. Що таке кодування? Які види кодування ви знаєте?
9. Що таке ізоморфізм?
10. У чому вимірюється кількість інформації?
11. Що таке інформаційна ентропія?
12. Що таке медична інформатика? Що є об'єктом її вивчення?
13. Що таке обчислювальна система?
14. Що входить в структурну схему ПК?
15. Що таке медичні інформаційні технології?
16. Види запам'ятовуючих пристроїв.
17. Види пам'яті і їх основні функції.
18. Що таке програмне забезпечення (ПЗ) ПК? Його класифікація.
19. Що таке файл, файлова система, утиліти?

Питання, винесені на самостійне вивчення:

1. Формула Хартлі. Формула Шенона.
2. Основні характеристики сучасних ПК.
3. Сучасні операційні системи і операційні оболонки.
4. Редактори, видавничі системи, універсальні застосовні програми.

"СУЧАСНЕ АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПК. ОПЕРАЦІЙНІ СИСТЕМИ" (Матеріал для самостійного вивчення)

Класифікація комп'ютерів

При класифікації за типорозмірами розрізняють настільні ПК, портативні і кишенькові. Настільні моделі поширені найширше. Портативні моделі зручні для транспортування, але їх можливості дещо нижчі, а вартість вища. Кишенькові моделі виконують функції "інтелектуальних записників".

Портативні (ноутбуки, нетбуки, планшет РС) і кишенькові (пальтопи) моделі отримали відносно широке поширення як комп'ютери, що носяться, оскільки ці комп'ютери мають розміри звичайної книги або, відповідно, записника. Проте вони містять все, що має настільний комп'ютер, за винятком екрану, який виконується на рідкокристалічних індикаторах (чорно-білий або кольоровий). Такі комп'ютери можуть працювати 3-6 години від вбудованого блоку акумуляторів.

Комп'ютери можуть бути класифіковані по сумісності. Нині існує велика кількість різних типів ПК, що відрізняються мірою сумісності. Розрізняють апаратну сумісність, сумісність на рівні операційної системи, програмну сумісність, сумісність на рівні даних. Найбільш важливою є апаратна сумісність. Зараз найбільш поширені дві лінії (платформи) персональних комп'ютерів, не сумісних один з одним по устаткуванню. Це ПК фірми ІВМ і ПК фірми Apple.

Основні блоки комп'ютера

До складу класичного персонального комп'ютера (базова конфігурація) входять системний блок, монітор, клавіатура (іноді деякі з цих пристроїв можуть бути поєднані) і миша.

Системний блок є основним вузлом комп'ютера. У ньому розміщені: процесор, оперативна пам'ять, пристрої довготривалої (зовнішньої) пам'яті, плати і порти для підключення принтера, модему і інших пристроїв. Це – внутрішні пристрої. Додаткові пристрої, призначені для введення, виведення і зберігання даних, називають зовнішніми або периферійними.

Основна електронна плата комп'ютера ІВМ РС – материнська плата. На ній розміщені тільки ті блоки, які здійснюють обробку інформації (обчислення).

Монітор – пристрій візуального представлення даних. На переносних комп'ютерах, а останнім часом і в настільних, застосовуються рідкокристалічні дисплеї. Основними споживчими параметрами моніторів є розмір екрану, роздільна здатність, максимальна частота регенерації зображення і клас захисту.

Найбільш зручні і універсальні монітори з розміром екрану по діагоналі 15 і 17 дюймів. Для роботи з графікою використовуються монітори і з великими розмірами екрану (19-27 дюймів). *Роздільну здатність* екрану визначає чіткість зображення. *Частота регенерації* зображення також визначає чіткість і стійкість зображення і має бути не нижче 60 Гц. *Клас захисту* визначає відповідність монітора вимогам техніки безпеки.

Властивості зображення залежать не лише від монітора, але і від властивостей і налаштувань плати, розміщеної в системному блоці (відеоадаптера). Монітор і відеоадаптер повинні відповідати один одному.

Клавіатура служить для введення алфавітно-цифрових даних, а також команд управління комп'ютера. Стандартна клавіатура настільних машин має 101 і більше клавіш, які функціонально розподілені за кількома групами.

Миша – обладнання управління комп'ютером манипуляторного типу.

Основні функціональні обладнання комп'ютера

Будь-який комп'ютер включає наступні 5 видів пристроїв:

- процесор,
- оперативну пам'ять,
- довготривалу пам'ять,
- пристрій введення,
- пристрій виведення.

Центральний процесор (оброблювач) (CPU – Central Processing Unit) – основна мікросхема, в якій відбуваються усі обчислення, виконуються більшість математичних і логічних операцій. Це "мозок" комп'ютера, саме він здійснює обробку даних, що знаходяться в пам'яті комп'ютера. Він вибирає з пам'яті команди і виконує їх. Звичайний цикл роботи центрального процесора виглядає так: він читає першу команду з пам'яті, декодує її для визначення її типу і операндів, виконує подальші команди. Таким чином здійснюється виконання програм. Для кожного центрального процесора існує набір команд, який він в змозі виконати.

Основними параметрами процесора є:

- розрядність,
- кількість ядер,
- робоча тактова частота,
- розмір кеш-пам'яті.

Розрядність процесора показує, скільки біт даних він може прийняти і обробити у своїх регістрах за один раз (за один такт). Сучасні процесори сімейства Intel і AMD є 64-розрядними.

Робоча тактова частота визначає швидкість, з якою здійснюються операції в процесорі. Нині робочі частоти процесорів вище за 1 млрд. тактів в секунду (1 ГГц).

Кеш-пам'ять (англ. *cache*) або надоперативна пам'ять – дуже швидкий запам'ятовуючий пристрій, який використовується при обміні даними між мікропроцесором і оперативною пам'яттю для компенсації різниці в швидкості обробки інформації процесором і трохи менше швидкодіючою оперативною пам'яттю. Кеш-пам'ять сучасних процесорів має об'єм в декілька Мегабайт і більше.

Кеш-пам'яттю управляє спеціальний пристрій – контроллер, який аналізуючи виконувану програму, намагається передбачати, які дані і команди найімовірніше знадобляться найближчим часом процесору, і підкачує їх в кеш-пам'ять. При цьому можливі як "попадання" так і "промахи". У разі попадання, тобто, якщо в кеш підкачані потрібні дані, витягання їх з пам'яті відбувається без затримки.

Якщо ж необхідна інформація в кеші відсутня, то процесор прочитує її безпосередньо з оперативної пам'яті. Співвідношення числа попадань і промахів визначає ефективність кешування.

Оперативна пам'ять – призначена для тимчасового зберігання даних, коли комп'ютер включений. Це та пам'ять, яка безпосередньо працює з процесором, передаючи в нього дані і отримуючи результати обробки. У оперативній пам'яті зберігаються як дані, так і

програми, з якими працює комп'ютер у нинішній момент. Кожен елемент пам'яті має свою адресу, яка виражається числом. Оперативна пам'ять, будучи порівняно невеликою за об'ємом (одиноці гігабайт), має високу швидкодію. Зазвичай оперативна пам'ять виконана у вигляді набору мікросхем. При виключенні комп'ютера інформація, що знаходиться в оперативній пам'яті, стирається.

Довготривала (зовнішня) пам'ять відноситься до пристроїв, призначених для довготривалого зберігання великих об'ємів даних і програм. Вона має невисоку швидкодію, але дуже велику місткість (від сотень до тисяч гігабайт), і інформація, що зберігається в ній, не стирається при виключенні комп'ютера. Довготривала пам'ять найчастіше реалізується на електромеханічних пристроях з магнітним або оптичним записом на дисках. Існують дисководи і відповідно носії інформації на змінних, гнучких магнітних дисках (дискети), жорсткі магнітні диски (вінчестери), дисководи для компакт-дисків (CD-ROM, DVD-ROM, BR) і USB флеш-пам'ять.

Жорсткий диск – основний пристрій довготривалої пам'яті, призначений для зберігання постійно використовуваних в роботі програм і даних. Запис і зчитування інформації здійснюється магнітною голівкою. До основних параметрів жорстких дисків відносяться місткість і продуктивність (середній час доступу). Нині місткість таких дисководів досягає терабайт, а середній час доступу менше 10 мкс і швидкість 300 Мб/с.

Дисководи гнучких дисків використовують гнучкі магнітні диски (дискети), які застосовуються для оперативного перенесення невеликих об'ємів програм і даних з машини на машину і їх зберігання. Більшість комп'ютерів використовують 3-дюймові (89 мм) дисководи і дискети місткістю 1,44 Мбайт

Дисковод компакт-дисків CD-ROM – постійний пристрій, що запам'ятовує, на основі компакт-диска. Зчитування запису здійснюється оптичним способом. Стандартний компакт-диск має місткість близько 650 мегабайт. Важливою характеристикою дисководу є швидкість читання даних, вимірювана в кратних долях. Нині використовуються дисководи з продуктивністю до 50 швидкостей (позначаються як 50x), де за одиницю швидкості прийнята швидкість читання музичного компакт-диска (150 Кбайт/с). На CD дисках інформація зберігається у вигляді зон з різними мірами відображення світла від поверхні диска. Замість численних концентричних доріжок на поверхні диска (як у магнітного диска, вінчестера), у разі компакт-диска використовується всього одна спіральна доріжка. Для зчитування інформації застосовується мініатюрний лазер. Диски мають діаметр 5 дюймів і стандартний об'єм 780 Мбайт. Швидкість обміну інформацією з компакт-дисками зараз складає від 2,4 Мбайт/з до 3,6 Мбайт/с. На компакт-диск записуються не лише дані, але і звук, а також зображення. Існують компакт-диски з можливістю одноразового запису або навіть багаторазового перезапису інформації з комп'ютера.

Слід визнати той факт, що цифрові технології все ширше входять в наше життя. За останні п'ять років з'явилася безліч різних MP3-плеєрів, камер, кишенькових комп'ютерів і іншої цифрової апаратури. А усе це стало можливим завдяки створенню компактних і потужних процесорів, а також пам'яті, яка визначає об'єм збереженого матеріалу, і, тривалість роботи без заряджання акумуляторів. Можливість зберігання інформації в кишенькових пристроях обмежується скромними енергоресурсами. Пам'ять, зазвичай використовувана в ОЗП комп'ютерів, вимагає постійного подання напруги. Дисківі накопичувачі можуть зберігати інформацію і без безперервної подачі напруги, зате при записі і зчитуванні даних витрачають її за трьох. Хорошим виходом виявилася флеш-пам'ять, що не розряджається самовольно. Носії на її основі називаються твердотілими, оскільки не мають тих частин що рухаються.

Пристрої введення відносяться до периферійних пристроїв персонального комп'ютера і призначені для введення інформації в комп'ютер. Основними пристроями введення даних є клавіатура, миша і сканер. Сканери призначені для введення графічної і текстової інформації, нанесеної на паперовий або плівковий носій. Крім того, комп'ютер може сприймати інформацію і з датчиків – у вигляді електричних сигналів через спеціальний пристрій, що називається аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП).

Пристрої виведення також відносяться до периферійних пристроїв і призначені для надання користувачам результатів обробки даних. Найпоширеніші облаштування виведення – монітор і принтер. Існують пристрої, що використовуються для отримання графіків і креслень – графічні пристрої, або плоттери. Комп'ютер також здатний виводити інформацію у вигляді електричних сигналів на які-небудь виконавчі пристрої через цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП).

Принтери призначені для отримання копії документів на папері. Принтери можуть бути струминними, малюючими за допомогою дуже маленьких чорнильних крапель; лазерними, в яких фарбувальний барабан опромінюється світловими імпульсами, електризується, покривається фарбувальним складом і переносить його на папір. Основними параметрами принтерів є продуктивність (число сторінок в хвилину) і роздільна здатність (60-1200 dpi).

Ще одним важливим облаштуванням введення-виведення інформації є модем. Модем призначений для обміну інформацією між віддаленими комп'ютерами по каналах зв'язку (наприклад, телефонним лініям). Найбільш важливим параметром модему є швидкість передачі даних. У сучасних масових модемів вона дорівнює 56 Кбіт/с, у безпроводних Wi-Fi – до 300 Кбіт/с.

Для підключення до комп'ютера різних пристроїв служать роз'єми розширення або слоти (розташовані усередині системного блоку) і спеціальні роз'єми, що називаються портами (розташовані на задній стінці системного блоку). Саме до останніх підключаються миша, принтер, а також модем і інші зовнішні пристрої. Порти розділяються на послідовні і паралельні.

Роз'єми (гнізда) розширення використовуються для безпосереднього підключення зовнішніх пристроїв до шини комп'ютера.

Основною складовою будь-якого комп'ютера є *пам'ять*. Розрізняють два основні види пам'яті: *внутрішня* (оперативна пам'ять, кеш-пам'ять, спеціальна пам'ять) і *зовнішня* пам'ять.

Оперативна пам'ять (ОЗП, англ. RAM, Random Access Memory – пам'ять з довільним доступом). Об'єм ОЗП зазвичай складає від 256 до 4094 Мбайт. Для нескладних адміністративних завдань буває досить і 32 Мбайт ОЗП, але складні завдання комп'ютерного дизайну можуть зажадати більше 2 Гбайт ОЗП.

Зазвичай ОЗП виконується з інтегральних мікросхем пам'яті SDRAM (синхронне динамічне ОЗП). Кожен інформаційний біт в SDRAM запам'ятовується у вигляді електричного заряду крихітного конденсатора, утвореного в структурі напівпровідникового кристала. Із-за струмів витоку такі конденсатори швидко розряджаються, і їх періодично (приблизно кожних 2 мілісекунди) заряджають спеціальні пристрої. Цей процес називається регенерацією пам'яті (Refresh Memory). Мікросхеми SDRAM мають місткість 256 Мбіт і більше. Вони встановлюються в корпуси і збираються в модулі пам'яті.

Більшість сучасних комп'ютерів комплектуються модулями типу DIMM (Dual-In-Line Memory Module – модуль пам'яті з дворядним розташуванням мікросхем). У

комп'ютерних системах на найсучасніших процесорах використовуються високошвидкісні модулі Rambus DRAM (RIMM) і DDR DRAM.

Модулі пам'яті характеризуються такими параметрами, як об'єм, число мікросхем, паспортна частота, час доступу до даних і число контактів.

Оперативна пам'ять практично усіх комп'ютерів має характерну властивість: при виключенні живлення пам'ять втрачає усю інформацію. Тому створення енергонезалежної оперативної пам'яті є важливим напрямом досліджень. Однією з таких розробок є пам'ять типу flash (блискавка).

Перепрограмована постійна пам'ять (Flash Memory) – енергонезалежна пам'ять, що допускає багатократний перезапис свого вмісту з дискети.

Найважливіша мікросхема постійної або Flash-пам'яті – модуль BIOS (Basic Input Output System – базова система введення-виведення). Роль BIOS двояка: з одного боку це невід'ємний елемент апаратури, а з іншого боку – важливий модуль будь-якої операційної системи.

Така пам'ять енергонезалежна. При виключенні живлення комп'ютера, вміст ROM-BIOS не стирається і може зберігатися багато років.

Спеціальна пам'ять. До облаштувань спеціальної пам'яті відносяться постійна пам'ять (ROM), перепрограмована постійна пам'ять (Flash Memory), пам'ять CMOS RAM, що живиться від батареї, відеопам'ять і деякі інші види пам'яті.

Постійна пам'ять (ПЗП, англ. ROM, Read Only Memory – пам'ять тільки для читання) – енергонезалежна пам'ять, використовується для зберігання даних, які ніколи не зажадають зміни. У постійну пам'ять записують програму управління роботою самого процесора. У ПЗП знаходяться програми управління дисплеєм, клавіатурою, принтером, зовнішньою пам'яттю, програми запуску і зупинки комп'ютера, тестування пристроїв.

Різновидом постійного ЗП є CMOS RAM. Це пам'ять з невисокою швидкодією і мінімальним енергоспоживанням від батарейки. Використовується для зберігання інформації про конфігурацію і склад устаткування комп'ютера, а також про режими його роботи.

У CMOS-пам'яті зберігається інформація про поточні часові параметри (дата і час), про значення часу для будильника, про конфігурацію комп'ютера: пріоритеті завантаження з різних накопичувачів, кількість пам'яті, типи накопичувачів, режими енергоспоживання, про тип дисплея, про установку клавіатури і т. д. CMOS RAM відрізняється від інших видів постійної пам'яті тим, що записана в неї інформація легко змінюється програмним шляхом.

Вміст CMOS змінюється спеціальною програмою Setup, що знаходиться в BIOS (англ. Set-up – встановлювати).

Опис роботи з BIOS Setup будь-якого комп'ютера обов'язково поставляється разом з ним. Іноді за допомогою цієї програми вдається значно підвищити швидкодію комп'ютера завдяки вибору оптимальних (або навіть граничних) для даної конфігурації параметрів: частоти системної шини, кількості тактів затримки при обміні з системною пам'яттю і кеш-пам'яттю.

У програмі Setup завжди передбачена можливість установки параметрів комп'ютера за умовчанням (Default Setting). Це особливо зручно у випадку розрядження або пошкодження батареї чи акумулятора.

У нових комп'ютерах, що підтримують режим економії споживаної електроенергії, можна також задавати перехід комп'ютера в режими Doze (сплячий), Standby (очікування або резервний) і Suspend (призупинення роботи) при відсутності звернень до вузлів комп'ютера протягом заданого часу. Режими перераховані в порядку зниження споживання

електроенергії. Комп'ютери (а також їхні системні плати), де застосовуються такі режими, називаються іноді «зеленими».

Для зберігання графічної інформації використовується відеопам'ять .

Відеопам'ять (VRAM) – різновид оперативного ЗП, в якому зберігаються закодовані зображення. Цей ЗП організовано так, що його вміст доступно відразу двом пристроям – процесору і дисплею. Тому зображення на екрані змінюється одночасно з оновленням відеоданих в пам'яті. Відеопам'ять являє собою *оперативну пам'ять*, яка, хоч і не є, по суті, системною пам'яттю, розглядається процесором як частина системної пам'яті. Швидкість обміну з відеопам'яттю – досить важливий параметр, він впливає на зручність роботи з комп'ютером і часто визначає коло завдань, яке може їм виконуватися. Тому для відеопам'яті використовують самі швидкодіючі мікросхеми.

Пристрої введення-виведення зазвичай складаються з двох частин: контролера і самого пристрою. *Контролер* – це мікросхема або набір мікросхем на платі, що вставляється в роз'єм, фізично керуюча пристроєм. Він приймає команди операційної системи, наприклад, вказівку прочитати дані з пристрою, і виконує їх.

У багатьох випадках фактичне управління пристроєм дуже складно і вимагає високого рівня деталізації, тому в роботу контролера входить представлення простого інтерфейсу для операційної системи.

Так як всі типи контролерів відрізняються один від одного, для управління ними потрібно різне програмне забезпечення. Програма, яка спілкується з контролером, віддає йому команди і отримує відповіді, називається *драйвером пристрою*. Кожен виробник контролерів має постачати драйвери для підтримуваних ним операційних систем .

Важливою характеристикою, що визначає реальну продуктивність процесора, є швидкість системної шини – основного конвеєра, який процесор використовує для зв'язку з іншими компонентами системи.

Шини – це сполуки маршрутів даних, що зв'язують центральний процесор комп'ютера з модулями оперативної пам'яті і іншими пристроями, з якими він взаємодіє. Системна (front-side) шина пов'язує центральний процесор з основною пам'яттю комп'ютера і шинами периферійних пристроїв. Шина кеш-пам'яті (backside) – досить швидке з'єднання, яке центральний процесор використовує для обміну інформацією із зовнішньою кеш-пам'яттю, в тому числі і з КЕШу другого рівня.

Спрощено шину можна уявити собі як набір паралельних проводів, кожен з яких передає один біт інформації: 1 або 0. Кількість проводів в шині – це ширина шини. Саме ширина шини і є та кількість бітів (розрядів), яка визначає кількість одночасно переданої інформації. Чим ширше шина (більше її розрядність), тим більш даних можна передати одночасно, тим швидше працює комп'ютер.

Призначення і функції операційних систем

Операційна система (ОС) являє собою комплекс системних керуючих і оброблювальних програм, які, з одного боку, виступають як інтерфейс між апаратурою комп'ютера і користувачем з його задачами, а з іншого боку, призначені для найбільш ефективного витрачання ресурсів обчислювальної системи і організації надійних обчислень.

Завдання можуть передаватися у вигляді текстових директив (команд) оператора або у формі вказівок, що виконуються за допомогою маніпулятора (наприклад, за допомогою миші).

Після отримання завдання ОС завантажує і запускає програми що підлягають виконанню, розподіляє пам'ять, а в більшості сучасних систем і організовує віртуальну пам'ять, а також обслуговує всі операції введення-виведення.

Також ОС забезпечує:

- роботу систем управління файлами (СУФ) і/або систем управління базами даних (СУБД), що дозволяє різко збільшити ефективність всього програмного забезпечення.

- забезпечення режиму мультипрограмування, тобто організація паралельного виконання двох або більше програм на одному процесорі, що створює видимість їх одночасного виконання.

- планування і диспетчеризацію завдань відповідно до заданої стратегії та дисциплінами обслуговування.

- організацію механізмів обміну повідомленнями і даними між виконуваними програмами.

- для мережних операційних систем характерною є функція забезпечення взаємодії пов'язаних між собою комп'ютерів.

- захист однієї програми від впливу іншої, забезпечення збереження даних, захист самої операційної системи від програм, які виконуються на комп'ютері.

- аутентифікацію і авторизацію користувачів (для більшості діалогових операційних систем). Під аутентифікацією розуміється процедура перевірки імені користувача і його пароля на відповідність тим значенням, які зберігаються в його обліковому записі. Термін авторизація означає, відповідно до облікового запису користувача, який пройшов аутентифікацію, йому (і всім запитам, які надходять в операційну систему від його імені) призначаються певні права (привілеї), які визначають, що він може, а що не може робити на комп'ютері.

- задоволення жорстких обмежень часу відповіді в режимі реального часу (характерно для операційних систем реального часу).

- забезпечення роботи систем програмування, за допомогою яких користувачі створюють свої програми.

- надання послуг на випадок часткового збою системи. Операційна система ізолює апаратне забезпечення комп'ютера від прикладних програм користувачів. І користувач, і його програми взаємодіють з комп'ютером через інтерфейси ОС.

Операційна система виконує функції управлінням обчисленнями в комп'ютері, розподіляє ресурси обчислювальної системи між різними обчислювальними процесами і утворює те програмне середовище, в якому виконуються прикладні програми користувачів. Таке середовище називається *операційним*.

Класифікація операційних систем

Розрізняють ОС загального та спеціального призначення.

ОС спеціального призначення, в свою чергу, підрозділяються на ОС для переносних мікрокомп'ютерів і різних вбудованих систем, організації та ведення баз даних, розв'язування задач реального часу і т. ін. Ще не так давно операційні системи для персональних комп'ютерів відносили до ОС спеціального призначення. Сучасні мультизадачні ОС для персональних комп'ютерів вже можна віднести до ОС загального призначення, оскільки їх можна використовувати для найрізноманітніших цілей – такі великі їхні можливості.

По режиму обробки задач розрізняють ОС, що забезпечують однопрограмний і мультипрограмний (мультизадачний) режими. До однопрограмних ОС відноситься, наприклад, всім відома, хоча нині вже практично і не використовувана MS DOS.

Нагадаємо, що під *мультипрограмуванням* розуміється спосіб організації обчислень, коли на однопроцесорній обчислювальній системі створюється видимість одночасного виконання декількох програм. Будь-яка затримка у вирішенні програми (наприклад, для здійснення введення-виведення даних) використовується для виконання інших (таких же або менш важливих) програм.

Якщо брати до уваги спосіб взаємодії з комп'ютером, то можна говорити про діалогові системи і системи пакетної обробки. Частина останніх хоч і не убуває в абсолютному обчисленні, але в процентному відношенні вона істотно скоротилася порівняно з діалоговими системами.

При організації роботи з обчислювальною системою в діалоговому режимі можна говорити про однокористувальну (однотермінальну) і мультитермінальну ОС. У мультитермінальних ОС з однієї обчислювальної системою одночасно можуть працювати кілька користувачів, кожен зі свого терміналу. При цьому у користувачів виникає ілюзія, що у кожного з них є власна обчислювальна система.

Основною особливістю *операційних систем реального часу* (ОСРЧ) є забезпечення обробки завдань, що надходять протягом заданих інтервалів часу, які не можна перевищувати. Потік завдань у загальному випадку не є планомірним і не може регулюватися оператором (характер проходження подій можна передбачити лише в рідкісних випадках), тобто завдання надходять в непередбачувані моменти часу і без усякої послідовності. Однією з найбільш відомих ОСРЧ для персональних комп'ютерів є ОС QNX.

За основним архітектурним принципом операційні системи поділяються на *мікроядерні і макроядерні (монолітні)*. В деякій мірі цей поділ також являється умовним, однак можна в якості яскравого прикладу мікроядерної ОС привести ОСРЧ QNX, тоді як у якості монолітної можна назвати Windows або Linux. Якщо ядро ОС Windows ми не можемо змінити, нам не доступні його вихідні коди і у нас немає програми для зборки (компіляції) цього ядра, то у випадку з Linux ми можемо самі зібрати те ядро, яке нам необхідно, включивши в нього ті програмні модулі і драйвери, які ми вважаємо доцільними включити саме в ядро (адже до них можна звертатися і з ядра).

З середини 80-х років почали рости і розвиватися мережі персональних комп'ютерів, керованих *мережевими та розподіленими операційними системами*. У мережевій операційній системі користувачі знають про існування численних комп'ютерів, можуть реєструватися на віддалених машинах і копіювати файли з однієї машини на іншу. Кожен комп'ютер працює під управлінням локальної операційної системи і має свого власного локального користувача (або користувачів).

Мережеві операційні системи несуттєво відрізняються від однопроцесорних операційних систем. Ясно, що вони потребують мережевий інтерфейсний контроль і спеціальне низькорівневе програмне забезпечення, що підтримує роботу контролера, а також у програмах, які дозволяють користувачам віддалену реєстрацію в системі і доступ до віддалених файлів. Але ці доповнення, по суті, не змінюють структури операційної системи.

«Кишенькові» комп'ютери і вбудовані операційні системи

Кишеньковий комп'ютер або PDA (Personal Digital Assistant – персональний цифровий помічник) – це маленький комп'ютер, що поміщається в кишені, виконує

невеликий набір функцій (телефонної записної книжки і блокнота). Прикладами таких операційних систем є PalmOs і Windows CE (Consumer Electronics – побутова техніка). Вбудовані системи, керуючі діями пристроїв, працюють на машинах, зазвичай не вважаються комп'ютерами, наприклад в телевізорах, мікрохвильових печах і мобільних телефонах. Вони часто володіють тими ж самими характеристиками, що і системи реального часу, але при цьому мають особливий розмір, пам'ять і обмеження потужності, що виділяє їх в окремий клас.

Операційні системи Windows

Вперше слово «Windows», що, як відомо, в перекладі з англійської дослівно означає вікна, компанія Microsoft використовувала в назві своєї програмної системи для персональних комп'ютерів, покликаної надати користувачам графічний інтерфейс і можливість працювати з декількома додатками. Перші системи Windows представляли собою своєрідну оболонку, що запускається з операційної системи MS DOS, яка перемикає центральний процесор в захищений режим роботи і дозволяла організувати паралельне виконання декількох завдань. Але головним на той момент було надання користувачам графічного інтерфейсу, яким у ті часи володіли користувачі комп'ютерів фірми Apple. Спочатку можливість працювати на персональному комп'ютері в графічному режимі замість текстового деяким не здавалася такою вже актуальною, хоча, звичайно ж, всім було зрозуміло, що графічний режим багатший за своїм потенціалом. Наявність графічного інтерфейсу користувача (Graphical User Interface, GUI) і широка підтримка його з боку компанії Microsoft призвели до того, що більшість нових програмних продуктів стали створюватися з розрахунку на ці нові можливості. З часом компанія Microsoft все більше уваги стала приділяти забезпеченню надійності обчислень і їх ефективності, проте завдання забезпечити користувача інтуїтивно зрозумілим і в цілому зручним графічним інтерфейсом, схоже так і залишилося головним завданням.

Спільним для операційних систем, що мають у своїй назві слово «Windows», є графічний інтерфейс користувача. Всі ці операційні системи схожі одна на одну. Програми, написані для середовища Windows, будуть однаково виглядати і в Windows 95, і в Windows 7. В результаті користувачі, які вміють працювати з однією операційною системою, досить легко можуть освоїти іншу. І це одне з найважливіших достоїнств.

Основною особливістю систем Windows є те, що всі вони призначені для діалогового режиму роботи, і тому в якості основного інтерфейсу вибраний графічний, як більш функціональний і зручний.

Операційна система Linux

Linux – це сучасна операційна система для персональних комп'ютерів і робочих станцій.

Linux – це вільно розповсюджувана ОС, яка спочатку розроблялася Лінусом Торвальдсом в університеті Хельсінкі (Фінляндія). Він запропонував розробляти її спільно і висунув умову, згідно з якою початкові коди є відкритими, будь-хто може їх використовувати і змінювати, але при цьому зобов'язаний залишити відкритим і свій код, внесений в той чи інший модуль системи. Всі компоненти системи, включаючи початкові тексти, поширюються з ліцензією на вільне копіювання і установку для необмеженого числа користувачів.

Система Linux була створена за допомогою багатьох програмістів і ентузіастів, які спілкуються між собою через Інтернет. До даного проекту добровільно підключилися ті, хто має достатньо навичок і здібностей розвивати систему.

Спочатку система Linux створювалася як «саморобна» ОС для машин типу IBM PC з процесором i80386. Однак незабаром Linux стала настільки популярна і її підтримало таке велике число компаній, що в даний час існують реалізації цієї операційної системи практично для всіх типів процесорів і комп'ютерів на їх основі. На базі Linux створюються і вбудовані системи, і суперкомп'ютери. Система підтримує кластеризацію і більшість сучасних інтерфейсів і технологій.

Якщо ядро ОС Windows ми не можемо змінити, нам не доступні його вихідні коди і у нас немає програми для складання (компіляції) цього ядра, то у випадку з Linux ми можемо самі зібрати те ядро, яке нам необхідно, включивши в нього ті програмні модулі і драйвери, які ми вважаємо необхідними включити саме в ядро.

Система управління файлами. Функція файлової системи

Система управління файлами є основою в абсолютній більшості сучасних операційних систем. Справа в тому, що, по-перше, через файлову систему зв'язуються з даними багато системно обробних програм. По-друге, за допомогою цієї системи вирішуються проблеми централізованого розподілу дискового простору і управління даними. Нарешті, користувачі отримують більш прості способи доступу до своїх даних, які вони розміщують на пристроях зовнішньої пам'яті.

Існує велика кількість файлових систем, створених для різних пристроїв зовнішньої пам'яті і різних операційних систем. У них використовуються, відповідно, різні принципи розміщення даних на носії.

В основі файлової системи лежить поняття файлу. Файл – це одиниця зберігання даних довольного числа байтів що володіє унікальним власним ім'ям. Зазвичай у файлі зберігають дані, що відносяться до одного типу. Це може бути програма, графік, рисунок, текст, звук і т. п. Тип даних визначають тип файлу.

Файли відносяться до абстрактного механізму. Вони надають спосіб зберігання інформації на диску і зчитувати її знову. При цьому від користувача повинні ховатися такі деталі, як спосіб і місце зберігання інформації, а також деталі роботи дисків.

Найбільш важливою характеристикою будь-якого механізму абстракції є те, як іменуються керовані об'єкти, тому ми почнемо вивчення файлової системи з іменування файлів. При створенні файлу користувач дає файлу ім'я. Коли користувач завершує роботу, файл продовжує своє існування і по його імені до нього можуть отримати доступ інші користувачі.

Операційні системи Windows 95 і Windows 98 використовують файлову систему MS-DOS і успадковують багато її властивостей, включаючи іменування файлів. Операційні системи Windows NT і Windows 2000 також підтримують файлову систему MS-DOS і успадковують її властивості. Однак у останніх двох операційних систем є своя файлова система (NTFS).

У MS-DOS ім'я файлу може містити від 1 до 8 символів плюс розширення від 0 до 3 символів.

Файлова система призначена для зберігання даних на дисках і забезпечення доступу до них. Файлова система надає можливість мати справу з логічним рівнем структури даних і операцій, які виконуються над даними в процесі їх обробки. Саме файлова система

визначає спосіб організації даних на диску або на якому-небудь іншому носії. Спеціальне системне програмне забезпечення, що реалізує роботу з файлами за прийнятими специфікаціями файлової системи, часто називають системою управління файлами. Саме системи управління файлами відповідають за створення, знищення, організацію, читання, запис, модифікацію і переміщення файлової інформації, а також за управління доступом до файлів і за управління ресурсами, які використовуються файлами. Всі сучасні операційні системи мають відповідні системи управління файлами.

Слід зауважити, що будь-яка система управління файлами не існує сама по собі – вона розробляється для роботи в конкретній операційній системі. Як приклад можна сказати, що всім відома файлова система FAT (File Allocation Table – таблиця розміщення файлів) має безліч реалізацій як система управління файлами. Так, система, що отримала цю назву і розроблена для перших персональних комп'ютерів, називалася просто FAT (нині її називають FAT12). Хоча її розробляли для роботи з дискетами, деякий час вона використовувалася при роботі з жорсткими дисками. Потім її допрацювали для роботи з жорсткими дисками великого об'єму, і нова реалізація отримала назву FAT16. Цю назву файлової системи ми вживаємо і по відношенню до підсистеми управління файлами самої системи MS DOS, проте реалізацію системи управління файлами для OS/2, яка використовує основні принципи системи FAT, називають super-FAT; основна відмінність – можливість підтримувати для кожного файлу розширені атрибути. Є версія системи управління файлами з принципами FAT і для Windows 95/98 – FAT 32, є реалізація для Windows NT і т.і. Іншими словами, для роботи з файлами, організованими відповідно до деякої файлової системи, для кожної операційної системи повинна бути розроблена відповідна система управління файлами. І ця система управління файлами працюватиме тільки в тій операційній системі, для якої створена, але при цьому забезпечить доступ до файлів, створених за допомогою системи управління файлами іншої операційної системи, але працює за тим же основним принципом файлової системи.

Таким чином, *файлова система* – це безліч іменованих наборів даних, організованих за прийнятими специфікаціями, які визначають способи отримання адресної інформації, необхідної для доступу до цих файлів.

Термін файлова система визначає, насамперед, принципи доступу до даних, організованих в файли. Той же термін використовують і по відношенню до конкретних файлів, розташованих на тому чи іншому носії даних. А термін *система управління файлами* слід вживати по відношенню до конкретної реалізації файлової системи, тобто це – комплекс програмних модулів, що забезпечують роботу з файлами в конкретній операційній системі.

Інформація, з якою працює людина, звичай структурована. Це, перш за все, дозволяє більш ефективно організувати зберігання даних, полегшує їх пошук, надає додаткові можливості в іменуванні. Аналогічно, і при роботі з файлами бажано запровадити механізми структурування. Найпростіше організувати ієрархічні відносини. Для цього достатньо ввести поняття *каталогу* (directory). Каталог містить інформацію про дані, які організовані у вигляді файлів. Іншими словами, в каталозі повинні міститися *дескриптори файлів*. Якщо файли організовані на блочному пристрої, то саме за допомогою каталогу система управління файлами буде знаходити адреси тих блоків, в яких розміщені шукані дані. Причому очевидно, що каталогом може бути не тільки спеціальна системна інформаційна структура, яку часто називають *кореневим каталогом*, але й сам файл. Такий *файл-каталог* повинен мати спеціальне системне значення; система управління файлами повинна його виділяти на тлі звичайних файлів. Файл-каталог часто називають *підкаталогом* (subdirectory). Якщо файл-каталог містить інформацію про інші файли, то оскільки серед них

також можуть бути файли-каталоги, ми отримуємо можливість будувати майже нічим не обмежену ієрархію.

Більш того, введення таких файлових об'єктів, як файли-каталоги, дозволяє не тільки структурувати файловою системою, але й вирішити проблему обмеженої кількості елементів у кореневому каталозі. Обмежень на кількість елементів у файл-каталог немає, тому можна створювати каталоги надзвичайно великого розміру.

ТЕМА 3

«СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ»

План:

1. Спеціалізовані медичні інформаційні системи.
2. МІС базового рівня (А):
 - А.1. Медичні інформаційно-довідкові системи.
 - А.2. Медичні консультативні-діагностичні системи.
 - А.3. Медичні апаратно-програмні комплекси.
 - А.4. Автоматизоване робоче місце (АРМ) лікаря.
3. МІС рівня лікувально-профілактичних закладів (ЛПЗ) (Б):
 - Б.1. ІС консультативних центрів.
 - Б.2. Банки інформації медичних установ і служб.
 - Б.3. Персоніфіковані реєстри (бази і банки даних).
 - Б.4. Скринінгові системи.
 - Б.5. Інформаційні системи ЛПЗ.
 - Б.6. ІС для НДІ і вузів.
4. МІС територіального рівня (В).

Як було показано, поява персонального комп'ютера в кінці 80-х років стало бурхливим поштовхом для інформатизації багатьох галузей науки і техніки, в тому числі, і медицини. Не можна сказати, що до появи настільних обчислювальних систем в медицині обчислювальна техніка взагалі не використовувалася. Наприклад, один з найбільш потужних методів діагностики – рентгеновська томографія – принципово заснована на застосуванні складних математичних методів обробки приладової інформації і навіть отримала іншу назву – комп'ютерна томографія. Проте, в даному випадку, лікаря стосується тільки результат – набір діагностичних зображень, отриманих на приладі. Безпосередня робота з комп'ютером покладається на інженерний персонал томографа. Компактність, відносна доступність і простота використання персонального комп'ютера значно наблизили сучасну обчислювальну техніку до всіх, хто має відношення до роботи з інформацією, в тому числі, і до непрофесіоналів в галузі використання математичних методів обробки даних.

Медицина, особливо діагностика, тісно пов'язана з накопиченням і обробкою інформації. Відповідно, від якості методів роботи з інформацією, залежить надійність діагностики і надалі, ефективність лікування. У плані роботи з інформацією діагностика спирається на *отримання* даних про поточний стан пацієнта та їх *інтерпретацію*. Отримання даних ґрунтується на наявних на даний момент методах дослідження і в контексті даної лекції не представляє особливого інтересу. Що стосується інтерпретації отриманих даних, то це питання не настільки просте, як може здатися на перший погляд. Традиційно лікар при

аналізі отриманих даних виходить з наявності певних ознак захворювань, які виявляються даним обстеженням. Найбільш простим є випадок, коли захворюванню відповідає однозначний набір ознак. Але організм – дуже складна система, такий випадок зустрічається рідко. Частіше спостерігаються ознаки, які з деякою вірогідністю відповідають яким-небудь захворюванням. Добре, якщо є можливість провести додаткове дослідження для отримання збільшення кількості ознак. Однак такої можливості може і не бути. Саме у зв'язку з неповнотою даних і часто-густо відсутністю чіткого порога в інтерпретації параметра часто виникають проблеми у постановці надійного діагнозу, а на перше місце в якості роботи лікаря-діагноста виходить досвід попередньої роботи.

Таким чином, для підвищення якості діагностики є потреба у накопиченні і статистичному аналізі даних, отриманих при спостереженні багатьох пацієнтів, детальному відстеженні стану пацієнта протягом тривалого періоду, використанні комп'ютерних експертних систем – програм, які допомагають поставити діагноз на основі порівняння поточних даних з раніше накопиченими.

Для відстеження стану пацієнта протягом життя використовується медична карта (історія хвороби) пацієнта – паперовий багатосторінковий документ, що заповнюється, в основному, рукописно. Протягом десятиліть цей документ був єдиною можливістю накопичення систематизованої інформації про пацієнта.

У такому паперовому вигляді медична карта не відповідає багатьом сучасним вимогам, особливо в умовах страхової та комерційної медицини, коли неточність діагнозу, нечіткість запису або навіть її дати може спричинити складний судовий розгляд з позовами на велику суму. У нас в країні подібне – поки екзотика, але як показує світовий медичний досвід, якість ведення документації здебільше є гарантією юридичного статусу лікаря або клінічного закладу. Сучасний стан медичної карти як юридичного документу, далекий від ідеалу. Що стосується безпосередньо медичного використання, великою проблемою, наприклад, є аналіз часових залежностей через слабку структурованість карти і неохайність самих рукописних записів. У ряді випадків зберігається тільки останній варіант аналізів, значна кількість приладових досліджень має характер виписок, тобто коментарів лікарів-діагностів, які виконали інтерпретацію діагностичної інформації, а самі дані, якщо і зберігаються, то в архіві діагностичного відділення, отримати до них оперативний доступ досить складно.

Ключем до вирішення вищевикладених проблем є спеціалізовані медичні інформаційні системи, про які йтиметься нижче.

Спеціалізовані медичні інформаційні системи

Як вже зазначалося, інформаційні процеси присутні у всіх областях медицини і охорони здоров'я. Найважливішою складовою інформаційних процесів є інформаційні потоки. Потоки складаються з окремих повідомлень, втілених в сигналах і документах, і рухаються в просторі і часі від джерела інформації до одержувача.

Для роботи з інформаційними потоками призначені інформаційні системи (ІС).

Інформаційна система – організаційно упорядкована сукупність документів (масивів документів) та інформаційних технологій, у тому числі з використанням засобів обчислювальної техніки і зв'язку, що реалізують інформаційні процеси.

Існують різні підходи до класифікації медичних інформаційних систем (МІС). Ми зупинимося на одному з них, заснованому на ієрархічному принципі, який відповідає багаторівневій структурі охорони здоров'я (рис. 3.1).

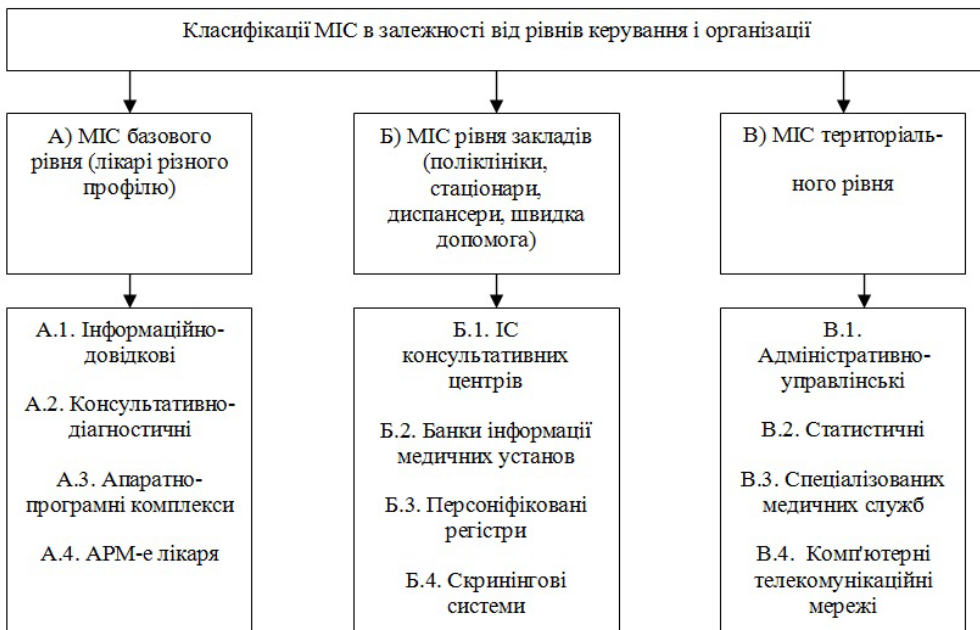


Рис. 3.1. Класифікація МІС

Обговоримо окремі з них.

МІС базового рівня

Метою МІС базового рівня є комп'ютерна підтримка роботи лікаря – клініциста, гігієніста, лаборанта та ін. До них відносяться:

А.1. *Медичні інформаційно-довідкові системи* призначені для пошуку і видачі медичної інформації за запитом користувача. Необхідність накопичення великих обсягів професійно цінної інформації і оперування з ними – одна з проблем, з якою доводиться стикатися лікарям. Інформаційно-довідкові системи (ІДС) полегшують рішення цієї проблеми.

Інформаційні масиви таких систем (бази і банки даних) містять медичну довідкову інформацію різного характеру. Системи цього класу не здійснюють обробку інформації, але забезпечують швидкий доступ до необхідних відомостей. Це і наукова інформація з різних медичних дисциплін, і довідкова статистична та технологічна інформація широкого профілю, і обліково-документальна інформація.

В даний час є велика кількість комерційних ІДС, поширюваних на компакт-дисках. Прикладами таких систем є довідники лікарських препаратів, електронні атласи, класифікатори, тощо.

А.2. Медичні консультативно-діагностичні системи. Історично консультативно-діагностичні системи (КДС) були одними з перших ІС. Перша закордонна КДС з'явилася в 1956 р. КДС призначені для діагностики патологічних станів (включаючи прогноз і вироблення рекомендацій щодо способів лікування) при захворюваннях різного профілю і для різних категорій хворих. Вхідною інформацією для таких систем служать дані про симптоми захворювання, які вводять в комп'ютер в діалоговому режимі.

Актуальність практичного використання КДС в медицині визначається наступними обставинами. В останні роки в усьому світі відзначається зростаюче протиріччя між суспільною потребою в доброму здоров'ї і виразно проявленому процесі та деформацією біологічної природи людини по мірі поглиблення науково-технічного процесу, що супроводжується високими темпами соціальних, економічних, техногенних, кліматичних та ін. змін, що підчас мають катастрофічний характер. Все це призводить до зниження функціональних резервів органів, систем, організму в цілому, народженню ослабленого потомства, зміни характеру і збільшення різноманітності проявів патології людини. Характерне зростання хронічних неінфекційних захворювань, поява нових (СНІД, лихоманка Ебола та ін.), а також повернення «старих» захворювань (туберкульоз, малярія, дифтерія, тощо). Виникає ситуація, коли кожен «вузкий» фахівець одному й тому ж хворому обгрунтовано ставить свій діагноз. Зрозуміло, що ефективний шлях радикального поліпшення якості діагностики (і подальшого лікування) полягає в одночасному, системному аналізі всіх симптомів хвороби, що і реалізує КДС.

Крім того, останнім часом у медичній науці все більш виразно формується переконання про необхідність враховувати існування перехідного стану між станами здоров'я людини і хвороби, коли адаптаційні можливості організму вже знижені, але маніфестних проявів хвороби ще немає. У цій ситуації використання КДС при масових обстеженнях практично здорового населення принесло б величезну користь за рахунок ранньої діагностики патологічних процесів.

У самому загальному випадку КДС може містити:

1. базу даних (БД);
2. базу знань (БЗ);
3. механізм логічного висновку (МЛВ);
4. інтерфейс з користувачем.

База даних призначена для зберігання сукупності фактів, конкретних даних про об'єкти у сфері діяльності КДС. База знань містить знання, що відносяться до конкретної прикладної області, у тому числі окремі факти, правила, а також, можливо, евристики, які стосуються рішення завдань у цій прикладній області. МЛВ з використанням правил, методів БЗ перетворює конкретну інформацію про об'єкт до виду, відповідному призначенню КДС (діагноз, план дій, і т.ін.). Інтерфейс з користувачем забезпечує безперервний обмін інформацією між користувачем і системою; він також дає користувачеві можливість спостерігати за процесом рішення задач, що протікають в МЛВ. Прийнято розглядати МЛВ і інтерфейс як один великий модуль, який зазвичай має назву – оболонка КДС.

За способом реалізації МЛВ розрізняють експертні КДС і імовірнісні КДС. В основі МЛВ можуть лежати методи теорії ймовірностей або методи штучного інтелекту, що є теоретичним базисом, так званих, експертних систем.

В *експертних системах* реалізується логіка прийняття рішення досвідченим лікарем-клініцистом. Експертні системи (ЕС), строго кажучи, належать до класу систем «штучного інтелекту», що включають базу знань з набором евристичних алгоритмів.

Такі системи являють собою, як правило, машинні програми, які вирішують завдання приблизно так само, як їх вирішує експерт в реальній обстановці. ЕС дозволяють накопичувати, систематизувати і зберігати знання і професійний досвід тих експертів, які вирішують конкретні завдання найкращим чином, і, в першу чергу, в тих областях, де завдання та їх вирішення слабо або зовсім не формалізовані (не структуровані), а саме: у медицині, біології, обчислювальній техніці, інформатиці, геології, ядерній енергетиці, економіці, соціальних науках і т.ін.

Практичне застосування такої системи дає можливість:

1. запропонувати лікарю кваліфікованого консультанта, який швидко і на високому професійному рівні переробить всю інформацію, що надходить про об'єкт і видасть розподіл ймовірностей можливих станів;
2. оперативно приймати рішення про невідкладні заходи у критичних ситуаціях;
3. скоротити загальне число процедур і час попереднього аналізу стану об'єкта;
4. забезпечити тренування та навчання персоналу методиці оцінки результатів аналізу стану об'єкта та прийняття відповідних рішень.

ЕС «дружелюбно» налаштовані до користувача, що пояснюється їх здібностями робити логічні висновки і закінчення, пояснюючи при цьому користувачеві, на якій підставі видаються такі, а не інші висновки та рекомендації, що різко підвищує довіру користувача до свого «електронного радника»; просити користувача виконати ті конкретні процедури, які необхідні для отримання відповіді; швидко, повно і точно відповідати на питання користувача, причому, у міру накопичення нових знань і досвіду, відповідь прискорюється і стає більш точною і повною; представляти користувачеві узагальнені результати в найбільш зручній і зрозумілій формі.

Висока «кваліфікація» ЕС і забезпечувана ними повна доступність будь-якого користувача до банку знань, накопичених фахівцями найвищого рівня, дозволяють, в якійсь мірі, знизити вимоги до рівня професійної грамотності користувача, виключити або мінімізувати можливі помилки і неправильні висновки, підвищити продуктивність праці та якість прийнятих рішень.

Наведемо кілька прикладів успішного застосування медичних ЕС.

Експертна система *AI/Rheum* дозволяє діагностувати різні ревматологічні захворювання на основі системи правил, що відображають набори типових випадків і класичні приклади прояву кожного захворювання. Система використовує симптоми пацієнта і результати лабораторних аналізів для диференціальної діагностики таких хвороб як ревматоїдний артрит, прогресивний системний склероз і хвороба Шегрена.

Експертна система *MYCIN* допомагає лікарям вибирати підходящу антимікробну терапію для хворих бактеріємією, менінгітом і циститом. Система визначає характер інфекції (наприклад, тип інфікуючого мікроорганізму), застосовуючи знання, що зв'язують цей характер з симптомами і результатами лабораторних досліджень. Система рекомендує медикаментозну терапію.

Інший підхід до побудови МЛВ полягає в застосуванні теорії ймовірностей і, зокрема, теореми Байєса. Це, так звані, ймовірнісні КДС. Для побудови бази знань такої системи необхідно мати набір апіорних ймовірностей можливих станів об'єкта і, для кожної пари параметр-стан, апіорну ймовірність того, що параметр прийме відповідне значення за умови знаходження об'єкта в цьому стані. Застосування теореми Байєса дозволяє за результатами аналізу контрольованих параметрів об'єкта отримати апостеріорний розподіл ймовірностей станів.

Підхід Байеса знімає проблему розмірності задачі. Прикладом такої КДС може служити українська розробка, призначена для діагностики патогенетичних варіантів бронхіальної астми.

В останні роки все більший інтерес викликає вивчення і використання для вирішення складних комбінаторних завдань систем штучного інтелекту принципово нового типу – штучних нейронних мереж, технологія яких буде розглянута в подальшому.

А.3. *Медичні апаратно-програмні комплекси МАПК* призначені для інформаційної підтримки та/або автоматизації діагностичного та лікувального процесу, здійснюваних при безпосередньому контакті з організмом хворого або об'єктом дослідження.

В даний час одним з напрямків інформатизації медицини є комп'ютеризація медичної апаратури. Використання комп'ютера в поєднанні з виміральною і керуючою технікою в медичній практиці дозволило створити нові ефективні засоби для забезпечення автоматизованого збору інформації про стан хворого, її обробки в реальному масштабі часу і управління його станом.

Типовими представниками МАПК є медичні системи моніторингу за станом хворих, наприклад, при проведенні складних операцій або в умовах високого ризику розвитку важких ускладнень; системи комп'ютерного аналізу даних томографії, ультразвукової діагностики, ЕЕГ, ЕКГ, радіографії; системи автоматизованого аналізу даних мікробіологічних та вірусологічних досліджень, аналізу клітин і тканин людини.

За призначенням МАПК можуть бути розділені на ряд класів:

- системи для проведення функціональних і морфологічних досліджень;
- моніторні системи;
- системи управління лікувальним процесом;
- системи лабораторної діагностики;
- системи для медично-біологічних досліджень.

До систем для проведення функціональних і морфологічних досліджень відносяться системи для дослідження системи кровообігу, органів дихання, головного мозку і нервової системи, органів чуття (зір, слух), рентгенологічні дослідження, УЗД – діагностика та ін.

Моніторні системи дозволяють відслідковувати стан хворого в палатах інтенсивної терапії та операційних. До систем керування процесами лікування і реабілітації відносяться автоматизовані системи інтенсивної терапії, біологічного зворотного зв'язку, протези і штучні органи, що створюються на базі мікропроцесорної техніки.

До систем керування процесами лікування відносяться також системи біологічного зворотного зв'язку – системи, призначені для подання пацієнту поточної інформації про функціонування його внутрішніх органів і систем, що дозволяє шляхом свідомого вольового впливу пацієнта досягати терапевтичного ефекту при певному виді патології. Загальна структура медичної приладно-комп'ютерної системи має вигляд, зображений на рис. 3.2.

В апаратурі знімання медично-біологічної інформації здійснюється перетворення фізичних характеристик стану пацієнта у форму аналогових електричних сигналів. Одним із стандартних пристроїв перетворення безперервного електричного сигналу в серію окремих цифрових сигналів для введення інформації в комп'ютер або мікропроцесорний пристрій служить аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Під цифровою формою тут розуміється уявлення сигналу у двійковій системі числення, де наявність електричного сигналу відповідає цифрі 1, а відсутність – 0. Дані, отримані через інтерфейс АЦП, обробляються комп'ютером і потім пересилаються у формі двійкового коду в інтерфейс цифрово-аналогового перетворювача (ЦАП).

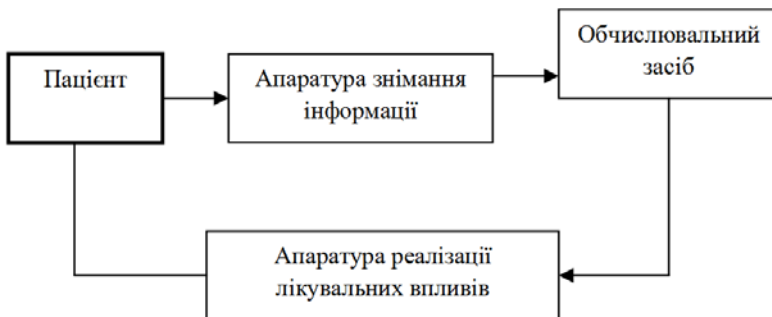


Рис. 3.2. Структура медичної приладно-комп'ютерної системи

Програмне забезпечення (ПЗ) МАПК не менш важливо, ніж апаратне, тобто технічне. Найбільш досконалі пристрої оснащені, так званим, «інтегрованим» ПЗ, завдяки якому лікар отримує цілісну схему, що охоплює весь процес дослідження, що включає етап підготовки, проведення дослідження та обробки даних. У такому ПЗ виділяють шість основних функціональних розділів (модулів):

1. підготовка обстеження;
2. проведення обстеження;
3. перегляд і редагування записів;
4. обчислювальний аналіз;
5. оформлення висновку;
6. робота з архівом.

А.4. Автоматизоване робоче місце (АРМ) лікаря. Це комп'ютерна інформаційна система, призначена для автоматизації всього технологічного процесу лікаря відповідної спеціальності та забезпечує інформаційну підтримку при прийнятті діагностичних і тактичних (лікувальних, організаційних та ін.) лікарських рішень. Всі розглянуті вище інформаційні системи клінічного рівня можуть і повинні входити в структуру АРМ, забезпечуючи автоматизацію всього технологічного процесу медика: лікувально-профілактичну та звітно-статистичну діяльність, ведення документації, планування роботи, отримання довідкової інформації різного роду.

МІС рівня лікувально-профілактичних закладів (ЛПЗ)

Інформаційні системи цього рівня представлені такими групами:

Б.1. ІС консультативних центрів. Призначені для забезпечення функціонування відповідних підрозділів та інформаційної підтримки лікарів при консультуванні, діагностиці та прийнятті рішень при невідкладних станах.

Б.2. Банки інформації медичних установ і служб. Містять зведені дані про якісний і кількісний стан працівників установи, прикріпленого населення, основні статистичні відомості, характеристики районів обслуговування та інші необхідні відомості.

Б.3. *Персоніфіковані реєстри (бази і банки даних)*. Це різновид інформаційно-довідкових систем, що містять інформацію на прикріпленій або спостережуваний контингент на основі формалізованої історії хвороби або амбулаторної карти.

Електронна медична карта

Розглянемо, що представляє з себе електронна медична карта і що вона дає лікареві? Такий варіант медичної карти є інформаційною системою, яка спирається на технологію реляційних баз даних. Нагадаємо, що реляційної базою даних є деяка таблиця (або кілька пов'язаних таблиць), в якій зберігається довільна кількість записів – чітко структурованих рядків даних. Такий спосіб зберігання інформації дозволяє зручно, в автоматичному режимі, відбирати дані за деякою ознакою або набору ознак, впорядковувати їх відображення по різних стовпцях таблиці, наприклад, за датою, прізвищем, діагнозом.

Електронна форма медичної карти полегшує вирішення багатьох завдань:

- документування (накопичення, надійне зберігання, можливість зручного перегляду) довільної

медичної інформації про пацієнта з прив'язкою до календарної дати;

- пошук (фільтрацію по набору ознак) необхідної інформації;

- відстеження тимчасової залежності окремих діагностичних параметрів;

- дослідження ефективності роботи – відстеження кореляції окремих залежностей для пацієнта,

формування інтегральних статистичних залежностей рівня клінічного закладу і т.ін.

Природно, що така інформаційна система передбачає наявність зручних засобів введення і відображення інформації. Для введення текстової і цифрової інформації надаються форми (бланки), які відображаються на екрані комп'ютера. При можливості формалізації даних (формування кінцевого або доповняльного списку значень увідного параметра) вибір значення робиться з наданого списку. У систему можуть додаватися всілякі електронні довідники (класифікатор діагнозів, лікарських засобів, адресна книга і т.ін.). Передбачаються кошти імпорту даних апаратних обстежень. Більшість сучасних медичних приладів (томографи, флюорографи, ультразвукові сканери, кардіографи і т.ін.) формують результат безпосередньо в електронному вигляді. Є навіть міжнародні стандарти, наприклад, DICOM, для приладової діагностичної інформації. Для захисту даних від випадкової втрати в результаті аварії устаткування або навмисного зловмисного захоплення даних такі інформаційні системи розміщуються на добре захищених серверах, які мають кошти резервного копіювання даних і часопису стану.

На думку співробітників американського інституту медичних записів (Medical Records Institute, USA), фактично можна виділити 5 відрізнених рівнів комп'ютеризації історії хвороби.

ПЕРШИМ рівнем є *автоматизовані медичні записи*. Цей рівень характеризується тим, що тільки близько 50% інформації про пацієнта вноситься в комп'ютерну систему, і в різному вигляді видається її користувачам у вигляді звітів. Іншими словами, така комп'ютерна система є певним автоматизованим оточенням навколо "паперової" технології ведення пацієнта. Такі автоматизовані системи зазвичай охоплюють реєстрацію пацієнта, виписки, внутрішньо-лікарняні переклади, введення діагностичних відомостей, призначення, проведення операцій, фінансові питання, йдуть паралельно "паперобігу" і служать, насамперед, для різного виду звітності.

ДРУГИМ рівнем є система *комп'ютеризованого медичного запису* (Computerized Medical Record System). На цьому рівні ті медичні документи, які раніше не вносилися в електронну пам'ять (перш за все мова йде про інформацію з діагностичних приладів, одержуваної у вигляді різного роду здрзруківок, сканограм, топограм і т.ін.), індексуються, скануються і запам'ятовуються в системах електронного зберігання зображень (як правило, на магнітооптичних накопичувачах). Успішне впровадження таких технологій почалося практично тільки з 1993р.

ТРЕТИМ рівнем розвитку є впровадження *електронних медичних записів* (Electronic Medical Records). У цьому випадку, в медичному закладі має бути розвинена відповідна інфраструктура для введення, обробки і зберігання інформації зі своїх робочих місць. Користувачі повинні бути ідентифіковані системою, їм даються права доступу, відповідні їх статусу. Структура електронних медичних записів визначається можливостями комп'ютерної обробки. На даному рівні розвитку електронний медичний запис може вже грати активну роль у процесі прийняття рішень та інтеграції з експертними системами, наприклад, при постановці діагнозу, виборі лікарських засобів з урахуванням теперішнього соматичного і алергічного статусу пацієнта і т.ін.

На ЧЕТВЕРТОМУ рівні, який автори назвали *системами електронних медичних записів* (Electronic Patient Record Systems або ж за іншими джерелами Computer-based Patient Record Systems), записи про пацієнта мають набагато більше джерел інформації. У них міститься вся відповідна медична інформація про конкретного пацієнта, джерелами якої можуть бути як одна, так і кілька медичних установ. Для такого рівня розвитку необхідна загальнодержавна або інтернаціональна система ідентифікації пацієнтів, єдина система термінології, структури інформації, кодування і ін.

П'ЯТИМ рівнем розвитку називають електронний запис про здоров'я (Electronic Health Record). Він відрізняється від системи електронних записів про пацієнта існуванням практично необмежених джерел інформації про здоров'я пацієнта. З'являються відомості з областей нетрадиційної медицини, поведінкової діяльності (куріння, заняття спортом, користування дієтами і т.ін.).

Б.4. *Скринінгові системи.* Призначені для проведення долікарського профілактичного огляду населення, а також для лікарського скринінгу (формування груп ризику і виявлення хворих, які потребують допомоги фахівця). Скринінг здійснюється на основі розроблених анкетних карт або прямого діалогу пацієнта з комп'ютером. При цьому не потрібно високої достовірності первинної діагностики, оскільки поріг відбору може бути заданий з достатнім запасом. Для скринінгу можуть використовуватися досить прості алгоритми типу дерева ознак або розрахунку деякої вагової метрики вхідних параметрів.

Б.5. *Інформаційні системи ЛПЗ.* Це інформаційні системи, засновані на об'єднанні всіх інформаційних потоків в єдину систему і забезпечують автоматизацію різних видів діяльності установи. Відповідно до видів ЛПЗ зазвичай розрізняють програмні комплекси інформаційних систем: «Стационар», «Поліклініка», «Швидка допомога».

Госпітальні інформаційні системи (ГІС) також є різновидом ІС ЛПЗ і призначені для інформатизації діяльності медичного стаціонару.

Як і всі ІС ЛПЗ, у своїй роботі ці системи відображають частково або повністю сценарій інформаційних подій, що відбуваються в лікувальному закладі. Залежно від повноти відображення сценарію інформаційних подій у госпітальній інформаційній системі, тип системи змінюється від чисто статистичного до повністю фактографічного, коли система працює в режимі реального часу.

Статистичні системи припускають збір первинної інформації в обсязі, необхідному для отримання певних звітів. Вони, як правило, працюють «заднім числом» – в комп'ютер вводиться інформація, записана в історію хвороби чи інші паперові документи. Часто для реалізації такої системи досить декількох комп'ютерів, декількох операторів, однієї-двох прикладних програм.

Фактографічні системи реєструють події, що відбуваються в час лікування пацієнта, по мірі їх появи. Впровадження таких систем вимагає установки численних комп'ютерів, об'єднання їх у мережу, розробки багатьох прикладних програм, навчання великої кількості користувачів і створення служби підтримки. Фактографічні системи, однак, володіють багатьма важливими перевагами. По-перше, сама побудова системи більш логічна: статистика випливає з фактів, а не збираються факти, необхідні для статистики. По-друге, система дозволяє отримати оперативну інформацію: відомо, що відбувається в клініці в даний момент, а не тільки в цілому за звітний період. І, нарешті, основне – фактографічна система багатофункціональна, вона дозволяє одночасно, на основі однієї і тієї ж інформації, вирішувати кілька важливих завдань.

У всьому спектрі типів госпітальних інформаційних систем можна вказати ту мінімальну повноту відображення сценарію інформаційних подій в лікувальному закладі, яка характеризує «логічну завершеність» інформаційної системи. У цих системах обсяг реєстрованих подій повинен покривати технологічний процес клініки: створення медичних ресурсів – формування відносин з клієнтами – лікування пацієнтів – отримання оплати.

До ресурсів медичного закладу відносяться списки відділень, служб, лікарів, розклад їх роботи, опис ліжко-фонду і т. ін.

Відносини з клієнтами полягають у виконанні відповідних зобов'язань. Зобов'язання перед клієнтами відображені в умовах договорів з вищестоящими організаціями, із страховими компаніями, підприємствами, пацієнтами, в прейскуранті установи.

Реєстрація пацієнтів зазвичай проводиться за правилами, описаними в договорах з платниками.

Реєстрація ходу лікування пацієнтів. Зазвичай лікування пацієнта представляють у вигляді послідовності подій. Для кожної події складають досить докладний опис, який може містити як формалізовані, так і вільно увідні дані. На даному етапі здійснюється реєстрація подій, що відбуваються з пацієнтами згідно перебігу їх лікування.

Нарешті, отримання оплати полягає у виставленні рахунків та реєстрації оплати лікування.

Грунтуючись на раніше отриманій інформації, система такого типу може автоматично виставити в оплату проведене лікування. У них можна встановлювати «зворотні зв'язки», які допомагають оперативно керувати роботою клініки. Наприклад: несплата рахунків за лікування з боку конкретної страхової компанії може перевести її в розряд «не обслуговувати» і зробити неможливим реєстрацію нових пацієнтів від імені цієї компанії.

Реалізувавши систему такого типу, установа може вирішувати з її допомогою широкий спектр управлінських завдань: від підвищення якості лікування до скорочення втрат через недоваження потужностей або перевитрати ресурсів.

Отриманий в таких ГИС «кістяк» інформації про лікування пацієнта можна потім нарощувати, наповнюючи все більш і більш докладними медичними даними. Надалі саме в таких системах буде плідною інтеграція лабораторних, діагностичних систем, формування повномасштабних електронних історій хвороби.

Повний комплекс ГИС фактографічного типу може включати в себе такі підсистеми.

Автоматизовані робочі місця Головного лікаря та його заступників. Вони мають права повного доступу для перегляду, що дозволяють контролювати стан справ практично у всіх підпорядкованих їм службах установи, але зазвичай не мають прав для коригування інформації в цих службах.

Підсистема «Стационар». У неї входять АРМи завідувачів відділеннями, лікарів-ординаторів, старших медсестер, палатних сестер. У підсистему також входять відділення, що не мають палат (наприклад, приймальне відділення, відділення екстрокорпоральних методів обробки крові, тощо). У цій підсистемі проводиться реєстрація хворого з усіма необхідними вихідними даними (формується паспортна частина історії хвороби з присвоєнням унікального електронного номера). Потім заповнюються електронні документи історії хвороби, здійснюються введення стану і переміщення хворих, оформляються заявки на дослідження і аналізи, заявки на ліки та витратні матеріали (в аптеку), проводиться прийом і введення в документи історії хвороби результатів досліджень і аналізів. Це дозволяє враховувати специфіку діяльності не тільки відділення, але і конкретного фахівця всередині відділення. Використання заготовок (шаблонів) дозволяє до мінімуму звести введення даних і тексту з клавіатури.

Підсистема «Поліклініка». У цю підсистему входять реєстратура та АРМи лікарів-фахівців. Тут ведеться документація амбулаторних хворих.

Параклінічні служби відображені в підсистемах «Лабораторні дослідження» та «Облік лікарських засобів» (аптека). Тут же можуть вводитися висновки лікарів функціональної та променевої діагностики, відділення (або кабінету) переливання крові.

У підсистемі «Лабораторні дослідження» вводяться результати лабораторних аналізів за всіма заданими видами досліджень. Тут же можуть бути присутніми інтерфейси для підключення деяких приладів (наприклад, аналізаторів типу «СОВА5») для автоматичного введення результатів досліджень в електронний документ історії хвороби.

Підсистема «Облік лікарських засобів» вирішує великий комплекс завдань обліку та контролю витрат лікарських засобів. Тут вводяться рахунки на лікарські засоби, що надходять, такуються вимоги на ліки та інші витратні матеріали, що надійшли з відділень, оформляються звіти і закриття рахунків. Тут же діють кілька довідників (про наявність лікарських засобів, о самих ліках і т. ін.).

Підсистеми «Довідкове боро» і «Архів» для вирішення своїх завдань отримують необхідну інформацію в підсистемі «Стационар».

Підсистема «Лікувальне харчування» дозволяє повністю виконувати оформлення заявок відділень на дієтичні столи, формувати меню, виконувати всі необхідні розрахунки по витраті продуктів (з урахуванням новоприбулих, вибулих або тимчасово відсутніх хворих). Тут же формується вся необхідна бухгалтерська і звітна документація, реєструються рахунки і контролюється витрата продуктів.

У підсистемах «Бухгалтерські розрахунки» та «Економічні розрахунки» виконуються всі функції, властиві цим службам. «Бухгалтерські розрахунки» – це комплекс бухгалтерських програм, орієнтованих на застосування в медичних установах. Підсистема «Економічні розрахунки» простіша, але і тут є проблеми, пов'язані з місцевими нормативними актами та розпорядженнями.

Підсистема «Кадровий облік» виконує всі роботи з обліку і переміщенню кадрів, формування штатного розкладу. Тут збирається і обробляється вся необхідна інформація про персонал установи. Тут же виконуються всі необхідні статистичні вибірки по персоналу установи.

У підсистемі «Контроль виконавської діяльності» (організаційний відділ, канцелярія) проводиться реєстрація наказів, вхідних і вихідних документів, листів і скарг, ведеться контроль термінів виконання розпоряджень.

Підсистема «Медстатистика». Тут готується статистична інформація для вищестоящих організацій відповідно до чинних нормативів. Формується інформація про результати діяльності лікувального закладу, сигнальні донесення головному лікарю та його заступникам і ряд інших документів.

У підсистемі «Облік медобладнання» відображена діяльність експлуатаційно-технічних підрозділів, ведеться облік медичного та іншого обладнання та контроль його експлуатації.

Управління та взаємозв'язок між усіма іншими підсистемами здійснюється службовою підсистемою, що представляє собою складний комплекс програм. За допомогою цієї підсистеми і ряду інших допоміжних програмних засобів адміністратор ГІС може здійснювати контроль за роботою як самої ГІС, так і локальної обчислювальної мережі в цілому. У разі нештатних ситуацій управління мережею перехоплює на себе адміністратор системи.

Б.6. ІС для НДІ і вузів вирішують три основні завдання: інформатизацію технологічного процесу навчання, науково-дослідної роботи та управлінської діяльності НДІ і вузів. Реалізація завдань забезпечується відповідно інформаційними системами медично-біологічних досліджень, комп'ютерними системами навчання та інформаційними системами НДІ і вузів.

МІС територіального рівня

МІС територіального рівня забезпечують управління спеціалізованими і профільними медичними службами, поліклінікою, стаціонарною й швидкою допомогою населенню на рівні територій (міста, області і т. ін.).

На цьому рівні МІС представлені такими групами:

1. Адміністративно-управлінські МІС для керівників територіальних медичних служб;
2. Статистичні МІС для роботи зі зведеною по території інформацією;
3. МІС спеціалізованих служб і напрямів: швидкої допомоги і НС, лікарського забезпечення, реєстри (фтизіатрія, психіатрія, інфекційні хвороби і т. ін.);
4. Комп'ютерні телекомунікаційні мережі, що створюють єдиний інформаційний простір у сфері охорони здоров'я.

Принципово важливим моментом і умовою роботи будь-яких інформаційних систем, у тому числі і медичних, є те, що дані в інформаційну систему вводяться одноразово, в місці їх виникнення. Так, паспортні дані хворого вносяться лише в приймальному відділенні стаціонару і надалі лікар лікувального відділення, формуючи, наприклад, направлення на функціональне дослідження, користується цими даними. У свою чергу, сформований ним напрям ініціалізує запис для занесення результатів цього дослідження, які, у свою чергу, будуть внесені фахівцем, що виконали це дослідження. При цьому, у разі необхідності, даний фахівець зможе скористатися раніше занесеними в інформаційну систему даними.

Технічне забезпечення – комплекс технічних засобів, призначених для роботи інформаційної системи, а також відповідна документація на ці засоби і технологічні процеси.

Комплекс технічних засобів складають:

- комп'ютери будь-яких моделей;
- пристрої збору, накопичення, обробки, передачі та виведення інформації;
- пристрої передачі даних і лінії зв'язку;
- експлуатаційні матеріали і т.ін.

Програмне забезпечення – сукупність програм для реалізації цілей і завдань ІС, а також нормального функціонування комплексу технічних засобів.

До складу програмного забезпечення входять загальносистемні та спеціальні програмні продукти, а також технічна документація, в тому числі: операційна система, системи програмування, інструментальні засоби програміста, тестові та діагностичні програми, програмні засоби телекомунікації, захисту інформації, функціональне програмне забезпечення (автоматизовані робочі місця, системи управління базами даних і т. ін.).

Математичне забезпечення – сукупність математичних методів, моделей, алгоритмів обробки та аналізу інформації, що використовуються при вирішенні завдань в ІС. До засобів математичного забезпечення відносяться: методи математичного програмування, математичної статистики та ін.

Математичне забезпечення є складовою частиною програмного забезпечення ІС. Прикладні і забезпечувальні програми формуються, перш за все, на базі математичних методів. У тих випадках, коли для вирішення тієї чи іншої актуальної задачі вдається підібрати математичний метод, використовуються евристичні алгоритми.

Організаційне забезпечення – сукупність методів і засобів, що регламентують взаємодію працівників з технічними засобами і між собою в процесі розробки та експлуатації ІС. Організаційне забезпечення реалізує такі функції, як виявлення завдань, що підлягають автоматизації, підготовку завдань до вирішення на комп'ютері, включаючи технічне завдання на проектування ІС та ін.

Правове забезпечення – сукупність правових норм, юридичний статус і функціонування ІС, що регламентують порядок одержання, перетворення і використання інформації.

Головною метою правового забезпечення є зміцнення законності.

До складу правового забезпечення входять закони, укази, постанови державних органів влади, накази, інструкції та інші нормативні документи міністерств, відомств, організацій, місцевих органів влади.

Лінгвістичне забезпечення – це сукупність мовних засобів, що використовуються на різних стадіях створення та експлуатації ІС для підвищення ефективності розробки та забезпечення спілкування людини з ЕОМ.

Питання, винесені на семінар:

1. Що таке інформаційна система?
2. Класифікація МІС.
3. Для чого призначені медичні інформаційно-довідкові системи?
4. Консультативно-діагностичні системи та їх види.
5. Що таке медичні апаратно-програмні комплекси? Їх класифікація.
6. Автоматизоване місце лікаря.
7. Класифікація МІС рівня лікувально-профілактичних установ.
8. Електронна медична карта.
9. Основні рівні комп'ютеризації історії хвороби.
10. Класифікація МІС територіального рівня.

ТЕМА 4 «КОДУВАННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АЛГОРИТМІЗАЦІЯ МЕДИЧНИХ ЗАВДАНЬ»

План:

1. Історія класифікації і кодування.
2. Що таке класифікація?
3. Види кодів.
4. Класифікація і кодування.
5. Міжнародні системи класифікації.
6. Алгоритми та їх властивості
7. Типи алгоритмів.

Велика кількість даних в охороні здоров'я, наприклад, діагнози, історії хвороб, дані медичного огляду або результати флюорографії представлені текстом. Це призводить до нескінченного списку можливих висновків. Проте, статистичні перегляди і системи ухвалення рішень можуть обробити тільки кінцеву кількість таких класів. Правила представлення висновків мають бути визначені об'єктивними критеріями. Визначення такого висновку для конкретного класу завжди передбачає зменшення (тобто, втрату інформації) даних, але це – не обов'язково недолік.

Ми користуватимемося стандартною термінологією, яку використовують в Організації Міжнародних Стандартів (ISO – International Standards Organization). Це означає, що три основні елементи використовуються в так званому семантичному трикутнику: (1) об'єкт, (2) поняття і (3) термін.

У традиційній історії хвороби інформація представлена тільки у письмовій формі, переважно як вільний текст, але іноді також в числовій формі (наприклад, лабораторні результати аналізів). Історія хвороби, передусім, використовується безпосередньо для догляду за пацієнтом, для постановки діагнозу, лікування і прогнозування. Відновлення історії хвороби іншим лікарем перешкоджає встановленню реальних фактів, тому що деякі медичні терміни можуть бути неточно вказані або навіть неоднозначно трактуватися.

Тому дані стають доступними в комп'ютерних записах (computer-based patient records – CPRs). Зберігання інформації в електронному вигляді може бути використане також і для інших цілей. Так, наприклад, при приписуванні ліків, можна запустити систему підтримки ухвалення рішень, яка перевіряє протипоказання або взаємодію з іншими ліками. Така система зможе діяти належним чином, лиш в тому разі, якщо усі хвороби і симптоми хворого записані стандартизовано і послідовно.

Історія класифікації і кодування

Не існує стандартного підходу до кодування та класифікації. Існує величезна кількість варіантів Міжнародної Класифікації в системі Охорона здоров'я (ICPC – International Classification for Primary Care) з різними модифікаціями і доповненнями. Відповідальною за цю систему Класифікації являється Всесвітня організація сімейних лікарів (WONCA – World Organization of Family Doctors, www.globalfamilydoctor.com).

Найбільш широке використання в системі охорони здоров'я отримала Міжнародна класифікація хвороб (МКХ або ICD – International Classification of Diseases, www.mkb10.ru). Першою спробою реєстрації хвороб були Письмові звіти Лондона про смертність в 1629р. У

1891р. Міжнародний статистичний інститут (ISI – International Statistical Institute) доручив комітету під головуванням Жака Бертільона (фр. Jacques Bertillon, 1851-1922 рр.), начальнику Статистичної служби Парижу, підготовку класифікації причин смерті. Бертільон представив звіт цього комітету Міжнародному статистичному інституту, який і прийняв звіт на сесії, що відбулася в 1893р. в Чикаго.

Класифікація причин смерті Бертільона отримала загальне визнання і була зроблена для використання декількома країнами. Цей список причин смерті регулярно переглядався під спостереженням ISI до п'ятого видання включно в 1938р. До того ж, список кодів передусім використовувався для статистики смертності. Компанії страхування здоров'я, лікарні, установи медичного обслуговування, армія та інші організації потребували розширення списку кодів для реєстрації хвороб. Десятий перегляд Міжнародної класифікації хвороб і проблем, пов'язаних із здоров'ям, є останнім в серії переглядів класифікації, яка була розпочата в 1893р. як Класифікація Бертільона, або Міжнародний перелік причин смерті і в 1948р., при шостому перегляді, була розширена за рахунок включення станів, які не призводять до летального результату.

Метою МКХ є створення умов для систематизованої реєстрації, аналізу, інтерпретації і порівняння даних про смертність і захворюваність, які отримані в різних країнах або регіонах і в різний час. МКХ використовується для перетворення словесного формулювання діагнозів хвороб і інших проблем, пов'язаних із здоров'ям, у літерно-цифрові коди, що забезпечують зручність зберігання, витягання і аналізу даних.

МКХ стала міжнародною стандартною діагностичною класифікацією для усіх спільних епідеміологічних цілей і багатьох цілей, які пов'язані з управлінням охороною здоров'я. Основою класифікації МКХ-10 є тризначний код, який служить обов'язковим рівнем кодування даних про смертність, які окремі країни надають Всесвітній організації охорони здоров'я (ВООЗ – World Health Organization (WHO)), а також при проведенні основних міжнародних порівнянь.

В даний момент в Україні використовується цілий ряд місцевих класифікацій. Національна Програма інформатизації системи охорони здоров'я в Україні за 2006-2010 рр. (проект) стимулює створення Уніфікованої системи кодування і класифікації медичних даних. Така Уніфікована система більшою мірою має бути ґрунтована на МКХ-10 і введена в систему комп'ютерного кодування.

Що таке класифікація

Термін класифікація має два різні значення: по-перше – це процес проектування системи класифікації, по-друге – це сам процес кодування (опис об'єкту з використанням кодів або умов) у рамках певної системи класифікації. Класифікація – основа кодування.

Тут ми використовуватимемо цей термін лише в першому значенні. Тобто, класифікація – це впорядкована в межах певної області система понять з явними або неявними принципами устрою. Класифікація базується на попередніх знаннях і формує ключ до розширення (поглиблення) знань.

Мета класифікації полягає в тому, щоб підтримувати створення статистики охорони здоров'я або полегшувати дослідження. Прикладом може служити класифікація відхилень електрокардіограм або діагнозів в певному класі хвороб.

При класифікації поняття упорядковуються по родовим зв'язкам. Родові зв'язки – це зв'язки типу "А з роду В". Наприклад, пневмонія є хворобою легенів, де пневмонія є вужчим поняттям, а хвороба легенів – ширшим. Класифікація дозволяє упорядкувати поняття в

межах певної області. Прикладами областей є безліч діагнозів, медичні процедури і тому подібне. В цьому відношенні Міжнародна Класифікація Хвороб, 9-е видання (ICD-9 – International Classification of Diseases, 9th edition) – це класифікація діагнозів. Вона дозволяє порівнювати отримані результати, які зібрані в різних областях.

У класифікаціях, які використовують більш ніж один принцип впорядкування, ситуація ускладнюється. У класифікації хвороб ми маємо справу з різними аспектами, серед яких: анатомічне розташування, етіологія, морфологія, дисфункція і т.п. Кожен з цих аспектів може використовуватися для впорядкування. Таке впорядкування шляхом класифікації за певною ознакою називається віссю. Багатоосьові класифікації використовують декілька критеріїв впорядкування одночасно. У Міжнародній Класифікації в системі Охорони здоров'я (ICPC), наприклад, діагнози класифіковані уздовж двох осей, одна – для систем організму (літера), а інша – для компонентів (табл. 2).

Види кодів

Класифікаційне кодування (далі кодування) – це процес віднесення індивідуального об'єкту до певного класу, або до набору класів у разі багатоосьової класифікації. У більшості класифікацій, класи позначені кодами. Кодування, фактично, – це інтерпретація різних властивостей об'єкту. Коди можуть бути позначені числами, буквами, або і тим і іншим. Нижче приведені різні види кодів.

Числові коди можуть надаватися послідовно. Це означає, що кожен новий клас отримує наступне невикористане число. Перевага в тому, що нові класи можуть бути легко додані. Числові коди можуть надаватися і випадковим чином, щоб уникати наявності будь-якої конкретної інформації, прихованої в коді.

Мнемонічний код формується з одного або декількох символів класу. Це допомагає користувачам запам'ятовувати коди. Проте, для класифікацій з багатьма класами це може привести або до довгих кодів, або до кодів, які не схожі з рубриками класу. Таким чином, мнемонічні коди, в цілому, використовуються для обмежених списків класів. Наприклад, лікарняні відділення часто позначаються мнемонічними кодами.

Ієрархічні коди формуються, розширюючи код, який вже існує на один або більшу кількість додаткових символів для кожного додаткового рівня деталізації. Ієрархічний код несе інформацію відносно рівня деталізації спорідненого класу і відносно ієрархічних зв'язків з його родовим (батьківським) класом. Такий спосіб кодування подібний до структури ієрархічних баз даних із загальнішим класом (батьківським) на вищому рівні і дрібнішими класами (дітьми) на нижчих рівнях. Це означає, що дані можуть бути відновлені, використовуючи ієрархічні коди на деякому рівні, навіть, коли на нижчих рівнях зроблені важливі модифікації.

Коди зіставлення – це складні коди, що складаються з частин (сегментів). Кожен сегмент характеризує пов'язаний з ним клас. У ICPC, наприклад, діагностичний код, який сформовано з використанням коду, що складається з однієї букви алфавіту (мнемонічний код для трактування) і двозначного числа. Наприклад, усі коди з символом "D" пов'язані з процесом травлення, а усі коди, які починаються з "N", описують порушення нервової системи.

Інший приклад – це класифікація медичних процедур, яка використовує впорядковані принципи: дія, устаткування, мета і анатомічне положення. Комбінація 100 анатомічних положень з 20-а різними діями, 10-а різними інструментами і 5-а різними цілями призводить до системи класифікації потужності в 100 000 класів і кодів. Єдиний спосіб

впоратися з цим сплеском полягає у використанні *комбінаційного коду*. Комбінаційний шестизначний цифровий код, який складається з чотирьох частин (сегментів), описує: дію (дві цифри), устаткування (дві цифри), мету (одна цифра) і анатомічне положення (одна цифра) відповідно. Служби кодування повинні розрізняти тільки 135 кодів, з яких можуть генеруватися 100 000 комбінацій.

Класифікація та кодування

Проблеми класифікації треба відрізнити від проблем кодування: проблеми класифікації торкаються впорядкування понять в деякому відношенні, що логічно побудовані і зручні для застосування потенційними споживачами класифікації.

Проблеми кодування торкаються технічної підтримки, що забезпечується для того, щоб дати можливість кодувальникам ефективним і надійним способом привласнювати певні значення потрібному класу та привласнювати вірний код.

При розробці класифікації хвороб, етіології, розміщення та механізмів патофізіології важливими є принципи класифікації. Проте, ми не завжди можемо застосовувати кожен принцип класифікації до усіх хвороб. Використовуючи етіологію як принцип класифікації, ми можемо класифікувати "вірусну пневмонію" як вірусну хворобу, але ми не можемо з такою ж мірою упевненості віднести її до якого-небудь класу "пневмонії". Таким чином, пневмонія буде класифікована як легенева хвороба якщо використати анатомічний принцип класифікації.

Більшість класифікацій об'єднують декілька принципів на одному рівні. Перекриття класів хвороби порушує правило взаємного виключення. Клас "*легенева хвороба*" перетинається з класом "*вірусна хвороба*". Коли хвороба вже класифікована де-небудь у іншому місці, правило виключення вимагає щоб хвороба була віднесена лише до одного класу. Проте, це викликає проблеми під час статистичного аналізу. Якщо ми хочемо визначити кількість випадків вірусної хвороби, ми не можемо просто включати членів класу "*вірусні хвороби*", тому що "*вірусна пневмонія*" – це також вірусна хвороба, але вона класифікована до класу "*легеневих хвороб*". Додавання ж двох класів включатиме і випадки не вірусних легневих захворювань.

Перегляд великих медичних класифікацій діагнозів і процедур потрібний для кодування історії хворого для медико-економічних цілей. Основна проблема перегляду полягає в тому, що мова, що використовується в класифікації, швидше відрізняється від клінічної мови історії хвороби. Незважаючи на те, хто кодує історію хворого, є труднощі в невідповідності термінів між умовами в класифікації і повному обстеженні хворого. Цей розрив може бути ліквідований, з використанням відповідних комп'ютерних програм.

Міжнародні системи класифікації ICD (МКБ)

ICD (International Classification of Diseases) – це система кодування для узагальненого запису про хворого. Перше видання було опубліковане в 1900р., воно виправлялося і перевидавалося з десятирічними проміжками. Сама остання версія – це ICD-10, була видана в 1992р. ICD складається з основної класифікації тризначних кодів, що є мінімальною вимогою для повідомлення статистики смертності у Всесвітню організацію охорони здоров'я. Код розпочинається з літери, що відповідає певному класу хвороб, потім

слідують дві цифри, що деталізують хворобу (табл. 1). Необов'язкова третя цифра, яка є наступною після крапки, яка забезпечує додатковий рівень.

Таблиця 1.

Класи системи МКХ

I	A, B	Деякі інфекційні і паразитарні хвороби
II	C, D48	Новоутворення
III	D50-D89	Хвороби крові, кровотворних органів і окремі порушення, що залучають імунний механізм
IV	E00-E90	Хвороби ендокринної системи, розлади травлення і порушення обміну речовин
V	F00-F99	Психічні розлади і розлади поведінки
VI	G00-G99	Хвороби нервової системи
VII	H00-H59	Хвороби ока і його додаткового апарату
VIII	H60-H95	Хвороби вуха і сосковидного відростку
IX	I00-I99	Хвороби системи кровообігу
X	J00-J99	Хвороби органів дихання
XI	K00-K93	Хвороби органів травлення
XII	L00-L99	Хвороби шкіри і підшкірної клітковини
XIII	M00-M99	Хвороби кістково-м'язової системи і сполучної тканини
XIV	N00-N99	Хвороби сечостатевої системи
XV	O00-O99	Вагітність, пологи і післяпологовий період
XVI	P00-P96	Окремі стани, що виникають в перинатальному періоді
XVII	Q00-Q99	Природжені аномалії (вади крові), деформації і хромосомні порушення
XVIII	R00-R99	Симптоми, ознаки і відхилення від норми, виявлені при клінічних і лабораторних дослідженнях, не класифіковані в інших рубриках
XIX	S00-S99 T00-T98	Травми, отруєння і деякі інші наслідки дії зовнішніх причин
XX	V,W,X,Y	Зовнішні причини захворюваності і смертності
XI	Z00-Z99	Чинники, що впливають на стан здоров'я населення і звернення до установ охорони здоров'я

Наприклад, діагноз *гострий тонзиліт* відноситься до класу X *Хвороби органів дихання* і має код J03. Захворювання *Стрептококовий менінгіт* відноситься до класу VI *Хвороби нервової системи* і має код G00.2, тоді як *Стафілококовий менінгіт* має код G00.3.

ICPC

Всесвітня Організація Національних Коледжів, Академій і Академічних Асоціацій Докторів (World Organization of National Colleges, Academies and Academic Associations of General Physicians) не приймала ICD і користувалася власною класифікацією. Міра деталізації цієї системи менша, ніж в ICD. Вона використовується не лише для кодування діагнозів, але також містить коди причин для обґрунтування діагнозу, коди процедур лікування і лабораторних досліджень.

ICPC – це двохосьова система (табл. 2). Перша вісь, яка орієнтована у напрямі систем організму, кодується літерою, а друга вісь – кодується двома цифрами.

Таблиця 2.

Структура системи ICPC

	Системи організму															
Компоненти																
Симптоми і скарги (1-29)																
Діагностичне обстеження і попередження (30-49)																
Обробка і лікування (50-59)																
Результати тестів (60-61)																
Адміністративний (62)																
Інші (63-69)																
Діагнози (70-99)																

- | | |
|----------------------|----------------------------------|
| A Загальна | R Дихальна |
| B Кров | S Шкіра |
| D Травлення | T Ендокринна система, метаболізм |
| F Зір | U Урологія |
| H Слух | W Вагітність, планування сім'ї |
| K Кровообіг | X Жіноча статева система |
| L Скелетно-мускульна | Y Чоловіча статева система |
| N Неврологічна | Z Соціальні проблеми |
| P Психологічна | |

У цій системі діагноз пневмонія кодується R81 (R для дихальних шляхів і 81 для діагностичного компонента). Коди, які можуть застосовуватися більш ніж до однієї системи організму, описуються як двозначний компонент. Наприклад, код процедури 42 (електричне

обстеження) може використовуватися для реєстрації електрокардіограми, використовуючи код K42. Такі коди вимагають комбінації з літерою системи.

DSM

Система кодування (DSM), яка розроблена американською Психіатричною Асоціацією, служить цілям діагностування і статистичній обробці розумових порушень. Перше видання (DSM-I) було опубліковане в 1952р. При розробці наступних версій (DSM-II, DSM-III, DSM-II-R, і DSM-IV) за основу брали систему ICD. DSM – це багатоасоєва система класифікації. Подібно до ICPC, DSM також використовує визначення порушень, у тому числі критерії для встановлення діагнозу.

Порушення в системах DSM класифіковані уздовж п'яти осей:

- клінічні синдроми;
- порушення особистості та спеціальні порушення, які пов'язані із зростанням;
- важливі фізичні умови;
- наявність психологічних стресів;
- повне психологічне функціонування.

SNOMED

SNOMED (Systematized Nomenclature of Human and Veterinary Medicine – Міжнародна Систематизована Номенклатура Людської і Ветеринарної Медицини) дозволяє кодування декількох аспектів хвороби. SNOMED опублікована в 1975р. і була перевидана в 1979р. SNOMED також є багатоасоєвою системою. Код SNOMED складається з 11 модулів. Кожен з цих модулів формує повну ієрархічну систему класифікації (табл. 3).

Діагноз в SNOMED складається з топографічного коду, коду морфології, коду живих організмів і коду функції. Коли існує чітка основа для комбінації цих чотирьох кодів, то діагностичний код вважається знайденим. Наприклад, код хвороби D – 13510 (Пневмонія Пневмококова) рівноцінна комбінації:

T – 28000 (топологічний код для Легенів),

M – 40000 (морфологічний код для Запалень)

L – 25116 (для Стрептококової пневмонії) уздовж осі Життя організмів.

Туберкульоз (D-14800), наприклад, міг би також кодуватися як Легені (T-28000) + Гранулема (M-44000) + Туберкульоз Mycobacterium (L-21801) + Лихоманка (F-03003). Проте, це може вводити в оману, оскільки туберкульоз відноситься не лише до легенів.

SNOMED також може об'єднувати медичні поняття, використовуючи, так звані комбіновані, або розташовані рядом коди для формування складніших понять (табл. 3). Правила об'єднання умов SNOMED для формування складних понять ще не розроблені. Будь-які два терміни SNOMED можуть бути об'єднаними. Це означає, що існують різні шляхи для вираження коду того або іншого поняття. Ця свобода об'єднання кодів призводить до неточних результатів, перевірка яких комп'ютером на коректність практично неможлива.

Формалізація – процес представлення інформації про об'єкт у вигляді алгоритму. В результаті аналізу завдання визначається специфіка даних, вводиться система умовних позначень, встановлюється приналежність її до одного з класів задач (наприклад, математичні, фізичні, медичні, тощо).

Якщо певні аспекти задачі, що вирішується в термінах якої-небудь формальної моделі (певної структури, яка використовується для представлення даних) то це, безумовно,

Розділи Міжнародної класифікації SNOMED

Вісь	Визначення	Опис
T	Топографія	Анатомічні умови
M	Морфологія	Зміни, які знайдені в клітинах, тканинах і органах
L	Життя організмів*	Бактерії і віруси
C	Хімічний	Ліки
F	Функція	Знаки та симптоми
J	Заняття	Умови, які описують заняття
D	Діагноз	Діагностичні умови
P	Процедура	Адміністративні, діагностичні та терапевтичні процедури
A	Фізичні представники, сили, дії	Пристрої дії, які пов'язані з хворобою
S	Громадський контекст	Громадські умови та важливі взаємодії в медицині
G	Загальний	Синтаксичні об'єднання та визначення

* *живі організми – розширена класифікація представників тваринного та рослинного світу. Включає, практично, усі чинники, що викликаються або патогенні фактори.*

необхідно зробити, оскільки в цьому випадку у рамках формальної моделі можна дізнатися, чи існують методи і алгоритми рішення поставленої задачі. Навіть якщо вони не існують, то використання засобів і властивостей формальної моделі допоможе в побудові рішення задачі.

Формалізоване медико-біологічне завдання має бути алгоритмізованим. Під алгоритмізацією розуміють метод опису систем або процесів шляхом створення алгоритмів їх функціонування.

Під алгоритмом, за звичаєм розуміють правило, яке вказує дії, в результаті виконання яких приходимо до шуканого результату. Таку послідовність дій називають алгоритмічним процесом, а кожна дія – його кроком. Етап алгоритмізації в загальному випадку настає лише тоді, коли зрозуміла постановка завдання, коли існує чітка формальна модель, у рамках якої буде, власне, відбуватися рішення задачі. З цієї точки зору процес підготовки завдання передбачає:

- постановку завдання – визначення його змісту і початкових даних;
- розробку алгоритму рішення – вибір методу рішення та опис послідовності дій;
- представлення алгоритму рішення – побудову структурної схеми алгоритму.

Алгоритми та їх властивості

У IX ст. узбецький математик Мухаммед, уродженець Хорезма (араб. "аль-Хорезмі"), розробив правила виконання чотирьох арифметичних дій над числами в десятковій системі числення. Безліч цих правил назвали алгоритмом (algorithmi – від латинського написання імені аль-Хорезмі), а потім словом "алгоритм" почали означати сукупність правил певного виду, а не тільки правила виконання арифметичних дій.

Алгоритм – це впорядкований кінцевий набір чітко певних правил для вирішення завдань за кінцеву кількість кроків.

Говорячи про алгоритми, необхідно розглянути джерело їх виникнення.

Перше джерело – це практика, наше повсякденне життя, яке надає можливість, а іноді і вимагає отримувати алгоритми шляхом опису дій рішення різних завдань. Такі алгоритми називаються емпіричними.

Друге джерело – це наука. З теоретичних положень і встановлених фактів можуть бути виведені алгоритми. Так, на підставі теоретичних законів можна побудувати алгоритми для управління різними технологічними процесами.

Третім джерелом є різні комбінації і модифікації вже наявних алгоритмів.

Прикладами алгоритмів можуть бути правила приготування ліків в аптеці, інструкції прийняття ліків, процес лікування хворого тощо.

Властивості алгоритмів

Будь-який алгоритм повинен мати такі основні властивості:

Визначеність. Алгоритм не повинен містити вказівок, зміст яких може бути сприйнятий неоднозначно. Крім того, після виконання чергової вказівки алгоритму не повинно виникати ніяких розбіжностей відносного того, яка вказівка виконуватиметься наступною. Інакше кажучи, при виконанні алгоритму ніколи не повинна з'являтися потреба в ухваленні будь-яких рішень, непередбачених укладачем алгоритму.

Масовість. Алгоритм складається не для вирішення одного конкретного завдання, а для цілого класу завдань одного типу. У простому випадку ця варіативність алгоритму забезпечує можливість використання різних допустимих вихідних даних.

Дискретність. Процес, який описується алгоритмом, має бути розділений на послідовність окремих дій. Описи, які при цьому виникають, є послідовністю чітко відокремлених одна від однієї вказівок, які утворюють дискретну структуру алгоритмічного процесу, – лише виконавши вимоги однієї вказівки, можна перейти до наступної.

Результативність – обов'язкова властивість алгоритмів. Її суть полягає в тому, що при точному виконанні усіх вказівок алгоритму процес ухвалення рішення (отримання результату) повинен закінчитися через кінцеву кількість кроків і при цьому має бути отримана відповідь на поставлені в завданні питання.

Способи представлення алгоритмів

Існує декілька способів представлення алгоритмів:

- словесний,
- символічний,
- графічний.

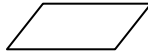
Словесний спосіб полягає в описі алгоритму в термінах рідної мови. Цей спосіб застосовується рідко, оскільки запис при цьому має досить громіздкий вигляд і можуть виникнути суперечливі тлумачення алгоритму.

Символічний спосіб полягає в записі алгоритму за допомогою умовних символів. Цей спосіб представлення алгоритму робить запис алгоритму дуже коротким, і не наочним.

Графічний спосіб – зображення алгоритму у вигляді структурної схеми, що складається з окремих блоків. Цей спосіб представлення алгоритму є найбільш зручним і наочним.

При представленні завдання графічним способом застосовують такі основні види блоків :

– Введення-виведення даних у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення) позначається на схемі блоком:

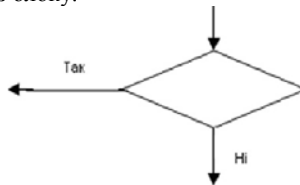


– Блок у вигляді прямокутника символізує виконання певних операцій або груп операцій. Виконання операцій або груп операцій, в результаті яких змінюється значення, форма представлення або розташування даних позначаються на схемі у вигляді:

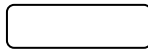


– Стрілки зверху вниз і зліва направо у випадках, якщо лінії алгоритму не мають зламу, можна не ставити. У інших випадках напрям лінії потоку вказується обов'язково.

– Блок у вигляді ромба символізує перевірку виконання певного твердження з метою ухвалення рішення про напрям ходу подальшого виконання умови завдання. У середині блоку описується умова, яку потрібно перевірити. Можливі операції вказуються на виходах – лініях, які виходять з блоку.



– Початок і кінець алгоритму зображуються у вигляді:



– У разі злиття ліній потоку, кожна з яких спрямована до одного і того ж символу на схемі, місце злиття ліній потоку позначається точкою.

При складанні структурної схеми алгоритму укладач повинен дотримуватися наступних правил, так званих правил для складання структурної схеми алгоритму:

- будь-який алгоритм повинен мати початок і кінець;
- усі блоки, окрім перевірки умови, мають тільки один вихід;
- усі блоки алгоритму мають не більше одного входу;
- лінії алгоритму не можуть розгалужуватися;
- типи алгоритмів і їх структурні схеми.

Типи алгоритмів

Лінійні алгоритми

Алгоритм, який містить лише вказівки про безумовне виконання деякої послідовності дій, без повторень або розгалужень (просте дотримання) називають *лінійним* (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Схематичне зображення лінійного алгоритму

Розглянемо завдання, яке можна формалізувати за допомогою лінійного алгоритму.

Задача 1. При гострих і хронічних бронхітах; зниженні апетиту, погіршенні травлення лікар, зокрема, рекомендує пацієнтові приймати трави материнки. Спосіб застосування і дози представлені на упаковці у вигляді тексту наступного змісту: 10 г трави (2 ст. ложки) материнки поміщають в емальований посуд, заливають 200 мл (1 склянка) кип'яченої води кімнатної температури, закривають кришкою і настоюють на киплячій водяній бані 15 хв. Охолоджують при кімнатній температурі 45 хв., проціджують, залишок віджимають до процідженого настою. Настій доводять кип'яченою водою до 200 мл. Приймають в теплом вигляді по 1/2 склянки 2 рази в день за 15 хв. до прийняття їжі.

Реалізація даної задачі наведена на рис.4.2.

Розгалужені алгоритми

Алгоритм, в якому передбачається перевірка певного твердження називають *розгалуженим*.

Розгалуження – це така форма організації дій, при якій в залежності від виконання або невиконання деякої умови здійснюється та або інша послідовність дій.

Умова – це будь-яке твердження або запитання, що допускає лише дві можливі відповіді «так» (істинне твердження) або «ні» (твердження помилкове).

Для виконання певної вказівки S треба спочатку визначити хибне або істинне твердження P . Якщо твердження P істинне, то виконуємо вказівку $S1$ і на цьому вказівка S закінчується (рис. 4.3). Якщо ж твердження P хибне, то виконується вказівка $S2$ (або вона не передбачена умовою задачі) і на цьому вказівка S закінчується (рис. 4.4).

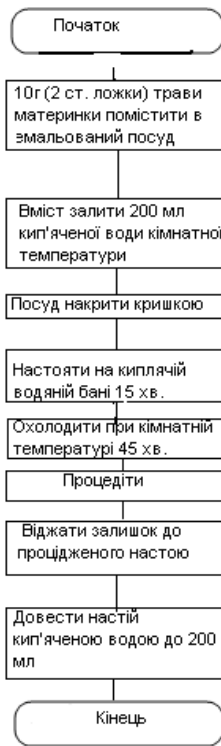


Рис. 4.2. Структурна схема лінійного алгоритму

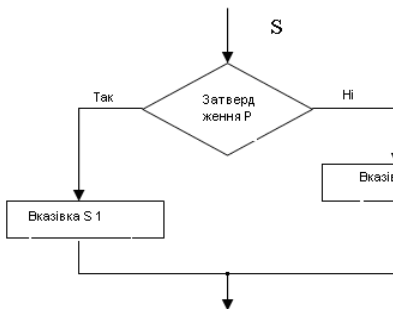


Рис. 4.3. Повна форма розгалуження

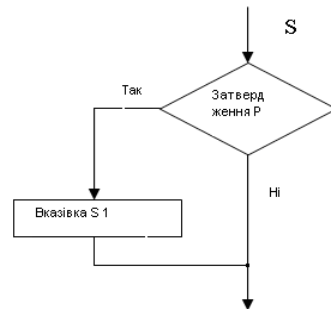


Рис. 4.4. Неповна форма розгалуження

Розглянемо задачу, що формалізована за допомогою розгалуженого алгоритму.

Задача 2. При діагностиці захворювання шлунково-кишкового тракту визначають кислотність середовища РН-метрії і використовують наступні критерії: $\text{РН} < 7$ – середовище кисле, $\text{РН} = 7$ – середовище нейтральне, $\text{РН} > 7$ – лужне середовище.

Реалізацію даної задачі наведено на рис. 4.5.

Циклічні алгоритми

Алгоритми, в яких передбачено багаторазове повторення деякої послідовності дій, називають *циклічними*.

Цикл – це форма організації дій, при якій певна послідовність дій виконується кілька разів до тих пір, поки виконується деяка умова. Розрізняють два типи циклів:

Цикл-ПІСЛЯ

У структурі цикл-ПІСЛЯ для виконання вказівки S спочатку треба визначити, істинне або хибне твердження P . Якщо P істинне, то виконується вказівка $S1$ і знову повертаються до визначення істинності твердження P . Якщо ж твердження P хибне, то виконання вказівки S вважається закінченим (рис. 4.6).

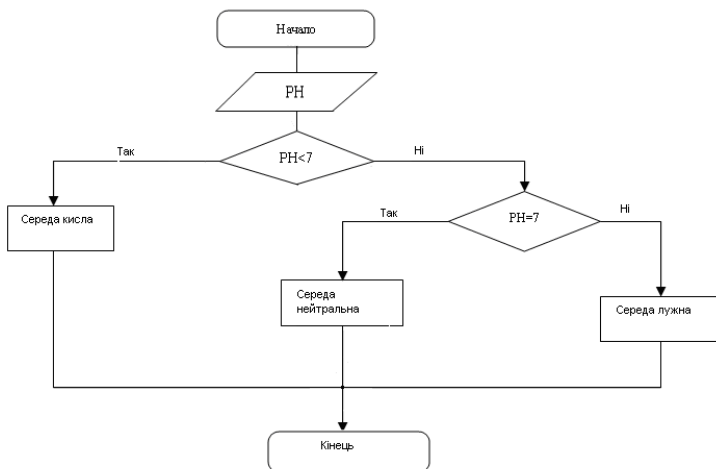


Рис. 4.5. Структурна схема розгалуженого алгоритму

Цикл-ДО

У структурі цикл-ДО спочатку виконується вказівка $S1$, а потім визначається істинність твердження P . Якщо твердження P хибне, то виконується вказівка $S1$ і визначається істинність твердження P . Якщо твердження P істинне, то виконання вказівки S вважається закінченим (рис. 4.7).

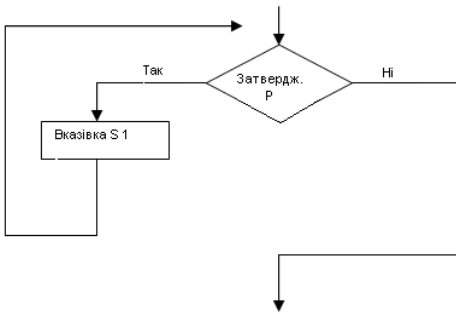


Рис. 4.6. Цикл – ПІСЛЯ

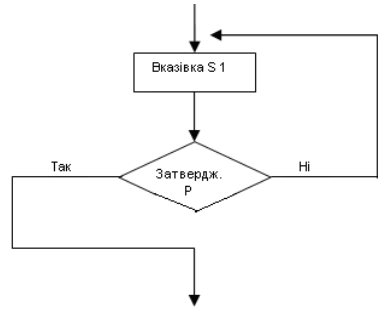


Рис. 4.7. Цикл – ДО

Задача 3. Представте графічним способом алгоритм визначення значень тиску крові в аорті P в діапазоні $0 \leq t \leq 1$ з кроком $0,1$.

Згідно умови задачі одна й та ж дія виконується багаторазово при послідовно зростаючому значенні t . Реалізація даної задачі представлена на рис. 4.8.

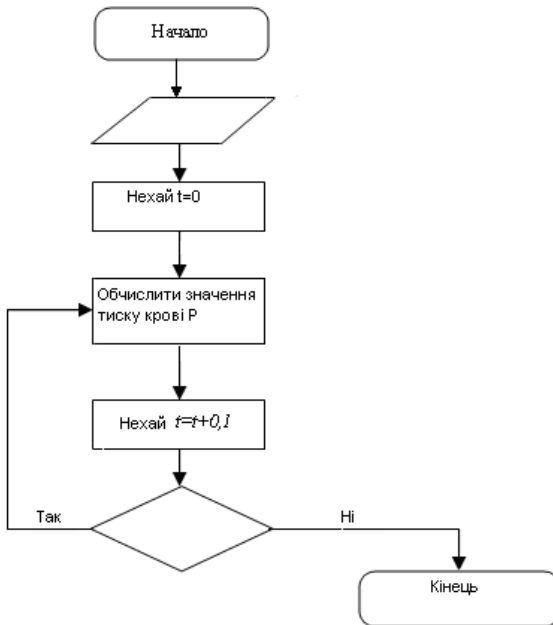


Рис. 4.8. Структурна схема циклічного алгоритму

Питання, які винесені на семінар:

1. Поняття семантичного трикутника.
2. Визначення класифікації та її приклади.
3. Види кодів: числові, мнемонічні, ієрархічні, коди зіставлення.
4. Система кодування МКХ.
5. Що лежить в основі системи кодування DSM?
6. Що являє собою система кодування SNOMED?
7. Система кодування ICD.
8. Сформулюйте визначення формалізації та алгоритмізації.
9. Що таке алгоритм? Які його основні властивості?
10. Які бувають способи подання алгоритмів?
11. Типи алгоритмів: лінійні, розгалужені, циклічні.

ТЕМА 5 «ДОКАЗОВА МЕДИЦИНА»

План:

1. Основні поняття доказової медицини.
2. Джерела науково обґрунтованої медичної інформації.
3. Визначення мети дослідження.
4. Планування дослідження.
5. Деякі питання планування клінічних випробувань.

Основні поняття доказової медицини

Постіндустріальне інформаційне суспільство, що виникає на наших очах, поставило перед медичною наукою і практикою масу проблем. Лавиноподібно зростає обсяг медичної інформації, розробляються наукомісткі медичні технології. Зростають вимоги пацієнтів до якості медичної допомоги. Разом з тим стає все очевидніше обмеженість матеріальних ресурсів охорони здоров'я навіть в економічно розвинених країнах. Це викликає необхідність підтримки прийняття рішень з розробки та впровадження нових ефективних медичних технологій, які повинні прийматися керівниками охорони здоров'я.

З прикладами використання ненадійної, ненаукової медичної інформації і пацієнти, і лікарі стикаються щодня. Досить згадати численні рекламні ролики, в яких демонструється нібито висока ефективність якогось нового препарату порівняно зі "звичайним", яка показана в ході наукового дослідження. Пацієнтам простимо піддаватися впливу такої реклами. Однак для лікаря неприпустимо сліпо довіряти подібним джерелам інформації. Необхідно знати, яким чином були отримані ці результати – на якому контингенті хворих, в ході якого типу дослідження, тощо.

Розвиток ідей критичної оцінки медичної інформації призвів до виникнення в кінці 80-х років ХХ століття концепції доказової медицини (ДМ).

Основними постулатами ДМ є наступні:

- кожне рішення лікаря має ґрунтуватися на наукових даних;
- вага кожного факту тим більша, чим суворіша методика наукового дослідження, в ході якого він отриманий.

ДМ є концепцією як для лікарів, дослідників, керівників установ та органів охорони здоров'я, так і для пацієнтів. Основна мета концепції ДМ полягає в тому, щоб поступово перетворити лікарську діяльність з мистецтва в науку.

Методичною основою ДМ є клінічна епідеміологія (КЕ) – наука, що розробляє методи клінічних досліджень, які дають можливість робити науково обгрунтовані висновки, зводячи до мінімуму вплив систематичних і випадкових помилок на результати дослідження.

КЕ дозволяє здійснювати прогнозування для кожного конкретного хворого на підставі результатів вивчення (з використанням строгих наукових методів) клінічного перебігу хвороби в аналогічних випадках. Основними положеннями КЕ є:

- у більшості випадків діагноз, прогноз і результати лікування для конкретного хворого однозначно не визначені і тому повинні бути виражені через ймовірності;
- ці ймовірності для конкретного хворого найкраще оцінювати на основі попереднього досвіду, накопиченого у відношенні груп аналогічних хворих;
- клінічні дослідження схильні до систематичних помилок, які приводять до невірних висновків, у зв'язку з тим, що дослідження проводяться на вільних у своїй поведінці хворих, а також лікарями, що володіють різними рівнями кваліфікації;
- будь-які дослідження, в тому числі клінічні, схильні до впливу випадковості;
- щоб уникнути невірних висновків лікарі повинні покладатися на результати досліджень, які засновані на строгих наукових принципах, що виконуються з використанням способів зведення до мінімуму систематичних і випадкових помилок;
- зведення до мінімуму систематичних помилок досягається правильною структурою (організацією) дослідження, адекватною його завданням;
- зведення до мінімуму випадкових помилок досягається коректним статистичним аналізом даних.

В даний час в країнах ЄС, Японії, США визначено законодавчо, що всякий новий метод діагностики та лікування, перш, ніж буде застосовуватися в практичній охороні здоров'я, повинен пройти численні дослідження. При плануванні наукового дослідження виділяють наступні етапи:

- формулювання цілей;
- планування;
- виконання (збір даних);
- підготовка даних;
- аналіз даних;
- інтерпретація результатів;
- представлення результатів;
- формулювання висновків;
- публікація (стаття, звіт, тощо).

Правильне планування структури дослідження (що забезпечує можливість отримання відповідей на поставлені питання) і грамотний статистичний аналіз, з точки зору КЕ, є найбільш важливими для отримання надійних, науково обгрунтованих результатів.

Помилки в плануванні дослідження первинні. Якщо структура дослідження неадекватна завданням дослідження і призводить до систематичних помилок, то навіть найдосконаліший статистичний аналіз не забезпечить науково обгрунтованих результатів. Аналогічна ситуація виникає і в тому випадку, якщо дослідження сплановано правильно, але статистичний аналіз проведений погано. Помилки в статистичному аналізі ведуть до невірних висновків.

В даний час за кордоном вважається загальноновизнаним, що неправильно проведене (як при плануванні, так і при аналізі даних) дослідження є неетичним принаймні з наступних причин:

1. учасники дослідження (як люди, так і тварини) в ході такого дослідження піддаються невиправданому ризику;
2. неефективно використовуються фінансові ресурси, час дослідників і т. ін., які могли б бути витрачені на вирішення інших проблем;
3. після публікації невірних результатів подальші дослідження направляються в неправильне русло;
4. застосування невірних результатів дослідження в медичній практиці може завдати шкоди хворим.

Джерела науково обгрунтованої медичної інформації

В даний час у світовому медичному співтоваристві сформувалося уявлення про те, що науково обгрунтованою, доказовою є лише та інформація про медичні втручання, яка отримана в результаті дослідження, проведеного відповідно до високих стандартів клінічного випробування.

Більшість застосовуваних на практиці препаратів не проходили такого роду клінічних випробувань. Підручники, монографії швидко застарівають, а думки колег часто бувають суб'єктивними. У зв'язку з цим у концепції ДМ стверджується, що такі знання про ефективність тих чи інших препаратів не є в достатній мірі науково обгрутованими.

Таким чином, перед споживачем медичної інформації – практикуючим лікарем, пацієнтом, дослідником – постає питання про джерела надійної інформації. Таке джерело повинно постійно підтримуватися на сучасному рівні знань, так як регулярно з'являються нові дані про результати досліджень, які змінюють існуючі уявлення про ефективність того чи іншого лікувального втручання або методу діагностики.

До числа основних регулярно оновлюваних джерел надійної медичної інформації належать такі:

- посібник "Clinical Evidence", що видається British Medical Journal Publishing Group (Великобританія). У ньому містяться відомості про ефективні втручання, про втручання з недоведеною ефективністю і шкідливі втручання для всіх найбільш поширених нозологічних форм. Посібник оновлюється один раз на 6 міс, виходить англійською мовою в друкованій формі (передплата коштує 140-250 доларів США на рік), безкоштовно доступний в Інтернет (www.clinicalevidence.org). Видавництвом "Медіасфера" у 2002р. випущено переклад даного посібника на російську мову, передбачувана періодичність видання – один раз на рік;

- електронна бібліотека систематичних оглядів (мета-аналізів) і реєстр клінічних випробувань Міжнародної спільноти лікарів The Cochrane collaboration – "The Cochrane library". Вона випускається на компакт-дисках (англійською мовою) з періодичністю один раз на 3 міс. Підписка в Росії здійснюється російським відділенням кокранівського співробітництва (www.cochrane.ru);

- електронна (на CD-ROM) бібліотека структурованих рефератів "BEST Evidence", опублікованих у журналі "American College of Physicians Journal Club" (видається англійською мовою).

- реферативні записи, що пов'язані з результатами рандомізованих клінічних випробувань (РКВ), контрольованих клінічних випробувань (ККВ) і мета-аналізів можуть бути також знайдені в базі даних "Medline" такими способами:

- 1) додаванням до ключових слів для пошуку абrevіатур RCT, CCT або терміну "meta-analysis";
- 2) шляхом звернення до інтерфейсу "Clinical Queries" на сайті National Library of Medicine (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>).
 - журнали "Evidence-based medicine", "American college of pathologists journal club", "Международный журнал медицинской практики" (єдине видання російською мовою, що систематично публікує російські переклади структурованих рефератів статей з журналу "American college of pathologists journal club", тобто інформацію, відповідну концепції ДМ, а також редакційні статті з проблем ДМ). Архів "Міжнародного журналу медичної практики" з 1996 р. доступний на CD-ROM;
 - електронні посібники на CD-ROM – "Uptodate", "Scientific american medicine";
 - клінічні рекомендації для лікарів США і Канади, що доступні безкоштовно в Інтернеті (наприклад, www.guideline.gov і www.cma.ca).

Визначення мети дослідження

Правильність проведення дослідження визначається його структурою, тобто таким плануванням дослідження, що дозволило б відповісти на поставлені питання.

Мету дослідження рекомендується формулювати максимально стисло і ясно. Незважаючи на те, що мета дослідження іноді сформульована досить просто, це не означає, що його структура буде простою.

При формулюванні мети необхідно дати точне визначення кожного використовуваного поняття. По можливості повинні використовуватися об'єктивні методи вимірювання та стандартного представлення даних: усі ознаки, що можуть бути вимірянні, повинні бути вимірянні стандартними методами, клінічні ознаки повинні оцінюватися за допомогою прийнятих міжнародних шкал, тощо.

У клінічній епідеміології для оцінки ефективності медичних втручань рекомендується намагатися використовувати справжні клінічні результати, наприклад розвиток захворювання, ускладнення, інвалідності, смерть, а не непрямі критерії оцінки (іноді їх називають сурогатними результатами), такі як фізіологічні параметри, результати лабораторних тестів, тощо.

Планування дослідження

Планування дослідження в загальному вигляді, можна розбити на два етапи:

1. Визначення типу дослідження, забезпечення достовірності та узагальненості результатів планованого дослідження, застосування способів зведення до мінімуму систематичних і випадкових помилок.
2. Визначення об'ємів вибірок.

Типи досліджень

Класифікація медичних досліджень може проводитися за декількома принципами.

По меті дослідження:

- дослідження, які висувають гіпотезу (щодо менш високої наукової цінності дослідження);

- дослідження, які перевіряють гіпотезу (щодо більш високої наукової цінності дослідження).

По часовим параметрам:

- одномоментне (поперечне) – одноразове обстеження учасників або об'єктів дослідження;

- динамічне (поздовжнє) – багаторазове обстеження учасників або об'єктів дослідження.

По відсутності або наявності втручання:

- пасивне (спостереження за природним перебігом захворювання);

- активне (дослідження медичного втручання, методу лікування або профілактики).

За співвідношенням часу збору даних і формування вибірок:

- проспективне (досліджувані групи формують до збору даних);

- ретроспективне (досліджувані групи формують після збору даних).

Кожне дослідження може бути класифіковане у відповідності з кожним з перерахованих принципів. В результаті комбінації різних зазначених вище характеристик дослідження формуються різні типи структури (планування або організації) досліджень, які володіють різним ступенем доказовості (перераховані в порядку зростання доказовості):

1) опис окремих випадків;

2) опис серії випадків;

3) ретроспективне дослідження випадок-контроль;

4) аналітичне одномоментне дослідження;

5) проспективне когортне (популяційне) дослідження;

6) рандомізоване контрольоване випробування медичних втручань (методів лікування, профілактики).

Мета-аналіз – кількісний аналіз об'єднаних результатів декількох рандомізованих клінічних випробувань одного і того ж втручання при одному й тому ж захворюванні. Такий підхід забезпечує велику статистичну потужність, ніж в кожному окремому дослідженні, за рахунок збільшення розміру вибірки. Мета-аналіз використовується для узагальнення результатів багатьох випробувань, які часто суперечать одне одному.

Дамо коротку характеристику різних типів структури (планування або організації) дослідження.

Опис окремих випадків – найбільш старий спосіб медичного дослідження. Він полягає в описі рідкісного спостереження, "класичного" випадку або нового феномену. Наукові гіпотези в такому дослідженні не висуваються і не перевіряються. Однак, даний спосіб дослідження також важливий у медицині, так як опис рідкісних випадків, або явищ, не можна недооцінювати.

Опис серії випадків – дослідження, що включає зазвичай описову статистику групи хворих, відібраних за будь-якою ознакою. Описові дослідження використовуються, наприклад, в епідеміології для вивчення впливу неконтрольованих факторів на виникнення захворювання.

Ретроспективне дослідження випадок-контроль – дослідження, в якому за архівними даними або опитуванням його учасників формують групи з цих учасників (хворих) з певним захворюванням і без нього, а потім ретроспективно оцінюють частоту впливу передбачуваного фактора ризику або причини захворювання. Такі дослідження частіше висувають наукові гіпотези, а не перевіряють їх.

Аналітичне одномоментне (поперечне) дослідження – описове дослідження, що включає одноразове обстеження групи учасників, яке проведене з метою оцінки поширеності того чи іншого результату, перебігу захворювання, а також ефективності діагностики.

Такі дослідження відносно прості і недорогі. Основною проблемою є труднощі формування вибірки, яка повинна адекватно відображати типову ситуацію у досліджуваній популяції хворих (репрезентативній вибірці).

Проспективне (когортне, поздовжнє) дослідження – дослідження, у якому за виділеною когортою учасників спостерігають протягом певного часу. Спочатку виділяють когорту (або дві когорти, наприклад осіб, які зазнали фактору ризику, та осіб, що не зазнали його), а потім проводять спостереження за нею (ними) і збір даних. У цьому полягає відмінність від ретроспективного дослідження, в якому когорти виділяють після збору даних. Такий вид досліджень використовують для виявлення факторів ризику, прогностичних факторів, причин захворювань, для визначення рівня захворюваності. Проспективні дослідження дуже трудомісткі, так як повинні проводитися протягом тривалого часу, когорти повинні бути досить великі у зв'язку з тим, що при таких дослідженнях виявляють досить рідкісні події (наприклад, виникнення нових випадків захворювання).

Рандомізоване дослідження – це динамічне дослідження якого-небудь профілактичного, діагностичного або лікувального впливу, в якому групи формуються шляхом випадкового розподілу об'єктів дослідження за групами (рандомізації). Найбільш відомий варіант рандомізованого дослідження – клінічне випробування. Клінічне випробування – це проспективне порівняльне дослідження ефективності двох і більше втручань (лікувальних, профілактичних) або діагностичного методу, в якому групи випробовуваних формуються з використанням рандомізації з урахуванням критеріїв включення і виключення. При цьому зазвичай існує гіпотеза, що виникла до проведення дослідження щодо ефективності випробовуваних методів, яка і перевіряється в ході випробування.

Будь-яке серйозне дослідження має бути контрольованим. *Контрольованим* називається дослідження, в якому контролюються (і, по можливості, мінімізуються і виключаються) потенційні джерела помилок.

Детальніше про особливості планування клінічних випробувань буде розглянуто нижче.

У біологічних експериментальних дослідженнях може бути використаний особливий тип структури дослідження, непридатний в медичних дослідженнях – активний експеримент з використанням методів теорії планування експерименту. Саме дослідження такого типу є класичним науковим експериментом, їх результати є найбільш доказовими.

Достовірність і узагальненість результатів дослідження

Будь-яке дослідження в залежності від того, наскільки надійні отримані в ньому результати і наскільки вони застосовні в клінічній практиці, можна охарактеризувати з двох точок зору:

- достовірності (внутрішньої обґрунтованості);
- узагальненості (зовнішньої обґрунтованості, застосовності).

Достовірність (внутрішня обґрунтованість) дослідження визначається тим, якою мірою структура дослідження відповідає поставленим завданням, а отримані результати справедливі відносно вибірки, яка вивчалась. Достовірність залежить від структури дослідження, правильності збору та аналізу даних, наявності та вираженості систематичних і

випадкових помилок. Достовірність – необхідна, але не достатня умова корисності клінічного дослідження.

Основні варіанти оптимальної структури (планування або організації) дослідження залежно від його завдання

Завдання дослідження	Структура дослідження
Дослідження методу діагностики	Одномоментне
Дослідження поширеності захворювання	Одномоментне
Дослідження частоти виникнення нових випадків захворювань, результатів тощо	Когортне
Дослідження факторів ризику	Когортне, випадок-контроль
Дослідження прогностичних факторів	Когортне
Дослідження методів лікування і профілактики	Рандомізоване клінічне випробування
Дослідження причинно-наслідкових зв'язків	Когортне, випадок-контроль

Узагальненість (зовнішня обґрунтованість) результатів дослідження відображає, якою мірою результати даного дослідження застосовні до інших груп хворих, наприклад до хворих іншої статі, іншої популяції, тощо.

У принципі, структура наукового дослідження передбачає, що вибірка випадкова, тобто учасники дослідження обрані з досліджуваної популяції випадковим чином. Однак на практиці це неможливо. У більшості випадків для підвищення узагальненості результатів свого дослідження автори повинні прагнути до того, щоб їх вибірка була хоча б репрезентативна, тобто відповідала за основними характеристиками досліджуваної популяції. При цьому слід уникати роботи з групами, що значно відрізняються від загальної популяції.

Для підвищення узагальненості застосовуються також багатоцентрові дослідження. При цьому в дослідження потрапляють хворі з різних географічних регіонів, тобто вибірка виявляється репрезентативною по відношенню до більш широкої географічної зони. Результати такого дослідження можуть потім більш обґрунтовано застосовуватися щодо населення цієї зони.

Систематичні та випадкові помилки

При плануванні дослідження слід прагнути уникати систематичних і випадкових помилок.

Систематична помилка – систематичне (невипадкове, односпрямоване) відхилення результатів від дійсних значень. До основних видів систематичних помилок відносяться наступні.

Систематична помилка, що виникає при відборі. Це систематична помилка, яка виникає в тих випадках, коли порівнювані групи учасників дослідження розрізняються не тільки за головними досліджуваними ознаками, а й за іншими факторами, що впливають на результат дослідження, тобто учасники фактично набираються з різних популяцій. Ця помилка виникає на етапі формування досліджуваних груп.

Приклад: хронологічне зміщення, при якому в якості групи контролю використовують раніше набраних хворих, методика обстеження яких з часом зазнала змін.

Приклад: відмінності груп за віком або статтю, тобто за факторами, що можуть впливати на наслідки, які оцінюються.

Наслідком систематичних помилок, які виникають при відборі, є формування контрольної групи, яка погано порівнюється з основною групою (якщо контрольна група формується з хворих з іншим захворюванням, то втручаються опосередковані фактори; якщо ж контрольна група формується із загальної популяції, то найчастіше вона непорівнянна з основною групою навіть за віком і статтю). Для запобігання цього необхідно підбирати пари хворих в контрольну і основну групи за кількома ознаками, що потенційно будуть впливати на досліджувані явища.

Приклад: систематична помилка Берксона, що за результатами патологоанатомічних розтинів зробив висновок про існування негативної асоціації між раком і туберкульозом.

Різновидом систематичних помилок даного виду є помилка, що обумовлена специфікою підбору учасників в основну групу і знижує можливість поширювати результати дослідження на широкий контингент хворих – узагальненість (зовнішня обґрунтованість, застосовність) результатів дослідження.

Приклад: відбір учасників тільки з певною стадією захворювання.

Слід зазначити, що систематичні помилки, що виникають при відборі, досить характерні для досліджень випадок-контроль.

Систематична помилка, що виникає при вимірюванні

Вона виникає, коли хворі в порівнюваних групах обстежені в різному ступені (різні методи діагностики, різна частота обстежень) або використовуються не стандартизовані схеми отримання даних і суб'єктивні оцінки.

Приклад: відмінності в ступені детальності збору анамнезу у групі хворих і групі здорових.

Ця систематична помилка може бути також пов'язана з неоднаковим ступенем точності оцінок різних характеристик у хворих основної та контрольної груп, а також з неточністю, неповнотою і можливими спотвореннями даних, одержуваних з медичних документів.

Приклад: при ретроспективному дослідженні факторів ризику зазвичай виявляється, що хворі люди краще пам'ятають факти несприятливих впливів, ніж здорові особи.

Систематична помилка, обумовлена впливом чинників, які втручаються виникає в тих випадках, коли досліджувані фактори взаємопов'язані, причому один з них перекручує ефект іншого. Це може статися через систематичну помилку при відборі, під дією випадковості або через реально існуючі зв'язки факторів. Такого роду помилки повинні враховуватися при аналізі даних.

Приклад: різна поширеність другого чинника ризику (наприклад, куріння) в порівнюваних групах, не врахована при проведенні дослідження впливу кількості споживання овочів в їжу на виникнення якого-небудь серцево-судинного захворювання.

Якщо при формуванні вибірок виникли систематичні помилки (зміщення) вказаних або інших типів, то формується, так звана, зміщена (нерепрезентативна) вибірка, – вибірка, яка систематичним чином відрізняється від популяції, що представляє об'єкт дослідження, або від популяції, по відношенню до якої повинні застосовуватися результати дослідження. Отже, результати, отримані при роботі зі зміщеною вибіркою, представляють істотно меншу цінність. Іншим наслідком систематичних помилок, які виникають при формуванні груп, є

відсутність їх порівнянності за основними характеристиками, що імовірно впливає на результат дослідження, наприклад за статтю, віком.

Для оцінки порівнянності груп найчастіше проводиться порівняння їх основних вихідних характеристик за допомогою статистичних критеріїв, або тестів. Відсутність вихідних відмінностей груп дозволяє припускати, що перевага в ефективності випробовуваного нового втручання або діагностичного методу пояснюється саме ними, а не будь-якими відмінностями (непорівнянністю) досліджуваних груп.

Деякі питання планування клінічних випробувань

В даний час методологія проведення клінічних випробувань є найбільш розробленою областю клінічної епідеміології. Затверджені та діючі єдині стандарти представлення результатів клінічних випробувань, в яких регламентовано застосування статистичних методів.

Розглянемо такі особливості планування рандомізованих клінічних випробувань (РКВ), до яких має відношення статистика:

- види структури клінічних випробувань;
- способи розподілу учасників випробування по групах;
- способи маскуванню втручань (засліплення);
- етичні наслідки помилок в клінічних випробуваннях.

Види структури клінічних випробувань

Виділяють наступні види структури клінічних випробувань:

- *паралельна* (групи контролю та активного лікування досліджуються паралельно, незалежно одна від одної; це найбільш поширена структура дослідження);
- *перехресна* (здійснюється послідовна зміна методів лікування в одній групі хворих);
- *парна* (проводиться аналіз груп, сформованих шляхом підбору пар, тобто кожному учаснику основної групи відповідає учасник у контрольній групі);
- *послідовна* (дослідження проводиться до моменту виявлення відмінностей між групами);
- *факторний протокол* (дослідження груп, в яких застосовуються комбінації втручань; наприклад, при факторному протоколі "два на два" для двох видів лікування формуються чотири групи, у двох з яких застосовується один з видів лікування, у третій – жоден з них, в четвертій – обидва);
- *адаптивна* (по ходу дослідження набір учасників до групи, яка одержує найгірше, за попередніми оцінками, лікування, зменшується);
- *структура Зелена* (учасникам, розподіленим у групу досліджуваного лікування, надається можливість відмовитися від нього і перейти в групу контролю).

Розподіл учасників по групах в рандомізованих клінічних випробуваннях

Основними способами розподілу учасників по групах в ході РКВ є наступні:

- рандомізація;
- мінімізація;
- псевдорандомізація.

Рандомізація – це випадковий розподіл учасників РКВ, які відповідають критеріям включення, по групах. Метою рандомізації є досягнення порівнянності груп за характеристиками, здатними впливати на досліджуваний результат РКВ. Таким чином, зводяться до мінімуму систематичні помилки в результатах РКВ, пов'язані з відмінностями груп як за відомими, так і з невідомими факторів.

Кажуть, що рандомізація ефективна, якщо отримані групи порівнянні.

Виділяють кілька типів рандомізації: проста, блокова, стратифікована, кластерна.

Проста рандомізація може проводитися кількома способами:

1) за допомогою підкидання монети – це найбільш простий спосіб випадкового розподілу, якщо необхідно розподіляти учасників РКВ за двома групами. У разі необхідності створення великих вибірок цей спосіб недостатньо надійний, тому що може проявитися асиметричність, тобто деформація, монети;

2) із застосуванням відкритої таблиці випадкових чисел (з книг по статистиці), якщо необхідно розподілення на дві групи і більше. Однак і цей спосіб рандомізації недостатньо надійний;

3) з використанням комп'ютерної програми генератора випадкових чисел. Цей спосіб є оптимальним.

Отримана послідовність випадкових чисел може використовуватися різними способами:

- парні числа або цифри можуть відповідати одній групі, а непарні – іншій (у випадку двох груп);
- якщо інтервал можливих випадкових чисел від 0 до 99, то числа, менші 50, можуть відповідати одній групі, а ті, які більші за 50 або дорівнюють 50 – іншій (у випадку двох груп);
- у випадку трьох груп може бути прийняте таке правило: числа від 1 до 33 відповідають першій групі, від 34 до 66 – другій групі, від 67 до 99 – третій групі (аналогічно для чотирьох груп і більше).

Для підтримки рівності числа учасників в групах розроблено спосіб *рандомізації всередині блоків*. Це метод рандомізації, при якому хворих, які підлягають включенню у дослідження, умовно поділяють на кілька рівних груп (блоків). У межах кожного блоку методи лікування розподіляються між хворими з використанням рандомізації таким чином, щоб у підсумку кожним методом лікувалося заздалегідь певне співвідношення хворих.

Незважаючи на випадковий характер розподілу учасників РКВ по групах, проста і навіть блокова рандомізація не гарантує отримання порівнянних груп, особливо якщо розміри груп малі. Хоча відмінності груп, які при цьому виявляються випадкові, вони (незважаючи на свій випадковий характер) також можуть впливати на результати дослідження. Для отримання порівнянних груп найдоцільніше використовувати стратифіковану рандомізацію.

Стратифікована рандомізація – рандомізація, якій передують стратифікація. *Стратифікація (розиарування)* – це виділення підвибірок (підгруп) за будь-якою ознакою

(наприклад, статтю, віком), яка імовірно може впливати на результати дослідження. Потім у кожній з цих підгруп рандомізація проводиться незалежно.

Кластерна рандомізація – це варіант стратифікованої рандомізації, при якому рандомізація піддаються не окремі учасники РКВ, а медичні центри (поліклініки, лікарні) або регіони, де вона проводиться (тобто групи учасників), фактично в багаточентрових дослідженнях стратифікованою ознакою є сам медичний центр.

Мінімізація є єдиним альтернативним способом формування груп, що забезпечує їх порівнянність за кількома прогностичними ознаками (чинниками), які імовірно впливають на результат. Мінімізація заснована на інших, ніж рандомізація, принципах:

- наступного по черзі учасника (крім першого) відносять в ту чи іншу групу не випадковим чином, а залежно від раніше набраних у групи учасників РКВ;
- наступного учасника відносять в ту групу, в якій існуючий на даному етапі набору учасників дослідження дисбаланс буде зведений до мінімуму в результаті цієї процедури.

Псевдорандомізація – це не випадковий розподіл по групах, який досить широко поширений і часто помилково приймається за істинну рандомізацію.

Деякі широко поширені способи псевдорандомізації:

- за датою народження учасника;
- за датою входження в РКВ;
- за номером історії хвороби;
- по черзі.

На перший погляд, ці способи майже не відрізняються від способів простої рандомізації. Однак, основна відмінність полягає в тому, що вони є відкритими, тобто дослідник, який проводить псевдорандомізацію, може передбачити, в яку з груп буде розподілений наступний учасник випробування. Внаслідок цього, з'являється можливість впливати на віднесення учасників в ту чи іншу групу, і вибірка виходить зміщеною.

Маскування втручання

Маскування втручання (осліплення) – це спосіб зведення до мінімуму перекручень в ході проведення випробувань. Перекручування можуть виникати у зв'язку з суб'єктивністю (тенденційністю) оцінки ефективності лікування хворим, лікарем, статистом.

Виділяють такі види досліджень за ступенем маскування:

- просте сліпе дослідження; у даному випадку хворий не знає, який з методів лікування до нього застосовується. Такий вид маскування може використовуватися і при випробуванні хірургічних методів лікування;

- подвійне сліпе дослідження; про метод лікування не знають ні хворий, ні лікар, що оцінює результати лікування;

- потрійне сліпе дослідження; про метод лікування, який застосовується в тій чи іншій групі, не знає також і статист, що аналізує дані.

Для маскування, наприклад, терапевтичного втручання, необхідно використання плацебо, яке за зовнішніми властивостями (виглядом, запахом, смаком) не відрізняється від лікарської форми досліджуваного препарату.

Питання, які винесені на семінар:

1. Основні поняття доказової медицини.
2. Етапи планування наукового дослідження.

3. Основні джерела обґрунтованої медичної інформації.
4. Типи досліджень.
5. Достовірність і узагальненість результатів досліджень.
6. Систематичні і випадкові помилки.
7. Види структур клінічних випробувань.
8. Види рандомізації.
9. Маскування втручання.

ТЕМА 6 «СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ МЕДИКО – БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»

План:

1. Опис даних.
2. Закони розподілу дискретних випадкових величин.
3. Закони розподілу неперервних випадкових величин.
4. Графічний метод подання статистичних даних.
5. Перевірка статистичних гіпотез.
6. Непараметричні методи математичної статистики.

Опис даних

Мета математичної статистики полягає в створенні методів збору та обробки статистичних даних для отримання наукових і практичних висновків. Дана мета досягається вирішенням двох основних завдань.

Перше завдання математичної статистики – вказати способи збору і угруповання статистичних відомостей, отриманих в результаті спостережень або в результаті спеціально поставлених експериментів.

Друге завдання математичної статистики – розробити методи аналізу статистичних даних в залежності від цілей дослідження. Сюди відносяться:

а) оцінка невідомої ймовірності події; оцінка невідомої функції розподілу; оцінка параметрів розподілу, вигляд якого відомий; оцінка залежності випадкової величини від однієї або декількох випадкових величин та ін.;

б) перевірка статистичних гіпотез про вид невідомого розподілу або про величину параметрів розподілу вигляд якого відомий.

Першим кроком статистичного аналізу є класифікація типу даних, тобто віднесення їх до тієї чи іншої шкали вимірів. Шкали вимірювань бувають безперервні (температура, показник гемоглобіну в крові) і дискретні (наслідок захворювання, група крові). Крім того, шкали вимірювання поділяються на:

- кількісні (інтервальні) (атмосферний тиск, тривалість госпіталізації);
- порядкові (тестові бали, стан хворого);
- номінальні (колір, стать).

Номінальна шкала. Чисельні значення результатів вимірювань служать тільки для позначення окремих можливостей, замінюючи їх назви та імена. Наприклад, якщо значення ознаки може приймати значення «так» і «ні», то їх можна позначати як 1 і 0 (це, так звана, альтернативна варіація). Тут мають сенс тільки співвідношення $x = y$, або $x \neq y$.

У *порядковій шкалі*, наприклад, шкала екзаменаційних оцінок (2, 3, 4, 5) мають сенс тільки операції порівняння. Операції на зразок додавання і віднімання безглузді.

Інтервальні шкали – це істинні кількісні шкали (довжина, температура, час). Для них мають сенс всі вищезазначені операції та операції співвідношення $x \neq y$, xu та ін.

Випадковою називається величина, яка приймає в результаті випробування (експерименту) одне з множини можливих значень, причому поява того чи іншого значення цієї величини є випадковою подією.

Дискретною випадковою величиною називається випадкова величина з кінцевою або лічильною множиною можливих значень (наприклад, кількість дітей, які народилися в пологовому будинку за добу).

Безперервною випадковою величиною називається випадкова величина, яка може приймати будь-яке із значень, які належать інтервалу (інтервалам), в якому вона існує (наприклад, маса тіла і зріст новонароджених).

Для завдання дискретної випадкової величини необхідно вказати закон розподілу цієї величини, який може бути заданий у вигляді таблиці, формули або графіка.

Завдання функції розподілу є одним із способів завдання неперервної випадкової величини.

Функція розподілу – це функція $F(x)$, яка задає ймовірність того, що випадкова величина X в результаті випробування прийме значення менше x :

$$F(x) = P(X < x).$$

Її називають також інтегральною функцією. Функція розподілу випадкової величини $F(x)$ є неубутною, безперервною функцією.

Крім функції розподілу для завдання закону розподілу неперервної випадкової

величини використовують також функцію щільності ймовірності $f(x) = \frac{dP}{dx}$, де dP –

ймовірність того, що випадкова величина прийме будь-яке значення в інтервалі dx . Поряд з терміном «функція щільності ймовірності» використовуються терміни «щільність ймовірності» і «щільність розподілу». Щільність розподілу є похідною від функції розподілу :

$$f(x) = F'(x) \Rightarrow F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx$$

Закон розподілу випадкової величини є найбільш повною характеристикою цієї випадкової величини, однак, найчастіше достатньо інформації, яка задається за допомогою числових характеристик випадкової величини, серед яких найбільш часто використовуються такі як: математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення.

Математичне сподівання неперервної випадкової величини обчислюють за формулою:

$$M(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x) dx$$

Математичне сподівання дискретної випадкової величини : $M(x) = \sum_{i=1}^N x_i P(x_i)$,

де x_i – i -е значення випадкової величини x , $P(x_i)$ – ймовірність i -го значення дискретної випадкової величини.

Дисперсія неперервної випадкової величини може обчислюватися за формулою:

$$D(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M(x))^2 f(x) dx.$$

Дисперсія дискретної випадкової величини може обчислюватися за формулою:

$$D(x) = \sum_{i=1}^N (x_i - M(x))^2 P(x_i).$$

Середнє квадратичне відхилення $\sigma(x) = \sqrt{D(x)}$.

Математичне сподівання $M(x)$ близьке за змістом до поняття середнього значення випадкової величини; дисперсія $D(x)$ – це математичне сподівання квадрата відхилення випадкової величини від її математичного сподівання (центру); середнє квадратичне відхилення, як і дисперсія, характеризує величину розкиду значень випадкової величини навколо її $M(x)$.

Розглянемо закони розподілу, які найбільш часто застосовуються при аналізі медико-біологічних даних.

Закони розподілу дискретних випадкових величин

Біноміальний розподіл (розподіл Бернуллі). Біноміальний розподіл – це розподіл числа появ деякої події (позначимо її A) у серії з n незалежних випробувань, причому, в кожному з цих випробувань ймовірність події постійна (позначимо її p). Таким чином, розглянута дискретна випадкова величина (x) може приймати одне з наступного ряду значень $0, 1, 2, \dots, m, \dots, n$, де m – довільне значення величини x .

Ймовірність появи довільного значення m обчислюється за формулою Бернуллі:

$$P(x = m) = C_n^m p^m q^{n-m},$$

$$\text{де } q = 1 - p, C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Числові характеристики випадкової величини x , розподіленої за біноміальним законом обчислюється за формулами:

$$M(x) = np, D(x) = npq$$

Ще раз підкреслимо, що тут результатом кожного випробування можуть бути тільки дві протилежні події (так A і \bar{A} , так - ні, вірно - невірно, орел - решка, позитивний результат лабораторного експерименту - негативний результат і т. ін.). Ці сукупності, що складаються з

елементів тільки двох типів, звані двозначними або дихотомічними, часто зустрічаються на практиці.

Приклад. Нехай x – число рецесивів серед n нащадків, отриманих при схрещуванні двох гібридів $gG \times gG$. За теорією Менделя ймовірність того, що нащадок двох гібридів буде рецесивним, дорівнює $0,25$. У рамках теорії Менделя x є випадковою біноміально розподіленою величиною з ймовірністю:

$$P(x = m) = C_n^m 0,25^m \cdot (1 - 0,25)^{n-m}.$$

Тобто, підставляючи певні значення m отримаємо ймовірність появи m рецесивів серед n нащадків.

Розподіл Пуассона. Це розподілення зустрічається в багатьох практичних завданнях (наприклад, при аналізі захворюваності, відвідуваності лікувально-профілактичних установ, викликів швидкої допомоги, вимог на виплату страхових сум за рік і т. д.). Розглянемо дискретну величину x , яка може приймати цілі невід'ємні значення $0, 1, 2, \dots, m$. Вважається, що послідовність значень не обмежена. Кажуть, що випадкова величина x розподілена за законом Пуассона, якщо ймовірність того, що вона прийме певне значення m ,

дорівнює $P_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a}$, ($m = 0, 1, \dots$), де a – параметр закону Пуассона, $a > 0$. Математичне

сподівання і дисперсія рівні між собою і дорівнюють параметру розподілу: $M(x) = D(x) = a$. Закон Пуассона є граничним для біноміального розподілу, якщо одночасно $n \rightarrow \infty$, $p \rightarrow 0$, причому np зберігається постійним і дорівнює параметру розподілу: $np = a$. Зазвичай формулу Пуассона використовують при $a < 4$ і $p < 0,1$. Через властивості закону Пуассона відображати біноміальний розподіл при великому числі дослідів і малу ймовірність події він має ще іншу назву – *закон рідкісних подій*.

Розподіл Пуассона зустрічається в задачах з послідовністю випадкових подій, тобто з подіями, які наступають одна за другою у випадкові моменти часу. При цьому повинні виконуватися умови:

1. ймовірність появи будь-якого числа подій за деякий проміжок часу залежить від тривалості проміжку і не залежить від початку відліку і від того, скільки разів це подія вже відбулася.

2. за малий проміжок часу ймовірність настання однієї події пропорційна тривалості цього проміжку і значно перевищує ймовірність появи двох або більше подій.

Приклад. Вакцина формує імунітет до деякого захворювання з ймовірністю $0,999$. Вакциновано 4000 жителів міста. Яка ймовірність того, що двоє з них не придбали імунітет.

$$a = np = 4000 \times 0,001 = 4$$

$$P(x = 2) = \frac{4^2}{2!} e^{-4} = 0,147$$

Закони розподілу неперервних випадкових величин

Нормальний закон розподілу (Гауса). У біології та медицині найчастіше розглядають випадкові величини, які мають закон розподілу близький до нормального, наприклад, частота дихання, частота серцевих скорочень, динаміка зростання популяції та ін.

Для нормального закону розподілу щільність ймовірності задається формулою:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}},$$

де a – математичне сподівання, а σ – середньоквадратичне відхилення, σ^2 – дисперсія.

Зазначимо, що стандартним нормальним розподілом називають розподіл з $M(x) = a = 0$ і $D(x) = \sigma^2 = 1$, щільність розподілу якого має наступний вигляд: $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$

Щільність ймовірності стандартного нормального розподілу має вигляд, представлений на рис. 6.1, функція його розподілу представлена на рис. 6.2.

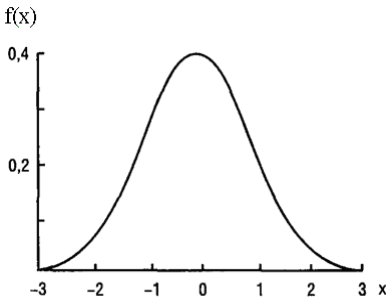


Рис. 6.1. Щільність ймовірності стандартної нормальної випадкової величини

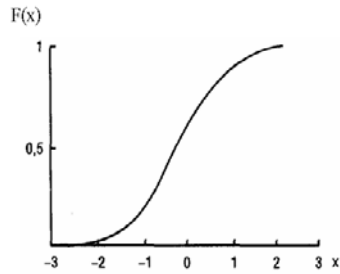


Рис. 6.2. Функція розподілу стандартної нормальної випадкової величини

У разі нормального розподілу зміна математичного сподівання не змінює форму кривої, а тільки переміщує її вздовж осі X . При зміні дисперсії форма кривої змінюється (рис. 6.3). З рисунку видно, що чим більше дисперсія, тобто чим більше ступінь розсіювання випадкових величин, тим більш пологою і розтягнутою стає крива і навпаки.

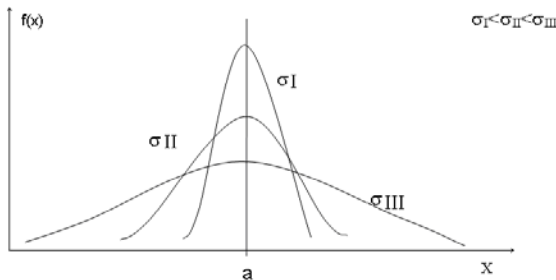


Рис.6.3. Зміна форми щільності ймовірності нормальної випадкової величини залежно від σ

Нагадаємо, що площа під графіком функції щільності ймовірності дорівнює 1 і являє собою ймовірність достовірної події.

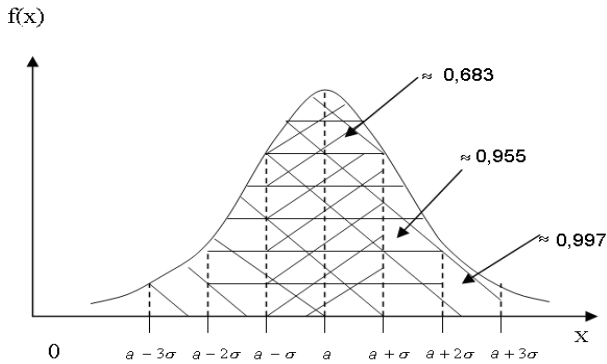


Рис. 6.4. Графік щільності нормально розподіленої випадкової величини з математичним сподіванням a і дисперсією σ^2

Основна кількість спостережуваних результатів групується навколо найбільш ймовірного значення a . У практичному застосуванні важливим є правило "трьох сигм", а саме: нормальна випадкова величина з імовірністю 0,997 потрапляє в інтервал $[(a-3\sigma, a+3\sigma)]$. В інтервалі $[(a-2\sigma, a+2\sigma)]$ лежить 95,5 % усіх значень, а в інтервалі $[(a-\sigma, a+\sigma)]$ – 68,3 % всіх значень.

Вибірковий розподіл і його характеристики

Нехай потрібно вивчити кількісну ознаку *генеральної сукупності* (нагадаємо, що генеральна сукупність – це найбільша сукупність, яка об'єднує всі елементи, що володіють якою-небудь властивістю (властивістю, наявність якої дозволяє зарахувати елементи до даної сукупності)). Припустимо, що з теоретичних міркувань вдалося встановити, який саме розподіл має ознака, що досліджується. Природно виникає задача оцінки параметрів, якими визначається цей розподіл. Наприклад, якщо наперед відомо, що досліджувана ознака розподілена у генеральній сукупності нормально, то необхідно оцінити (наближено знайти) математичне сподівання і середнє квадратичне відхилення, так як ці два параметри повністю визначають нормальний розподіл; якщо ж є підстави вважати, що ознака має, наприклад, розподіл Пуассона, то необхідно оцінити параметр a , яким цей розподіл визначається.

Набір значень (x_1, x_2, \dots, x_n) досліджуваної випадкової величини x , який отримано в результаті n дослідів, називається вибіркою обсягом n . За частотою виникнення того чи іншого значення випадкової величини x у вибірці, можна судити про частоту цього значення у всій генеральній сукупності. Вибірка називається репрезентативною, якщо її склад і структура по своїм істотним характеристикам відповідають складу і структурі генеральної сукупності.

Нехай досліджувану сукупність є новонароджені у великому місті за одну добу хлопчики, а ознакою x є вага. Виміряні значення x_i (кг) та їх частоти n_i представлені в табл. 1.

Таблиця 1.

x_i	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4
n_i	1	2	3	7	8	12	13	10	7	6	5	6	6	5	3	3	2	1

Загальна кількість новонароджених

$$N = \sum_{i=1}^k n_i = 100, k = 18.$$

У табл. 1 виміряні значення ознаки (варіанти) представлені в зростаючому порядку, у другому рядку наведені відповідні числа спостережень n_i кожної варіанти (частоти). Таблиця 1 представляє собою статистичний розподіл ваги новонароджених у розглянутій сукупності, яке називають також варіаційним рядом.

Отриманий розподіл може бути представлено у вигляді інтервального варіаційного ряду (табл. 2) шляхом перетворення дискретної випадкової величини в безперервну.

Для побудови табл. 2 всю область можливих ваг новонароджених ми розбили на 18 однакових інтервалів або класів з однаковою шириною $\Delta x = 0,1$. Оскільки безперервна випадкова величина характеризується щільністю ймовірності та функцією розподілу, вибірковими оцінками яких є щільність відносної частоти і кумулятивна відносна частота відповідно, табл. 2 доповнено рядками, що містять значення цих величин.

Таблиця 2

Номер класу	1	2	...	8	...	17	18
Класовий інтервал	[2,65; 2,75]	[2,75; 2,85]	...	[3,35; 3,45]	...	[4,25; 4,35]	[4,35; 4,45]
Частота (n_i)	1	2	...	10	...	2	1
Відносна частота $P_i^* = \frac{n_i}{N}$	$\frac{1}{100} = 0,01$	0,02	...	$\frac{1}{100} = 0,1$...	0,02	0,01
Щільність відносної частоти $f_i = \frac{P_i^*}{\Delta x}$	$\frac{0,01}{0,1} = 0,1$	$\frac{0,02}{0,1} = 0,2$...	$\frac{0,1}{0,1} = 1$...	0,2	0,1
Кумулятивна відносна частота $F_i = \sum_{j=1}^i P_j^*$	0,01	0,03	...	0,01+0,02+... +0,13+0,1= =0,56	...	0,99	1,0

Точковою оцінкою математичного сподівання є середнє вибіркове значення, що обчислюється за формулою: $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n_i x_i$. Підставляючи значення з табл. 1, отримаємо:

$$\bar{x} = \frac{1}{100}(2,7 \cdot 1 + 2,8 \cdot 2 + \dots + 4,3 \cdot 2 + 4,4 \cdot 1) = 3,383$$

Точковою оцінкою дисперсії $\hat{D}(x)$ є вибіркова дисперсія s^2 , що обчислюється за формулою:

$$s^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k \left((x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i \right).$$

Для нашого прикладу $s^2 = 0,1580 \text{ кг}^2$.

Графічний метод подання статистичних даних

Статистичним графіком називається креслення, на якому статистичні дані зображені за допомогою точок, ліній, геометричних фігур, а також інших символів.

Статистичні розподіли, які представлені наведеними таблицями, можна наочно зобразити у вигляді полігону, гістограми та кумуляти. Гістограму можна вважати емпіричною щільністю ймовірності, а кумуляту – емпіричною функцією розподілу для випадкової величини (у нашому випадку – ваги новонародженого хлопчика).

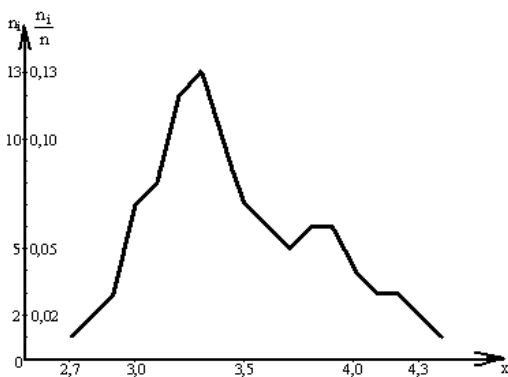


Рис.6.7. Полігон частот варіаційного ряду, що представлений табл. 1 і 2

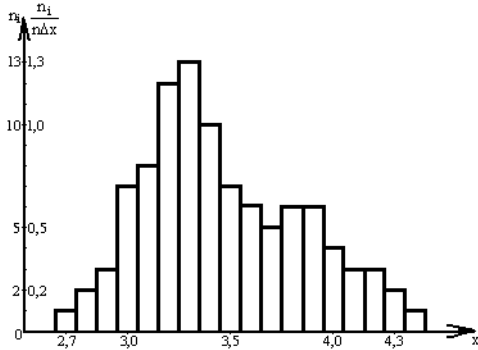


Рис. 6.8. Гістограма варіаційного ряду, представлено табл. 1 і 2

1. Нагадаємо, що загальна площа прямокутників, які утворюють гістограму, дорівнює

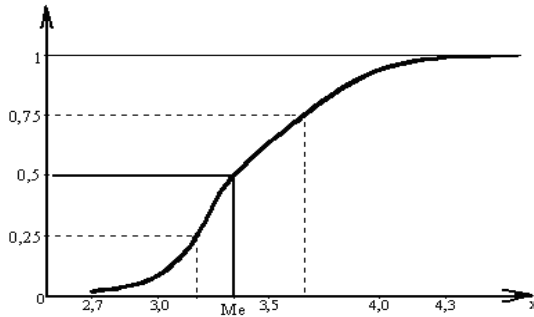


Рис.6.9. Кумулята варіаційного ряду, що представлений табл. 2

Побудовані графіки дають підставу вважати розподіл близьким до нормального і перейти до знаходження вибірових оцінок математичного сподівання і дисперсії, які, як було сказано, повністю визначають аналітичну форму розподілу.

Перевірка статистичних гіпотез

Як вказувалося, одним із завдань математичної статистики є перевірка статистичних гіпотез, які формулюються при вивченні деякої вибірки $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$.

Статистична гіпотеза (позначимо її H_0) – це гіпотеза про передбачуваний вигляд розподілу ймовірностей, якій досліджується, або гіпотеза про значення параметрів цього розподілу. Наприклад, можуть перевірятися гіпотези про незалежність двох випадкових величин, про рівність параметрів розподілів та ін. Використовуючи вибірку обчислюють підходящу функцію (позначимо її T) величин x_1, x_2, \dots, x_n , яку називають статистикою, тобто

$T = T(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Формулюється *критерій статистичної гіпотези (H)*, тобто правило, що дозволяє відкинути або не відкинути гіпотезу H_0 на підставі вибірки. Критерій визначає критичну область значень статистики T таку, що гіпотеза H_0 відкидається, якщо значення T належить критичній області і не відкидається в іншому випадку.

Описане правило прийняття або відкидання гіпотези не визначає однозначно правильність або помилковість гіпотези. Тут можливі чотири випадки:

1) гіпотеза H_0 вірна і приймається згідно з критерієм (ймовірність цього позначимо α);

2) гіпотеза H_0 невірна і відкидається згідно з критерієм (ймовірність цього позначимо $1 - \beta$);

3) гіпотеза H_0 вірна, але відкидається згідно з критерієм (у цьому випадку говорять про помилку першого роду; ймовірність цього позначимо P ; ця ймовірність називається рівнем значущості даного критерію і дорівнює $1 - \alpha$);

4) гіпотеза H_0 невірна, але приймається згідно з критерієм (у цьому випадку говорять про помилку другого роду; ймовірність її дорівнює β).

Часто чинять у такий спосіб: з розподілу статистики T знаходять табличне критичне значення T_0 , яке залежить від P – заздалегідь заданого рівня значущості (у медико-біологічних дослідженнях він зазвичай приймається рівним 0,01 або 0,05) – і перевіряється нерівність $T \leq T_0$. Якщо це справджується, то гіпотеза H_0 приймається. Якщо все ж з'ясується, що $T > T_0$, то висунута гіпотеза H_0 відкидається.

Нехай, наприклад, перевіряється гіпотеза про те, що незалежні результати спостережень x_1, \dots, x_n підкоряються нормальному розподілу з середнім значенням $a = a_0$ при відомій дисперсії σ^2 .

Для перевірки цієї гіпотези знаходиться середнє вибіркове $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$;

обчислюється статистика критерію T за формулою: $T = \sqrt{n} \frac{\bar{x} - a_0}{\sigma}$.

Якби можна було розглянути не єдину наявну в розпорядженні вибірку, а всі аналогічні вибірки з генеральної сукупності, то статистика T була б нормально розподіленою випадковою величиною T з параметрами розподілу ($a = 0$; $\sigma^2 = 1$). Задаючи рівень значущості p (наприклад, 0,05), за відповідними таблицями нормального розподілу можна знайти критичне значення T_0 (в даному випадку воно дорівнює 1,96).

Якщо T виявиться більше, ніж T_0 , то висунута гіпотеза про те, що вибірка взята з генеральної сукупності з середнім значенням $a = 0$ відкидається.

Повертаючись до помилок першого і другого роду, відзначимо, що для медика, зазвичай, більш істотною є помилка першого роду – істинно хворий визнаний здоровим (помилково відкинуто гіпотеза про хворобу). Однак, не менш жалюгідною може виявитися і помилка другого роду – визнати здорову людину хворим (помилково прийнято гіпотеза) і почати його лікувати. Природно вимагати, щоб критерій для перевірки даної гіпотези приводив якомога рідше до помилкових рішень.

Звичайна процедура побудови найкращого критерію полягає у виборі серед всіх критеріїв із заданим рівнем значущості p (ймовірність помилково відкинути) такого, який мав би найменшу ймовірність помилки 2-го роду β (помилково прийняти). Тобто бажано мати найбільшу ймовірність відхилити помилкову гіпотезу.

Звичайно, бажано мінімізувати обидві помилки одночасно, але при заданому обсязі вибірки це неможливо, оскільки при зменшенні величини однієї з них неминуче буде зростати величина іншої.

Значимо, що рівень значущості – це максимально прийнятна для дослідника ймовірність помилково відхилити гіпотезу H_0 , коли насправді вона вірна, тобто величина помилки першого роду, яка допускається дослідником. Величина рівня значущості встановлюється дослідником довільно, проте зазвичай приймається 0,05 або 0,01, або 0,001.

Величина β -помилки залежить від величини очікуваного ефекту і обсягу вибірки. Часто величина β -помилки задається значенням 0,2. З урахуванням допустимого рівня цього параметра існує можливість розрахувати обсяг вибірки, що необхідна для виявлення ефекту певної величини.

Непараметричні методи математичної статистики

Непараметричні методи математичної статистики – це методи безпосередньої оцінки і перевірки гіпотез про теоретичний розподіл ймовірностей і тих чи інших його загальних властивостей (симетрії, незалежності і т. ін.) за результатами спостережень.

Назва «Непараметричні методи» (НМ) підкреслює їх відмінність від класичних (параметричних) методів, в яких передбачається, що невідомий теоретичний розподіл належить якому-небудь сімейству, що залежить від кінцевого числа параметрів (наприклад, сімейству нормальних розподілів), і які дозволяють за результатами спостережень оцінювати невідомі значення цих параметрів і перевіряти ті чи інші гіпотези щодо їх значень.

Особливість НМ, на відміну від класичних параметричних, полягає в незалежності від невідомого теоретичного розподілу.

Багато методів математичної статистики ґрунтуються на припущенні про те, що досліджувана за вибіркою величина має або нормальний розподіл, або розподіл, який з прийнятною точністю можна вважати нормальним. Оскільки в разі нормального розподілу закон розподілу випадкової величини повністю визначається двома параметрами, що мають сенс математичного сподівання і дисперсії цієї величини, реалізація вищевказаних методів пов'язана з оцінкою значень цих параметрів за вибіркою, внаслідок чого такі методи називають параметричними.

Тим часом, найчастіше розподіли випадкових величин досить сильно відрізняються від нормального розподілу. Більш того, можуть вивчатися якісні або напівкількісні ознаки, які взагалі недопускають параметричного опису. Тому важливе місце в статистиці займають методи непараметричної статистики. Ці методи можуть застосовуватися і при вивченні властивостей окремої вибіркової сукупності, і для порівняння властивостей двох або кількох таких сукупностей.

У першому випадку одним з найважливіших завдань є з'ясування близькості встановленого в досвіді (емпіричного) розподілу випадкової величини або деякому передбачуваному розподілу, або іншому емпіричному розподілу. З цією метою може бути використаний критерій Колмогорова-Смірнова. При використанні цього критерію визначають величину D_n , яка являє собою максимальне значення модуля різниці між функціями розподілу порівнюваних розподілів, а n – це число спостережень у вибірці (обсяг вибірки). Отримане максимальне значення D_n порівнюється з критичними значеннями $D_n(p)$, для яких складені таблиці для різних обсягів вибірки і рівнів значущості (p).

Інший вид завдань, які пов'язані з вивченням властивостей вибірки, – це перевірка статистичних гіпотез про вибірках. Наприклад, критерій ітерацій дозволяє встановити, чи є випадковою послідовність певних подій або величин в досліджуваній вибірці.

Значно більше число методів непараметричної статистики розроблено для визначення достовірності відмінностей двох вибірових сукупностей. До таких методів належать:

1. критерії, що застосовуються при оцінці парних досліджень, наприклад, при визначенні якогось показника у пацієнтів до і після лікування. До таких критеріїв належать критерій знаків, максимум критерій, критерій Вілкоксона. Найбільш потужним з цих критеріїв є критерій Вілкоксона.

2. критерії, застосовні для аналізу двох незалежних вибірок, хоча ці критерії, в принципі, застосовні і при вирішенні попереднього завдання. До критеріїв цієї групи відносяться критерій інверсій (U-критерій Манна-Уїтні), критерій Х ван дер Вардена, серійний критерій Вальда-Вольфовица.

Вкажемо, що для визначення достовірності відмінностей двох вибірових сукупностей може використовуватися і раніше згаданий критерій Колмогорова-Смірнова, причому він є найбільш потужним з критеріїв цієї групи. Разом з тим, для використання цього критерію необхідний досить великий обсяг вибірки.

Серед непараметричних методів вивчення зв'язку між досліджуваними ознаками важливе місце займають методи визначення рангової кореляції. При цьому можуть використовуватися методи обчислення коефіцієнтів кореляції рангів Спірмена або Кенделла.

Ми не описуємо методики розрахунків при використанні перерахованих вище критеріїв, оскільки в даний час розрахунки зазвичай проводяться на комп'ютерах з використанням стандартних пакетів статистичних пакетів статистичних програм.

Питання, винесені на практичну роботу:

1. Опис даних. Випадкова величина, її види.
2. Закони розподілу дискретних випадкових величин:
 - біноміальний розподіл;
 - розподіл Пуассона.
3. Закони розподілу неперервних випадкових величин:
 - нормальний закон розподілу (Гауса);
 - емпіричні закони розподілу.
4. Оцінка параметрів генеральної сукупності за вибіркою.
5. Перевірка статистичних гіпотез.
6. Помилки першого і другого роду.
7. Непараметричні методи математичної статистики.
 - критерій Колмогорова-Смірнова.
 - критерій ітерацій.
 - визначення достовірності відмінностей двох вибірових сукупностей.
 - критерій знаків, максимум-критерій, критерій Вілкоксона.
 - критерій інверсій, критерій Х ван дер Вардена.
 - серійний критерій Вальда-Вольфовица.

ТЕМА 7

«БАЗИ ДАНИХ, СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БАЗАМИ ДАНИХ. ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БАЗАМИ ДАНИХ ПРИ ВИРІШЕННІ МЕДИЧНИХ ЗАВДАНЬ»

План:

1. Основні ідеї концепції баз даних.
2. Класифікація баз даних.
3. Інформаційні одиниці баз даних.
4. Типи організації БД в залежності від зв'язку між полями і записами:
 - ієрархічна БД;
 - мережеві БД;
 - реляційні БД.
5. Етапи розробки баз даних.
6. Класифікація систем управління базами даних.
7. Microsoft Access.
8. Майбутнє систем управління базами даних.

Сучасна медицина неможлива без використання баз даних. Базою даних локального характеру може бути база обліку пацієнтів, що асоціюється з поняттям «реєстратура». Тут можуть зберігатися всі історії хвороб, результати аналізів, ЕКГ, рентгенограми та інша інформація, яка може бути доступна лікареві в будь-який момент без сторонньої участі. Можна скористатися системою захисту для конфіденційності інформації. Електронний спосіб ведення обліку пацієнтів дозволяє оперативно вирішувати проблеми передачі інформації в інший медичний заклад (у зв'язку з переїздом або направленням на лікування хворого), забезпечувати захист від несанкціонованого доступу.

Базою даних називають поїменовану сукупність структурованих даних, які стосуються певної предметної області.

Створюючи базу даних, користувач прагне впорядкувати інформацію за різними ознаками і швидко видобувати вибірку з довільним поєднанням ознак. Зробити це можливо якщо тільки дані структуровані.

Основні ідеї концепції баз даних

1. Ізолювати будь-яку прикладну програму від впливу змін, внесених в інші програми, через загальні дані шляхом розмежування логічних записів, які використовуються прикладними програмами, від записів, які фізично запам'ятовуються на магнітних носіях.

2. Усунути надлишкове дублювання даних.

3. Централізувати управління даними.

Отже, суть концепції баз даних полягає в інтегрованому збереженні і диференційованому використанні прикладними програмами всієї інформації про об'єкти предметної області, які представляють певний інтерес для організації. За таких умов, з одного боку, формати представлення даних описуються на логічному (зрозумілому) для кожної програми рівні, але, з іншого боку, всі інші дані, які зберігаються в базі даних і не мають ніякого відношення до певної прикладної програми, є для неї "прозорими".

Таким чином, всі дані розміщуються в єдиному сховищі. Користувачі автоматизованих інформаційних систем (АІС) мають можливість звертатися до будь-яких даних, які їх цікавлять. Ці ж дані можуть бути в різних комбінаціях і по-різному представлені

відповідно до потреб користувачів (прикладних програм). Це забезпечується за рахунок системи управління базами даних (СУБД).

Системою управління базами даних (СУБД) називають комплекс програмних і мовних засобів, необхідних для створення баз даних, підтримання їх в актуальному стані та організації пошуку в них необхідної інформації.

Щоб сукупність файлів утворювала БД, файли повинні бути взаємопов'язаними; незалежними (від програм, в яких вони використовуються, від процесів, в яких вони підтримуються); мати єдину централізовану програму управління, що забезпечує логічну незалежність програм від даних, що зберігаються у файлах.

Що стосується системи охорони здоров'я, то проблема вибору оптимальних способів зберігання і обробки великих обсягів медичної інформації вже давно є однією з актуальних проблем організації системи охорони здоров'я в Україні. У структурі будь-якого лікувального закладу існують центри, куди надходить інформація, яку слід зберігати і обробляти.

Створюючи базу даних, користувач прагне впорядкувати інформацію про різні ознаки об'єктів і швидко отримати вибірку даних з довільним з'єднанням ознак. Зробити це можливо, тільки якщо дані структуровані. Структуризація – це введення угод про способи представлення даних. Неструктурованими називають дані, записані, наприклад, в текстовому файлі.

Приклад неструктурованих даних, які містять відомості про студентів (номер особистої справи, прізвище, ім'я, по батькові та рік народження):

Особиста справа № 16493, Сергєєв Петро Михайлович, дата народження 1 січня 1976р.;

особиста справа № 16593, Петрова Ганна Володимирівна, дата народження 15 березня 1975р.;

особиста справа №16693, дата народження 14.04.76, Анохін Андрій Борисович.

Таблиця 1

№ особистої справи	Прізвище	Ім'я	По батькові	Дата народження
16493	Сергєєв	Петро	Михайлович	01.01.1976
16593	Петрова	Ганна	Володимирівна	15.03.1975
16693	Анохін	Андрій	Борисович	14.04.1976

Легко переконатися, що складно організувати пошук необхідних даних, які зберігаються в неструктурованому вигляді, а упорядкувати подібну інформацію практично неможливо.

Щоб автоматизувати пошук і систематизувати ці дані, необхідно провести певні угоди про способи представлення даних, наприклад, дату народження потрібно записувати однаково для кожного студента, вона повинна мати однакову довжину і певне місце серед іншої інформації. Ці ж зауваження справедливі і для інших даних (номер особистої справи, прізвище, ім'я, по батькові).

Основні вимоги до БД і СУБД:

- можливість подання адекватних реальної предметної області структур даних (побудова адекватної інформаційної моделі предметної області);

- простота і малі витрати ресурсів на розвиток системи (швидка і дешева модифікація старих та розробка нових програмних додатків в рамках автоматизованої інформаційної системи);

- простота та оперативність доступу до даних, можливість пошуку інформації різними методами;

- можливість ефективного одночасного обслуговування великої кількості користувачів;

- забезпечення представлення даних користувачам у зручному вигляді для їх подальшого застосування;

- забезпечення захисту інформації в БД від збоїв і відмов у роботі технічних засобів і помилок користувачів.

Основні переваги застосування БД та СУБД під час реалізації на їх основі автоматизованих пошуково-інформаційних систем:

- скорочення зайвої надмірності даних, які зберігаються. Дані, що використовуються кількома програмами, інтегруються і зберігаються в одному місці;

- усувається суперечливість даних, яка може виникати, якщо одні й ті ж дані, що використовуються різними програмами подаються кілька разів і в разі потреби їх зміни, не всі копії відновлені;

- дані, що зберігаються, використовуються спільно. Це надає можливість розробляти нові програмні додатки над вже існуючою базою даних з мінімальними витратами; забезпечується більш звичайний, швидкий та дешевший розвиток автоматизованих систем за рахунок забезпечення логічної взаємної незалежності програм і даних у БД;

- спрощується підтримка цілісності даних (адекватності та узгодженості);

- забезпечується можливість швидкого надання даних на нестандартні (заздалегідь непередбачені) запити користувачів без додаткової розробки прикладних програм;

- у разі централізованого управління базою даних спрощується стандартизація та уніфікація представлення даних у АІС.

Класифікація БД

1. За технологією обробки даних бази даних поділяються на централізовані та розподілені.

а) Централізована база даних зберігається в пам'яті однієї обчислювальної системи. Якщо ця обчислювальна система є компонентом комп'ютерної мережі, можливий розподілений доступ до такої бази. Такий спосіб використання баз даних часто застосовують у локальних мережах ПК.

б) Розподілена база даних складається з декількох, можливо пересічних або навіть дублюючих один одного частин, які зберігаються на різних комп'ютерах. Робота з такою базою здійснюється за допомогою системи управління розподіленою базою даних (СУРБД).

2. За способом доступу до даних бази даних поділяються на бази даних з локальним доступом і бази даних з віддаленим доступом.

Системи централізованих баз даних з мережним доступом припускають різні архітектури подібних систем: файл-сервер; клієнт-сервер.

а) Файл-сервер. Архітектура систем БД з мережним доступом передбачає виділення однієї з машин мережі в якості центрального сервера файлів. На такій машині зберігається спільно використовувана централізована БД. Всі інші машини мережі виконують

функції робочих станцій, за допомогою яких підтримується доступ користувальницької системи до централізованої бази даних. Файли бази даних відповідно з користувацькими запитамі передаються на робочі станції, де в основному і проводиться обробка. При великій інтенсивності доступу до одних і тих же даних продуктивність інформаційної системи падає. Користувачі можуть створювати також на робочих станціях локальні БД, які використовуються ними монопольно.

Недоліки архітектури файл-сервер полягають у наступному:

- вся тяжкість обчислювальної роботи лягає на комп'ютер клієнта;
- оскільки БД являє собою набір файлів на мережевому сервері, доступ до таблиць регулюється тільки мережевою операційною системою, що робить таку БД по суті беззахисною від випадкового або навмисного спотворення інформації, що зберігається на ній, знищення або розкрадання.

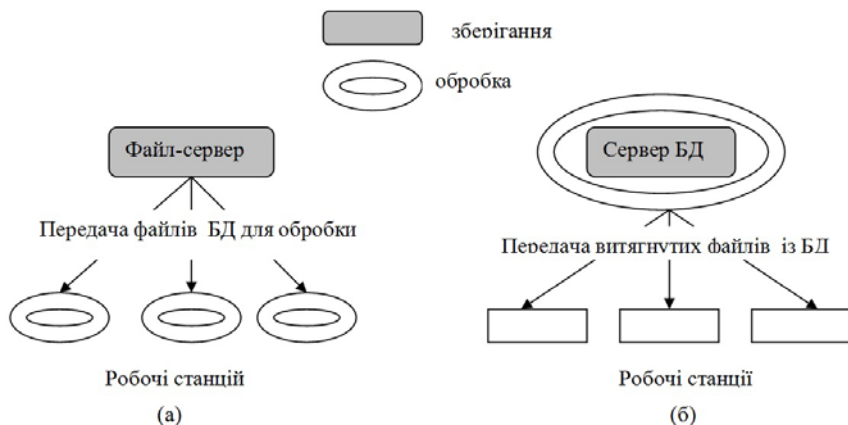


Рис. 7.1. Схема обробки інформації в БД за принципом файл-сервер (а) і клієнт-сервер (б)

б) Клієнт-сервер. У цій концепції мається на увазі, що крім зберігання централізованої бази даних центральна машина (сервер бази даних) повинна забезпечувати виконання основного обсягу обробки даних. Запит на дані, що видається клієнтом (робочою станцією), породжує пошук і вилучення даних на сервері. Витягнуті дані, але не файли, транспортуються по мережі від сервера до клієнта.

Специфікою архітектури клієнт-сервер є використання мови запитів SQL (Structured Query Language – мова структурованих запитів). Універсальна мова, призначена для створення і виконання запитів, обробки даних як у власній базі даних програми, так і з базами даних, створених іншими додатками, що підтримують SQL.

Запит мовою SQL складається з одного або декількох операторів, що йдуть один за одним і розділені крапкою з комою.

Переваги архітектури клієнт-сервер:

- більшість обчислювальних процесів відбувається на сервері, що знижує вимоги до обчислювальних потужностей комп'ютера клієнта. Збільшення обчислювальної потужності одного сервера еквівалентно одночасному збільшенню потужності всіх клієнтських місць;

- БД на сервері являє собою, як правило, єдиний файл, в якому містяться таблиці, обмеження цілісності та інші компоненти БД, і тоді зламати, викрасти або зіпсувати таку БД значно важче; істотно збільшується захищеність БД від введення неправильних значень, оскільки сервер БД проводить автоматичну перевірку відповідності увідних значень накладеним обмеженням; крім того, сервер відстежує рівні доступу для кожного користувача і блокує спроби виконання не дозволених для користувача дій; все це дозволяє говорити про значно більш високий рівень забезпечення безпеки БД, посилальної та смислової цілісності інформації;

- сервер реалізує управління змінами даних і запобігає спробі одночасної зміни одних і тих же даних;

- безпека системи зростає за рахунок перенесення більшої частини перевірок коректності даних на сервер; падає питома вага перевірок коректності даних в клієнтських додатках, що суперечать один одному і виконують різні дії над БД.

Для реалізації архітектури клієнт-сервер застосовують так звані промислові сервери баз даних, такі, як InterBase, Oracle, Informix, IBM DB2, MS SQL Server.

Інформаційні одиниці БД

Одиницею інформації, що зберігається в БД є *таблиця*. Кожна таблиця являє собою сукупність рядків і стовпців, де рядки відповідають екземпляру об'єкта, конкретній події або явищу, а стовпці – атрибутам (ознакам, характеристикам, параметрам) об'єкта, події, явища. У термінах БД стовпці таблиці називаються полями, а її рядки – записами.

Об'єктами обробки СУБД є наступні інформаційні одиниці БД.

Поле – елементарна одиниця логічної організації даних, яка відповідає неподільній одиниці інформації – реквізиту.

Запис – сукупність логічно пов'язаних полів.

Таблиця – упорядкована структура, що складається з кінцевого набору однотипних записів.

Первинний ключ – поле (або група полів), що дозволяє однозначним чином визначити кожен рядок в таблиці. Первинний ключ повинен володіти двома властивостями:

Однозначна ідентифікація запису: запис повинен однозначно визначатися значенням ключа.

Відсутність надмірності: ніяке поле не можна видалити з ключа, не порушуючи при цьому властивості однозначної ідентифікації.

Крім первинного, можуть використовуватися так звані прості (або вторинні) ключі таблиці. Простих ключів може бути безліч. Вторинні ключі (індекси) встановлюються по полях, які часто використовуються при пошуку та сортуванні даних: вторинні ключі допоможуть системі значно швидше знайти потрібні дані. Між полями і записами існують певні зв'язки. Залежно від характеру цих зв'язків розрізняють три типи організації баз даних: ієрархічний, мережевий і реляційний.

Типи організації БД в залежності від зв'язків між полями і записами

1. *Ієрархічна БД* являє собою сукупність елементів, розташованих у порядку їх підпорядкування від загального до приватного і утворюють перевернуте за структурою дерево (граф). До основних понять ієрархічної структури відносяться рівень, вузол і зв'язок.

Вузол – це сукупність атрибутів даних, що описують деякий об'єкт. На схемі ієрархічного дерева вузли представляються вершинами графа. Кожен вузол на більш низькому рівні пов'язаний тільки з одним вузлом, що знаходиться на більш високому рівні. Ієрархічне дерево має тільки одну вершину, не підпорядковану ніякій іншій вершині і знаходиться на самому верхньому – першому рівні. Залежні (підлеглі) вузли знаходяться на другому, третьому і т.д. рівнях. Кількість дерев у базі даних визначається числом кореневих записів. До кожного запису бази даних існує тільки один ієрархічний шлях від кореневої запису. Наприклад, як видно з рисунка, для запису С4 шлях проходить через записи А і В3. Приклад, наведений на рис. 7.2, ілюструє використання ієрархічної моделі бази даних.

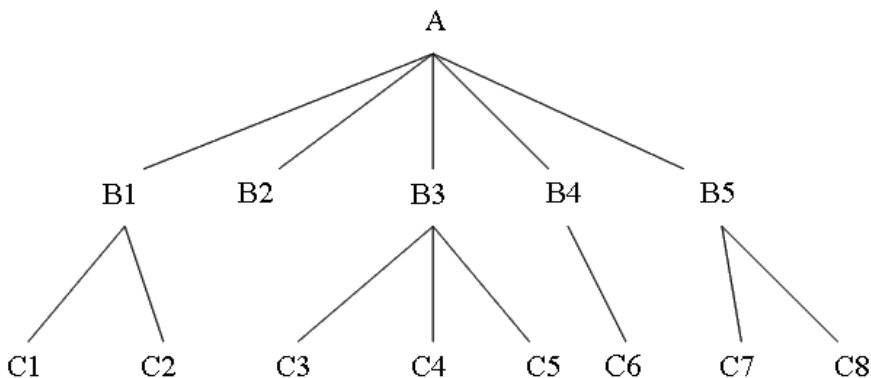


Рис. 7.2. Ієрархічна модель БД

Де А: Інститут (спеціальність, назва інститута, директор), наприклад : 071900, Економічної інформатики, Іванов І.В.

Ві: Група (номер, староста), наприклад:

Таблиця 2

В1	В2	В3
111 Петровська І.Т.	112 Зайцев Р.В.	123 Нікулін К.Л.

С_і : Студент (номер залікової книжки, прізвище, ім'я, по батькові), наприклад:

С1	С2	С3
98795	97695	98495
Поліщук	Черняхівська	Марчук
Андрій	Юлія	Костянтин
Петрович	Миколаївна	Іванович

Для розглянутого прикладу ієрархічна структура правомірна, тому що кожен студент навчається в певній (тільки одній) групі, яка відноситься до певного (тільки одного) інституту.

2. У **мережевий БД** при тих же основних поняттях (рівень, вузол, зв'язок) кожен елемент може бути пов'язаний з будь-яким іншим елементом.

Прикладом мережевий моделі може служити структура бази даних, яка містить відомості про студентів, які беруть участь у науково-дослідних роботах (НДРС).

Можлива участь одного студента в декількох НДРС, а також участь кількох студентів у розробці однієї НДРС. Графічне зображення описаної в прикладі мережевий БД, яка складається тільки з двох типів записів, наведено на рис. 7.3.

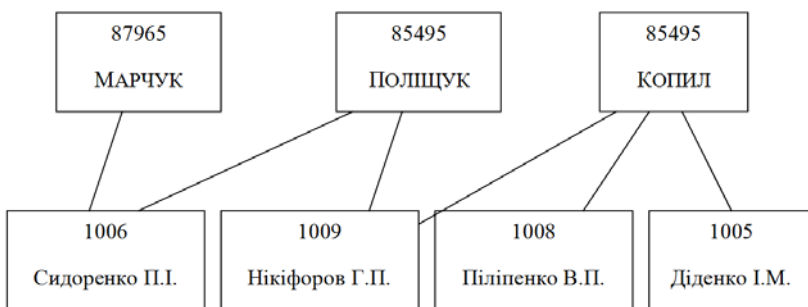


Рис. 7.3. Приклад структури мережевий БД: Робота (шифр, керівник, область знань), Студент (номер залікової книжки, прізвище, група)

3. **Реляційні БД.** В даний час найбільш поширеними є реляційні БД. Між окремими таблицями БД можуть існувати зв'язки (стосунки). Пов'язані стосунками таблиці взаємодіють за принципом головна – підлегла. Головну таблицю називають батьківською, а підпорядковану – дочірньою. Одна і та ж таблиця може бути головною по відношенню до однієї таблиці БД і дочірньою по відношенню до іншої.

Концепція реляційної бази даних розроблена Е.Ф. Коддом в 1970 р. В основі цієї бази даних лежить математичне поняття відносин (від англ. relation). Відносини представляються у вигляді двовимірних таблиць, Наприклад, у табл. 3, представлена реляційна база даних, в якій містяться відомості про вчителів школи.

Таблиця 3

ПІБ	Дата народження	Педагогічний стаж	Предмет	Категорія
Бойко Н.Н.	5.01.50	16	Фізика	1
Сергєєв М.І.	10.03.48	20	Математика	1
Федірко І.В.	32.08.65	4	Математика	2
Прокопенко Б.А.	19.04.40	25	Хімія	1

Відносини (таблиця) представляється у комп'ютері у вигляді файлу даних. Рядок таблиці відповідає запису у файлі даних, а стовпець – полю. У теорії реляційних баз даних *рядки* називають *кортежами*, а *стовпці* – *атрибутами*.

Відповідність між перерахованими поняттями для таблиць, відносин і файлів наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Таблиця	Рядок	Стовпець
Ставлення	Кортеж	Атрибут
Файл	Запис	Поле

Список імен атрибутів відносин називається *схемою відносин*. Так, схема відносин з ім'ям ВЧИТЕЛЬ, що зображено в табл. 3, запишеться наступним чином:

ВЧИТЕЛЬ (ПІБ, ДАТА НАРОДЖЕННЯ, ПЕДАГОГІЧНИЙ СТАЖ, ПРЕДМЕТ, КАТЕГОРІЯ).

У кожних відносинах виділяють один атрибут, який називають ключовим або просто ключем. Ключовий атрибут повинен бути унікальним, тобто він повинен однозначно визначати (ідентифікувати) кортежі. Наприклад, для відносин, зображених в табл. 3, ключовим полем є ПІБ.

У деяких відносинах можуть використовуватися складові ключі, що включають кілька атрибутів. Наприклад, у відносинах, зображених в табл. 5, ключ складається з двох атрибутів: НОМЕР РЕЙСУ і НОМЕР КВИТКА. У цих відносинах представлені дані про реєстрацію пасажирів на авіарейс.

Таблиця 5

НОМЕР РЕЙСУ	НОМЕР КВИТКА	ПІБ	НОМЕР БАГАЖУ
-------------	--------------	-----	--------------

Над відносинами (таблицями) можуть виконуватися різні операції, подібно виконанню арифметичних операцій. Це дає можливість отримувати з одних відносин, збережених в комп'ютері, інші відносини.

Етапи розробки БД

I етап. Постановка завдання. На цьому етапі формується завдання по створенню БД. У ньому докладно описується склад бази, призначення та мета її створення, а також перераховується, які види робіт передбачається здійснювати у цій базі даних (відбір, доповнення, зміна даних, друк або вивід звіту і т.ін.).

II етап. Аналіз об'єкта. На цьому етапі розглядається, з яких об'єктів може складатися БД, які властивості цих об'єктів. Після розбиття БД на окремі об'єкти необхідно розглянути властивості кожного з цих об'єктів, або, іншими словами, встановити, якими параметрами описується кожний об'єкт. Всі ці відомості можна розташовувати у вигляді окремих записів і таблиць. Далі необхідно розглянути тип даних кожної окремої одиниці запису. Відомості про типи даних також слід занести в складану таблицю.

III етап. Синтез моделі. На цьому етапі з проведеного вище аналізу необхідно вибрати певну модель БД. Далі розглядаються переваги і недоліки кожної моделі і зіставляються з вимогами та завданнями створеної БД. Після такого аналізу вибирають ту

модель, яка зможе максимально забезпечити реалізацію поставленого завдання. Після вибору моделі необхідно намалювати її схему із зазначенням зв'язків між таблицями або вузлами.

IV етап. Вибір способів подання інформації та програмного інструментарію.

Після створення моделі необхідно, залежно від обраного програмного продукту, визначити форму подання інформації.

У більшості СУБД дані можна зберігати в двох видах:

- з використанням форм;
- без використання форм.

Форма – це створений користувачем графічний інтерфейс для введення даних в базу.

V етап. Синтез комп'ютерної моделі об'єкта. У процесі створення комп'ютерної моделі можна виділити деякі стадії, типові для будь-якої СУБД.

Стадія 1. Запуск СУБД, створення нового файлу бази даних або відкриття створеної раніше бази.

Стадія 2. Створення вихідної таблиці або таблиць.

Створюючи вихідну таблицю, необхідно вказати ім'я і тип кожного поля. Імена полів не повинні повторюватися всередині однієї таблиці. У процесі роботи з БД можна доповнювати таблицю новими полями. Створену таблицю необхідно зберегти, давши їй ім'я, унікальне в межах створюваної бази.

При проектуванні таблиць, рекомендується керуватися наступними *основними принципами*:

1. Інформація в таблиці не повинна дублюватися. Не повинно бути повторень і між таблицями. Коли певна інформація зберігається лише в одній таблиці, то і змінювати її доведеться лише в одному місці. Це робить роботу ефективнішою, а також виключає можливість розбіжності інформації в різних таблицях. Наприклад, в одній таблиці мають міститися адреси й телефони клієнтів.

2. Кожна таблиця повинна містити інформацію лише на одну тему. Дані на кожному тему опрацьовуються набагато легше, якщо вони утримуються в незалежних одна від іншої таблицях. Наприклад, адреси та замовлення клієнтів краще зберігати в різних таблицях, з тим, щоб при видаленні замовлення інформація про клієнта залишилася в базі даних.

3. Кожна таблиця повинна містити необхідні поля. Кожне поле в таблиці повинне містити окремі дані по темі таблиці. Наприклад, у таблиці з даними про клієнта можуть бути поля з назвою компанії, адресою, містом, країною і номером телефону. Під час розробки полів для кожної таблиці необхідно пам'ятати, що кожне поле має бути пов'язане з темою таблиці. Не рекомендується включати до таблиці дані, що представляють собою вираз. У таблиці має бути вся необхідна інформація. Інформацію слід розбивати на найменші логічні одиниці (наприклад, поля "Ім'я" і "Прізвище", а не загальне поле «Прізвище Ім'я»).

4. База даних повинна мати первинний ключ. Це необхідно для того, щоб СУБД могла зв'язати дані з різних таблиць, наприклад, дані про клієнта і його замовлення.

Стадія 3. Створення екранних форм.

Спочатку необхідно вказати таблицю, на базі якої буде створюватися форма. Її можна створювати за допомогою майстра форм, вказавши, який вигляд вона повинна мати, або самостійно. При створенні форми можна вказувати не всі поля, які містить таблиця, а тільки деякі з них. Ім'я форми може збігатися з ім'ям таблиці, на базі якої вона створена. На основі однієї таблиці можна створити кілька форм, які можуть відрізнятися виглядом або кількістю використовуваних з даної таблиці полів. Після створення форми необхідно

зберегти. Створену форму можна редагувати, змінюючи місце розташування, розміри і формат полів.

Стадія 4. Заповнення БД.

Процес заповнення БД може проводитися у двох видах: у вигляді таблиці і у вигляді форми. Числові та текстові поля можна заповнювати у вигляді таблиці, а поля типу MEMO і OLE – у вигляді форми .

VI етап. Робота з створеною базою даних. Робота з БД включає в себе наступні дії:

- пошук необхідних відомостей;
- сортування даних;
- відбір даних;
- виведення на друк;
- зміна і доповнення даних.

Класифікація СУБД

За ступенем універсальності розрізняють два класи СУБД:

- *системи загального призначення;*
- *спеціалізовані системи.*

СУБД загального призначення – це складні програмні комплекси, призначені для виконання всієї сукупності функцій, пов'язаних із створенням та експлуатацією бази даних інформаційної системи.

СУБД загального призначення не орієнтовані на яку-небудь предметну область або на інформаційні потреби будь-якої групи користувачів. Кожна система такого роду реалізується як програмний продукт, здатний функціонувати в певній операційній системі і поставляється багатьом користувачам як комерційний виріб. Такі СУБД мають засоби налаштування на роботу з конкретною базою даних.

Використання СУБД загального призначення в якості інструментального засобу для створення автоматизованих інформаційних систем, заснованих на технології баз даних, дозволяє істотно скорочувати терміни розробки і економити трудові ресурси. Цим СУБД притаманні розвинені функціональні можливості і певна функціональна надлишковість.

Спеціалізовані СУБД створюються в рідкісних випадках при неможливості або недоцільності використання СУБД загального призначення.

Найпростіші СУБД дозволяють обробляти на комп'ютері один масив інформації, наприклад персональну картотеку. Більш складні СУБД підтримують кілька масивів інформації та зв'язки між ними, тобто можуть використовуватися для задач, в яких бере участь багато різних видів об'єктів, пов'язаних один з одним різними співвідношеннями. Зазвичай ці СУБД включають засоби програмування, але багато з них зручні і для інтерактивного застосування.

Ринок програмного забезпечення ПК має велику кількість різноманітних за своїми функціональними можливостями комерційних систем управління базами даних загального призначення, а також засобами їх оточення практично для всіх масових моделей машин і для різних операційних систем.

Серед СУБД загального призначення найбільш відомими є:

- Microsoft Access;
- Microsoft Visual FoxPro;
- Paradox;
- Microsoft SQL Server.

У наш час неможливо уявити інформаційну підтримку сучасного медичного закладу без застосування професійних СУБД. Проте існуючий сьогодні рівень можливостей програмних продуктів даного напрямку був досягнутий не відразу. Еволюція СУБД пройшла шлях від систем, які спиралася на ієрархічну модель і мережеву модель, до систем так званого третього покоління, для яких характерні ідеї об'єктно-орієнтованого підходу.

СУБД першого покоління мали ряд істотних недоліків: відсутність стандарту зовнішніх інтерфейсів і можливість переносити прикладні програми. Однак ці СУБД виявилися досить довговічними: розроблене на їх основі програмне забезпечення використовується і сьогодні, а великі комп'ютери (mainframe) містять величезні масиви актуальної інформації.

Розробка Є. Коддом реляційної теорії підштовхнула до створення наступного класу СУБД. Особливостями другого покоління є застосування реляційної моделі даних і мови запитів SQL. Простота і гнучкість моделі даних дозволили їй стати домінуючою і зайняти лідируючі позиції на відповідному секторі ринку. Серед негативних моментів у реляційної моделі можна відзначити: неможливість подання та маніпулювання даними складної структури (тексти, просторові дані). Це змушує вести роботи з удосконалення систем другого покоління або по створенню нової моделі даних.

Для СУБД третього покоління характерне використання пропозицій, які стосуються управління об'єктами і правилами, управління розподіленими даними, використання мов програмування четвертого покоління (4GL), технологій тиражування даних та інших досягнень в області обробки даних. Сьогодні СУБД цього покоління застосовуються у діловій сфері досить активно не тільки як незакінчені технічні рішення, але і як готові продукти, які дають можливості розробникам активно використовувати могутні засоби управління даними.

У наш час створено велику кількість СУБД, які мають приблизно однакові можливості: усі вони дозволяють створювати БД, задаючи їх структуру, вводити дані, переглядати створені файли, редагувати їх, оновлюючи запис, видаляючи непотрібні дані і додаючи нові; організувати систему паролів для захисту від несанкціонованого доступу до даних бази. Створені БД можна впорядкувати за значенням певного ключового реквізиту або декількох реквізитів, можна виконувати пошук інформації в базі, формувати звіти заданої форми за її даними; вносити зміни в структуру вже створеного файлу бази даних. Часто у зв'язку з зміною зовнішніх умов потрібно збільшити розрядність якого-небудь атрибуту об'єкта або додати новий. Функція зміни структури бази даних вирішує цю проблему автоматично, перезаписуючи файл на нове місце на диску із зміненою структурою. При цьому файлу з зміненою структурою присвоюється теж ім'я, а стара копія файлу зберігається на диску з тим же ім'ям, але з розширенням. Найбільш відомою серед СУБД є система dBASE, крім неї існують FoxBase, FoxPro, Paradox, Rbase, Clipper, Oracle та інші.

Microsoft Access

Microsoft Access – одна з найбільш популярних СУБД для операційної системи Microsoft Windows. Крім того, СУБД Access є потужною платформою розробки з гнучкою та функціонально-інтегрованим середовищем. Microsoft Access може використовуватися як інструмент для розробки та розгортання широкопредметних інформаційних бізнес-систем.

У Access використовуються такі *основні типи полів*:

- *текстовий*: призначений для текстової інформації та чисел, коли немає необхідності виконання математичних операцій з ними;

- *числовий*: призначений для чисел при використанні їх у математичних розрахунках;
- *МЕМО*: призначений для зберігання довільного тексту або коментарів (довжиною до 64000 символів);
- *грошовий*: призначений для зберігання чисел, що відбивають грошові суми;
- *дата/час*: призначений для зберігання інформації про дату і час;
- *лічильник*: спеціальне числове поле, призначене для автоматичного додавання унікального номера поточного запису в таблиці даних;
- *логічний*: призначений для зберігання всього двох значень «Істина» і «Брехня»;
- *поле об'єкту OLE* (Object Linking and Embedding – зв'язування і впровадження об'єктів): призначено для зберігання об'єктів, створених іншими додатками (малюнки, графіки, діаграми).

У Microsoft Access існує кілька способів відібрати тільки необхідні дані при виконанні пошуку конкретного значення, одного запису або групи записів.

За допомогою діалогового вікна «Пошук» легко знайти конкретні записи або певні значення в полях. При виявленні кожного входження необхідного елемента виконується переміщення по записах. Якщо потрібно замінити конкретні, виявлені при пошуку значення, слід скористатися діалоговим вікном «Заміна».

Запити дають можливість працювати з конкретним набором записів, які задовольняють умовам, заданим для однієї або декількох таблиць бази даних. При виконанні запиту стає можливою незалежна робота з цим набором записів в конкретній формі або в об'єкті в режимі таблиці.

Сортування дає змогу впорядкувати рядки в таблиці згідно вмісту одного або декількох стовпців. Для сортування вибирається поле, по якому буде здійснюватися сортування, і натискається кнопка «Сортування за зростанням» або «Сортування за зменшенням» на панелі інструментів.

Фільтрація дозволяє тимчасово ізолювати і переглянути конкретний набір записів, що відповідають певним умовам. Для фільтрації вибираються дані, за якими слід провести відбір, і натискається кнопка «Фільтр по виділеному» на панелі інструментів. Для того, щоб поправити фільтр, використовується кнопка «Змінити фільтр». Для завдання більш докладної умови для фільтрації, в меню «Запис» використовується команда «Фільтр» і підкоманда «Розширений фільтр». Для застосування звичайного чи розширеного фільтра, використовується кнопка «Застосувати фільтр» на панелі інструментів.

Майбутнє систем управління базами даних

У середині 80-х років ХХ століття для підтримки доповнень систем автоматизованого проектування (САПР) почали розробляти об'єктно-орієнтовані СУБД (ООСУБД). Складні структури даних САПР дуже зручно оформити у вигляді об'єктів, а технічні креслення простіше зберігати в БД, ніж у файлах. Це дозволяє обійтися без декомпозиції графічних структур на елементи і запис їх у файли після внесення змін в креслення.

Якщо типові реляційні БД мають зв'язки на глибині двох рівнів, то ієрархічна інформація креслень САПР зазвичай включає до десяти рівнів, що потребує досить складних операцій для "збору" результату. Об'єктні БД добре відповідали подібним завданням, і еволюція багатьох СУБД почалася саме з ринку САПР.

Об'єктно-орієнтовані БД почали використовувати для забезпечення управління базами даних і доповненнями, побудованими відповідно до концепції об'єктно-орієнтованого

програмування. Об'єктно-орієнтована технологія дозволяє пакувати дані і код для їх обробки разом (в об'єктах). Таким чином, практично знімаються обмеження на типи даних, що дає можливість працювати з даними будь-якого рівня абстракції.

Використання об'єктної моделі краще застосовувати для баз даних з великою кількістю складних зв'язків. У ООСУБД кожна визначена користувачем структура – це об'єкт, який отримує управління безпосередньо базою даних.

Якщо дані складаються з коротких полів фіксованої довжини (прізвища, адреси і т.ін.), то найкращим рішенням щодо організації даних буде використання реляційної БД. Якщо ж дані (об'єкти) містять складну структуру (типу "матрьошка"); динамічно-змінний розмір; довільні структури, які визначає користувач (наприклад, мультимедіа), то подання їх у табличній формі буде складним завданням.

Багато аналітиків вважають, що майбутнє за гібридними об'єктно-реляційними СУБД.

Питання, винесені на практичне заняття:

1. Навіщо потрібні бази даних з СУБД?
2. У чому різниця між централізованими і розподіленими БД?
3. Чому незручно використовувати неструктуровані дані?
4. Які типи організації БД ви знаєте?
5. У чому відмінність між ієрархічними і мережевими БД?
6. Для чого необхідні спеціалізовані БД?

ТЕМА 8 **«ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МЕДИКО – БІОЛОГІЧНИХ ДАНИХ.** **ОБРОБКА І АНАЛІЗ МЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ»**

План :

1. Поняття медичного зображення.
2. Медичне зображення як об'єкт медичної інформатики.
3. Методи візуалізації медичних зображень.
4. Отримання та обробка медичних зображень.
5. Основні етапи візуалізації.
6. Висновок.

Поняття медичного зображення

Найдосконалішим сенсором людини є орган зору. Органи зору утворені мозаїкою 125×10^6 скотонічних (палички) і $5,5 \times 10^6$ фотонічних (колбочки) детекторів з щільністю $1,6 \times 10^5$ рецепторів / мм^2 . Мінімальна енергія випромінюваного світла в смузі від 380 до 760 нм, яку здатно детектувати око, дорівнює $1,4 \times 10^{-17}$ Дж. Максимальна енергія, яка сприйнята оком в 10^9 разів більше. Для паличок поріг чутливості дорівнює одному кванту світлової енергії, для колбочок – від 5 до 7 квантів. Швидкість передачі інформації від органу зору до мозку найбільша серед усіх сенсорів і дорівнює 3×10^6 біт/с. Наведені властивості ока свідчать про те, що саме за рахунок зору людина здатна сприймати найбільшу кількість інформації в найкоротший час.

Унікальні властивості зору людини зумовили доцільність подання різноманітної інформації, в тому числі і ту, яка одержана під час медико-біологічних, лабораторних і клінічних досліджень в обмежених, у візуальній формі, тобто у вигляді, зручному для сприйняття людським оком.

Інтроскопія (лат. *intro* – усередині) – візуальне спостереження об'єктів і процесів в оптично непрозорих середовищах за допомогою звукових або радіохвиль, рентгенівського або інфрачервоного випромінювання.

Томографія (грец. *tomos* – шар) – метод інтроскопії, що полягає в отриманні тіньового зображення окремих шарів досліджуваного об'єкта.

Протягом двох останніх десятиліть технологія медичної інтроскопії (*medical imaging*) або технологія отримання зображень внутрішніх органів людини пережила ряд принципових змін. Раніше в розпорядженні лікарів були лише рентгенівські знімки, які давали деяке уявлення про досліджувані органи у вигляді накладення тіней на зображеннях. Ці зображення відрізнялися низькою контрастністю і відсутністю будь-якої інформації про глибину об'єктів.

Використання комп'ютерів дало можливість розвиватися новим напрямкам томографічної інтроскопії, таким як комп'ютерна томографія (КТ), магнітна резонансна томографія (МРТ) та позитронна емісійна томографія (ПЕТ). За допомогою томографічної апаратури можна отримати знімки безлічі перерізів тіла пацієнта, які характеризують особливості його анатомії і фізіології. Ці знімки з надзвичайною чіткістю показують різні органи, причому зображення органів не накладаються один на один. Математичні методи дозволяють реконструювати тривимірну структуру органів по безлічі паралельних перерізів.

Медичне зображення може бути отримане радіологічними методами (радіаційна інтроскопія) або без застосування іонізуючих випромінювань (нерадіологічні методи). При радіологічних дослідженнях використовуються іонізуючі випромінювання, в основному електро-магнітної природи (наприклад, рентгенографія, комп'ютерна томографія, позитронно-емісійна томографія). До методів, що не використовують іонізуюче випромінювання, відносяться, наприклад, ультразвукові дослідження, ендоскопія, МРТ.

Далі будемо розглядати переважно медичні зображення, отримані радіологічними методами. Саме тому під поняттям «медичне зображення» будемо розуміти доступну зоровому сприйняттю картину просторового розподілу будь-якого виду випромінювання, трансформованого у видиму частину оптичного діапазону. Це зображення фотографується або виводиться на монітор комп'ютера.

Медичне зображення як об'єкт медичної інформатики

Все розмаїття медичних зображень, незалежно від способів їх отримання, може бути віднесено до однієї з двох основних груп: аналогове і цифрове (матричне) зображення.

До аналогових зображень відносяться ті, які несуть в собі інформацію безперервного характеру. Наприклад, зображення на звичайних рентгенограмах, сцинтиграммах, термограммах. Аналогові сигнали – це безперервні сигнали, в них присутні багато зайвої інформації.

До цифрових (матричних) зображень відносяться такі, що отримані за допомогою комп'ютера. Вони мають у своїй основі матрицю, яка знаходиться в пам'яті ПК. Матричними зображеннями є образи, які отримані при комп'ютерній томографії, цифровій рентгенографії, МР-томографії, ЕОМ-сцинтиграфії з комп'ютерною обробкою інформації, ультразвуковому скануванні. Таким чином, матричні зображення на відміну від аналогових мають дискретний

характер. Оскільки в основі матричних зображень лежить комп'ютеризована технологія, вони стають доступними для різноманітної обробки за допомогою ЕОМ.

Треба відзначити, що аналогові зображення можуть бути перетворені в матричні і, навпаки матричні – в аналогові. З цією метою застосовують спеціальні пристрої: аналогово-цифрові (АЦП) і цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі.

Матричне зображення формується шляхом сканування електронним променем по рядках. Тим самим створюється можливість для сприйняття зображення в реальному часі. Для цього застосовується спеціальний дисплейний процесор, який через систему зв'язку (інтерфейс) підключений до основної ЕОМ. Пам'ять дисплейного процесора організована у вигляді матриці, кожному елементу якої відповідає своя ділянка дисплея. Подібна елементарна одиниця пам'яті отримала назву «піксель» (від англ. Pixel = picture element – елементарна одиниця плоского зображення). Таким чином вся площа екрану дисплея являє собою матрицю – сукупність пікселів. У променевій діагностиці площа дисплея може формуватися у вигляді наступних матриць: 32x32; 64x64; 128x128; 256x256; 512x512; 1024x1024 пікселів. Чим на більшу кількість пікселів розбивається площа дисплея, тим вище роздільна здатність системи відображення.

Кожен піксель зображення записується в пам'яті різною кількістю біт – від 2 до 16. Чим більшою кількістю біт інформації представлений кожен піксель зображення, тим краще зображення за своїми зоровими якостями і тим більше інформації воно містить про досліджуваний об'єкт. Так, 6- бітний піксель (байтова система запису пікселя), що найчастіше використовується в ультразвукової діагностики, містить $2^6=64$ відтінки сірого кольору (від чорного до білого). У радіонуклідної діагностики використовують переважно 8-бітний піксель, у нього $2^8=256$ градацій, тобто рівнів сірого. Неважко підрахувати, що матричне зображення 64x64 пікселів в радіонуклідної діагностики вимагає 4096 байт пам'яті, а зображення 128x128 пікселів – 16384 байт.

Більш досконалі системи радіонуклідної діагностики мають зображення 256x256 і навіть 512x512 пікселів. Для формування таких зображень необхідно при 8-бітному пікселі близько 64 і 256 кілобайт пам'яті комп'ютера, відповідно. Збільшення обсягу задіяної пам'яті неминує призводити до зниження швидкості обміну інформацією, що супроводжується збільшенням часу, необхідного для побудови кожного кадру зображення. Тому й детальніші растри (256x256 і 512x512) застосовують переважно для отримання статичних зображень, тобто в діагностиці очагових змін в органах, тоді як грубі растри (64x64 та 128x128) використовують головним чином для динамічних досліджень.

Всі медичні зображення в променевій діагностиці можуть існувати у вигляді твердих копій – рентгенограм, відбитків на папері, фотопапері; на магнітних носіях – стрічках, дисках; або в нефіксованому вигляді – на екрані дисплея або рентгенодіагностичного апарату.

Об'єкти медичного зображення можна розділити на тверді фрагменти (кістки) і фрагменти, які можуть деформуватися (структури м'якої тканини); або на статичні фрагменти (череп) і динамічні (серце, рухливі з'єднання).

Методи медичної візуалізації

Сучасні інформаційні технології дозволяють в даний час оперувати трьома основними типами зображень:

- двовимірними (планарними);
- тривимірними (3D-рендерінг);
- чотиривимірними (4D-рендерінг), де в якості четвертого виміру виступає час.

Способи візуалізації медичних зображень:

- рентгенологічні (рентгенографія, ангиографія, КТ та ін);
- магнітно-резонансні (МР томографія);
- ультразвукові (ехокардіографія тощо);
- радіонуклідні (ПЕТ та ін);
- інші.

Для отримання двовимірних медичних зображень (2D зображень) використовується, наприклад:

- рентгенографія;
- комп'ютерна томографія;
- ядерний магнітний резонанс;
- 2D- ультразвук.

Для отримання тривимірних зображень (3D зображень) використовують:

- а) послідовність радіологічних зображень чи томографічне зображення динамічного об'єкта;
- б) об'ємне томографічне зображення частини нерухомого об'єкта.

Коротко опишемо деякі згадані методи.

Рентгенографія – (звичайна радіологія) використовує іонізуюче випромінювання від джерела рентгенівських променів. Це найбільш поширений метод у відділеннях радіології. Зображення реєструється на плівці, чутливою до рентгенівських променів, і може бути потім переведено в цифрову форму. Можна отримати і безпосередньо цифрові зображення, обмикаючи стадію рентгенівської плівки – у нових апаратах, які замість плівок використовують спеціальні матриці.

Ангіографія показує судини, видаляючи зображення небажаних структур (кістки і внутрішні органи). Дослідження проводять у два етапи. Спочатку одержують зображення до ін'єкції контрастної речовини і переводять їх у цифрову форму. Потім вони використовуються для утворення маски, яка буде вилучена із зображень, отриманих після ін'єкції.

Комп'ютерна томографія також використовує рентгенівські промені, але замість одного плоского зображення КТ – зображення отримується в результаті комп'ютерної обробки безлічі проекцій (т.зв. променевих сум), що реконструюються в зображення.

При **МР томографії** комп'ютер відновлює зображення від отриманих радіосигналів, інтенсивність і тривалість яких залежить від біологічних характеристик тканини. Не використовуючи іонізуюче випромінювання, ЯМР дає зображення, вигляд яких залежить від обміну речовин і характеристик тканини.

Ультразвуковий метод використовує звукові (механічні) коливання високої частоти. Зонд випромінює ультразвукові імпульси і отримує відображені імпульси, які за допомогою п'єзоелектричних датчиків перетворюються на електричні сигнали. Сигнали, які отримані від декількох напрямків сонірування, перетворюються в цифрову форму і обробляються, внаслідок чого утворюється зображення.

Під час **радіонуклідних досліджень** в організм вводиться радіоактивна мітка, що має тропізм до певного виду тканини. Випромінювання, що випромінюється міткою, фіксується за допомогою чутливої до радіації камери.

З розвитком систем і методів обробки біологічних сигналів, а також методів їх візуалізації стало можливим отримувати видимі відображення розподілу багатьох інших інформативних параметрів біологічних тканин (ІЧ-поглинання, електричного імпедансу та ін.). Відновлене зображення використовується для оцінки функції органу.

Всі радіологічні методи отримання зображення можуть бути представлені у вигляді такої схеми (рис. 8.1).

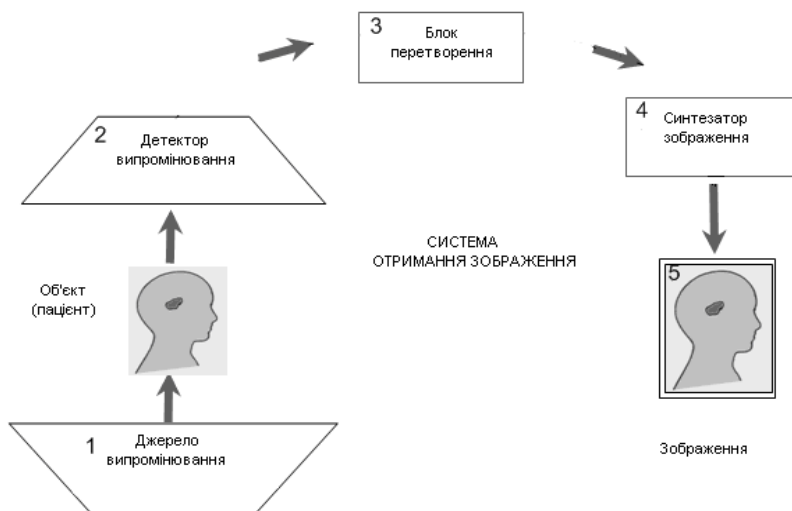


Рис. 8.1. Схема отримання зображення

У деяких діагностичних системах інформаційні сигнали з детектора надходять у блок перетворення і передачі сигналу. Призначення цього блоку – підвищити інформаційну ємність сигналу, прибрати «шуми», перетворити його в зручний для подальшої передачі вигляд.

Потім перетворені сигнали передаються в синтезатор зображення. Його призначення випливає із самої назви – відновити зображення досліджуваного об'єкта – органу, частини тіла, усієї людини. Зрозуміло, що при використанні різних методик зображення буде різним. Рентгенограми розкривають перед нами переважно макроморфологію органів і систем. Радіонуклідні скінтинграми відображають в першу чергу функціональну анатомію людини. Ультразвукове дослідження дозволяє судити про будову і функції органів шляхом аналізу їх акустичної структури. Термографія – метод оцінки теплового поля людини.

Променеві дослідження планує і проводить лікар-діагност. Це лікар, який отримав спеціальну підготовку в певній галузі променевої діагностики, або оволодів усіма її розділами. Його діяльність полягає в отриманні візуальної інформації, інтерпретації результатів і затвердження діагностичного рішення.

Отримання та обробка медичних зображень

Як було зазначено вище, в даний час все більшого поширення набувають цифрові (матричні) медичні зображення. Переклад в цифрову форму (з моменту отримання зображення або в подальшому, при перетворенні з аналогових зображень) полегшує обробку зображень, збереження і передачу медичних візуальних даних. Ці можливості значно

розширилися з появою автоматизованих робочих місць (АРМ) з великим обсягом пам'яті для зберігання даних і достатньою обчислювальною потужністю.

Інформаційні технології можуть допомогти на всіх етапах отримання та обробки медичних зображень. Комп'ютери безпосередньо беруть участь в утворенні деяких типів зображень, які не можуть бути отримані іншим способом: комп'ютерна томографія, позитронна емісійна томографія, ядерний магнітний резонанс.

Цифрова обробка зображень може використовуватися з метою:

- а) поліпшення якості зображення за рахунок компенсації дефектів реєструючої системи і зменшення шуму;
- б) розрахунку клінічно важливих кількісних параметрів (відстані, площі, обсягу і т.д.);
- в) полегшення інтерпретації (розпізнавання структури, обчислення дози для променевої терапії);
- г) планування автоматизованого хірургічного втручання.

Стиснення зображень зменшує обсяг пам'яті для зберігання даних і час для їх передачі.

Зберігання перекладених в цифрову форму зображень (наприклад, на CD) спрощують організацію архівів і доступ до них.

Передача перетворених в цифрову форму зображень між лікувальними закладами дозволяє декільком експертам швидко консультуватися для прийняття діагностичних або терапевтичних рішень і покращує контроль діагностики і лікування пацієнта (телерадіологія, телепатологія).

У багатьох випадках для встановлення діагнозу лікар візуально аналізує зображення окремих перерізів об'єкта, отриманих при томографічному обстеженні. Однак, для деяких клінічних завдань, подібних хірургічному плануванню, необхідно розуміти 3D структуру у всій її складності і бачити дефекти. Досвід показав, що "умоглядна реконструкція" об'єктів по зображенню їх перерізів (візуалізація об'єму) надзвичайно важка і сильно залежить від досвіду і уяви спостерігача. У таких випадках хотілося б увидити людське тіло так, як його побачив би хірург або анатом. Сучасні інформаційні технології дозволяють виробляти процедуру візуалізації обсягу автоматично, за допомогою комп'ютера.

Етапи візуалізації

У пам'яті ЕОМ, як відомо, зберігаються тільки цифрові коди. У вигляді цифрових кодів зберігаються і описи будь-яких зображень. Для перетворення цього моря нулів і одиниць в картинку на екрані комп'ютер повинен виконати певні операції. Процес візуалізації цифрових кодів зображення називається рендеринг. Для його здійснення використовують поняття елементарних одиниць зображення: піксель і воксель (об'ємна одиниця зображення).

Наведемо огляд етапів, використовуваних при візуалізації об'єму. На рис. 8.2. показані всі фази конвеєра візуалізації обсягу. Після отримання серії томографічних зображень частин тіла пацієнта дані зазвичай піддаються деяким процедурам предобробки для перетворення і, можливо, фільтрації. Подальша обробка може слідувати кількома шляхами.

При використанні конкретних методів окремі кроки обробки можуть бути пропущені, суміщені або переставлені місцями.

Для поліпшення якості зображення об'єм можна піддати процедурі фільтрації, подібно до того, як це робиться при обробці 2D зображень.

Наступний крок полягає в ідентифікації різних об'єктів, представлених в об'ємних даних так, щоб їх можна було виділити для візуалізації або, навпаки, зробити невидимими. Цей крок включає сегментацію та інтерпретацію. Найпростіший спосіб полягає в бінаризації даних з використанням порогу інтенсивності, наприклад, для виділення кісток з інших тканин в комп'ютерній томографії. Проте, в деяких випадках, особливо при використанні даних МРТ, потрібні більш витончені методи сегментації.

Після сегментації існує вибір, який з методів візуалізації використовувати далі. Більш традиційні підходи, які засновані на представленні об'єктів їх поверхнями, спочатку створюють проміжну модель, виділяючи поверхності об'єкту.

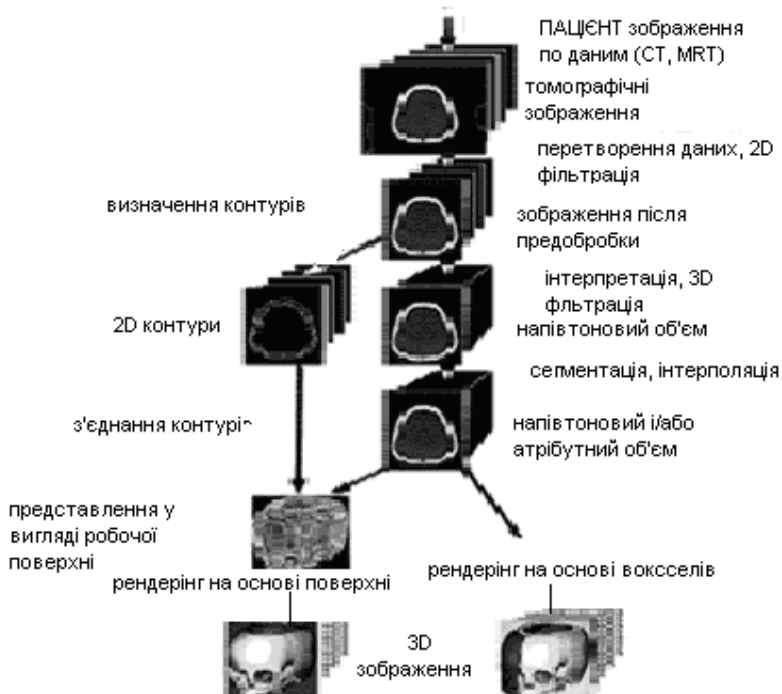


Рис 8.2. Етапи конвеєра візуалізації обсягу

Далі виконується рендеринг з використанням будь-якого стандартного методу машинної графіки. Відносно недавно були розроблені підходи, засновані на воксельному поданні об'ємів, які створюють тривимірні зображення об'єкта безпосередньо з об'ємних даних. Ці методи використовують повну інформацію про значення інтенсивності півтонування для рендеринга поверхонь, розрізів або прозорих і напівпрозорих об'ємів.

Обидва ці підходи мають свої переваги. Рішення про те, який з методів слід використовувати для конкретного додатка, залежить як від розміру пам'яті і потужності

комп'ютера, так і від цілей візуалізації. Нещодавно був розроблений новий підхід до візуалізації об'єму, який використовує методи рендеринга, які засновані на перетвореннях.

Найбільш важливими структурами для опису об'ємних даних є:

- бінарна воксельна модель: вокселі можуть приймати два значення: 1 (об'єкт) або 0 (немає об'єкта). Це дуже проста модель і використовується рідко. Для того, щоб зменшити необхідний для зберігання об'єм пам'яті, бінарні об'єми можуть бути рекурсивно розбиті на менші об'єми, які містять вокселі рівної величини; результуюча структура даних називається 8-деревом або октантним деревом.

- напівтонова воксельна модель: кожен воксель містить інформацію про інтенсивність. Для напівтонових обсягів також розроблені структури у вигляді 8-дерева.

- узагальнена воксельна модель: окрім інформації про інтенсивність кожен воксель містить атрибути, що характеризують його належність до різних об'єктів, та/або дані від інших джерел (наприклад, МРТ або ПЕТ).

- "інтелектуальні обсяги": в якості розвитку узагальненої воксельної моделі розглядається модель, в якій властивості об'єктів (такі як колір, імена в різних мовах, показники на додаткову інформацію) та їх взаємозв'язки моделюються на символічному рівні. Подібна структура даних є основою для таких просунутих додатків, як медичні атласи.

Напівтоновий об'єм зазвичай включає велике число різних структур, які затиноють один одного. Для того, щоб зобразити одну з них, слід вирішити, яку частину даних необхідно використовувати, а яку ігнорувати.

Першим кроком розпізнавання об'єкта має бути розподіл напівтонового обсягу на різні області, які є однорідними по відношенню до деякого формального критерію і відповідають реальним (анатомічним) об'єктам. Такий процес називається сегментацією. Для представлення результатів підходящою структурою даних є узагальнена воксельна модель. На наступному кроці інтерпретації, області можуть бути ідентифіковані і співвіднесені осмисленим поняттям, таким як "біла речовина" або "шлуночок".

Всі методи сегментації можна розділити на два типи: "бінарні" і "нечіткі", у відповідності з тим, яка логіка покладена в основу: бінарна або нечітка. При бінарній сегментації відповідь на питання, чи належить воксель певній області, завжди «так» чи «ні». Така інформація є передумовою, наприклад, для створення поверхневого уявлення по об'ємним даним. Однак, недоліком методу є те, що він не справляється з випадками невизначеності або випадками, коли об'єкт займає тільки частину вокселя. У разі нечіткої сегментації не обов'язково приймати точне рішення "так" або "ні" – кожному вокселю і приписуються ймовірності того, що він належить тій чи іншій матерії.

Зараз є велика кількість методів сегментації для 3D медичних зображень, які можна розбити на три типи: методи на основі точок, границь і областей. При сегментації на основі точок вокселі класифікуються тільки відповідно з величиною їх інтенсивності. При сегментації на основі границь, в зображуваному об'ємі визначають неоднорідності в розподілі інтенсивності, використовуючи для цього перші або другі похідні. При сегментації на основі областей, розглядаються властивості цілих областей, такі як розмір або форма. Часто використовується комбінація декількох різних підходів.

Хоча, безумовно, кінцевою метою є автоматична сегментація, методи, що існують сьогодні, все ще недостатньо надійні, щоб належним чином працювати в будь-яких ситуаціях. Тому на практиці часто більш корисні зручні інтерактивні системи. На рис. 8.3 наведено 3D зображення плоду за даними МРТ, отримане методом автоматичної сегментації, що відкоректоване в інтерактивному («ручному») режимі.

Найчастіше медичні інформаційні системи, що використовуються для реконструкції об'ємних зображень, створюються на базі нейронних мереж.

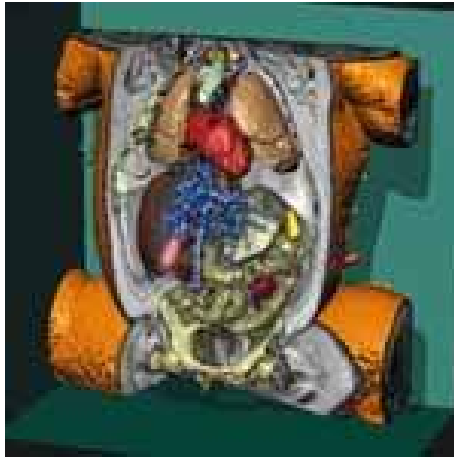


Рис. 8.3. 3D зображення плоду за даними МРТ. З використанням системи інтерактивної сегментації було визначено близько 50 об'єктів

До явних достоїнств методів на основі поверхонь можна віднести дуже велике зменшення кількості даних при переході від об'ємного уявлення до поверхневого. Час рендерингу також може бути зменшено, якщо при формуванні поверхні використовуються загальноприйняті структури даних, такі як сітки з трикутними комірками, рендеринг яких підтримується програмними і апаратними засобами. З іншого боку, на етапі реконструкції поверхні відкидається велика кількість цінної інформації, що міститься в зображеннях перерізів. Якщо уявлення у вигляді поверхні вже сформовано, повернутися назад і отримати вихідні значення інтенсивності неможливо. Розрізи об'єкта в цьому уявленні безглузді, оскільки інформації про його внутрішню частину немає. Крім того, кожна зміна критеріїв для визначення поверхні, наприклад, порогів, вимагає перерахунку всієї структури даних.

Реконструкція поверхні з об'єму. Перший метод, який широко використовувався в медичних системах, був розроблений в кінці 70-х. Напівтоновий об'єм спочатку бінарізується з використанням порогу інтенсивності. Потім створюється список граней вокселів, розташованих на границі між вокселями, що належать внутрішньої і зовнішньої частинам об'єкту. Можна показати, що результуючі поверхні завжди добре визначені і замкнуті. Опис поверхні, сформований за даним алгоритмом, зовсім простий - всі грані мають однаковий розмір і форму, і можуть бути орієнтовані тільки шістьма різними способами. Звичайно, такий метод дає тільки грубе наближення до справжньої форми об'єкта. Тому на результуючому 3D зображенні відсутні багато тонкі деталі.

Пізніше були запропоновані методи, які використовують всю півтонову інформацію. В алгоритмі маршрутуючих кубів, розробленому Лоренсеном і Клайном, розглядається куб об'ємних даних, що складається з 222 суміжних вокселів. Залежно від того, один або більше таких вокселів міститься всередині об'єкта (їх значення вище порогової

величини), будується частина поверхні, що складається з не більше, ніж чотирьох трикутників, і поміщається всередину куба. Точна локалізація трикутників знаходиться шляхом лінійної інтерполяції інтенсивностей у вершинах вокселів. У результаті отримується поверхня з великою кількістю деталей і розрізненням вище воксельного (рис. 8.4). Орієнтація поверхні обчислюється по градієнту інтенсивності.

При застосуванні алгоритму маршируючих кубів до клінічних даних створюються сотні тисяч трикутників. Було показано, що число цих трикутників може бути значно зменшено шляхом наступного спрощення трикутної сітки без великої втрати інформації.



Рис. 8.4. 3D зображення частини мозку, отримане з використанням алгоритму маршируючих кубів,

техніки триангуляції (вгорі) і зафарбування (внизу) за даними МРТ

Зафарбування. У загальному плані, зафарбування – це отримання реалістичного зображення об'єкта, виходячи з положення, орієнтації і характеристик його поверхонь і з урахуванням висвітлюючих його джерел світла. Відображаючи властивості поверхні описуються за допомогою моделі освітленості, наприклад, моделі Фонга, яка враховує властивості розсіяного, дифузного і відбитого світла. Найбільш істотними вхідними даними таких моделей є локальна орієнтація поверхні, що задається векторами нормалей.

При рендерингу на основі вокселів (воксель (voxel) – точка в просторі, яка має свій колір і реагує на освітлення його зміною) зображення формується безпосередньо з об'ємних даних. Основна перевага цього методу в порівнянні з методами на основі поверхонь, полягає в тому, що вся початкова інформація про інтенсивності зберігається протягом процесу рендерингу. Це робить даний метод ідеальною технікою для інтерактивного дослідження даних. При цьому інтерактивно можна міняти величини порогів та інші параметри, які спочатку не відомі. Крім того, рендеринг на основі вокселів дозволяє комбінувати зображення різних типів: непрозорі й напівпрозорі поверхні, розрізи і проекції максимальних інтенсивностей. Недоліком методів на основі вокселів є необхідність обробляти велику кількість даних. Це не дозволяє вирішувати прикладні завдання на сучасних комп'ютерах в реальному часі. Однак, із застосуванням спеціальних апаратних засобів вже зараз можна досягти швидкостей кілька кадрів в секунду.

Сканування об'єму. Способи воксельного рендеринга розрізняються, головним чином, стратегією сканування: піксель за пікселем (впорядкування по зображенню) або воксель за вокселем (впорядкування за об'ємом). При скануванні з впорядкуванням по зображенню об'ємні дані вибираються на променях вздовж напрямку спостереження. Цей метод відомий як метод відстеження променя.

Основні положення даного методу ілюструються на рис. 8.5. Уздовж променя легко визначається видимість поверхонь і об'єктів. Промінь може зупинитися, коли на його шляху зустрічається непрозора поверхня.

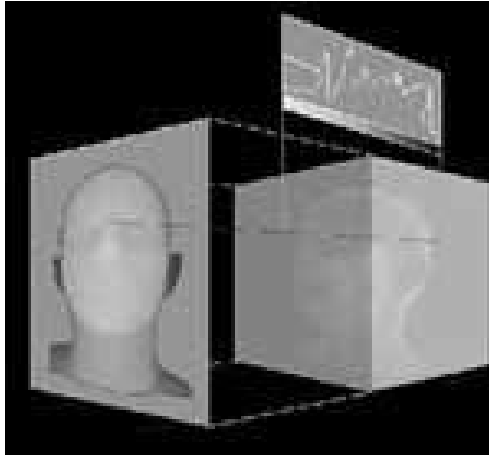


Рис. 8.5. Метод відстеження променя для візуалізації обсягу. У цьому випадку для знаходження поверхні об'єкта використовується поріг інтенсивності

Метод відстеження променя є дуже гнучким і добре зрозумілим прийомом сканування. Порівняно легко поєднувати методи рендеринга для непрозорих, напівпрозорих і прозорих поверхонь. Крім того, сканування по зображенню можна одночасно використовувати для рендеринга як воксельних, так і поверхневих даних. Якість зображення можна змінювати, збільшуючи або зменшуючи крок вибірки даних. Всі представлені ілюстрації отримані з використанням алгоритму відстеження променя.

З іншого боку, застосовність алгоритмів відстеження променя обмежується вимогами великого обсягу пам'яті і високої потужності комп'ютера. Для того, щоб об'єкт можна було розглядати з різних напрямків, необхідно забезпечити доволний доступ до всіх вхідних об'ємних даних. Крім того, для косих променів потрібна інтерполяція інтенсивностей в точках вибірки даних. Для зменшення часу обчислень процедуру рендеринга починають з малої щільності вибірки даних, щоб швидко згенерувати результуючий вид.

Якщо користувач не вносить будь-яких змін, то щільність вибірки даних поступово збільшується до максимального розрізнення. Інший прийом використовує те, що велика кількість часу витрачається на трасування порожнього простору далеко від зображуваних об'єктів. Якщо обмежувати промені так, щоб сканувати дані тільки всередині зумовленого обсягу навколо розглянутих об'єктів, то час сканування сильно зменшується.

При скануванні з впорядкуванням за об'ємом вхідні об'ємні дані вибираються вздовж рядків і стовпців 3D масиву і проводиться проектування обраного виду на площину зображення в напрямку спостереження.

Обсяг можна сканувати, починаючи з вокселів, що знаходяться на максимальній відстані від площини зображення і закінчуючи вокселями з мінімальною відстанню (back-to-front – BTF), або в зворотному порядку (front-to-back – FTB). В обох випадках кілька вокселів можуть проектуватися в один і той же піксель. Якщо необхідно зобразити непрозору поверхню, слід визначити, які частини будуть видимими. При використанні техніки BTF, значення пікселів просто заміщуються новими, так що з'являються тільки видимі поверхні. При техніці FTB пікселі, які вже були записані, зберігаються.

Скануючи дані в тому ж порядку, в якому вони і зберігаються, ці методи є досить швидкими навіть для комп'ютерів з невеликою оперативною пам'яттю. Вони особливо підходять для паралельної обробки. Досі більшою гнучкістю при комбінуванні різних способів зображень мали алгоритми відстеження променя. Однак, вже розроблені нові методи рендеринга обсягу, що використовують упорядкування за об'ємом.

Зафарбування поверхонь. Застосовуючи один з описаних методів сканування, можна визначити видиму поверхню об'єкта, використовуючи, наприклад, поріг. Відомий алгоритм зафарбування, який дуже точно обчислює вектора нормалі до поверхні. Через ефект часткового заповнення обсягу, інтенсивність вокселів, що лежать на поверхні, визначається внеском різних матеріалів, що знаходяться всередині вокселів.

Площині розрізів. Якщо поверхня об'єкта отримана, то дуже простим і ефективним методом візуалізації його внутрішніх структур є побудова розрізів. Коли вихідні величини інтенсивності відображаються на площину розрізу, їх легше зрозуміти в анатомічному контексті. Особливим випадком є виборчий розріз, для якого певні об'єкти виключаються (рис. 8.6).



Рис. 8.6. 3D зображення мозку за даними MRI. Вихідні величини інтенсивностей відображаються на площині розрізів

Інтегральна проєкція і проєкція максимальних інтенсивностей. Інший спосіб зазирнути всередину об'єкта – це проінтегрувати величини інтенсивностей вздовж напрямку променя зору. Якщо при цьому використані всі об'ємні дані, то такий спосіб – крок назад до старої техніки рентгенограм. Однак, якщо така проєкція будуватиметься лише за обраними даними, то в деяких випадках результат виявляється корисним.

Для маленьких яскравих об'єктів, подібних судинам, зареєстрованих методом магнітно-резонансної ангіографії (МРА), більше підходить метод проєкції максимальних інтенсивностей (рис. 8.7). При цьому підходи уздовж кожного променя по об'ємним даними визначаються значення максимальної інтенсивності, які потім проєктуються на площину зображення. Гідність методу полягає в тому, що при його використанні не потрібно ні сегментація, ні зафарбування – процедури, які не дуже добре застосовувать для дрібних судин.

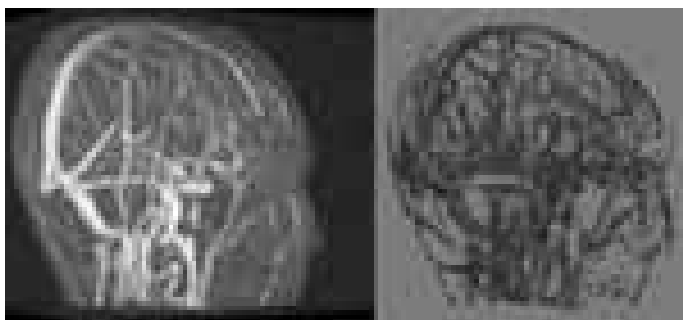


Рис. 8.7. 3D зображення судин голови за даними магнітної резонансної ангіографії (МРА)

Однак у такого підходу є і недоліки: так як метод максимальних інтенсивностей зовсім не враховує відображення світла, результуючі зображення не дають реалістичного тривимірного сприйняття об'єктів. Просторове сприйняття можна поліпшити, покручуючи об'єкт, комбінуючи відображення з різних поверхонь чи площин розрізу.

Хоча проєкція максимальних інтенсивностей (ліворуч) виявляє більше деталей об'єкта, просторове сприйняття значно краще при використанні порогової сегментації і зафарбування на основі градієнта (праворуч).

Питання, винесені на семінар:

1. Поняття інтроскопії. Томографія як метод інтроскопії. Методи томографічної інтроскопії.

2. Методи отримання зображень (радіологічні та нерадіологічні) в медицині. Поняття медичного зображення.

3. Аналогові і матричні (цифрові) зображення. Формування матричних зображень.

4. Основні типи зображень. Способи візуалізації медичних зображень. Перерахувати основні методи отримання двовимірних і тривимірних зображень.

5. Коротка характеристика основних методів отримання двовимірних і тривимірних зображень (рентгенографія, ангіографія, комп'ютерна томографія, МР томографія, ультразвуковий метод, радіонуклідні дослідження).

6. Загальна схема радіологічних методів отримання зображення.
7. Цифрова обробка медичних зображень: цілі та переваги. Реконструкція об'ємного об'єкта.
8. Рендеринг. Елементарні одиниці зображення (піксель, воксель). Етапи конвеєра візуалізації об'єкту. Основні моделі комп'ютерного кодування об'ємних даних: бінарна воксельна, напівтонова воксельна, узагальнена воксельна, інтелектуальні об'єми.
9. Основні методи сегментації для 3D медичних зображень. Методи на основі точок, на основі границь, на основі областей.

Питання, винесені на самостійне вивчення :

1. Рендеринг поверхонь.
2. Реконструкція поверхні з об'єму.
3. Закраска.
4. Сканування об'єму.
5. Закраска поверхонь.
6. Плоскості розрізів.
7. Інтегральна проекція і проекція максимальних інтенсивностей.

ТЕМА 9 «ОБРОБКА ТА АНАЛІЗ БІОЛОГІЧНИХ СИГНАЛІВ»

План:

1. Введення.
2. Реєстрація та трансформація сигналів в цифрову форму.
3. Біосигнали та їх особливості.
4. Типи біосигналів.
5. Аналогово-цифрове перетворення.
6. Приклади застосування аналізу біосигналів.

Введення

Впровадження електрокардіограми (ЕКГ) в клінічну практику датським лікарем Вільямом Ейнтховеном в 1903 році ознаменувало початок нової ери в методах медичної діагностики, яка пов'язана з використанням електроніки в охороні здоров'я. З тих пір електроніка, а надалі і комп'ютери, стали невід'ємними компонентами систем аналізу біомедичних сигналів, виконуючи різні завдання від знімання даних попередньої обробки та усунення артефактів до виділення діагностичних ознак та інтерпретації. Електронне обладнання та комп'ютери почали застосовуватися для дослідження широкого спектру біологічних, фізіологічних систем і феноменів, таких як електрична активність серцево-судинної системи, мозку, нейром'язової системи та системи травлення; зміна тиску в серцево-судинній системі; звуки та сигнали вібрації від серцево-судинної, м'язово-скелетної і дихальної систем; магнітні поля мозку. І це далеко не повний перелік.

Першим кроком у дослідженні фізіологічних систем є розробка відповідних датчиків і апаратури для перетворення досліджуваних феноменів в електричний сигнал, який піддається вимірюванню. Наступний крок – аналіз сигналів – не завжди є простим завданням для лікаря або спеціаліста в галузі біологічної науки. Клінічно важлива інформація в сигналі

часто замаскована шумами і наводками. Крім того, як правило, параметри сигналів не можуть бути безпосередньо сприйняті візуальною та звуковою системами людини-спостерігача. Велика частина енергії звуків серця, наприклад, зосереджена на кордоні або за межами кордонів сприйняття звуку більшістю людей. Вид поверхневого електроміографічного (ЕМГ) сигналу занадто складний, щоб був можливий його візуальний аналіз. Деякі багаторазово повторювані або ті, які вимагають безперервної уваги завдання, такі як поточний моніторний контроль ЕКГ тяжких кардіологічних хворих з порушеннями серцевого ритму, можуть виявитися нудними і виснажливими для людини-спостерігача. Більше того, в сигналах такого типу спостерігається мінливість від одного пацієнта до іншого. Крім того, варіабельність, породжувана суб'єктивністю аналізу різних лікарів чи аналітиків, робить надійну та спроможну оцінку й розуміння спостережуваних феноменів скрутним або навіть неможливим завданням. Ці фактори визначають потребу не тільки в більш досконалій апаратурі, але також і в розробці методів для об'єктивного аналізу сигналів з використанням алгоритмів обробки, реалізованих за допомогою електронної апаратури або комп'ютерів.

Обробка медичних сигналів донедавна була в основному спрямована на вирішення таких видів завдань: фільтрацію шумів або мережного наведення; спектральний аналіз для розуміння частотних характеристик сигналу; моделювання для представлення властивостей і параметризації досліджуваних процесів. Тенденції останнього часу спрямовані на кількісний об'єктивний аналіз фізіологічних систем і феноменів через аналіз сигналів. Напрямок аналізу біомедичних сигналів досяг рівня практичного застосування методів обробки сигналів і розпізнавання образів для ефективної та досконалої неінвазивної діагностики, поточного моніторного спостереження за станом важко хворих пацієнтів, реабілітації та сенсорної підтримки інвалідів. Методи, розроблені інженерами, знаходять все більше застосування у практичних лікарів, а роль техніки в діагностиці та лікуванні завоювала заслужену повагу.

Основні зусилля при застосуванні комп'ютерів для аналізу біомедичних сигналів спрямовані на використання обробки сигналів і методів моделювання для кількісного об'єктивного аналізу. Аналіз сигналів спостерігачем-людиною майже завжди пов'язаний з обмеженнями сприйняття, міжособистісними розходженнями, помилками, викликаними втому, помилками, викликаними дуже низькою частотою зустрічальності певних ознак аномальностей, відволіканням уваги через навколишнє оточення і т.ін. Інтерпретація сигналу експертом у великій мірі визначається досвідченістю та кваліфікованістю аналітика; отже, такий аналіз завжди суб'єктивний. Комп'ютерний аналіз біомедичних сигналів, якщо він виконується з використанням адекватної логіки, потенційно здатний підсилити об'єктивну складову інтерпретації, що дається експертом. Таким чином, стає можливим посилити достовірність або точність діагностики навіть експерта з багаторічним досвідом.

Розробка алгоритму для аналізу біомедичного сигналу, однак, є непростим завданням; досить часто це навіть не цілеспрямований процес. Інженер або комп'ютерний аналітик часто стикається з проблемами мінливості та різноманітності ознак в біомедичних сигналах, де вони проявляються значно частіше, ніж у самих фізичних системах-джерелах цих сигналів. Доброякісні захворювання часто маскують ознаки злоякісних; злоякісні захворювання можуть проявлятися у вигляді специфічних ознак, прояв яких, однак, не завжди гарантований. Облік всіх можливостей і ступенів свободи в біомедичних системах є найбільш складною проблемою для більшості застосувань. Методи, що показали хорошу працездатність для певних систем або наборів сигналів, можуть виявитися неспроможними в інших, на перший погляд подібних, ситуаціях.

Живі організми генерують великий потік сигналів, часто замаскованих на тлі інших сигналів і шумів. Головна мета обробки сигналів – відфільтрувати сигнали, що нас цікавлять,

від фону і зменшити надмірний потік даних до декількох, потрібних параметрів, які мають інформаційну цінність. Такі параметри повинні представляти цінність для медичного висновку, вирішувати медичну проблему, уточнювати механізми, що лежать в основі біологічного процесу і т.д.

Мета вивчення біосигналів – зв'язати отримані дані (сигнали) з досліджуваною біосистемою і отримати на їх основі інформацію, яка в кінцевому підсумку, стане знаннями.

Інформація формується на основі отриманих даних шляхом їх інтерпретації (рис. 9.1). Інформація від багатьох пацієнтів повертається назад до лікаря. Шляхом індуктивних міркувань з цієї інформації виходять нові знання, які присвоюються до основних медичних знань. Ці знання використовуються для інтерпретації інших даних.

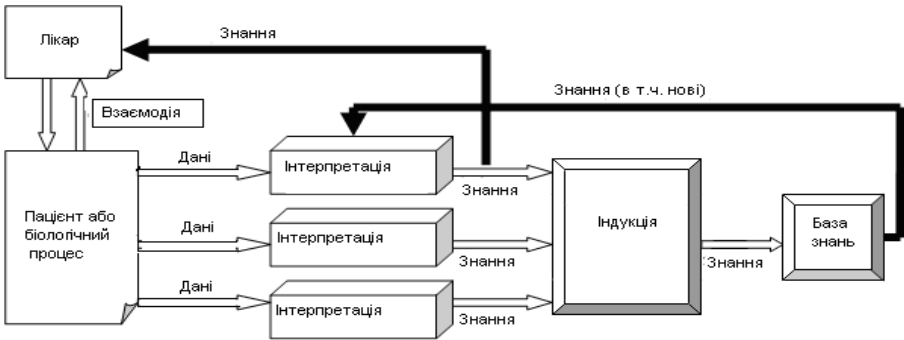


Рис. 9.1. Дані про пацієнта, які інтерпретовані на основі доказової медицини

Етапи аналізу сигналів

Цикл аналізу сигналів (рис. 9.2) може бути пройдений тільки один раз, наприклад, при проведенні флюорографічного дослідження або багато разів, наприклад, при томографічних дослідженнях. Обробка біосигналів складається, як мінімум, із чотирьох стадій (рис. 9.3):

1. отримання (реєстрація, вимірювання) сигналів;
2. перетворення (трансформація) сигналів в цифрову форму;
3. виявлення (відбір діагностично істотних) параметрів;
4. інтерпретація (класифікація) сигналів.

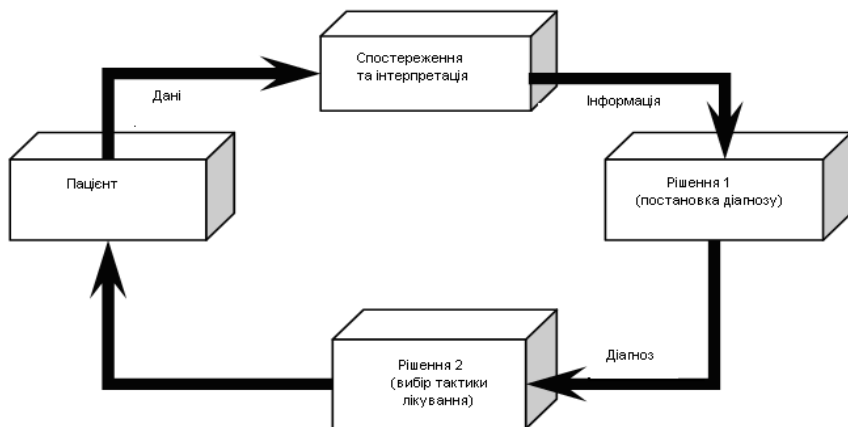


Рис. 9.2. Етапи аналізу сигналів

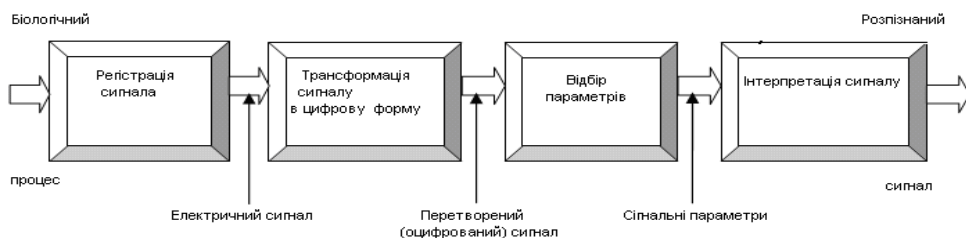


Рис. 9.3. Чотири стадії обробки біосигналів

Перші дві стадії мають справу з видом і структурою сигналу (тобто його синтаксисом); останні дві стадії – зі смисловими (семантичними) сигнальними властивостями. На першій стадії реєстрації сигналів хімічні, механічні або сигнали іншої природи перетворюються на електричні за допомогою датчиків, а сигнали електричної природи знімаються за допомогою електродів. На цій першій стадії дуже важливо підтримувати сигнал для того, щоб його спотворення внаслідок розсіювання було мінімальним.

На другій стадії трансформації сигнали з електричної форми перетворюються в цифрову форму для подальшої обробки комп'ютером.

Реєстрація та трансформація сигналів в цифрову форму

При автоматичному вимірі біологічного параметра він піддається перетворенням згідно рис. 9.4.

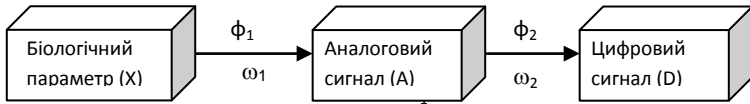


Рис. 9.4. Послідовність перетворень біологічного параметра при реєстрації і трансформації сигналів в цифрову форму

Таким чином, ланцюжок перетворень виглядає наступним чином:

$$A(t) = \phi_1(X(t), \omega_1),$$

$$D(t) = \phi_2(A(t), \omega_2),$$

де: ϕ_1 – функція перетворення параметра X в аналоговий електричний сигнал A ; ϕ_2 – функція перетворення аналогового сигналу A в цифровий сигнал D ; ω_1 – перешкода на етапі перетворення ϕ_1 ; ω_2 – перешкода на етапі перетворення ϕ_2 .

Третій крок називається попередньою обробкою.

Функціонування біологічного об'єкта супроводжується генерацією величезної кількості сигналів. З них лише невелика частина може служити цілям діагностики. Відбір таких сигналів здійснюється на третій стадії аналізу, а їх інтерпретація – на четвертій.

Біосигнали, їх особливості

Біосигнали є результатом біологічних процесів. Такі процеси надзвичайно складні і динамічні. Біосигнали звичайно (але не завжди) є функцією часу. Однак описати їх за допомогою аналітичних виразів досить складно. Це пов'язано з тим, що характер біологічних процесів, які є джерелами сигналів, безперервно змінюється. Наприклад, параметри, що описують серцебиття і циркуляцію крові, легені і функцію дихання, формулу крові та гормональну систему відрізняються великою мінливістю і можуть безперервно варіювати. Відповідно і сигнали, отримані від таких процесів, характеризуються динамічним і нестационарним характером.

Типи біосигналів

Сигнали будь-якої природи за ступенем передбачуваності їх значень поділяються на детерміновані та стохастичні. Для детермінованих сигналів значення їх параметрів однозначно визначені в часі. У стохастичних сигналів параметри є випадковими величинами, однозначно не визначаються, а можуть лише бути передбачені з певною ймовірністю.

Такий класифікації підкоряються й біологічні сигнали.

1. *Детерміновані біосигнали.* У загальному випадку детерміновані сигнали бувають періодичні, квазіперіодичні (майже періодичні), неперіодичні, швидкоплинні.

Повторювані біологічні процеси, наприклад, серцебиття або дихання, генерують повторювані сигнали. У живих організмів немає чистих періодичних сигналів. Правильніше за все, їх класифікувати як квазіперіодичні й неперіодичні. Прикладом неперіодичних сигналів є сигнал, який може надходити від миготливих очей. Деполяризована клітина, яка була стимульована деяким сигналом, також генерує електричний сигнал (хвиля деполяризації і реполяризації), який називається перехідним сигналом.

Окремою групою детермінованих сигналів є точкові процеси, що можуть описуватися як серія імпульсів. Точкові процеси можуть бути представлені, як двійчний сигнал, який більшість часу дорівнює «0»; а коли деяка подія відбувається – приймає значення «1» (рис. 9.5). Чисто точкові процеси не генеруються біосистемами, хоча імпульси водія ритму в синусовому (SA) і атріовентрикулярному (AV) вузлах серця могли б вважатися точковими процесами. У точкових процесах становить інтерес не форма сигналу, а мить, де деяка подія відбувається, як, наприклад, початок деполяризації в шлуночках, який пов'язаний з активізацією QRS комплексу в ЕКГ (рис. 9.5а), або момент мигання ока.

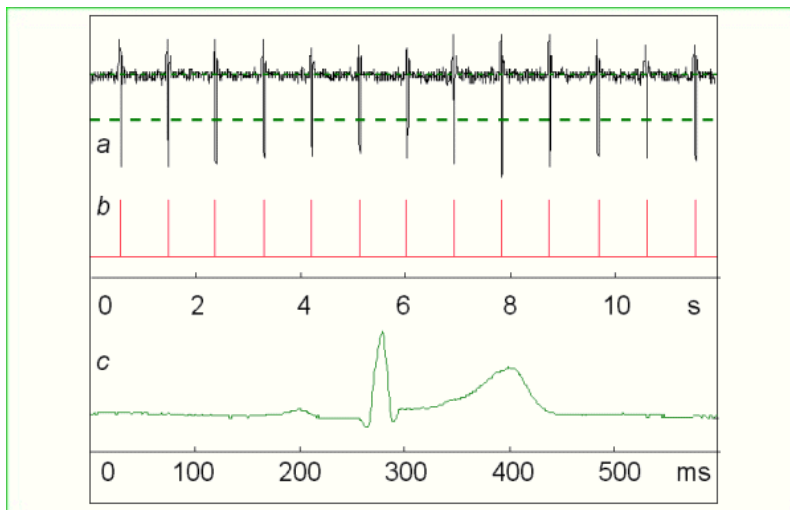


Рис. 9.5. Точковий (b) процес відфільтрований від інших сигналів ЕКГ (a)

2. *Стохастичні сигнали.* Генеруються, наприклад, групами клітин, які деполяризуються випадковим чином (клітини м'язів, нервові клітини в корі головного мозку і т.ін.).

Форма хвилі таких сигналів є недетермінованою і може описуватися тільки статистично. Залежно від виду біологічного процесу стохастичні сигнали бувають стаціонарними або нестаціонарними. У разі стаціонарних, властивості сигналу не змінюються з часом, наприклад, коли пацієнт перебуває у стабільному стані.

Викликає інтерес різниця між стаціонарними і нестаціонарними сигналами. Якщо біологічний процес перебуває в динаміці, ми можемо очікувати, що сигнали, які генеруються також нестаціонарними. Прикладом є ЕЕГ хворого під час епілептичного нападу. Параметри, що можуть бути отримані з нестаціонарних сигналів (наприклад, від пацієнтів, які знаходяться в палатах інтенсивної терапії) можуть бути представлені як функція часу, що називається аналізом тенденції.

Аналогово-цифрове перетворення

Всі біосигнали є аналоговими сигналами. Таким чином, перед тим, як вони будуть оброблені комп'ютерами, вони повинні бути перетворені в цифрову форму. Під цифровою

формою тут розуміється уявлення сигналу в двоїчній системі числення, де наявність електричного сигналу відповідає цифрі 1, а відсутність – цифрі 0. Перетворення здійснюється за допомогою аналогово-цифрового перетворення (контролер АЦП) (рис. 9.4). І якщо все зроблено коректно, то інформація, що міститься в сигналі, не губиться, і оригінальний аналоговий сигнал можна потім відновити з цифрового шляхом цифро-аналогового перетворення (ЦАП).

Контролер АЦП здійснює перетворення вхідних аналогових сигналів в цифрову форму, прийнятну для введення в комп'ютер, із заданою частотою повторення таких перетворень або частотою дискретизації.

При аналогово-цифровій обробці біосигналів необхідно відповісти на два питання:

а) якою має бути частота вимірів (частота дискретизації)?

б) наскільки точно необхідно визначити величину амплітуди періодичного сигналу?

Для правильної обробки важливо, щоб інформація не губилася і не спотворювалася.

Дуже низька частота вимірів може викликати втрату інформації, а дуже висока частота вимірювань є надмірною і не дає додаткової інформації, вимагаючи більшої комп'ютерної пам'яті.

Для деяких біосигналів амплітуда може вимірюватися з похибкою лише до 1%, для інших допускається похибка 10%. Наприклад:

- для електрокардіограми амплітуда Q-хвиль повинна вимірюватися з максимальною можливою точністю, тому що може свідчити про наявність інфаркту;

- для електроенцефалограми значення амплітуди безпосередньо не представляє інтересу, а важливими є зміни середніх значень амплітуди з часом, які можуть виявити патологію.

Якщо сигнали не обробляються з досить високою частотою дискретизації (частотою вимірювань) і якщо амплітуди не можна виміряти досить точно, сигнали будуть спотворені і буде неможливо отримати необхідні параметри.

Частота вимірів (реєстрації) визначає дискретизацію системного часу. З цієї частотою відбувається введення аналогових сигналів з АЦП і обробка керуючих впливів.

Вибір частоти дискретизації визначається верхньої частотою процесів, які необхідно зареєструвати і аналізувати. З радіотехніки відомо (*теорема Котельникова (Найквіста)*) і наслідки з неї), що для виділення гармонійної складової в спектрі з верхньою частотою f необхідна частота дискретизації вхідного сигналу не менше $2f$.

Наприклад, прийнято вважати, що для електрокардіограми максимальна частота спектра 100 Гц. Отже, для задовільного представлення безперервного кардіосигналу в дискретному вигляді відліки повинні бути принаймні вдвічі частіше, ніж максимальна частота спектра, тобто у нашому прикладі 200 відліків в секунду (200 Гц).

На підставі вищесказаного можна зробити наступні висновки:

1. Дискретизація аналогових змінних, у тому числі біосигналів, можлива без втрати інформації.

2. Частота дискретизації f_d визначається частотним спектром сигналу і повинна бути мінімум в два рази більше частоти найбільш високочастотної гармоніки сигналу.

3. Ступінь дискретизації визначається необхідністю визначення параметрів, які повинні бути отримані при обробці сигналу.

Приклади застосування аналізу біосигналів

Методи обробки та інтерпретації біосигналів весь час еволюціонують, в основному, завдяки інформаційним технологіям, які постійно удосконалюються. Обробка біосигналів та

їх інтерпретація знайшли широке застосування в медицині. Наведемо кілька прикладів використання методів аналізу біосигналів.

Функціональний аналіз – це аналіз, який проводиться в діагностичних центрах для аналізу електроміограм, електроенцефалограм, електрокардіограм, фонокардіограм, спірограм тощо.

Скринінгові дослідження. Скринінгові системи, призначені для проведення долікарського обстеження населення та формування груп ризику, часто базуються на інформації, яку отримують за допомогою біосигналів. При цьому використовуються ті ж прийоми обробки біосигналів, що і при функціональному аналізі.

On-line аналіз – це аналіз, який має місце в ситуаціях, в яких за пацієнтом спостерігають в палатах інтенсивного догляду. Інший приклад on-line аналізу – це контроль за протезуванням ще непошкоджених нервів або м'язів.

У деяких випадках діагностичне обладнання під'єднується до пацієнта на досить тривалий проміжок часу (наприклад, моніторування за Холтером, при якому портативний електрокардіограф підключається на добу). У цьому випадку безперервний потік даних, який надходить від пацієнта, потребує скорочення та документування. Без застосування методів обробки біосигналів і комп'ютера дана процедура неможлива.

Методи обробки сигналів використовуються також у наукових дослідженнях. Наприклад, в області фізіології методи обробки сигналів використовуються при вивченні процесів деполяризації клітин.

Більш докладно конкретні методи аналізу викладені в лекції «Медичні апаратно-програмні комплекси» цього посібника.

При розгляді біологічних процесів зустрічаються чотири різних випадки аналізу сигналу (рис. 9.6).

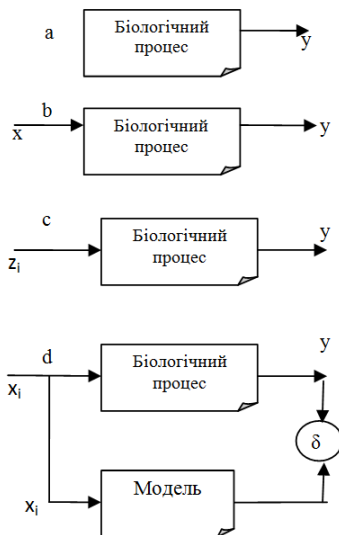


Рис. 9.6. Чотири різні ситуації в обробці біосигналу: тільки вихідний сигнал (a), викликані сигнали (b), випробування під час стимуляції (c), моделювання процесу (d); y – вихідний сигнал

(а) Тільки *вихідний сигнал*. Найбільш загальною є ситуація, коли ми маємо справу з біологічним процесом, який видає тільки вихідні сигнали (рис. 9.6а). Про процес – джерело сигналу – відомостей практично немає. Підхід, який використовується при аналізі таких сигналів, переважно емпіричний. Характерний приклад такої ситуації – ЕКГ.

(б) *Викликаний сигнал*. Аналізований сигнал y є результатом (відгуком) на зовнішній відомий сигнал x (подразник). Приклади: стимульовані відгуки при дослідженні ЕЕГ, відгуки клітин нервових м'язових волокон на механічне або електричне стимулювання.

(с) *Випробування під час стимуляції*. Як і в попередньому випадку, аналізований сигнал y є реакцією на зовнішній подразник z . Відмінністю є те, що в попередньому випадку подразник знімається і реєструється тільки реакція організму, а при випробуванні під час стимуляції дія подразника під час реєстрації не припиняється. Приклад: електрокардіограма під час фізичного навантаження, електроенцефалограма під час анестезії.

(d) *Моделювання*. У випадках, коли є достатні знання про процес, ми здатні розробити модель біологічного процесу (рис. 9.6d), наприклад, модель циркуляції крові або серцевої деполяризації.

Такі моделі використовуються під час дослідження процесу, навчання нейронних мереж або оцінки параметрів сигналу. Стрілка на рисунку вказує наявність зворотного зв'язку, символ δ характеризує стадію зіставлення «процес-модель».

Питання, винесені на семінар:

1. Типи біосигналів.
2. Періодичні та квазіперіодичні сигнали.
3. Стохастичні сигнали.
4. АЦП при обробці біосигналів.
5. Частота дискретизації. Критерій Неймана.
6. Стадії обробки біосигналів.
7. Синтаксис і семантика в аналізі біосигналів.

ТЕМА 10

«МУЛЬТИМЕДІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ»

План:

1. Мультимедійні технології. Переваги та особливості технології.
2. Процес підготовки мультимедійної медичної інформації.
3. Microsoft PowerPoint.

Мультимедійні технології – це можливість представлення користувачеві інформації у взаємодії різних форм (текст, графіка, анімація, звук, відео) в інтерактивному режимі.

Мультимедіа-продукти можна поділити на кілька категорій, залежно від того, на які групи споживачів вони орієнтовані.

Найбільш масова група мультимедійних продуктів – комп'ютерні ігри.

Другу групу складають мультимедійні бізнес-додатки.

Третя група – освітні програми, що найчастіше поширюються на комп'ютерних компакт-дисках.

До четвертої групи входять спеціальні програми, призначені для самостійного виробництва різних мультимедійних продуктів (як любительських, так і професійних).

З початку 90-х років засоби мультимедіа розвивалися й удосконалювалися, ставши до початку ХХІ століття основою нових продуктів та послуг, таких як електронні книжки й газети, нові технології навчання, відеоконференції, засоби графічного дизайну, голосової та відеопошти.

Безсумнівним достоїнством і особливістю технології є наступні можливості мультимедіа, що активно використовуються в поданні інформації:

- можливість зберігання великого обсягу самої різної інформації на одному носії;
- можливість збільшення (деталізації) на екрані зображення або його найцікавіших фрагментів зі збереженням якості зображення;
- можливість порівняння зображення й обробки його різноманітними програмними засобами з науково - дослідницькою або пізнавальною метою;
- можливість виділення в супроводжувальному зображенні текстовому або іншому візуальному матеріалі «гарячих слів (областей)», за якими здійснюється негайне одержання довідкової або будь-якої іншої пояснювальної (у тому числі візуальної) інформації (технології гіпертексту і гіпермедіа);
- можливість здійснення безперервного музичного або будь-якого іншого аудіосупроводу, що відповідає статичному або динамічному візуальному ряду;
- можливість використання відеофрагментів з фільмів, відеозаписів і т.д., функції «стоп-кадру», покадрового «гортання» відеозаписів;
- можливість включення до вмісту диска бази даних, методики обробки образів, анімації (наприклад, супровід розповіді про композицію картини графічної анімаційної демонстрацією геометричних побудов) і т.д.;
- можливість роботи з різними додатками (текстовими, графічними та звуковими редакторами, картографічною інформацією);
- можливість створення власних «галерей» (вибірок) з наданої в продукті інформації (режим «кишення» або «мої позначки»);
- можливість «запам'ятовування пройденого шляху» і створення «закладок» на зацікавленій екранній «сторінці»;
- можливість автоматичного перегляду всього вмісту продукту («слайд-шоу») або створення анімованого й озвученого «путівника-гіда» по продукту («говорить і показує інструкції користувача»);
- включення до складу продукту ігрових компонентів з інформаційними складовими;
- можливість «вільної» навігації по інформації й виходу в головне меню, на повний зміст або зовсім з програми в будь-якому місці продукту.

Можливості технології мультимедіа безмежні. Бізнес-додатки мультимедіа, за звичай, застосовуються для навчання та проведення презентацій. Завдяки наявності зворотного зв'язку і живому середовищу спілкування, системи навчання на базі мультимедіа володіють приголомшливою ефективністю і істотно підвищують мотивацію навчання. Вже давно з'явилися програми, що навчають користувача іноземним мовам, які в інтерактивній формі пропонують користувачеві пройти кілька уроків, від вивчення фонетики і алфавіту до поповнення словникового запасу і написання диктанту. Завдяки вбудованій системі розпізнавання мовлення, здійснюється контроль вимови учня. Мабуть, найголовніша особливість таких навчальних програм – їх ненав'язливість, адже користувач сам визначає місце, час і тривалість заняття.

Технологію мультимедіа складають спеціальні апаратні й програмні засоби. Мультимедійні комп'ютери повинні мати конфігурацію, що дозволяє отримувати гарне

зображення графічних об'єктів, демонструвати реально рухоме відео, прослуховувати мелодію, що не поступається якістю звучання побутових аудіоприборів.

Додатково до персонального комп'ютера можна підключити безліч різних пристроїв. Художник не обійдеться без графічного планшета, режисер – без відеокамери, музикант – без музичної клавіатури та гарних засобів відтворення звуку.

Для введення і виведення інформації потрібно наявність таких пристроїв, як:

- принтер – пристрій для виведення тексту та іншої графічної інформації на папір;
- сканер – пристрій для введення зображень з паперу або слайдів;
- плотер – пристрій для виведення малюнків та іншої графічної інформації на папір. Його швидкість значно нижче, ніж у принтера, але якість друку вище;
- модем – пристрій для підключення до локальних або глобальних комп'ютерних мереж;
- звукові колонки – для відтворення звуку;
- TV-тюнер – для прийому теле- чи радіопередач;
- джойстик – маніпулятор у вигляді укріпленої на шарнірах ручки з кнопками, який використовується для управління об'єктами в комп'ютерних іграх;
- різного типу зовнішні накопичувачі для зберігання даних;
- технічні засоби для створення віртуальної реальності – **всілякі** шоломи та окуляри, оснащені стереоскопічними засобами огляду та системами стереофонічного і панорамного звучання, рукавички і навіть костюми з тактильними датчиками для дій в тривимірному просторі, кермо, педалі і т. д.

На персональному комп'ютері мультимедіа часто означає відтворення раніше записаного фільму з, наприклад, оптичного диска (CD, DVD).

Інший варіант використання мультимедіа полягає у завантаженні відео з Інтернету. Багато web-сторінок містять посилання для завантаження короткометражних фільмів, а з появою все більш досконалих технологій передачі даних (кабельне телебачення, ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line – асиметрична цифрова абонентська лінія тощо), відеокліпів в Інтернеті стає все більше.

Перевага системи ADSL полягає в тому, що кожному користувачеві надається виділений канал з гарантованою пропускнуою здатністю. Недоліком є низька пропускну здатність (декілька мегабіт в секунду), що викликано обмеженнями існуючих телефонних ліній. Кабельне телебачення використовує високошвидкісні коаксіальні кабелі (гігабіти на секунду), але кільком користувачам доводиться спільно використовувати один кабель, що призводить до змагання за кабель і не гарантує пропускну здатності окремого користувача.

Повертаючись до мультимедіа, варто відзначити два ключових моменти:

1. Мультимедіа використовує гранично високі швидкості передачі даних.
2. Для мультимедіа потрібно відтворення у режимі реального часу.

Високі швидкості передачі даних обумовлені природою візуальної та акустичної інформації. Людське око і вухо здатні обробляти за секунду величезні обсяги даних, тому їм необхідно надавати інформацію з тією швидкістю, яка забезпечить прийнятний рівень якості сприйняття.

Наприклад, швидкість передачі даних MP3 музики $\geq 0,096$ Мбіт/с, цифрової відеокамери – 25 Мбіт/с, необроблене телебачення (640x480) – 22 Мбіт/с (зверніть увагу, що 1 Мбіт/с – це 1024 біт/с, але 1 Гбайт – це 10243 біт/с).

Деякі з цих форматів кодування даних будуть обговорюватися нижче. Слід звернути увагу на високу швидкість передачі даних, що вимагає для мультимедіа, необхідність стиснення даних, на великі обсяги даних.

Наступна вимога, накладена мультимедійними додатками на систему, полягає в необхідності доставки даних в режимі реального часу. Графічна складова відеофільму складається з послідовності кадрів, що передаються з певною частотою. Система NTSC, використовувана в Північній і Південній Америці і Японії, працює з частотою 30 кадрів за секунду (точніше, 29,97), тоді як в системах PAL і SECAM, що використовуються в інших частинах світу, застосовується частота 25 кадрів в секунду. Кадри повинні надходити через однакові інтервали часу по 33,3 мс або по 40 мс відповідно, щоб зображення не мерехтіло.

Офіційно скорочення NTSC означає National TeleVision Standards Committee (Національний комітет з телевізійних стандартів США), однак погана якість передачі кольору на ранніх етапах існування телебачення призвело до появи жарти, згідно з якою NTSC слід розшифровувати як «постійно мінливий колір» (Never Twice the Same Color). Абревіатура PAL розшифровується як Phase Alternation Line (порядкова зміна фази). Технічно це найкраща з систем. Скорочення SECAM означає SEquentiel Couleur Avec Memoire (послідовні кольори з запам'ятовуванням). Ця система була розроблена у Франції для захисту французьких виробників телевізорів від іноземних конкурентів. Система SECAM також використовується в східній Європі; при появі там телебачення тодішні комуністичні уряди не бажали допустити того, щоб їх громадяни дивилися німецьке (PAL) телебачення, тому вони вибрали несумісну систему. Слід зауважити, що сучасною тенденцією є витіснення цих форматів цифровими способами передачі даних (HDTV), що дозволяють отримувати зображення високої якості.

Чутливість людського вуха перевершує чутливість ока, тому відхилення від стандартів часу доставки навіть в кілька мілісекунд буде помітним. Нерівномірність часу доставки називається **джиттером**. Для забезпечення високої якості відтворення слід утримувати джиттер в жорстких рамках.

Параметри реального часу, необхідні для прийняттого відтворення мультимедіа, часто називають параметрами якості обслуговування. До них відносять середню доступну пропускну здатність, максимальну пропускну здатність, мінімальну і максимальну затримку (що разом обмежує джиттер) і ймовірність втрати біта. Наприклад, мережевий оператор може пропонувати службу, що гарантує середню пропускну здатність, рівну 4 Мбіт/с, 99% затримок при передачі в інтервалі від 105 до 110 мс і частоту втрат біт, що дорівнює 10^{-10} , що є чудовими параметрами для передачі відео у форматі MPEG-2.

Мультимедійні файли

У більшості систем звичайний текстовий файл складається з лінійної послідовності байтів без якої-небудь структури, про яку знала б операційна система. В мультимедіа ситуація набагато складніша. По-перше, відео- та аудіодані повністю відмінні. Вони вводяться абсолютно різними пристроями (ІЗЗ-матрицею або мікрофоном), у них різна внутрішня структура (відео передається з частотою 25-30 кадрів за секунду (~25,6 відліків в секунду), тоді як аудіо зазвичай зберігається у вигляді 44 100 відліків за секунду), і відтворюються вони, також, різними пристроями (монітором чи гучномовцями).

Більш того, більшість голлівудських фільмів сьогодні націлена на світову аудиторію, чимала частина якої не говорить англійською мовою. Остання проблема вирішується одним з двох методів розв'язання таких завдань. Для деяких країн проводиться, додаткова звукова доріжка з голосами (але не звуковими ефектами), дубльованими на місцеву мову. У Японії всі телевізори оснащені двома звуковими каналами, щоб дозволити глядачеві слухати зарубіжні фільми мовою оригіналу або на японському. Для вибору мови

пульти дистанційного управління оснащуються спеціальною кнопкою. В інших країнах використовується оригінальний звук з субтитрами місцевою мовою.

В результаті цифровий фільм складається з великої кількості файлів: відеофайлу, кількох аудіофайлів і декількох текстових файлів з субтитрами на різних мовах. DVD здатні зберігати до 32 звукових доріжок на різних мовах, а також файли з субтитрами. Таким чином, файлова система повинна стежити за декількома «субфайлами».

Кодування звуку

Аудіохвиля (звукова хвиля) – це одновимірною акустична хвиля.

Аудіохвилі перетворюються в цифрову форму за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). АЦП приймає на вході електричну напругу і формує двійкове число на виході.

Якщо звукова хвиля не є чисто синусоїдальною, а складає суму декількох синусоїдальних хвиль, найвища частота складових яких дорівнює f , тоді для подальшого відновлення сигналу досить вимірювати значення сигналу з частотою дискретизації $2f$. Це твердження було математично доведено Найквистом у 1924 році.

Оцифровані відліки ніколи не бувають точними. Помилка, що виникає в результаті неточної відповідності квантованого сигналу вихідному сигналу, називають шумом квантування. При недостатній кількості бітів, якими представляється кожен відлік сигналу, цей шум може бути настільки великим, що буде, відчутний на слух як спотворення вихідного сигналу або як сторонні шуми.

Двома добре відомими прикладами оцифрованого звуку є телефон (нові цифрові АТС) і аудіокомпакт-диски. У кодово-імпульсній модуляції, що застосовується для телефонної системи, використовуються 7-бітові (у Північній Америці і Японії) і 8-бітові (в Європі) відліки, що передаються 8000 разів за секунду. Таким чином, отримана швидкість передачі даних становить 56 000 біт/с або 64 000 біт/с. При частоті дискретизації 8 кГц частотні складові сигналу вище 4 кГц губляться.

Аудіокомпакт-диски містять звуковий сигнал, оцифрований з частотою дискретизації 44 100 Гц, в результаті чого вони можуть зберігати звуки з частотами до 22 кГц. Кожному відліку виділяється 16 біт, які використовуються як звичайне 2-байтове ціле число, пропорційне амплітуді сигналу.

При 44 100 відліках за секунду по 16 біт кожен аудіокомпакт-дискотрібні пропускна здатність в 705,6 кбіт/с для монофонічного сигналу і 1,411 Мбіт/с для стереофонічного. Алгоритм MPEG, рівень 3 (MP3) дозволяє стискати оцифрований звук приблизно в 10 разів. В останні роки стали популярними портативні плеєри, що відтворюють музику в цьому форматі.

Цифровий звук легко обробляти на комп'ютері. Існує багато програм для персональних комп'ютерів, що дозволяють користувачам записувати, відтворювати, редагувати, міксувати і зберігати звук. Сьогодні весь професійний звукозапис і редагування звуку здійснюється в цифровому вигляді.

Кодування зображення

Сітківка ока людини має інерційні властивості, тобто яскраве зображення, яке швидко з'явилося на сітківці, залишається на ній кілька мілісекунд, перш ніж згаснути. Якщо послідовність однакових або близьких зображень з'являються і зникають з досить високою

частотою, то око людини не помітить, що воно дивиться на дискретні зображення. Частота, при якій око перестає помічати миготіння яскравості джерела світла (зображення), перевищує 50 Гц. Всі відео (тобто телевізійні) системи використовують цей принцип для створення рухливих зображень.

Щоб зрозуміти, як працюють відеосистеми, краще почати з простого старомодного чорно-білого телебачення. Для перетворення двомірного зображення у вигляд одновимірної залежності напруги від часу камера швидко сканує електронним променем зображення, розбиваючи його на горизонтальні лінії і записуючи по мірі просування інтенсивність світла. Закінчивши сканування кадру, промінь повертається у вихідну точку.

Останнім часом все більше поширюються матричні рідкокристалічні монітори і цифрові камери з ПЗЗ-матрицями (прилад із зарядовим зв'язком). У цих пристроях немає електронно-променевої трубки і скануючого променя.

У різних країнах використовувалися різні стандарти, що описують параметри сканування (кількість рядків розгорнення і т.д.). В системі NTSC, яка діє в Північній і Південній Америці, а також в Японії, екран розбивався на 525 горизонтальних ліній розгортки, співвідношення горизонтального і вертикального розмірів екрану становило 4:3, кадри передавалися з частотою 30 кадрів за секунду. Прийнята в Європі система PAL/SECAM розбивала кадр на 625 ліній, розміри екрану у неї також 4:3, а частота кадрів становить 25 кадрів за секунду. В обох системах верхні і нижні лінії кадру не показуються (це пов'язано з круглою формою електронно-променевої трубки). На екрані телевізорів з'являються тільки 483 з 525 ліній розгортки для системи NTSC і 576 з 625 для системи PAL/SECAM.

Хоча частоти в 25 кадрів за секунду достатньо, щоб передати плавний рух, при такій частоті кадрової розгортки багато глядачів (особливо літні) помітять блимання зображення, пов'язане з тим, що сітківка ока встигне відновитися, перш ніж з'явиться новий кадр. Збільшення частоти кадрів вимагало б збільшення обсягів збереженої і переданої інформації. Замість цього було вибрано інше рішення. Лінії розгортки з'являються на екрані телевізора не підряд, а через одну: спочатку всі непарні, а потім всі парні. Кожен такий полукадр називають полем. Експерименти показали, що хоча люди помічають мерехтіння при 25 кадрах за секунду, при 50 кадрах за секунду воно вже не помітно. Така техніка називається **черезрядковою розгорткою**. Телебачення або відеосистема, в якій не використовується черезрядкова розгортка, називається поступальним.

У кольоровому відео використовується той же принцип розгортки, що і в чорно-білому, з тією різницею, що замість одного кольору зображення представляється сумою трьох кольорів: червоним, зеленим і синім (RGB – red, green, blue). Комбінації цих трьох кольорів виявляється достатньо для передачі будь-якого кольору завдяки особливостям пристрою людського ока. При передачі по каналу зв'язку ці три кольорних сигналу об'єднуються в єдиний **змішаний сигнал**.

Досі ми розглядали аналогове відео. Обговоримо тепер цифрове відео. Найпростіша форма подання цифрового відео полягає в послідовності кадрів, що складаються з прямокутної сітки елементів малюнка, що мають назву **«піксель»**. У кольоровому телебаченні досить використовувати по 8 біт на кожний з трьох кольорів RGB, що дає в сумі 24 біта на піксель. Хоча числом, що складається з 24 бітів, можна позначити близько 16 млн кольорних відтінків, людське око не в змозі розрізнити таку величезну кількість.

Для гладкої передачі руху, як і в аналоговому відео, цифровому відео необхідно відображати, щонайменше, 50 кадрів за секунду.

Іншими словами, плавність рухомого зображення визначається кількістю різних зображень за секунду, тоді як мерехтіння залежить від частоти перемальовування екрану. Не слід плутати ці два параметри. Нерухоме зображення, змальоване з частотою 20 кадрів за секунду, не буде смикатися, але буде мерехтіти, оскільки порушення сітківки ока встигне згаснути, перш ніж з'явиться наступний кадр. Фільм, в якому виводиться 20 різних кадрів за секунду, кожен з яких повторюється чотири рази, не буде мерехтіти, але буде помітна відсутність плавності рухів.

Важливість цих двох параметрів стає зрозумілою, якщо ми спробуємо оцінити пропускну спроможність, необхідну для передачі цифрового відеосигналу по мережі. У всіх сучасних комп'ютерних моніторах використовується співвідношення розмірів екрану 16:9, тому вони цілком можуть використовуватися для відображення телевізійного зображення.

Стиснення відеоінформації

Отже, тепер має бути, очевидним той факт, що про передачу мультимедійної інформації у стислому вигляді не може бути й мови. На щастя, за останні кілька десятиріч років було розроблено безліч методів стиснення, що роблять можливим передачу мультимедійної інформації.

Для всіх систем стиску потрібно два алгоритми: один для компресії даних джерела інформації, а інший – декомпресії у її одержувача. У літературі ці алгоритми мають назву відповідно алгоритмів кодування і декодування. Ми також будемо користуватися цією термінологією.

Стандарт JPEG використовується для стиснення нерухомих зображень з безперервно змінюючим кольором (наприклад, фотографій).

Стандарт MPEG. Ключове питання мультимедіа: стандарти MPEG (Motion Pictures Experts Group – експертна група з питань рухомого зображення). Ці стандарти, що стали міжнародними в 1993 році, описують основні алгоритми, які використовуються для стиснення відеофільмів. Першим закінченим стандартом став стандарт MPEG-1 (Міжнародний стандарт 11172). Його метою було створення вихідного потоку даних якості побутового відеоманітофона (352x240 для NTSC) на швидкості 1,2 Мбіт/с. Слідом з'явився стандарт MPEG-2 (Міжнародний стандарт 13818), що розроблявся для стиснення відеофільмів якості ширококомпліменту до швидкості потоку від 4 до 6 Мбіт/с, що дозволяло передавати цей фільм в цифровому вигляді по стандартному телевізійному каналу NTSC або PAL. На цей час широко використовується стандарт MPEG-4.

У відеофільмах є надлишковість двох типів: просторова і тимчасова. Щоб використовувати просторову надлишковість, можна просто кодувати кожен кадр окремо алгоритмом JPEG. Додаткового стиснення можна досягти, використовуючи перевагу того факту, що послідовні кадри часто бувають майже ідентичні (тимчасова надлишковість).

У сценах, в яких камера і задній план нерухомі і один або два актора повільно рухаються, майже всі пікселі в сусідніх кадрах будуть ідентичні. В цьому випадку просте віднімання кожного кадру з попереднього і обробка різниці алгоритмом JPEG надають гарний результат. Однак цей метод погано підходить до сцен, в яких камера повертається або наїжджає на об'єкт, що знімається. Для таких сцен необхідний будь-який метод, що компенсує цей рух камери. В цьому і полягає основна відмінність MPEG від JPEG.

Вихід MPEG-2 складається з кадрів наступних типів:

I (Intracoded – автономні) – незалежні нерухомі зображення, кодовані алгоритмом JPEG.

P (Predictive – пророкуючі) – містять різницеву інформацію, щодо попереднього кадру.

B (Bidirectional – двонаправлені) – містять зміни щодо попереднього і наступного кадрів.

I-кадри є звичайними нерухомими зображеннями, кодовані алгоритмом JPEG з використанням повного дозволу яскравості і половинного дозволу для обох сигналів кольоровості. I-кадри повинні періодично з'являтися у вихідному потоці з трьох причин. По-перше, має бути можливість перегляду фільму не з самого початку. Глядач, який пропустив перший кадр, не зможе розшифрувати всі наступні кадри, якщо всі кадри будуть залежати від попередніх, і I-кадри не будуть час від часу включатися в потік. По-друге, подальше декодування фільму стане неможливим у випадку помилки при передачі будь-якого кадру. По-третє, наявність таких кадрів суттєво спростить індикацію під час швидкого перемотування вперед або назад. З цих причин I-кадри включаються у вихідний потік приблизно один-два рази за секунду.

P-кадри, навпаки, є різницею між сусідніми кадрами. Вони засновані на ідеї макроблоків, що покривають 16x16 пікселів у просторі яскравості і 8x8 пікселів у просторі кольоровості. При кодуванні макроблока в попередньому кадрі шукається найбільш близький до нього макроблок.

B-кадри подібні P-кадрам з тією різницею, що дозволяють прив'язувати макроблок або до попереднього, або до наступного кадру. Така додаткова свобода дозволяє досягти кращої компенсації руху. Для декодування-кадрів необхідно утримувати в пам'яті відразу три кадри: попередній, поточний і наступний. Для спрощення декодування кадри повинні бути присутніми в потоці MPEG не в порядку їх відображення, а в порядку залежностей один від одного. Це означає, що при передачі відео по мережі необхідна буферизація даних на машині користувача, щоб змінити порядок кадрів для їх правильного відображення. Оскільки порядок відображення кадрів не збігається з порядком їх взаємозалежностей, для відтворення фільму с заду наперед потрібні значна буферизація та складні алгоритми.

Microsoft PowerPoint – це інструмент підготовки і проведення презентацій, що дозволяє чітко структурувати, добре ілюструвати і професійно представляти ідеї та досягнення. Ставши частиною інтегрованого пакету Microsoft Office, цей модуль отримав сьогодні дуже широке поширення.

Спеціальний **майстер автовмісту** (AutoContent Wizard) допомагає якісно та швидко підготувати професійно оформлені презентації. Він задає декілька питань про те, яка планована тривалість виступу, про що буде йти мова (жанр, характер виступу тощо), яким повинно бути оформлення, та інші. В результаті при коригуванні автора створюється «скелет» презентації, який необхідно наповнити змістом, тобто конкретним текстом.

Майстер автовмісту включає до 30 шаблонів, які допомагають створювати найрізноманітніші презентації (включаючи презентації online), наприклад презентацію свого університету на «День відкритих дверей» маркетингового дослідження, плану, звіту тощо.

Шукач слайдів (Slide finder) застосовується для ефективної роботи зі слайдами, він дозволяє використовувати слайди з декількох презентацій для складання нової. Такий інструмент робить можливою ефективну групову роботу над однією загальною презентацією. Slide finder має вбудовану функцію попереднього перегляду, що сприяє відбору слайдів для майбутньої презентації і швидкому їх складанню воедино для нової демонстрації, без звернення до операцій «копіювати-вставити».

В даному пакеті також представлена бібліотека шаблонів, що включає заздалегідь встановлені анімаційні ефекти для окремих частин слайдів.

У Microsoft PowerPoint реалізовані нові ефекти анімації, які збагачують презентації несподіваними і вражаючими варіантами відтворення окремих елементів кожного слайда. Передбачений і механізм фонові перевірки орфографії. Однією з популярних і поширених мультимедійних програм є нова версія програми ToolBook, яка в інтегрованому вигляді включає всі необхідні параметри мультимедійної технології: текст, графічні зображення, звук, анімацію, відео тощо.

За допомогою спеціальних стрілок (навігаційних маршрутів) учень здатний засвоювати матеріал індивідуально, переключатися з однієї сторінки на іншу, повертатися до структури тексту, минути цілі параграфи і перейти до інших частин або розділів тексту.

Програма передбачає можливість створення колірному фону для кожного окремого аркуша, побудови графіків, імпорту малюнків, запису звуків та ін. Вона має бібліотеку шаблонів: анімацій, зображень, які легко перетворюються в авторський план програми.

Наявність авторського плану в навчальних мультимедійних програмах, побудованих на основі ToolBook, дозволяє обмежити якусь відносну свободу користувача та застерегти його від можливості втрати структури, що складає дану навчальну програму.

Питання, винесені на практичне заняття:

1. Які завдання допомагають вирішити мультимедійні технології?
2. Категорії мультимедійної продукції.
3. Можливості мультимедійних технологій.
4. Мінімальна конфігурація комп'ютера для використання мультимедійної продукції.
5. Формати надання інформації.
6. Кодування зображення.
7. Стандарти стиснення інформації.
8. Мультимедійна програма MS Power Point

ТЕМА 11 «МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ»

План:

1. Класифікація методів моделювання.
2. Математична модель « хижак-жертви».
3. Математичне моделювання в імунології.
4. Математична модель зростання популяції бактерій.
5. Математичне моделювання розповсюдження інфекційного захворювання у населеному пункті.
6. Експонентна модель розмноження.
7. Логістична модель зростання.
8. Фармакокінетичні моделі.

Класифікація методів моделювання

Метод математичного моделювання є одним з найбільш конструктивних інструментів отримання нових знань в медицині.

Модель – це якийсь новий об'єкт, який відображає суттєві особливості досліджуваного об'єкта, явища або процесу. Однак модель – це не тільки відображення наших знань про досліджуваний об'єкт, а й джерело нових знань, отриманих за допомогою моделі. Дослідження моделі дозволяє оцінити поведінку модельованого об'єкта в нових умовах або при різних впливах, які на реальному об'єкті перевірити неможливо (дослідження на людях) або важко (дороговартісні об'єкти або негативні наслідки експериментів).

Тому в більш широкому сенсі модель можна розглядати як подумки подану або матеріально реалізовану систему, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт дослідження, здатна замішати його так, що її вивчення дає нову інформацію про цей об'єкт.

Модель – штучно створений людиною об'єкт будь-якої природи, який замінює або відтворює досліджуваний об'єкт так, що вивчення моделі здатне давати нову інформацію про об'єкт. Модель завжди бідніша, ніж реальний об'єкт, вона завжди відображає тільки деякі його риси, причому в різних випадках – різні, все залежить від завдання, для вирішення якої створюється модель.

Об'єкт дослідження в біології та медицині – живий організм, який є досить складною системою. Тому дослідник неминуче вибирає спрощену точку зору, яка підходить для вирішення конкретно поставленої задачі. Вибір моделі визначається цілями дослідження.

Існує безліч класифікацій моделей, найбільш загальна з них поділяє всі моделі на речові, енергетичні та інформаційні.

Під *речовими моделями* прийнято розуміти ті, які відтворюють структуру об'єкта і взаємини його частин. Прикладом таких моделей в медицині можуть служити різні протези, за зовнішнім виглядом схожі на реальні частини тіла, які вони замінюють.

Енергетичні моделі використовуються для моделювання функціональних взаємовідносин у досліджуваних об'єктах. Ці моделі на зовнішній вигляд не нагадують модельовані об'єкти, але їх метою є виконання функцій цих об'єктів. Наприклад, у медицині широко використовуються такі системи, як апарат штучної нирки або штучного дихання. Є ціла низка розробок, в яких поєднуються властивості речових та енергетичних моделей, тобто і за зовнішнім виглядом і по функціям, які вони виконують моделі подібні замінним

органам. До таких моделей належать біокеровані протези, штучний кришталік ока, останні розробки в галузі штучного серця.

На відміну від перших двох моделей *інформаційні моделі* – це опис об'єкта. У медико-біологічних дослідженнях до недавнього часу для опису роботи біологічних систем використовували переважно словесні моделі. Однак, за допомогою словесних моделей складно чітко викласти закономірності роботи досліджуваного об'єкта. Тому все частіше використовуються математичні моделі, які використовують кількісні співвідношення між параметрами досліджуваної біосистеми.

Найбільше значення в медичних дослідженнях отримали математичні моделі.

Математичні моделі поділяються на *детерміновані* та *імовірнісні*. У детермінованих моделях змінні і параметри передбачаються постійними і описуються детермінованими функціями. У імовірнісних моделях, змінні і параметри, що характеризують її, є випадковими функціями або випадковими величинами.

Детерміновані математичні моделі найчастіше являють собою систему алгебраїчних або диференціальних рівнянь. Імовірнісні моделі будуються за результатами експериментального визначення динамічних характеристик об'єктів на основі методів математичної статистики.

Необхідність застосування в медицині математичних методів моделювання з використанням комп'ютерної техніки диктується тим, що з їх допомогою можна описати адекватно і в короткій термін узагальнити складну сутність явищ і процесів, описати і зрозуміти факти, виявити взаємозв'язки, знайти раціональне рішення з набагато більшою повнотою і надійністю, ніж це робиться на базі словесних характеристик і елементарних рутинних розрахунків.

До теперішнього часу сформувалося уявлення про те, що може дати застосування методу математичного моделювання в медицині: систематизувати і об'єднати знання про фізіологічні системи, ідентифікувати важливі параметри (фізіологічні змістовні властивості) і визначати загальну чутливість системи до варіації кожного параметра, кількісно оцінювати важкі в вимірюванні і взагалі невимірні показники, швидко і ефективно перевіряти гіпотези без звернення до експерименту, планувати експерименти і дослідження, передбачати поведінку реальної системи.

Важливою проблемою в математичному моделюванні є адекватність математичного виразу біологічного явища, тому що математичний апарат створювався з розрахунку на вивчення процесів неживої природи (механічних, атомних, молекулярних), що характеризуються однорозподілом, яке не властиво біопроцесам.

Спрямованість на клінічне застосування визначила особливі вимоги до математичних моделей: необхідність відображення патологічних процесів і компенсаторних зрушень, лікувальних впливів (медикаментозних, зміна режиму вентиляції, рідинного балансу і т.ін.), оцінку моделі в реальному часі, а також наявність діалогового інтерфейсу в термінах, прийнятих в клініці.

Таким чином, математична модель – це система формул, функцій, рівнянь, які описують ті чи інші можливості досліджуваного об'єкта, явища або процесу. Закон всесвітнього тяжіння, закон Ома та ін. – все це математичні моделі реальних фізичних явищ. Коли ж вивчаються динамічні процеси, то математичною моделлю є система диференціальних рівнянь, тобто рівнянь, які містять похідні, оскільки саме похідні відображають зміни величин, які нас цікавлять в досліджуваній системі. Математичне моделювання будь-якого процесу можливе, коли досить добре вивчені його фізичні та біологічні закономірності, однак перелік таких процесів у живому організмі поки що ще

невеликий. Впровадження ЕОМ розширило можливості математичного моделювання в медицині, оскільки стало можливим моделювання складних систем.

Математичне моделювання дає можливість дослідити поведінку біологічної системи в таких умовах, які складно створити в експерименті або клініці, причому, без істотних матеріальних витрат, а також зменшується тривалість дослідження, оскільки на ЕОМ можна за короткий час відтворити величезну кількість варіантів дослідження, і, в-третьєх, математична модель спрощує вирішення завдань з лікування хвороб, тому що можна дуже швидко відповісти на питання, які виникають під час лікування.

Математична модель «хижаки - жертви»

Вперше в біології математичну модель періодичної зміни кількості антагоністичних видів тварин запропонував італійський математик В. Вольтерра з співробітниками. Ця модель була розвитком ідеї, наміченої в 1924 р. А. Лотткі у книзі «Елементи фізичної біології». Тому ця класична модель відома як «модель Лотткі – Вольтерра».

Хоча в природі відносини антагоністичних видів складніші, ніж у моделі, тим не менш, вони є хорошою навчальною моделлю, на якій можна вивчати основні ідеї математичного моделювання.

Завдання моделювання формулюється таким чином.

У певному, екологічно замкнутому районі, живуть тварини двох видів (наприклад, рисі і зайці). Зайці (жертви) харчуються рослинною їжею, яка є в достатній кількості (в рамках даної моделі не враховується обмеженість ресурсів рослинної їжі). Рисі (хижаки) можуть харчуватися тільки зайцями. Потрібно визначити, як буде змінюватися чисельність жертв і хижаків з плином часу.

Позначимо кількість жертв через N , а кількість хижаків через M . Величини N і M є функціями часу t . У даній моделі врахуємо такі фактори:

1. природне розмноження жертв;
2. природну загибель жертв;
3. знищення жертв, внаслідок поїдання їх хижаками;
4. природне вимирання хижаків;
5. збільшення кількості хижаків за рахунок розмноження за наявності їжі.

Оскільки мова йде про математичну модель, то завданням є виведення рівнянь, в які входили б всі позначені фактори і які описували б динаміку, тобто зміна кількості жертв і хижаків з плином часу.

Нехай за деякий час Δt кількість жертв і хижаків зміниться на ΔN і ΔM . Зміна кількості жертв ΔN за час Δt визначається, по-перше, збільшенням внаслідок природного розмноження (пропорційно кількості жертв, які є в наявності):

$$(\Delta N)_1 = AN\Delta t,$$

де A – коефіцієнт пропорційності, який характеризує швидкість розмноження жертв в даних умовах.

По-друге, має місце зменшення кількості жертв, внаслідок природного вимирання, також пропорційний їх кількості в даний момент:

$$(\Delta N)_2 = -BN\Delta t.$$

Знак мінус якраз і відображає зменшення. В основі рівняння, яке описує зменшення кількості жертв за рахунок поїдання їх хижаками лежить ідея про те, що, чим частіше відбуваються їхні зустрічі, тим швидше зменшується кількість жертв. Також зрозуміло, що

частота зустрічей хижака з жертвою пропорційна і кількості жертв і кількості хижаків, тобто їх добутку MN . Тому можна записати:

$$(\Delta N)_3 = -CNM\Delta t.$$

Коефіцієнт C характеризує частоту зустрічей жертви з хижаком.

Як висновок, з урахуванням усіх трьох факторів, для зміни кількості жертв можна записати таке рівняння:

$$\Delta N = AN\Delta t - BN\Delta t - CMN\Delta t$$

$$\text{або } \frac{dN}{dt} = AN - BN - CMN$$

Для того, щоб вирішити це рівняння, потрібно знати, як змінюється кількість хижаків M з часом.

Зміна кількості хижаків ΔM визначається збільшенням числа хижаків внаслідок природного розмноження за наявності достатньої кількості їжі ($\Delta M_1 = QNM\Delta t$) і зменшенням внаслідок природного вимирання ($\Delta M_2 = -PM\Delta t$):

$$\Delta M = QNM\Delta t - PM\Delta t, \text{ тобто } \frac{dM}{dt} = QNM - PM$$

Математичне моделювання в імунології

Імунітет – це складний комплекс реакцій організму на вторгнення антигенів – чужорідних об'єктів: молекул, клітин, тканин і пр. Специфічна імунна реакція на молекулярному рівні починається з того, що спеціалізовані плазматичні клітини виробляють у великій кількості білкові молекули-антитіла, які нейтралізують антигени. Антитіла мають конформацію, комплементарну певної ділянки поверхні антигену. Тому антитіло взаємодіє з антигеном, як ключ із замком, і комплекс, який утворюється, піддається лізису ферментами. Розглянемо модель роботи імунного апарату під час тривалого інфекційного захворювання. Ця модель використовується в клінічній практиці при лікуванні вірусного гепатиту і гострої пневмонії.

Дослідження характеру рішень математичної моделі дало чотири основних форми перебігу інфекційного захворювання. На рис. 11.1 показані можливі випадки динаміки імунної реакції (X – кількість антигенів, t – час):

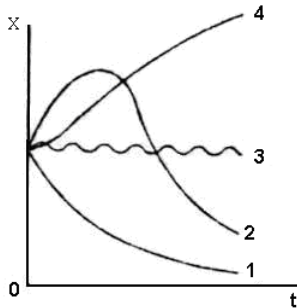


Рис. 11.1. Можливі випадки динаміки імунної реакції

Субклінічна форма 1 – проходить без фізіологічних розладів в організмі і без зовнішніх проявів. Засоби імунного захисту легко знищують антигени, не даючи їм розмножуватися до небезпечної межі.

Гостра форма 2 – в цьому випадку організм атакується невідомим антигеном у великих кількостях. Спочатку відбувається його посилене розмноження. Коли ж імунна система виробляє проти нього достатню кількість антитіл, то кількість антигенів різко зменшується.

Хронічна форма 3 – встановлюється динамічна рівновага в кількостях антигенів і антитіл. Виникає стійкий стан хвороби.

Летальна форма 4 – імунна відповідь занадто запізнюється, і велика кількість антигенів провокує в організмі незворотні зміни.

Математична модель імунної реакції при інфекційних захворюваннях – це три взаємозалежних диференціальних рівняння:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = AX - BXY - CX \\ \frac{dY}{dt} = DZ - KXY - LY \\ \frac{dZ}{dt} = MF(X) - NZ \end{cases}$$

де X – кількість антигенів; Y – кількість антитіл; Z – кількість плазматичних клітин, які виробляють антитіла.

Взаємодія «хвороботворного початку» – антигенів – і імунних сил організму в цій математичній моделі носить характер, схожий по взаємодії з системою «хижаки-жертви». Тому два перших рівняння схожі на вивчені в попередньому розділі.

«Жертвою» тут є чужорідний агент, який в моделі буде кількісно описуватися концентрацією відповідного антигену X , а «хижаком» – антитіла Y , утворені від кількості Z цих клітин.

У даній моделі враховані наступні процеси і фактори:

1. Розмноження антигенів (мається на увазі розмноження чужорідних вірусів і бактерій в організмі господаря). Коефіцієнт розмноження A вважається обернено – пропорційним температурі, тобто $A = A(T) = A(0)/T$. Тим самим буде враховано пригнічуючий вплив високої температури на розмноження антигенів.

2. Природний розпад антитіл і антигенів з коефіцієнтами C і L .

3. Природна загибель плазматичних клітин з коефіцієнтом N .

4. Взаємодія антиген-антитіло в реакції аглютинації пропорційно ймовірності зустрічі відповідного антитіла з антигеном, тобто XY .

5. Надходження антитіл в кров пропорційно концентрації клітин Z .

6. Швидкість утворення плазматичних клітин вважається залежною не просто від концентрації антигену X , а від деякої функції $F(X)$. Ця функція $F(X)$ в даній моделі представлена у вигляді гіперболічної залежності:

$$F(X) = \frac{X}{Q + X}$$

Коефіцієнт M вважається пропорційно залежним від температури ($M = M(T)$).

Дослідження математичної моделі полягає у вирішенні виведеної системи диференціальних рівнянь з відомими коефіцієнтами $A, B, C, D, K, L, M, N, Q$ і при початкових умовах $X(0), Y(0), Z(0)$. Особливо значущим при цьому є те, що одна і та ж модель при різних початкових умовах або коефіцієнтах дає абсолютно різну динаміку процесу. Ці коефіцієнти визначаються за результатами спеціальних біохімічних аналізів, у кожної людини вони індивідуальні.

Лікар отримує в лабораторії значення всіх коефіцієнтів хворого. Ці дані вводяться в ЕОМ, яка, вирішивши систему рівнянь при цих значеннях коефіцієнтів, видає прогноз, яким чином розвиватиметься інфекційне захворювання у даного пацієнта.

Математична модель може також допомогти лікарю і при лікуванні. Наприклад, у медичній практиці лікування деяких інфекційних захворювань проводять методом загострення, тобто переводять хронічну форму в гостру з подальшим одужанням. Для цього необхідно штучно загострити хворобу, тобто ввести в організм у певний момент часу (t_1, t_2) певну кількість P біостимулятора – антигену, який є конкуруючим, непатогенним, не розмножується; через деякий час він провокує посилену імунну відповідь, яка призводить до швидкого одужання (рис. 11.2).

Дослідження математичної моделі, тобто багаторазовий розрахунок на ЕОМ, дає можливість визначити необхідну кількість біостимулятора і момент часу його введення в організм хворого, при якому графік перебігу хвороби набуває необхідну форму. Потім лікар, на основі такого попереднього дослідження моделі на ЕОМ, може ввести індивідуально підібрану дозу біостимулятора хворому.

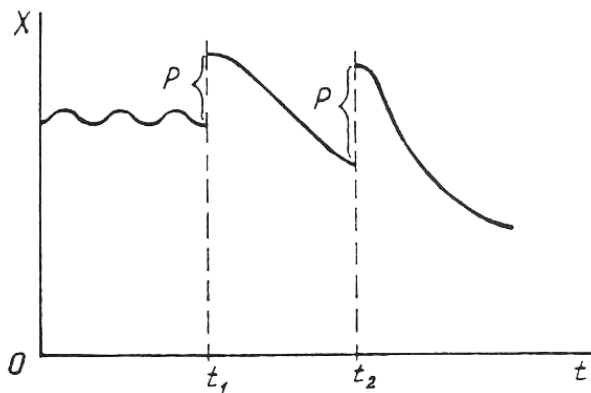


Рис. 11.2. Математична модель зростання популяції бактерій

Зміна розміру популяції бактерій описується таким диференціальним рівнянням:

$$\frac{dY}{dt} = AY - BY^2$$

де Y – кількість клітин в колонії; t – час; $\frac{dY}{dt}$ – швидкість зміни кількості клітин; A

– коефіцієнт, який залежить від середнього значення періоду генерації; B – коефіцієнт, який враховує смертність.

На рис. 11.3 показаний приклад дослідження вищевказаної математичної моделі для таких значень коефіцієнтів: $A = 2,5$; $B = 0,001$; $Y_{\text{нач}} = 50$.

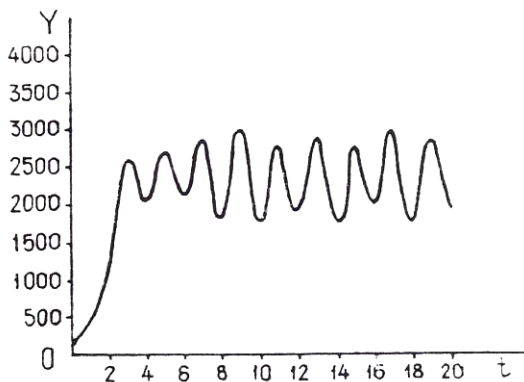


Рис. 11.3. Математичне моделювання розповсюдження інфекційного захворювання в населеному пункті

Процес поширення інфекційного захворювання в простому випадку можна описати системою з трьох диференціальних рівнянь першого порядку:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = QAXY, \\ \frac{dY}{dt} = QAXY - \frac{1}{R}Y, \\ \frac{dZ}{dt} = -\frac{1}{R}Y, \end{cases}$$

де Q – кількість жителів населеного пункту; A – середня кількість мешканців, яких кожен день інфікує кожен хворий; R – середня тривалість захворювання, дні; X – кількість здорових людей; Y – кількість хворих людей; Z – кількість тих, хто перехворів і набув імунітет.

Експонентна модель розмноження (модель природного зростання чисельності популяції)

Нехай $x(t)$ – чисельність населення в момент часу t . Припустимо, що кількість новонароджених (G) пропорційно кількості населення і проміжку часу Δt :

$$G = gx\Delta t,$$

де g – усереднене відносна кількість новонароджених в одиницю часу (народжуваність); наприклад, $g = 0,068$ (1/рік) позначає 68 новонароджених на 1000 населення за рік. Число померлих (H) в даній моделі також вважають пропорційним чисельності населення і проміжку часу

$$H = hx \cdot \Delta t,$$

Величину h , яка є усередненим відносним числом померлих за одиницю часу, називають смертністю. Тоді зміна чисельності населення (ΔX):

$$\Delta X = G - H,$$

Отже, диференціальне рівняння експоненційної моделі розмноження має наступний вигляд:

$$dx = (g - h) x dt.$$

З цього рівняння знаходимо швидкість відносного приросту населення:

$$\frac{1}{x} \frac{dx}{dt} = g-h.$$

У експоненційній моделі швидкість відносного приросту не залежить від чисельності населення і не змінюється з часом, тобто:

$$g-h = \text{const.}$$

Рішення такого рівняння називають формулою експоненціального зростання:

$$x(t) = x_0 e^{(g-h)t}$$

У цьому рівнянні враховано початкова умова $X|_{t=0} = X_0$

Аналізуючи отриманий зв'язок, бачимо, що населення з часом зростає, якщо $g > h$; залишається на одному рівні, якщо $g = h$; зменшується, якщо $g < h$.

Логістична модель розмноження (модель зміни чисельності популяції з урахуванням конкуренції між особинами)

Кількість новонароджених в логістичній моделі виражається аналогічно такому в експоненційній $G = gx\Delta t$, проте число померлих визначається рівнянням:

$$H = hx\Delta t + h_1 x^2 \Delta t$$

Другий доданок враховує додаткові причини загибелі: війна; епідемії інфекцій, голод та ін.

Таким чином, диференціальне рівняння логістичної моделі розмноження має вигляд:

$$dx = (g - h) x dt - h_1 x^2 dt$$

Приватним рішенням цього рівняння з початковою умовою є наступна функція:

$$x(t) = \frac{x_0 (g - h) e^{(g-h)t}}{(g - h) + x_0 h_1 (e^{(g-h)t} - 1)}$$

Така функція називається логістичної, а закон, відповідно, – логістичним. Графік залежності $x(t)$ наведено на рисунку:

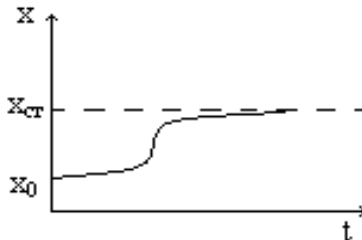


Рис. 11.4. Логістична модель розмноження

Як бачимо, з плином часу x не йде на нескінченність, а виходить на стаціонарний рівень $X_{ст}$. При логістичному законі розмноження чисельність населення з часом наближається до рівноважного числа, визначеного межею:

$$x_{ст} \lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \frac{g - h}{h_1}$$

Фармакокінетичні моделі

Фармакокінетика вивчає розподіл в організмі досліджуваної біологічно активної речовини і зміни її концентрації з часом. До біологічно активних речовин відносяться, зокрема, лікарські препарати. Закони зміни концентрації лікарського препарату в організмі різні залежно від способів і параметрів його введення та виведення. У фармакокінетиці організм формально поділяють на камери об'ємом V . Фармакокінетична камера – це частина організму, в якій досліджуваний препарат розподілений рівномірно. Сукупність процесів, які обумовлюють зменшення вмісту лікарського препарату в організмі з часом, називають *елімінацією*.

Розглянемо фармакокінетичну модель при одноразовому введенні лікарського препарату початкової маси M_0 .

Якщо швидкість виведення лікарського препарату з організму $\frac{dM}{dt}$ пропорційна першій ступені маси M препарату в камері, то такий процес відноситься до лінійної фармакокінетичної моделі; вважають, що в такій фармакокінетичній моделі лікарський препарат рівномірно розподілений по всьому організму, і модель називають «однокамерною».

Диференціальне рівняння однокамерною лінійної фармакокінетичною моделі має вигляд:

$$\frac{dM}{dt} = -k_{el}M,$$

де k_{el} – константа елімінації, тобто коефіцієнт видалення препарату з організму.

Інтегральне рівняння однокамерною лінійної фармакокінетичною моделі записують як:

$$M = M_0 e^{-k_{el}t}$$

де M – маса препарату в камері в момент часу $t = 0$.

Якщо V – об'єм камери, то масу M препарату визначають по концентрації c : $M = V \cdot c$. Рівняння для визначення концентрації препарату в залежності від часу має наступний вигляд:

$$c(t) = c_0 e^{-k_{el}t}$$

де c_0 – концентрація препарату в початковий момент часу.

Елімінацію (виведення) біологічно активних речовин з організму на практиці вивчають по зменшенню їх концентрації в крові. Кров є основний тест-тканиною. Як видно,

концентрація лікарського препарату в крові безперервно знижується по спадаючому експоненціальному закону.

Прологарифмуємо останнє рівняння :

$$\ln c(t) = \ln c_0 - k_{el}t$$

і побачимо лінійну залежність логарифма концентрації від часу. Однокамерна лінійна модель є адекватною, якщо експериментальні значення $\ln c(t_1)$, $\ln c(t_2)$, ..., $\ln c(t_n)$, задовольняють останньому рівнянню.

Однокамерна лінійна модель є адекватною для багатьох лікарських препаратів, введених в кров ін'єкційно. Рівномірний розподіл препарату забезпечується циркуляцією крові протягом декількох хвилин, а період напіввведення порядку декількох годин.

Питання, винесені на семінар:

1. Види моделювання. Комп'ютерні технології та математичне моделювання.
2. Математичне моделювання процесів в популяціях:
 - хижаки-жертви;
 - імунологічні моделі;
 - зростання популяції;
 - поширення інфекції.
3. Математичне моделювання процесів фармакокінетики (розподілу активних речовин в організмі моделі)

ТЕМА 12 «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ У МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ»

План:

1. Сутність і принципи системного підходу. Системний підхід до явищ життя.
2. Загальні поняття теорії систем і системного аналізу.
3. Системний аналіз і основні його етапи.
4. Принципи системного аналізу взаємодії структур організму.
5. Особливості системного аналізу при вирішенні медичних завдань.

Сутність і принципи системного підходу

Виникнення і розвиток системного підходу було підготовлено прогресом наукових досліджень. Вивчаючи ті чи інші елементи живих систем, фізіологи завжди цікавилися їх внутрішньою структурою, розглядаючи її як ключ до розуміння принципів функціонування системи в цілому. При цьому застосовувалося послідовне розчленування складної системи на простіші. Такий підхід вбачає більш тонку деталізацію структури досліджуваного об'єкта. По окремих елементах системи, їх структурі і функціям робилися спроби зрозуміти всю складність комплексу. Однак такий аналітичний підхід дав мало для розуміння структури і функції організму в цілому, так як організм являє собою складну систему з ймовірнісною організацією, що має якісно нові властивості, що не збігаються з окремими особливостями своїх елементів.

Одночасно розвивався і другий метод дослідження – інтегральний, який застосовувався в тих випадках, коли внутрішня будова системи та складні взаємозв'язки складових її елементів не відомі або відомі недостатньо. При цьому, спостереженню доступні лише її «вхід», через який надходить інформація із зовнішнього світу, і «вихід» – через який система «видає» реакції, вироблені нею в результаті деякого невідомого процесу переробки інформації. Всі основи вчення про умовні рефлекси були закладені в результаті дослідів, проведених цим шляхом, який відомий як проблема «чорного ящика». Під «чорним ящиком» розуміється система, в якій зовнішньому спостерігачеві доступні лише вхідні та вихідні величини, а внутрішній устрій не відомий. При цьому виявляється, що ряд важливих висновків про поведінку системи можна зробити, спостерігаючи лише реакції вихідних величин на зміну вхідних. Такий підхід, зокрема, відкриває можливості об'єктивного вивчення систем, пристрій яких не відомий або занадто складний для того, щоб описувати їх поведінку, виходячи з властивостей і взаємозв'язків частин цих систем. «Чорний ящик» використовується в сучасній медицині. Коли хворий приходить до лікаря, то на підставі скарг, анамнезу, огляду і даних первинного обстеження виникає припущення про імовірнісний діагнозі. Таким чином, лікар на підставі інформації, отриманої при впливі на систему під назвою «хворий», намагається скласти уявлення про структуру та функціонування цієї системи при патології.

Системний підхід в медичних завданнях використовується як синонім поняття комплексний підхід і являє собою методологію наукового пізнання світу, в основі якої лежить дослідження об'єктів цього світу як систем.

Системний підхід дозволяє розкрити і пояснити механізми, що забезпечують цілісність об'єкта дослідження, виявляючи все різноманіття його зв'язків і об'єднуючи їх під єдиною теоретичною основою.

Принцип цілісності об'єкта виходить з того, що ціле (наприклад, організм людини) володіє такою якістю, яким не володіє ні одна з його частин окремо, наприклад, система кровообігу. Така властивість називається *емерджентністю* (від англ. «Emergent» – несподівано виникаючий).

Системний підхід вимагає розгляду досліджуваного явища або процесу (наприклад, травлення) не тільки як самостійної системи, але і як підсистеми деякої суперсистеми більш високого рівня (організм людини). При системному підході вивчається максимально можлива кількість зв'язків для того, щоб не впустити істотні зв'язки і фактори, та оцінити їх ефективність.

Будь-який об'єкт дослідження може бути представлений або як підсистема деякої системи більш високого рангу (це призводить до проблеми виділення системи, встановлення її меж), або як система по відношенню до сукупності підсистем більш низького рангу, які утворені з елементів (це призводить до проблеми вибору первинного елемента). Системний підхід характеризується одночасним, всебічним, комплексним розглядом об'єкта вивчення, будь то процес, явище, факт, чи інформація.

Загальні поняття теорії систем. Системи та їх властивості

Термін «система» вживається в різних галузях науки і техніки. Наприклад, астрономи використовують поняття «сонячна система», фізіологи – «система травлення», математики – «система рівнянь» і т.д. Спільним у всіх цих варіантах вживання слова «система» є те, що йому супутне поняття деякої впорядкованості безлічі елементів, наявність зв'язку між елементами.

Система – сукупність (безліч) елементів, між якими є зв'язки (відносини, взаємодії). Таким чином, під системою розуміється не будь-яка сукупність, а впорядкована. Якщо зібрати разом (об'єднати) однорідні або різнорідні елементи (медобладнання, пацієнти, лікарі, медикаменти), то це буде не системою, а лише більш-менш випадковим змішанням.

Іншими словами, під системою розуміють безліч взаємодіючих між собою елементів. Функціонування кожного елемента підпорядковане необхідності збереження системи в цілому. Окремі елементи системи об'єднані між собою причинно-наслідковими зв'язками. Це означає, що зміна одного або декількох елементів, однієї або декількох зв'язків між елементами тягне за собою зміну інших елементів і зв'язків. Наприклад, патологічна зміна структури шлунка (гастрит) може викликати патологію жовчного міхура, підшлункової залози та інших елементів шлунково-кишкового тракту. Елементи системи в рамках системного підходу розглядаються з урахуванням їх «місця» і функції всередині цілого.

Ще одним прикладом може бути жива клітина. У матеріально-речовинному відношенні клітина складається з ряду хімічних сполук – білків, нуклеїнових кислот. Кожне з цих сполук окремо є неживою хімічною речовиною, яка не володіє всією сукупністю життєвих функцій (проявів). Але в результаті певного способу взаємодії (обміну, заміщення, регенерації) ці хімічні сполуки утворюють цілісність, тобто власне клітину, яка володіє якісно більш складними властивостями по відношенню до первинних її складових: здатністю до обміну речовин, росту, самовідтворенню, дратівливості.

Вважати ту чи іншу сукупність елементів системою чи ні, залежить багато в чому також від цілей дослідника і точності аналізу, яка визначається можливістю спостерігати і описувати систему. Наприклад, для розробника і лікаря кардіологічний діагностичний комплекс – це система, а для пацієнта – тільки засіб діагностики.

Ознаками, що дозволяють відрізнити систему від «не системи», є:

1. система – це сукупність елементів, які самі можуть розглядатися як системи. Будь-яка вихідна система є частиною більш загальної системи. Наприклад, електрокардіограф можна розглядати як частину діагностичних засобів лікарні або частину діагностичних коштів міста і т.ін. (тобто елемент системи може сам бути системою);

2. для системи характерна наявність інтегративних властивостей, які притаманні системі в цілому, але не властиві жодному з її елементів окремо. Наприклад, вимірювати артеріальний тиск може прилад, але не його окремі елементи (тобто кожен елемент системи окремо не володіє властивостями, притаманними системі в цілому);

3. для системи характерна наявність суттєвих зв'язків між елементами, тобто скупчення розрізних, незв'язаних частин не є системою (тобто елементи системи повинні взаємодіяти між собою). Всі три ознаки пов'язані між собою, і наявність одного з них тягне за собою наявність двох інших.

Прикладом системи є медична інформаційна система, що представляє собою комплекс математичних і технічних засобів, які забезпечують збір, зберігання, обробку, аналіз і видачу медичної інформації в процесі вирішення медичних завдань.

Системою є також і організм людини. Якщо його розглядати на органічному рівні, то окремими елементами є органи. Всі органи взаємопов'язані і утворюють єдине ціле. Властивості організму в цілому не властиві окремим його органам (вони мають свої властивості).

Підсистемою називають виділену із системи підмножину взаємопов'язаних елементів, об'єднаних деякими цільовим призначенням.

Поділ системи на підсистеми, а підсистеми – на більш дрібні, можна продовжувати до тих пір, поки залишаються елементи (мінімум 2), об'єднані загальною ознакою, метою.

Будь-яка система може бути представлена як об'єднання (композиція) підсистем різних рівнів і рангів.

Декомпозиція (поділ) системи на підсистеми може бути проведена за певними ознаками. Детальніше декомпозиція буде розглянута далі.

Поділ системи на підсистеми за рівнями називають *ієрархією*.

Окремими поняттям теорії систем є «структура».

Структура системи – це часткове упорядкування елементів системи та відносин між ними за якоюсь ознакою. Іншими словами, структура – це все те, що вносить порядок в безліч об'єктів, тобто сукупність зв'язків і відносин між частинами цілого, необхідних для досягнення мети. Приклад структур: звинини мозку, факультет, державний устрій, кристалічна решітка речовини, мікросхема. Кристалічна решітка алмаза – структура неживої природи; бджолині стільники і смуги зебри – структури живої природи; озеро – структура екологічної природи; партія (громадська, політична) – структура соціальної природи і т.ін.

Структури можуть мати різні типи: лінійний (станції метро на одній (не кільцевій) лінії в одному напрямку); ієрархічний (структура управління вузом: «ректор – проректор – декан – завідувач кафедри»); мережевий (при організації робіт при будівництві будинку: деякі роботи, наприклад, монтаж стін, благоустрій території та ін. можна виконувати паралельно); матричний (структура працівників відділу НДІ, що виконують роботи по одній і тій же темі). У біології та медицині структура – це морфологічно і функціонально однорідна частина системи, що має зв'язки з іншими структурами.

Структури системи тісним чином пов'язані із *зовнішнім середовищем системи* – сукупністю факторів, що діють на систему ззовні.

Одним з базових понять теорії систем є поняття елемента системи.

Елемент системи – це частина системи, що розглядається в кожному конкретному дослідженні як найпростіша, що має зв'язки з іншими елементами. Таким чином під елементом системи розуміють об'єкти, які виконують певні функції і не підлягають подальшому розчленуванню (в рамках поставленої задачі).

Елемента в абсолютному вигляді і поза системи не існує. У цьому простежується один із проявів гносеологічного підходу: елемент як неподільна частина може розглядатися тільки стосовно конкретної моделі системи. Якщо ж розглядати модель іншої системи, то «елемент» попередньої моделі в цієї моделі вже не буде неподільним. Наприклад, з точки зору економічної моделі суспільства, людина не може розглядатися як елемент, а з точки зору біологічної моделі людини – це складна суперсистема, яка складається з безлічі систем (нервової, опорно-рухової, кровообігу).

Кожна система може бути представлена як елемент системи вищого рівня. І в той же час елементи або групи елементів даної системи можна розглядати як самостійні системи більш низького рівня. Тобто йдеться про ієрархію систем. Наприклад, органи можна розглядати як системи для елементів – клітин, а клітини, у свою чергу, можна вважати системами, що складаються з елементів – молекул, атомів і т.ін.

Живі організми можна розглядати на різному рівні і в різних площинах системного аналізу. Так, структура, елементарна для формування системи вищого рівня, одночасно сама є системою, утворена з елементів попереднього рівня (рис. 12.1):

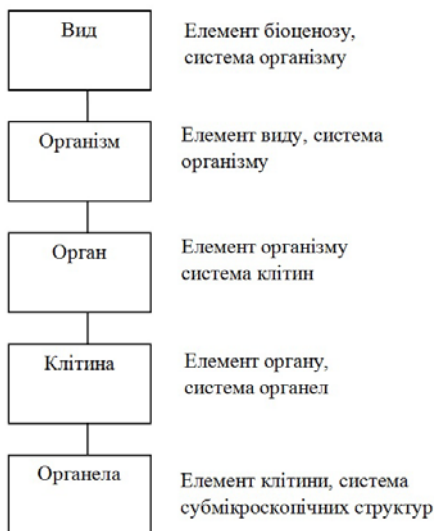


Рис. 12.1. Схематичне зображення ієрархії рівнів організації живого, кожен з яких є і елементом, і системою

Біологічний об'єкт в контексті розв'язуваної проблеми може розглядатися і як система, і як підсистема, і як структура.

Крім поділу систем по їх складності, вони поділяються на детерміновані та ймовірнісні.

Для повністю *детермінованої* системи можливий тільки один стан, вірогідність якого дорівнює одиниці. Така система не має гнучкості і не може адаптувати свої властивості до навколишніх умов.

Реальні системи є ймовірнісно-детермінованими, а їх поділ на ймовірнісні і детерміновані умовний: до *ймовірнісних* відносяться системи, у яких більшість можливих станів мають близькі значення ймовірностей, причому сума цих ймовірностей досить велика (близька до одиниці); до детермінованих відносяться системи, у яких ймовірність одного з можливих станів більше суми ймовірностей всіх інших станів.

Методи, що використовуються для дослідження ймовірнісних і детермінованих систем, в більшості випадків різні. Наприклад, для дослідження детермінованих систем найчастіше застосовують апарат диференціальних рівнянь і теорію автоматичного регулювання, а для дослідження ймовірнісних – апарат теорії ймовірностей і методи математичної статистики.

В цілому, дослідження всіх видів систем засновано, головним чином, на вивченні зв'язків між елементами, структурами і підсистемами цих систем.

Основними є три види зв'язку:

- *стохастичний* – між випадковими подіями і випадковими величинами, що описують ймовірнісну природу системи;

- *функціональний* – між структурами, обумовлений кількісним впливом зміни характеристики однієї структури на зміну характеристики іншої структури;

- *причинний* – зв'язок між подіями (з точки зору причина-наслідок).

Пояснимо **поняття стохастичного (кореляційного) зв'язку**. Для цього нагадаємо, що випадкова подія – це така подія, яка за даних умов може відбутися або не відбутися, а випадкова величина – це величина, яка приймає в результаті досвіду одне з безлічі можливих значень, причому поява того чи іншого значення цієї величини являє собою випадкову подію.

Наприклад, захворювання на грип людини, що знаходилася деякий час в контактi з інфекційним хворим, є випадковою подією.

Тут слід звернути особливу увагу на правильне розуміння визначення «випадковість»: зрозуміло, в самому грипі в зимовий період в умовах мегаполісу нічого випадкового немає, і, більш того, його поява є скоріше закономірною, ніж випадковою. Тим не менш, ми називаємо таке захворювання випадковою подією, оскільки його могло б і не бути, причому заздалегідь з повною достовірністю передбачити, відбудеться воно чи ні, було б неможливо. У контактi з інфекційним хворим міг бути не один, а кілька здорових людей. Деякі з них через якийсь час захворюють. Захворювання кожного з них – випадкова подія, відсоток ж захворілих із загального числа людей, що знаходилися в контактi – випадкова величина, передбачити заздалегідь її було неможливо.

Якщо значенню однієї величини відповідає строго певне значення іншої, то залежність між ними називається *функціональною*. Можна, наприклад, припустити, що в деяких межах, зміни кров'яного тиску майже лінійно залежать від дози прописуємо препарату. У цьому випадку, знаючи орієнтовне значення відповідного структурного коефіцієнта, для лікаря не становитиме труднощів обґрунтувати цю дозу для конкретного хворого.

Вивчення *причинного* зв'язку між подіями дозволяє будувати причинно-наслідкові схеми, які пов'язують деяку подію, яку ми приймаємо за вихідну, з подіями, що слідує за вихідними. Завданням в даній ситуації є, по-перше, виділення серед цих подій найбільш важливих (обмеження причинно-наслідкової схеми) і, по-друге, виділення подій, які можуть виникнути тільки як наслідок початкового.

Причинно-наслідкові схеми є дуже перспективними для медичної діагностики, де вихідною подією можна вважати первинне порушення (захворювання), а наслідком – пов'язані із захворюванням патологічні явища (симптомокомплекс). Виявлення такого симптомокомплексу буде з великою ймовірністю свідчити про наявність захворювання.

Основні властивості систем та їх особливості

Основними властивостями системи є:

А) *цілеспрямованість* – визначає поведінку системи;

Б) *складність* – багато систем (у тому числі, медичні системи) характеризуються великим числом неоднорідних елементів і зв'язків. Вони залежать від безлічі компонентів, що входять в систему, їх структурної взаємодії, від складності та динамічності внутрішніх і зовнішніх зв'язків. Ступінь складності є визначальною властивістю системи. Складність у застосуванні до систем має різний сенс: структурна, динамічна, обчислювальна. Зазвичай ступінь складності оцінюється кількістю інформації, необхідної для опису реальної системи. При такому підході оцінка складності системи проводиться через спостереження. Наприклад, для нейрофізіолога мозок складний і його адекватний опис вимагає багато інформації, для м'ясника мозок простий, так як йому потрібно тільки відокремити його від інших сортів м'яса. Розрізняють складність систем і складність завдань. Останню, називають обчислювальною складністю;

В) *подільність* – система складається з ряду підсистем і елементів, виділених за певною ознакою, що відповідає конкретним цілям і завданням;

Г) *цілісність* – функціонування безлічі елементів системи підпорядковане єдиній меті. При цьому система проявляє інтегративні, емерджентні властивості, тобто властивості властиві системі в цілому, але відсутні в окремо взятих її елементах;

Д) *різноманіття елементів і відмінності їх природи* – це пов'язано з їх функціональною специфічністю і автономністю;

Е) *структурованість* – визначається наявністю встановлених зв'язків і відносин між елементами всередині системи, розподілом елементів системи за рівнями та ієрархією;

Ж) *адаптивність системи* полягає в здатності системи зберігати свої функції при впливі навколишнього середовища, тобто реагувати на середовище так, щоб отримати сприятливі наслідки для діяльності системи.

Найменш адаптивними є неживі системи, більш адаптивні біологічні (живі системи) та біотехнічні системи, самими адаптивними є соціальні системи.

Властивості адаптивності тісно пов'язані з життєздатністю систем, яка полягає в здатності зберігати рівновагу із середовищем.

Системний аналіз

Системний аналіз знайшов широке застосування в різних сферах діяльності. Він застосовується при моделюванні процесів прийняття рішень в ситуаціях з великою початковою невизначеністю, при розробці інформаційних систем і т.ін.

Системний аналіз застосовується в тих випадках, коли завдання (проблема) не може бути відразу представлена і вирішена за допомогою формальних, математичних методів, тобто має місце велика початкова невизначеність проблемної ситуації і багатокритеріальність завдання. Застосування системного аналізу допомагає організувати процес колективного прийняття рішення, об'єднуючи фахівців різних галузей знань.

Основним методом аналізу системного аналізу є розбиття проблеми на більш доступні для огляду задачі, що краще піддаються дослідженню, при збереженні цілісного (системного) уявлення про об'єкт дослідження і проблемну ситуацію.

Системний аналіз має на увазі розбір системи на її підсистеми з наміром з'ясувати, яка з підсистем і чому може (не може) виконати поставлені перед нею цілі (підцілі). Поняття «система» і «мета системи» нерозривно пов'язані між собою, а системний аналіз дозволяє відповісти на питання: чому дана система може або не може виконати дану мету.

Далеко не кожен аналіз проблеми є системним аналізом.

Наприклад, органно-морфологічний аналіз дозволяє провести класифікацію хвороб за зовнішніми анатомічними ознаками (ознаками структури, будови, форми), по органним ознакам (кардіо ... , пульмо ... , гастро ... , і т.ін.) і за морфологічними ознаками (пухлини, запалення, дефекти будови і т.ін.). По суті він є структурним аналізом і його основним аналітичним інструментом є статистичні математичні моделі. Однак, такий аналіз не дає системну класифікацію хвороб. Це пов'язано з тим, що центральним поняттям «система» є поняття «мети», а органно-морфологічний аналіз може лише показати з яких елементів складається даний об'єкт. При цьому органно-морфологічний аналіз не пояснює для якої мети він призначений і яка роль кожного елемента в досягненні даної мети (об'єкт «складається з ... і призначено для ...»).

Найважливішою ланкою системного аналізу є формулювання конкретної мети. При цьому мета системного аналізу розглядається з точки зору мети прийняття рішення.

Під метою розуміють призначення системи в рамках конкретного завдання. Більшість систем є багатоцільовими, так як для будь-якої системи можна скласти кілька наборів обмежень, що призводить до нових цілей, а отже, і до нових завдань.

Постановка мети дозволяє на самому початку вирішення завдання сформулювати безліч допустимих рішень, відповідних поставленій меті.

Наприклад, метою завдання є вибір оптимальної тактики лікування пацієнтів з деяким комплексом захворювань і симптомів. Спочатку підходять багато ліків. Сформулюємо набір обмежень:

- а) форма випуску препарату – таблетки;
- б) режим прийому – один раз на день;
- в) відсутність побічних ефектів (облік протипоказань);
- г) вартість не більше 100 грн;
- д) наявність препарату в аптеці;

Як можна бачити, набір обмежень значно звужує кількість рішень.

Цілі можуть бути *негативні* і *позитивні*. Пов'язано це з тим, що проблеми бувають двох видів: одні з них пов'язані з руйнуванням, усуненням або обмеженням чого-небудь, інші – з досягненням або придбанням чого-небудь.

Вирішення проблем першого типу означає позбавлення від джерела незадоволеності існуючим положенням (наприклад, від хвороби, шуму) – це негативні цілі. Вирішення проблем другого типу означає отримання доступу до джерела задоволення (наприклад, придбання потрібних ліків) – позитивні цілі.

Позитивні і негативні цілі – поняття відносні. Наприклад, бажання позбутися від хвороби можна розглядати як бажання стати здоровим. Однак, до подібного ототожнення слід підходити обережно. Якщо, наприклад, хтось просто не хоче проходити курс лікування, то позбавлення (відмова) від цього лікування являє собою негативну ціль. Однак, якщо це небажання пов'язано з тим, що лікування буде проводитися іншим, більш ефективним, методом, то це вже – позитивна ціль.

Позитивна ціль часто припускає наявність і негативної цілі, однак, зворотне твердження невірне: позбавлення від того, що небажано, не завжди рівнозначно досягненню того, що бажано. Так, наприклад, позбавлення від зубного болю прийомом ліків або видалення зуба не може забезпечити повного здоров'я організму людини. У той же час, при досягненні позитивної цілі – забезпечення повного здоров'я – автоматично досягається позбавлення від зубного болю.

Зусилля, спрямовані на позбавлення від того, що небажано (негативні цілі) являє собою *ретроспективне*, орієнтоване на аналіз минулого, рішення проблем.

Зусилля, спрямовані на досягнення того, чого немає, але що необхідно (позитивні цілі) представляють собою перспективне, спрямоване в майбутнє, рішення проблем.

Проблема визначення справжньої мети системи є дуже важливим етапом і вимагає правильного вибору критерію ефективності вибору мети. Найважливішими вимогами при виборі критерію ефективності є:

- показність (критерій повинен прямо відображати ціль системи, повністю їй відповідати, оцінювати ефективність основного, а не другорядного завдання);
- критичність до досліджуваних параметрах (чутливість критерію до змін досліджуваних параметрів);
- максимально можлива простота (введення в нього другорядних величин може ускладнити дослідження).

Конкретні приклади вибору критеріїв ефективності в даній лекції розглядатися не будуть.

Таким чином, головним завданням системного аналізу є пошук шляхів по перетворенню складного в просте, з розкладання важко зрозумілої задачі на ряд завдань, для яких є відпрацьовані методи дослідження або рішення. Розчленування складних проблем на прості в багатьох випадках дозволяє оцінювати їх не тільки якісно, але і кількісно, а, отже, підвищити точність пізнавального процесу. Для кількісної оцінки ефективності досягнення цілей системи використовують заходи (критерії) ефективності.

Визначення меж системи в цілому та навколишньому середовищу. Система в цілому включає всі системи, які, імовірно, будуть впливати на розглянуту проблему.

Методом виключення ми відносимо до навколишнього середовища всі системи, які не були включені в систему в цілому і які не впливають на розглянуту проблему.

Якщо в систему в цілому включити мало систем – це призведе до надмірного спрощення і невірних рішень, якщо занадто багато – це ускладнить опис, не вистачить обчислювальних ресурсів, і ми не зможемо знайти рішення. Таким чином, межі системи залежать від цілей аналізу, необхідної точності результату і наявних ресурсів.

Наприклад, якщо мова йде про лікування одного пацієнта (розв'язувана проблема), головний лікар може обмежитися рамками лікарні. Однак, можуть з'явитися фактори, що виводять межі системи за рамки лікарні: ускладнення, які неможливо лікувати в даній лікарні; негативне ставлення родичів до даної лікарні, і т.ін. Якщо ж мова йде про планування бюджету лікарні (розв'язувана проблема), то до уваги братимуться інші системи і їхні інтереси. Зміна цілі призведе до зміни можливих рішень і впливатиме на інші системи. Наприклад, лікаря цікавить рівень заробітної плати та умови його роботи; пацієнт потребує якісної медичної допомоги та максимальної кількості медичних послуг; суспільство в цілому зацікавлене в якісній охороні здоров'я при мінімально можливих податках; держава розглядає охорону здоров'я в якості статті витрат; лікарня в цілому прагне до надання лікування найкращої якості.

Методи системного аналізу

Як вже згадувалося вище, головним завданням системного аналізу є пошук шляхів по перетворенню складного в просте, з розкладання важкозрозумілої задачі на ряд завдань, що мають рішення, або завдань, для яких є відпрацьовані методи дослідження. Розкладання складних медичних проблем на прості в багатьох випадках дозволяє оцінювати їх не тільки якісно, але і кількісно, а значить, підвищити якість діагностики, лікування та ін.

Для вирішення завдання розкладання складного на більш простіші складові, системний аналіз має низку методів:

- експертно-інтуїтивні, або неформальні, методи: експертних оцінок, сценаріїв, «мозкового штурму»;
- кількісні (формальні) методи: статистичні та інші математичні методи;
- графічні методи: дерево цілей, дерево взаємозв'язків;
- методи моделювання: імітаційні, ігрові, макетні моделі .

Коротко зупинимосся на основних видах експертно – інтуїтивних методів

Метод експертних оцінок базується на отриманні, обробці та узагальненні інформації спеціалістів (експертів), які мають високу кваліфікацію та досвід у відповідній галузі знань (діяльності).

Метод «мозкового штурму» базується на стимулюванні творчої продуктивної діяльності експертів шляхом спільного обговорення конкретної проблеми, яка регламентується певними правилами. При цьому «забороняється» оцінка якості запропонованих ідей, обмежується час одного виступу, обов'язково фіксуються всі запропоновані ідеї та ін.

Метод створення сценаріїв частіше використовується при вирішенні задач прогнозування. Сценарій – це опис ймовірного розвитку процесу чи стану в майбутньому. Зазвичай складають три типи сценаріїв: оптимістичний, середній і песимістичний.

Одним з основних завдань побудови дерева взаємозв'язків, що відноситься до графічних методів системного аналізу, є знаходження повного набору елементів системи на кожному рівні аналізу, визначення взаємозв'язку і підпорядкованості між ними, а також визначення коефіцієнта відносної важливості елементів кожного рівня.

Наприклад, для медичної проблеми структура такого дерева визначається в результаті деталізації проблеми в напрямку розкриття її змісту, аж до конкретних нормативних значень окремих показників. Ці показники (елементи) характеризують міру досягнення поставленої медичної мети. Головною метою на нульовому (генеральному) рівні є сама мета проблеми (наприклад, забезпечити необхідний рівень медичного обслуговування). На першому рівні цілій розкривається зміст головної мети, для чого вона структурується на окремі компоненти (цілі першого порядку) за принципом охоплення всіх напрямків медичного обслуговування. На другому рівні проводиться подальша конкретизація головної мети. На третьому, а, при необхідності, і на четвертому рівні формуються конкретні значення нормативних показників поставленої медичної мети. Наприклад, таким конкретним нормативом може бути підвищення рівня медичного обслуговування в два рази.

Системний аналіз патогенезу та симптомокомплексів хвороби

Складність організму як системи визначається наявністю в ньому величезного числа зв'язків на всіх рівнях. Безпосередньо або опосередковано, всі підсистеми пов'язані між собою. Завдяки наявності величезного числа взаємозв'язків у здоровому організмі немає органів або груп клітин, що функціонують ізольовано і незалежно один від одного. Так, наприклад, підсистема дихання пов'язана з кровоносною підсистемою, яка, у свою чергу, пов'язана з усіма іншими підсистемами і т.ін.

Організм людини є відкритою системою, на яку постійно впливають зовнішні фактори: температура, вологість, сонячна радіація і т.ін. Будь-які зміни цих факторів викликають адаптаційні зміни в самому організмі і звуться *збуджуючими впливами*. Крім того, організм пов'язаний з навколишнім середовищем ще й енергетично, тому що споживає ззовні необхідні енергетичні компоненти (кисень, жири, білки, вуглеводи).

Крім зв'язків, спрямованих від середовища до організму, існують ще й зв'язки від організму до середовища. Ці зв'язки обумовлені функціями виділення харчових відходів, продуктів обміну, надлишку теплової енергії, надлишку рідини і солі.

Підтримка життєво важливих параметрів організму в сприятливих для нього вузьких межах, забезпечення адаптаційних властивостей організму в умовах збуджуючих впливів зовнішнього середовища, забезпечуються різноманітними негативними зворотними зв'язками, які, в певній мірі, дублюють один одного. Підтримання постійними найбільш важливих параметрів (гомеостаз), здійснюється в організмі досить надійно. Вихід з ладу або ослаблення будь-якого зв'язку позначається на взаємодії між структурами більш-менш незначно, оскільки сполучне навантаження приймають на себе інші структури та інші зв'язки.

Будь-яке патологічне явище, яке виникає в органі чи тканині, за допомогою наявних зв'язків служить джерелом обурюючого впливу по відношенню до інших органів.

Принципи системного аналізу взаємодії структур організму

Отримання цілісного, комплексного уявлення про об'єкт можливо лише в результаті вивчення його структурних компонентів.

Методологічною основою для цього є різновид системного аналізу, відомий як *структурний аналіз*. Він був розроблений в 60-70-х роках ХХ століття Дугласом Т. Россом. Основним поняттям структурного аналізу є структурний елемент – об'єкт, що виконує одну з елементарних функцій модельованого предмета, процесу чи явища. Структурний аналіз передбачає дослідження системи за допомогою її графічного модельного подання, яке починається із загального огляду і потім деталізується, набуваючи ієрархічну структуру. Для такого підходу характерне використання формальних правил запису. Мета структурного аналізу полягає в перетворенні загальних, розпливчастих знань про вихідну предметну область в точні моделі. Жодна окремо взята підсистема організму людини не може повністю забезпечити моделювання біологічних процесів в організмі. Тому для отримання цілісної картини функціонування організму необхідно взяти за основу опис однієї з виділених структур і інтегрувати його з іншими. Для медицини методи структурного аналізу є дуже актуальними, тому що дозволяють, зокрема, визначити патогенез захворювання. Як згадувалося вище, поділ системи на підсистеми називається *декомпозицією*.

Декомпозиція є умовним прийомом і дозволяє представити систему у вигляді, зручному для сприйняття, і оцінити її складність. В результаті декомпозиції підсистеми за певними ознаками виділяються окремі структурні елементи і зв'язки між ними. Декомпозиційним рішенням вихідного глобального завдання є визначення рішення за допомогою системи взаємопов'язаних локальних завдань. При цьому мається на увазі, що приватні, або локальні завдання є, в певному сенсі, менш складними, ніж вихідна завдання.

Особливу проблему становить дослідження взаємодії структур та їх впливу один на одного в процесі життєзабезпечення організму, його пристосування до наявних умов навколишнього середовища, і реагування на розвиток різних видів патологічних процесів.

Розглянемо правила формалізації дослідження взаємодії між структурами, не залежними від їх рівня.

Якщо зміни Δx структури x викликають зміни Δy структури y , то це можна позначити таким чином: $\Delta x \rightarrow \Delta y$, де стрілка спрямована від причини до слідства. При цьому, якщо збільшення x викликає збільшення y , то над стрілкою ставлять знак «плюс»: $\Delta x \xrightarrow{+} \Delta y$. Для спрощення запису знак можна не ставити.

Якщо відомо, що при зміні x на одну одиницю, y змінюється на a одиниць (a – постійна величина), то форма запису залежності y від x виглядає наступним чином:

$$x \xrightarrow{a} y \text{ (в аналітичному запису це } y = a \cdot x \text{).}$$

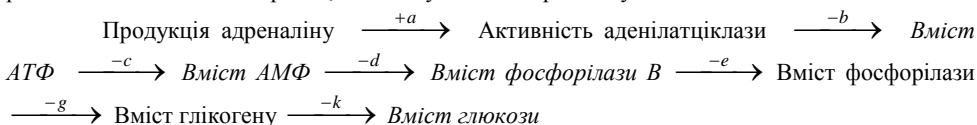
Якщо зміна характеристики структури x визначає зміну характеристики структури y , а воно, y своєю чергу, визначає зміну характеристики z , то це записується як

$$x \xrightarrow{a} y \xrightarrow{b} z, \text{ де } b \text{ залежність } z \text{ від } y \text{ (} z = b \cdot y \text{).}$$

Оскільки $y = a \cdot x$, то виключаючи y з розгляду, можна записати як $z = a \cdot b \cdot x$ або $x \xrightarrow{ab} z$.

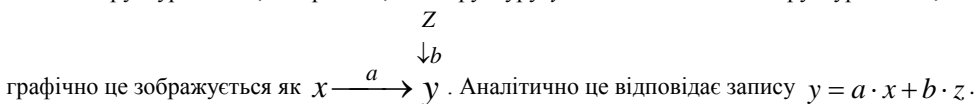
Будь-який параметр, що визначає залежність зміни характеристики однієї структури від зміни іншої називається *структурним коефіцієнтом*.

У багатьох випадках слід вважати, що ці коефіцієнти – змінні величини, що залежать від часу доби, стану організму, стану навколишнього середовища та т.ін. Різними вони є і для одних і тих же взаємодіючих структур у різних індивідуумів. Наприклад, розглянемо біохімічний процес, що описує вплив адреналіну на глікогенез.

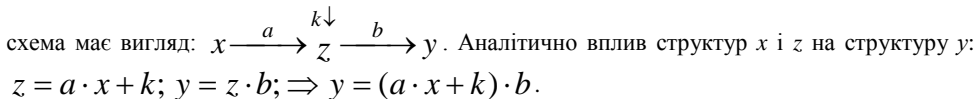
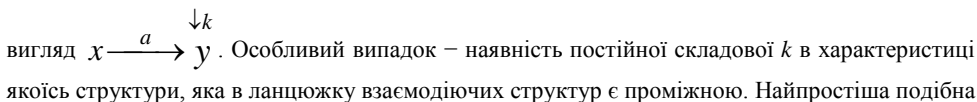


У цьому ланцюжку в результаті підвищення активності аденілатциклази зменшується вміст АТФ (b – негативне), зменшується вміст АМФ, що в свою чергу викликає зменшення вмісту фосфорилази B і т.ін.

На одну і ту ж характеристику можуть одночасно впливати незалежні діяння 2 або більше структур. Якщо, наприклад, на структуру y одночасно діють структури x і z , то

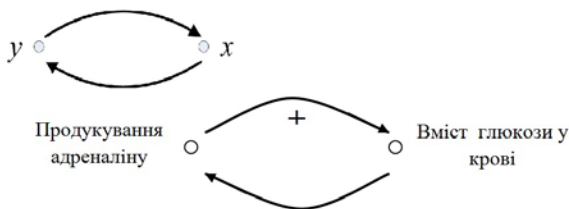


Якщо оцінюється не зміна y під впливом x , а абсолютна величина характеристики y , то доцільним стає застосування формули $y = a \cdot x + k$. Графічно відповідний запис має



У тих випадках, коли деяка структура не тільки відчуває вплив іншої структури, а й сама робить на неї вплив, утворюється зворотній зв'язок, який носить назву *петлі зворотного зв'язку*, або просто петлі.

Графічно ця петля зображується:



Так, наприклад, збільшення синтезу адреналіну викликає підвищення в крові глюкози. Глюкоза при цьому більш інтенсивно витрачається в організмі, зокрема, оскільки із збільшенням продукції адреналіну звичай пов'язана інтенсифікація основного обміну. Однак у випадку перевищення вмісту глюкози в крові необхідного рівня проявляється негативний зворотний зв'язок з клітинами мозкового шару кори надниркових залоз, в результаті чого синтез адреналіну знову знижується.

Подібні випадки взаємостимуляції спостерігаються в процесі розвитку організму, коли відбувається узгоджене збільшення маси окремих органів і тканин.

Крім того, можливий ще один, досить рідкісний варіант, характерний для деяких процесів розвитку організму, коли відбувається елімінація (висновок, виняток) якої-небудь структури і заміщення її функції іншою структурою. Процес взаємодії при цьому завершується, якщо або припиняє своє існування хоча б одна з взаємодіючих структур, або мають місце її якісні переродження. Наприклад, збільшення матки під час вагітності стимулюється розвитком плоду, а зростання плоду в свою чергу стимулюється збільшенням матки протягом усього періоду розвитку аж до пологів.

Причинний аналіз явищ, що виникають при патологічному процесі

При причинному аналізі патологічного процесу можна виділити незначне число ланок (найчастіше одну), які є для цього процесу початковими. Саме на ці ланки діють фактори, які є першопричиною захворювання. Така ланка (ланки) можна назвати основним у патогенезі даного захворювання. Наприклад, стеноз лівого атріовентрикулярного отвору є основною ланкою в системі великого числа наступних порушень: формування постійного надмірного внутрішнього тиску і, як наслідок, розширення лівого передсердя, порушення функції правого шлуночка, у зв'язку з недостатнім надходженням в нього крові; застій у великому колі кровообігу, внаслідок зменшення обсягу крові, що перекачується серцем і т.ін.

Первинне порушення в основній ланці називається патологічним явищем 1-го порядку, порушення, що виникає як наслідок первинного – 2-го порядку і т.ін. (1, 2, 3, 4 на рис. 12.2).

Вивчення причинного зв'язку між подіями дозволяє будувати причинно-наслідкові схеми. Метод причинно-наслідкових схем вельми перспективний в медичній діагностиці, де вихідною подією може вважатися первинне порушення, яке, по суті, і є захворюванням, що діагностується. Наступними подіями в причинно-наслідковій схемі є патологічні явища, викликані первинним порушенням.

Таким чином, причинно-наслідкові схеми дозволяють визначати, наприклад, першопричину того чи іншого порушення організму людини (основна ланка).

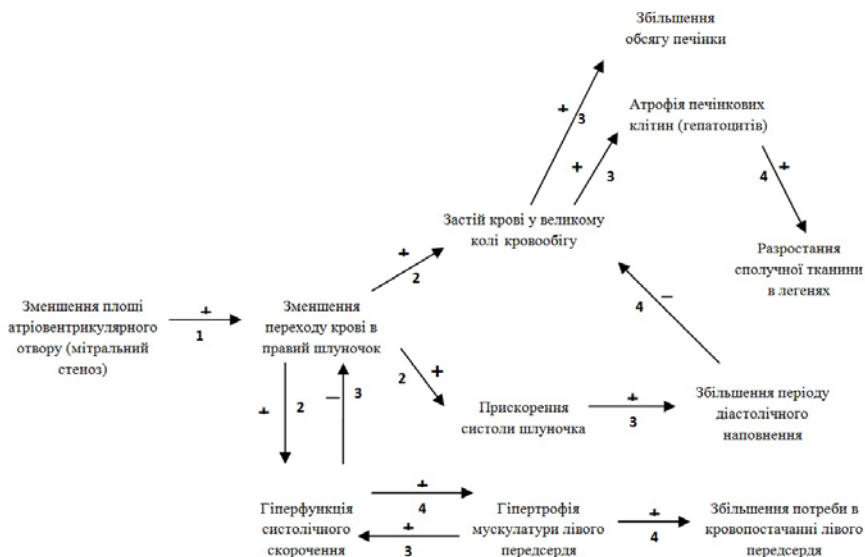


Рис. 12.2. Причинно-наслідкові зв'язки, що виникають при стенозі мітрального клапану

Питання, винесені на семінар:

1. Загальні поняття теорії систем:

- 1.1. Ознаки, що дозволяють відрізнити систему від «не системи».
- 1.2. Структура системи. Типи структури системи (лінійний, ієрархічний, мережевий, матричний).
- 1.3. Детерміновані (повністю детерміновані) і імовірнісні системи. Методи, що використовуються для дослідження цих систем.
- 1.4. Зв'язки між елементами, структурами і підсистемами систем.
- 1.5. Основні властивості систем та їх особливості.

2. Системний аналіз і основні його етапи.

3. Методи системного аналізу.

4. Особливості системного аналізу при вирішенні медичних завдань.

ТЕМА 13 «БІОЛОГІЧНА, МЕДИЧНА І ФІЗІОЛОГІЧНА КІБЕРНЕТИКА»

План:

1. Основні поняття кібернетики.
2. Предмет, методи і зміст біологічної кібернетики.
3. Поняття «функціональна кібернетика». Теорія функціональних систем як основа розуміння процесів життєдіяльності.
4. Поняття «медична кібернетика». Основні напрямки медико-кібернетичних досліджень.

Основні поняття кібернетики

Кібернетика вивчає закони функціонування особливого виду систем, названих кібернетичними, які тісно пов'язані з поняттям управління. Функціонування цих систем засновано на сприйнятті, запам'ятовуванні, обміні і переробці інформації. Кібернетику часто називають «наукою про управління».

Засновником кібернетики вважається американський математик Норберт Вінер, що заклав її теоретичні основи.

Кібернетика – молода наука, формування якої почалося лише після другої світової війни. Про те, вона розвивається настільки стрімко, що вже зараз має великий вплив на методи дослідження та способи вирішення практичних завдань у найрізноманітніших галузях науки і техніки: біології та медицині, економіці та соціології, в обчислювальній техніці.

Кібернетика розглядає теорію управління, по відношенню до систем, що складається із сукупності елементів, які функціонують як зв'язне ціле. Крім того, кібернетика вивчає не ізольовані системи, а їх сукупність. Вона враховує всі різноманітні зв'язки, які закономірно утворюються між окремими частинами складних систем, так як ці зв'язки визначають властивості систем, їх поведінку, розвиток, загибель і відтворення.

Завданням кібернетики є вивчення не речового складу системи і не структурного підпорядкування її частин, а результату роботи системи та її впливу на інші системи.

За характером взаємодії з кібернетикою всі науки можуть бути поділені на дві групи:

- науки, що вивчають більш загальні форми зв'язків і відносин, ніж кібернетика (філософія, математика і логіка);

- науки, що досліджують приватні види систем управління (системи кровообігу, системи освіти, охорони здоров'я тощо).

Основними поняттями кібернетичних систем є: *зворотній зв'язок і керування*.

Навоколишній світ – це складна система, в якій різні події виникають як результат взаємодії безлічі різноманітних елементів. Впливаючи на одні події системи ніколи не можна бути впевненим, що це не призведе до такої реакції всієї системи, яка зруйнує всі зусилля по досягненню поставлених цілей. Тому для збільшення шансів на сприятливий результат необхідний активний, цілеспрямований і продуманий вплив на хід подій, іншими словами, необхідно *управління*.

Поняття управління є базовим у кібернетичі, тому що визначає предмет дослідження даної науки.

Управління – цілеспрямований вплив однієї системи (суб'єкта управління) на іншу (об'єкт управління), який вибирається з безлічі можливих впливів на підставі наявної для цього інформації і служить для зміни стану (поведінки) об'єкта управління відповідно до

умов зовнішнього середовища, що змінюються, для його розвитку або покращення функціонування.

Наявність управління в кібернетичній системі передбачає наявність 2-х взаємодіючих блоків: об'єкта управління (того, ким/чим управляють) і суб'єкта управління (того, хто/що управляє). Суб'єкт управління виробляє *сигнали управління*, які змінюють управляючі дії. Суб'єкт управління називають також керуючою системою, а об'єкт управління – керованою системою.

Поділ кібернетичної системи на керуючу і керовану складові не завжди можна здійснити однозначно. У складних розвиваючихся системах ці блоки можуть бути сполучені. Такий режим називають *самореагуванням*.

Загальна схема управління виглядає наступним чином (рис.13.1). Керуюча система по каналах прямого зв'язку через ефектори передає керуючий вплив на об'єкт управління. Інформація про стан об'єкта управління сприймається за допомогою рецепторів і повертається назад, в керуючу систему, по каналах зворотного зв'язку.



Рис. 13.1. Загальна схема управління

Зворотній зв'язок є одним з основних понять кібернетики і означає вплив вихідного сигналу системи на її робочі параметри. Зворотній зв'язок забезпечує саморегуляцію системи, її адаптаційне управління. Підвищення рівня глюкози крові стимулює вироблення ендогенного (внутрішнього) інсуліну підшлункової залози, тим самим дозволяючи підтримувати рівень глюкози в межах фізіологічної норми (3,3-5,5 ммоль/л).

Зворотній зв'язок може бути негативним і позитивним. *Негативний зворотній зв'язок* протидіє тенденції зміни вихідного параметра, сприяє його стабілізації. Негативні зворотні зв'язки забезпечують стабільність функцій організму, постійність його параметрів, стійкість до зовнішніх впливів. За принципом негативного зворотного зв'язку працюють механізми терморегуляції всіх живих істот.

Позитивний зворотній зв'язок, навпаки, зберігає тенденції вихідних параметрів системи. Прикладом позитивного зворотного зв'язку в організмі може служити гуморальна саморегуляція шлункового соковідділення, коли всмоктування продуктів переварювання білків, збуджує залози, тим самим прогресивно збільшуючи перетравлення.

Однак, позитивні зворотні зв'язки нерідко виступають як механізм, так званого, «порочного кола», коли хвороботворні впливи, порушуючи норму, викликають в організмі зміни, які ще більше стимулюють хвороботворні впливи. Наприклад, серцева недостатність погіршує кровопостачання міокарда, що ще більше знижує його скоротливу здатність.

Таким чином, якщо зворотний негативний зв'язок сприяє відновленню вихідного стану органів та їх функцію, то позитивний зворотний – відводить їх все далі від початкового стану.

Основним завданням керуючої системи (суб'єкта управління) є таке перетворення інформації, яка надходить у систему і формування таких керуючих впливів, при яких забезпечується досягнення (по можливості найкраще) цілей управління.

Однією з характерних *особливостей керованої системи* (об'єкта управління) є здатність змінювати свої параметри і переходити в різні стани під впливом керуючих впливів. Так, людина може займати різні положення в просторі, може рухатися в різних напрямках і з різною швидкістю. Артеріальний тиск, рівень цукру в крові, ЧСС може знижуватися або підвищуватися, наприклад, після прийому певних лікарських засобів.

Під впливом керуючих впливів система приймає *найкращий* (в певному сенсі) стан, ніж при відсутності керуючих впливів. Так, наприклад, для поліпшення стану пацієнта керуючими впливами можна вважати відповідні лікувально-профілактичні заходи. Якщо мова йде про штучно керовану систему, створену людиною і використовувану в її цілях, поняття *«краще»* оцінюється створювачем системи.

Біологічні керовані системи сформувалися в процесі еволюційного розвитку живої природи і при їх розгляді практично неможливо вказати суб'єкта, що має певні цілі, заради досягнення яких здійснюється управління. Оцінка ж поведінки біологічно керованої системи визначається взаємовідносинами його з середовищем, і **кращим** є така поведінка, яка підвищує шанси даного організму вижити і зробити потомство.

Між усіма можливими станами керованої системи (об'єкта управління) завжди повинен існувати вибір найбільш оптимального стану. **Де немає вибору, там немає і не може бути управління.**

Наявність управління є суттєвою ознакою складної системи, що забезпечує одне з головних її властивостей – цілісність.

Одним з найпростіших видів управління є, так зване, програмне управління. Мета такого управління полягає в тому, щоб видати на об'єкт управління ту чи іншу строго певну послідовність керуючих впливів. Зворотний зв'язок при такому управлінні відсутній.

Сукупність правил, за якими інформація, що надходить в керуючу систему, переробляється в сигнали управління, називається алгоритмом (законом) управління.

Клінічна медицина сьогодні – це сучасна індустріальна технологія, що вимагає науково обгрунтованих підходів до управління.

Під управлінням якістю медичної допомоги розуміється:

- *організація* правильного ведення здорових осіб (виявлення факторів ризику);
- організація правильної *профілактики* захворювань в групах ризику;
- організація правильного *лікування* і правильної *реабілітації* хворих.

Метою такого управління є отримання максимально можливих результатів з урахуванням сучасного рівня знань при мінімальному використанні ресурсів. Сучасні ЕОМ можуть розглядатися як універсальні перетворювачі інформації і являють собою основний технічний засіб, основний апарат дослідження, яким володіє кібернетика. Іншим відомим прикладом універсального перетворювача інформації (хоча і заснованого на абсолютно інших принципах) є людський мозок.

Кібернетика користується арсеналом різних математичних методів: теорією інформації, теорією кодування, теорією ймовірностей та математичною статистикою, математичною логікою, теорією розпізнавання образів та іншими, що виникли всередині самої кібернетики в процесі її розвитку. Однак кібернетика не обмежується тільки теоретичними дослідженнями. Це і експериментальна наука, в рамках якої розвинений такий метод дослідження систем як комп'ютерне моделювання. Найвищим досягненням кібернетики вважають створення моделі штучного інтелекту.

Академік О.Ч. Берг запропонував розбити всі кібернетичні дослідження на 3 основні частини:

1) загальну (теоретичну кібернетику), яка має справи з загальними математичними моделями управління і являє собою математичну або фізико-математичну дисципліну;

2) технічну кібернетику, областю якої є технічна реалізація різних складних об'єктів – робототехніка, розробка технічних комплексів, систем управління технічними об'єктами;

3) прикладну кібернетику, об'єднуючу різні прикладні напрямки: біологічна, економічна і т.д.

Жива природа складна й різноманітна, тому виділяють також кілька напрямків біологічної кібернетики, які вивчають різні біологічні системи та їх приватні функції: медичну, фізіологічну, психологічну кібернетику. Вивчення діяльності нервової системи як найбільш досконалого апарату управління та зв'язку визначається як область *нейрокібернетики*.

Кібернетичне вивчення живого розкриває як загальні закони адаптивного функціонування складних систем, так і приватні властивості пристосувального саморегулювання окремих органів і організму в цілому.

Предмет, методи і зміст біологічної кібернетики

Біологічна кібернетика займає важливе місце в ряду біологічних наук, які доповнюють класичні методи вивчення життя новими підходами, які дозволяють глибше розкрити і точніше висловити закономірності їх складного перебігу.

В даний час немає жодної галузі вивчення живих істот, в якій не було б нових досягнень з використанням кібернетичних методів.

Предметом вивчення біологічної кібернетики є специфічні для живих істот загальні принципи існування, а також конкретні механізми доцільного саморегулювання та активної взаємодії з навколишнім середовищем.

Біологічна кібернетика вивчає явища життя переважно з точки зору процесів що відбуваються в живих істотах: процесів самоорганізації системи, інформаційних процесів і процесів управління.

На даний момент розрізняють 7 рівнів кібернетичного вивчення життя. До них відносяться:

1. Субклітинний (на базі біохімії, біофізики).
2. Клітинний (на базі цитології і фізіології клітин).
3. Тканинної (на базі ембріології, гістології та гістофізіології).
4. Рівень органів і систем (на базі нормальної і патологічної фізіології).
5. Рівень організму як єдиного цілого (на базі фізіології вищої нервової діяльності).
6. Видовий (на базі еволюційної і екологічної фізіології, зоології та ботаніки).
7. Біосферний (на базі бігеоценології, загальної біології та соціології).

Ці рівні розгляду явищ життя утворюють основні розділи біологічної кібернетики, предметом вивчення яких є характерні для даного рівня закономірності процесів управління та обробки інформації.

Поняття «функціональна кібернетика». Теорія функціональних систем як основа розуміння процесів життєдіяльності

Закономірності саморегулювання фізіологічних функцій в нормі складають напрямок фізіологічної кібернетики. До неї належить *концепція функціональної системи* П.К.

Анохіна, доповнена К.В. Судаковим, що дозволяє описати роботу всіх систем організму людини – від біохімічного до психічного і соціального рівнів.

На основі теорії функціональних систем побудовані математичні моделі процесів управління в організмі людини. Теорія функціональних систем дозволяє описати найбільш важливі системи організму людини для здійснення комплексного підходу в діагностиці та забезпечення активної життєдіяльності.

Основні положення загальної теорії функціональних систем наступні:

1. Провідним чинником функціонування функціональної системи будь-якого рівня організації є корисний життєдіяльності організму пристосувальний результат (тобто кожна функціональна система повинна вміти пристосовуватися).

2. Будь-яка функціональна система організму будується на основі принципу саморегуляції.

3. Функціональні системи є центрально-периферичними утвореннями, вибірково об'єднаними різні органи і тканини для досягнення корисних для організму пристосувальних результатів (тобто кожна функціональна система повинна мати керуючу (центральну) і керовану (периферичну) системи для забезпечення пристосувальних реакцій).

4. Функціональні системи різного рівня характеризуються функціональним ізоморфізмом: вони мають односпрямовану («схожу») функціональну схему організації всіх процесів в системі (тобто всі елементи системи за своїми функціями повинні бути підпорядковані одній меті).

5. Окремі елементи у функціональних системах взаємодіють для досягнення необхідних організму результатів.

6. Функціональні системи та їх окремі частини дозрівають в індивідуальному розвитку (онтогенезі) в тій черговості і ступені, які необхідні для розвитку організму. Це і є загальним виразом закономірності системогенеза.

Академік Судаков сформував 3 загальних принципи взаємодії функціональних систем в організмі: *принцип ієрархії, мультипараметричний принцип і принцип послідовної взаємодії.*

Принцип ієрархії полягає в тому, що в кожен момент часу діяльність організму визначає та функціональна система, яка домінує в плані виживання або адаптації до зовнішнього середовища. Всі інші функціональні системи шикуються в ієрархічному порядку стосовно домінуючої. Зміни домінуючих функціональних систем відбуваються протягом усього життя людини.

Мультипараметричний принцип різних функціональних систем визначає спільність їх функціонування. Як правило, зміна результуючого показника однієї функціональної системи, веде до зміни показників інших функціональних систем.

Принцип послідовної взаємодії полягає в тому, що діяльність однієї функціональної системи в часі змінюється іншою. Чітко цей принцип проявляється, наприклад, в послідовних процесах прийому та обробки харчових речовин. Функціональна система пошуку їжі змінюється системою обробки в ротовій порожнині і актом ковтання. Їм на зміну приходить функціональна система механічної та хімічної обробки їжі в шлунку (результат – надходження їжі в дванадцятипалу кишку) і т.ін. Послідовна діяльність функціональних систем, що забезпечують харчування організму, генетично програмується спеціальними центрами нервової системи. Програмування послідовної роботи функціональних систем, у тому числі систем травлення здійснюється за випереджаючим принципом: тільки після сприйняття та оцінки рецепторами подальшою системою результату діяльності попереднього відбувається зміна однієї функціональної системи іншою.

Принципи і властивості функціональних систем організму необхідно враховувати при розгляді спільної роботи різних органів. Оцінити причинний зв'язок подій можливо шляхом простеження прямих і зворотних зв'язків: від керуючих центрів до виконавчих органів і від результатів роботи виконавчих органів і назад, до керуючих центрів.

У кожній функціональній системі виконуються основні кібернетичні принципи:

- регуляції по кінцевому результату із зворотними зв'язками,
- інформаційна оцінка кінцевого результату.

Використання функціональної кібернетики дозволяє виділити в загальній динаміці процесів життєдіяльності найбільш важливі ланки, впливаючи на які можна збільшити життєвий потенціал організму.

Общекібернетична закономірність в роботі функціональних систем в процесі еволюції склалася за багато мільйонів років до того, як її виявили в технічних пристроях.

Поняття «медична кібернетика». Основні напрямки медико-кібернетичних досліджень

Регуляція функцій органів, їх систем та організму людини в цілому з метою підтримки гомеостазу при екстремальних умовах і при патології становить основу великої області досліджень – *медичної кібернетики*.

Медична кібернетика – науковий напрям, пов'язаний із впровадженням ідей, методів і технічних засобів *кібернетики* в медицину. Медична кібернетика займається, головним чином, створенням статистичних моделей захворювань для їх використання з метою діагностики, прогнозування та лікування, а також вивчає процеси управління в медицині та охороні здоров'я.

Розвиток ідей і методів кібернетики в медицині здійснюється, в основному, шляхом розробки комп'ютерних інформаційних систем (у тому числі діагностичних) на основі математичних методів аналізу даних обстеження хворого, з використанням методів математичного моделювання діяльності різних функціональних систем.

Внутрішня організація діагностичної системи складається з «медичної пам'яті» (акумульований медичний досвід у цій групі захворювань) і «логічного пристрою», що дозволяє порівнювати з існуючим медичним досвідом симптоми, виявлені при обстеженні хворого і провести складну статистичну обробку клінічного матеріалу в будь-якому заданому напрямку.

Метод комп'ютерного моделювання діяльності різних функціональних систем організму дозволяє розкрити багато важливих сторін їх діяльності і є основним методом отримання нових знань в медицині. Для виявлення ряду закономірностей взаємодії досліджуваних систем за відповідними параметрами, які характеризують функцію тієї чи іншої системи організму (наприклад, серцево-судинної), складають математичні рівняння. Рішення цих рівнянь дозволяє судити про закономірності досліджуваної системи.

Кібернетичні методи використовуються для швидкої оцінки стану хворого під час великої і складної операції і в післяопераційний період. Традиційно, при таких операціях контроль за станом найважливіших функцій оперованого здійснюється цілим колективом фахівців за допомогою різних електронних приладів і апаратів. Кібернетична система дозволяє виконати їх функції протягом декількох секунд: оцінити, порівняти і інтегрувати свідчення численних приладів, а також вказати правильне рішення про вжиття необхідних заходів для відновлення життєво важливих функцій хворого.

Предметом дослідження медичної кібернетики є медична та інші види інформації, системи накопичення і переробки інформації, системи зв'язку і управління, що у людському організмі і в охороні здоров'я. Медична кібернетика спирається на знання, накопичені медициною і охороною здоров'я, а також на математичний апарат кібернетики і можливості ЕОМ.

Етапи розвитку медичної кібернетики ділять на два періоди. У першому періоді розроблялися тільки способи знаходження рішення приватних завдань, наприклад, діагностика захворювань. Другий етап відомий системним підходом до вирішення проблем моделювання та управління системою охорони здоров'я в цілому. У цей час створюються медичні інформаційні системи, що забезпечують збір, обробку та видачу будь-якої медичної інформації в процесі знаходження рішень завдань, пов'язаних з діагностикою, лікуванням та управлінням в медицині та охороні здоров'я.

Медичний діагностичний процес є типовим кібернетичним процесом і пов'язаний зі збором, передачею, зберіганням та обробкою інформації. Аналіз процесу постановки діагнозу лікарем показав, що цей процес лише в незначній мірі залежить від інтуїції. В основному, лікар при постановці діагнозу широко використовує досвід, накопичений в його пам'яті, відомості, отримані при обстеженні хворого, і діє за певними правилами, яким він був навчений, або виробив самостійно в процесі лікувальної практики. Отже, лікар діє відповідно з діагностичним алгоритмом. При вирішенні лікувально-діагностичних завдань лікарі стикаються з труднощами, пов'язаними з прийняттям рішень в умовах невизначеності:

- недостатня кваліфікація, тобто зайво спрощений діагностичний алгоритм у конкретного лікаря;

- неможливість переробити всю інформацію, що надходить (про пацієнта, про лікарські засоби і т.ін.), через її велику кількість, і за обмежених можливостей пам'яті (при рідкісному вживанні відомості забуваються).

Проаналізувавши перераховані труднощі, легко помітити, що у всіх випадках ЕОМ може виступити в ролі надійного і безвідмовного помічника лікаря. Автоматизація медичної діагностики – це сукупність математичних методів і технічних засобів, що забезпечують підвищення ефективності, точності, надійності і швидкості постановки медичного діагнозу. На відміну від звичайних способів діагностування захворювань, прийнятих у клінічній практиці, медична кібернетика пропонує методи розпізнавання хвороб, засновані на формалізації критеріїв і правил діагностики, тобто діагностичні алгоритми (або вирішальні правила).

Медична кібернетика вивчає функції організму людини, а також розглядає проблеми лікування та профілактики захворювань на основі законів управління, об'єктивно властивих всім природним і штучним об'єктам. Живий організм в цілому і його окремі елементи зокрема розглядаються як системи, в яких відбувається сприйняття, накопичення, обробка і передача інформації, а також виробляються відповідні реакції (керуючі впливи), що забезпечують нормальний перебіг всіх життєво важливих процесів. З точки зору медичної кібернетики будь-яка хвороба розглядається як порушення процесів прийому, передачі та обробки інформації або результат вироблення неправильного керуючого впливу (неправильно призначене лікування), і все це є досить актуальним для медицини, так як серед всіх видів лікарських помилок в медичній практиці лідируючими (56%) і є помилки вибору лікарем лікарського препарату і його дози; 34% помилок пов'язані з некоректним призначенням дози і тривалістю застосування лікарських засобів.

Максимальне число помилок допускається лікарями при комбінованій терапії. У США та Німеччині щорічно від медичних помилок гине до 100 тис. осіб. Використання

методів медичної кібернетики (математичне моделювання, методи, засновані на застосуванні ЕОМ і т.ін.) спрямовано на збільшення арсеналу способів дослідження живих організмів, розширення можливостей лікарів, як при постановці діагнозу, так і при лікуванні хвороб. Інтенсивний розвиток медичної кібернетики тісно пов'язан з розвитком обчислювальної техніки і новітніх засобів отримання інформації про стан організму або його окремих органів і систем.

Питання, винесені на семінар:

1. Основні поняття кібернетики: управління, саморегулювання, сигнали управління, зворотній зв'язок.
2. Основне завдання керуючої системи та її особливості.
3. Алгоритм управління.
4. Предмет, методи і зміст біологічної кібернетики.
5. Поняття «функціональна кібернетика».
6. Теорія функціональних систем як основа розуміння процесів життєдіяльності.
7. Поняття «медична кібернетика».
8. Основні напрямки медико-кібернетичних систем.

ТЕМА 14

«ФОРМАЛЬНА ЛОГІКА В РІШЕНІ ЗАДАЧ ДІАГНОСТИКИ, ЛІКУВАННЯ ТА ПРОФІЛАКТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ»

План:

1. Знання та їх представлення в системах штучного інтелекту.
2. Поняття «знання».
3. Види знань, та їх властивості.
4. Моделі представлення знань.
5. Логічні моделі.
6. Формальні системи.
7. Логіка обчислення висловлювань.
8. Логіка обчислення предикатів.

Ведення

Сучасні інформаційні технології (ІТ) все більшою мірою сприяють зближенню медицини з точними науками, зокрема з математикою. Інформаційні технології дозволяють автоматизувати процеси діагностики, прогнозування та вибору лікування, спричиняючи можливість визначити ряд закономірностей на протязі хвороби, зіставляючи одночасно безліч її ознак, забезпечуючи ефективну обробку (переробку) великої кількості інформації.

Сучасній медицині відомо вже більше 10 тисяч хвороб і близько 100 тисяч симптомів, здатних виступати в різних поєднаннях. У зв'язку з таким величезним потоком інформації з кожним роком процес постановки діагнозу ускладнюється, що породжує лікарські помилки. І на допомогу лікарю приходять інформаційні технології в якості, наприклад, систем штучного інтелекту (СШІ).

Під штучним інтелектом розуміється здатність автоматичних або автоматизованих систем брати на себе функції інтелекту людини, наприклад, приймати оптимальні рішення на основі аналізу зовнішніх впливів і з урахуванням раніше отриманого досвіду. Можна виділити кілька напрямків, у яких розвиваються СШІ: експертні системи, інтелектуальні ігри, розпізнавання образів, робототехніка, спілкування з ЕОМ на природній мові.

Штучний інтелект (ШІ) – напрямок сучасної інформатики, що швидко розвивається. Основною метою досліджень, які виконуються в СШІ, є розробка комп'ютерних систем, придатних виконувати функції, які властиві інтелекту людини (розуміння мови, логічний висновок, використання накопичених знань, навчання, планування дій і т.ін.).

В даний час область практичного застосування інтелектуальних систем все більше зміщується в сферу важко формалізованих завдань, для яких характерні наступні особливості:

Завдання не може бути визначено в числовій формі (потрібно символічне подання);

Алгоритмічне рішення задачі невідомо (хоча можливо і існує) або не може бути використане через обмеження ресурсів (пам'яті комп'ютера, швидкодії);

Всі завдання не можуть бути виражені в термінах точно визначеної цільової функції або не існує точної математичної моделі задачі.

Все це якраз характерно для задач медичної діагностики, лікування та профілактики захворювань.

Системи, засновані на знаннях, які не відхиляють і не замінюють традиційних підходів до вирішення формалізованих завдань. Такі системи відрізняються тим, що орієнтовані на вирішення непростих формалізованих завдань. Інтелектуальні системи особливо важливі там, де наука не може створити конструктивних визначень, область визначень змінюється, ситуації залежать від контекстів і мовна (описова) модель домінує над алгоритмічною.

Знання та їх подання в системах штучного інтелекту

Одним з найбільш сформованих напрямків ШІ є «представлення знань» (knowledge representation) – структурування знань з метою формалізації процесів вирішення завдань у певній предметній області.

З поняттями бази знань ми вже ознайомилися при обговоренні консультативно-діагностичних систем в розділі «сучасні інформаційні технології в медицині».

Поняття «знання»

Представлення (подання) знань та пошук рішень утворюють ядро ШІ. Існують різні визначення поняття «знання». Однак, багатьма дослідниками визнається, що знання – це нелегко організовані дані, збережені в пам'яті СШІ, які включають в собі відомості про об'єкти, їх оточення та відносини між ними, процеси взаємодії об'єктів в часі та просторі, правила впровадження логічного висновку. Важливим елементом цього визначення є вказівка на те, що знання – це інформація, на основі якої виконується логічний висновок.

Види знань, та їх властивості

Розглянемо наступні види знань.

Фактичні та стратегічні знання. Фактичні знання ще називають текстовими, маючи на увазі достатню їх освітленість у підручниках та спеціальній літературі. Наприклад, студенти-медики при вивченні дитячих хвороб дізнаються, що рахіт (гіповітаміноз Д) – це дефіцит в організмі вітаміну Д екзогенного походження. Стратегічні знання (стратегія прийняття рішення в даній області) базуються на індивідуальному досвіді спеціаліста (експерта), накопиченому в результаті багаторічної практики. Ця категорія знань, як правило, відіграє вирішальну роль при побудові індивідуальних програм. До них відносяться такі знання, як «засоби видалення непотрібних гіпотез», «засоби вирішення протиріч» і т.ін. Наприклад, лікування рахіту у дітей різного ступеня складності: риб'ячий жир, різні дози вітаміну Д₂, ультрафіолетове опромінення і т.ін.

Декларативні та процедурні знання. Під декларативними знаннями розуміють, що знання типу «А це В» і вони характерні для баз даних. Так, наприклад, факти, що «в годину пік на вулиці багато машин», «запалена плита – гаряча», «скарлатина – інфекційне захворювання» ... говорять про те, що фактично, це є декларативні знання, які характеризують те, над чим треба проводити дії.

До процедурних знань відносяться відомості про способи перетворення декларативних знань, тобто дії для отримання результату.

Розподілення знань на фактичні і стратегічні вказує на джерело їх появи, а класифікація «декларативні і процедурні» характеризує знання з точки зору їх активності. Знання характеризуються у ряді випадків властивостями, що відрізняють їх від традиційних моделей даних. Перечислимо ці властивості.

Внутрішня інтерпретація. При зберіганні знань у пам'яті США, поряд з традиційними елементами даних, зберігаються інформаційні структури, що дозволяють інтерпретувати вміст відповідних комірок пам'яті. Іншими словами, при зберіганні структурованих даних (таблиці) в пам'яті США зберігаються також «шапка таблиці» (протоструктура інформаційних одиниць). Рядки таблиці називаються «інформаційною одиницею», а стовпці – «слотами».

Структурованість. Знання складаються з окремих інформаційних одиниць, між якими можна встановити класифікуючі відносини: рід – вид, клас – елемент, тип – підтип, частина – ціле і т.ін.

Зв'язність. Між інформаційними одиницями передбачаються зв'язки різного типу: причина – наслідок, аргумент – функція. Дані зв'язку визначають семантику і прагматику (практику) предметної області. Семантика – розділ лексикології, яка займається вивченням значень слова, обороту мови.

Семантична метрика (шкалування). На безлічі інформаційних одиниць, що зберігаються в пам'яті, вводяться деякі шкали, які дозволяють оцінити їх семантичну близькість. Це дозволяє знаходити в інформаційній базі знання близькі до вже знайдених. Наприклад, перебіг хвороби – гострий, підгострий, хронічний.

Активність. За допомогою даної властивості підкреслюється принципова відмінність знань від даних. Виконання тих чи інших дій в США ініціюється станом бази знань. При цьому передбачається, що поява нових фактів і зв'язків може активізувати систему, тобто не процедурні знання активізують декларативні, а, навпаки, та чи інша структура декларативних знань виявляється активатором для процедурних.

Моделі подання знань

Головним питанням побудови систем, заснованих на знаннях, є вибір форми представлення знань. Представлення знань – це спосіб формального вираження знань про предметну область, яка трактується комп'ютерними методами. Відповідні формалізми, що забезпечують зазначене подання, називаються моделями подання знань.

Моделі подання знань також можна умовно розділити на *декларативні (описові) і процедурні (алгоритмічні)*. У декларативних моделях знання представлені у вигляді описів об'єктів та відносин між об'єктами без зазначення в явному вигляді, як ці знання оброблювати. Такі моделі передбачають відділення описів (декларацій) інформаційних структур від механізму виведення, які оперують цими структурами. У процедурних моделях знання представлені алгоритмами (процедурами), які містять необхідні описи інформаційних елементів і одночасно визначають способи їх обробки.

Конкретні моделі, які застосовуються на практиці, представлені комбінацією декларативних і процедурних знань. Найбільш поширеними є наступні моделі подання знань:

- логічні моделі;
- продукційні моделі;
- мережеві моделі;
- фреймові моделі.

Логічні моделі реалізуються засобами логіки предикатів (детальніше описано далі в п.3). У цьому випадку знання про предметну область представлені у вигляді сукупності логічних формул. **Тотожні** перетворення формул дозволяють отримувати нові знання. Перевагою логічних моделей представлення знань є наявність чіткого синтаксису і широко прийнятої формальної семантики, а також теоретично обґрунтованої процедури автоматичного виведення. Основним недоліком даних моделей є неможливість отримання заключення в тій області, де потрібні правдоподібні висновки, якщо результат виходить з певною оцінкою впевненості в його істинності.

Проте, логічні моделі виступають в якості теоретичної основи опису самої системи подання знань і поступово розширюють свої можливості. Тому надалі цим моделям приділяється значна увага.

У *продукційних моделях* знання представлені набором правил виду "якщо А, то В", де умова правила А є твердженням про вміст бази фактів, а слідство В говорить про те, що треба робити, якщо дане продукційне правило активізовано.

Продукційні моделі подання знань завдяки природній модульності правил, наочності і простоті їх створення широко застосовуються в інтелектуальних системах.

Семантичні мережі є окремим випадком мережевих моделей представлення знань. Формально мережеві моделі задаються у вигляді

$$H = \langle I, C1, C2, \dots, Cn, Q \rangle,$$

де I – безліч інформаційних елементів, що зберігаються у вузлах мережі; C1, C2, ... , Cn – типи зв'язків між інформаційними елементами, Q – правило, яке встановлює відповідність між безліччю типів зв'язків і безліччю інформаційних елементів мережі.

Мережеві моделі подання знань розрізняються між собою типами використовуваних зв'язків (відносин). Якщо в мережі використовуються ієрархічні зв'язки (клас-підклас, рід-вид тощо), то мережа називається класифікаційною. Якщо зв'язки між інформаційними елементами представляють собою функціональні відносини, які дозволяють обчислювати значення одних інформаційних елементів за значеннями інших, то мережі

називають функціональними (обчислювальними). Якщо в мережі допускаються зв'язки різного типу, то її називають *семантичною мережею*.

Семантична мережа являє собою спрямований граф, в якому вершини відповідають об'єктам (сутності) предметної області, а дуги (або ребра) – це відносини, в яких знаходяться ці об'єкти. Висновок в семантичних мережах може виконуватися на основі алгоритмів зіставлення, шляхом виділення підграфів з певними властивостями.

До переваг семантичних мереж відносять: велику виразну здатність, наочність графічного представлення, близькість структури мережі до семантичної структури фраз природної мови. Недоліком подання знань у вигляді семантичних мереж є відсутність єдиної термінології. Дана модель подання знань знаходить різноманітне втілення у різних дослідників.

Фреймові моделі подання знань використовують теорію організації пам'яті, розуміння і навчання, запропоновану М. Мінським. Фрейм (від англ. Frame – рамка, каркас, острів) – структура даних, призначена для представлення стереотипних ситуацій. Фрейм складається з слотів (slot – гніздо, щілінка, паз). Значенням слота можуть бути числа, вирази, тексти, програми, посилання на інші фрейми. Сукупності фреймів утворюють ієрархічні структури, побудовані за родовидовими ознаками, що дозволяють успадковувати значення слотів. Така властивість фреймів забезпечує економне розміщення бази знань пам'яті. Крім цього, значення слотів можуть обчислюватися за допомогою різних процедур, тобто Фрейми комбінують в собі декларативні та процедурні подання знань. Фреймові моделі можна розуміти як мережеві моделі подання знань, якщо фрагмент мережі представляє фрейм з відповідними слотами і значеннями. З фреймовими моделями пов'язані моделі подання знань на основі сценаріїв та об'єктів.

Логічні моделі

Основною формою подання знань визнається логічна модель. Логічна база знань будується з численнь предикатів – тобто в логічній системі, в основі якої лежить поняття «предикат». Предикат – це функція, яка може приймати одне з двох значень: «істина» або «хиба». Для баз знань, побудованих на предикатах, розроблені алгоритми, що дозволяють шляхом міркувань, виконуваних комп'ютером, черпати нові знання. В основі логічних моделей представлення знань лежить поняття формальної системи. Основним апаратом при роботі з логічними моделями є апарат алгебри логіки. Завдання алгебри логіки – оптимізація логічних виразів, тобто приведення виразів до виду, який містить найменше число аргументів або операцій над ними.

Формальні системи

Формальна система (ФС) задається четвіркою

$$M = \{T, P, A, R\},$$

де **T** – безліч базових елементів, **P** – безліч синтаксичних правил; **A** – безліч аксіом, **R** – безліч правил виводу. З'ясуємо суть елементів, що утворюють ФС. *Синтаксис* – розділ граматики, що вивчає способи з'єднання слів у словосполучення і пропозиції. Аксіома – істина, яка не потребує доказів; самоочевидне логічно необхідне судження, яке лежить в основі доказів наукових істин ("ціле більше своєї частини").

Безліч T складається з кінцевого або нескінченного числа елементів різної природи. Елементи безлічі T – алфавіт ΦC , на основі якого будуються всі інші складові частини ΦC . На безліч T ніяких обмежень не накладається. Важливо тільки, щоб для T існувала процедура перевірки належності деякого елемента безлічі T .

Безліч синтаксичних правил P дозволяє будувати з елементів T синтаксично правильні сукупності базових елементів. На безлічі синтаксичних правил теж не накладається особливих обмежень. Потрібно тільки, щоб існувала конструктивна процедура, яка дозволяла б за кінцеве число кроків дати однозначну відповідь на питання, чи є дана сукупність елементів T синтаксично правильною. Такі сукупності називають *правильно побудованими формулами* (ППФ).

Серед усіх ППФ виділяють деяку підмножину аксіом A . При цьому повинна існувати процедура, що дозволяє для будь-яких ППФ вирішити питання, чи є вона аксіомою даної ΦC .

Нарешті, R – це кінцева безліч відносин між ППФ, які називаються правилами виведення.

Розглянемо два класи ΦC , які широко використовуються в системах штучного інтелекту: обчислення висловлювань та обчислення предикатів. Обчислення предикатів представляє собою розвиток числення висловів та включає його повністю, як складову частину. Дані системи використовують модель *дедуктивного виведення*, тобто вивід, при якому з заданої системи посилок за допомогою фіксованого набору правил формується власні заклучення.

Логіка числення предикатів (логічний зв'язок між твердженнями)

Висловлюванням називають пропозицію, зміст якої можна оцінити як істинне або хибне. У природних мовах висловлювання позначаються послідовними пропозиціями. Наприклад, «сьогодні ясна погода», «п'ять менше трьох» і т.ін. Будемо позначати висловлювання прописними латинськими літерами A, B, C, \dots, X, Y, Z і називати їх *пропозиціональними символами* (лат. *proposito* – пропозиція, висловлювання). Пропозиціональні символи можуть приймати два значення: істина (I) і хиба (X). Значення I та X називаються *значеннями істинності*. В алгебрі логіки вони приймають, відповідно значення 1 і 0 .

На основі заданих висловлювань за допомогою логічних зв'язок (сполучників) утворюються складні висловлювання. Зазначені зв'язки позначаються на природній мові словами «і», «АБО», «ЯКЩО ..., ТО ...», «неправильно, що А» і називаються, відповідно, кон'юнкція, диз'юнкція, імплікація і заперечення. Для позначення даних зв'язок використовуються спеціальні символи, відповідно $\vee, \wedge, \neg, \rightarrow$. Кожну логічну зв'язку можна розглядати, як операцію, яка з простих висловлювань утворює складне висловлювання.

Розглянемо докладніше зазначені, а також деякі інші логічні функції, які є їх комбінаціями.

В алгебрі логіки *заперечення* змінної X , або *інверсія*, являє собою логічне **не** та позначається X (або $\neg X$).

Диз'юнкція є логічним додаванням, являє собою логічне **або** і для двох аргументів записується таким чином:

$$F1(X, Y) = X \vee Y = X + Y.$$

Функція $F1$ – функція диз'юнкції двох аргументів.

Функція істинна, якщо істинні X або Y.

Кон'юнкція є логічним множенням, являє собою логічне I та для двох аргументів записується таким чином:

$$F_2(X, Y) = X \wedge Y = X \& Y.$$

Функція F₂ – кон'юнкція двох змінних. Функція істинна, якщо обидві змінні істинні.

Наступна логічна операція – **функція Пірса** (F₃) позначається «стрілкою Пірса» ↓ та описує логічну функцію «АБО-НЕ». Ця функція визначається в два етапи: спочатку виконують диз'юнкцію входних змінних, а потім над результатом першого етапу виконують операцію не $\overline{X \vee Y} = X \downarrow Y$. Функція Пірса істинна, якщо обидві змінні хибні.

Функція Шеффера (F₄) позначається «штрихом Шеффера» | та описує логічну операцію (I-NE). Ця функція також реалізується в два етапи: спочатку виконують кон'юнкцію входних змінних, а потім операцію не $\overline{X \wedge Y} = X | Y$. Функція хибна тільки тоді, якщо обидві змінні істинні.

Функції диз'юнкції, кон'юнкції, Пірса та Шеффера в загальному випадку є функціями довільного числа аргументів.

Диз'юнкцією n аргументів називається логічна функція, яка обертається в нуль тільки в тому випадку, якщо всі аргументи дорівнюють нулю, тобто при наборі 0,0, .. 0,0, і в одиницю при всіх інших наборах, коли хоча б один аргумент дорівнює одиниці.

Кон'юнкцією n аргументів називається логічна функція, яка обертається в одиницю тільки в тому випадку, якщо всі аргументи дорівнюють одиниці, тобто при наборі 1,1, .. 1,1, і в нуль у всіх інших випадках.

Аналогічно визначаються функції Пірса і Шеффера n аргументів. Функція Пірса обертається в одиницю тільки при наборі 0,0, .. 0,0, та при всіх інших наборах дорівнює нулю. Функція Шеффера обертається в нуль тільки при наборі 1,1, .. 1,1, а на всіх інших наборах дорівнює одиниці.

Функція F₅ називається *функцією еквівалентності* або *рівнозначності* і для її позначення використовується символ «~»: X~Y і читається «X рівнозначно Y». Еквівалентність – складне висловлювання, що має значення «істина», якщо обидва складових його висловлювання істинні або обидва хибні.

Функція F₆ – *функція нерівнозначності* (функція додавання за модулем два). Функція істинна, якщо істинно або тільки X, або тільки Y. Ця функція позначається як X⊕Y.

Функція F₇ носить назву *імплікації* від X до Y і позначається X→Y та читається «якщо X, то Y» або «X тягне Y». Результат операції дорівнює «хибі» тільки в тому випадку, якщо X дорівнює «істині», а Y – «хибі». У всіх інших випадках – «істина» («...тільки з правди не слід брехня, все інше можливо»).

Найпростіші складові висловлювання, утворені за допомогою логічних операцій (функцій), задаються таблицею істинності, наведеної нижче.

Складні висловлювання, складені з вихідних висловлювань (що позначаються пропозиціональними символами) і знаків логічних операцій, називають *формулою*. Так вислів «якщо 30 ділиться на 2 і на 3, то 30 ділиться на 6» можна записати у вигляді формули A∧B→C. Дана формула буде відповідати не лише певному вислову, згаданому вище, але і безлічі всіх інших висловлювань, які мають подібну структуру. Тому обчислення висловлювань не розглядають точний зміст висловлювань, а займаються аналізом і синтезом формул і вивченням зв'язків між формулами.

Якщо, повернутись до початку розгляду формальних систем, можна сказати, що безліч базових елементів Т числення висловів складається з:

- 1) пропозиціональних змінних - A, B, C, ... ;
- 2) логічних констант - «істина» (I) і «хиба» (X);
- 3) символів логічних операцій \neg , \leftrightarrow (подвійна імплікація), \rightarrow , \vee , \wedge ;
- 4) дужок - (,).

X	Y	F ₁ (+)	F ₂ (&)	F ₃ (↓)	F ₄ ()	F ₅ (~)	F ₆ (⊕)	F ₇ (→)
		X∨Y (або)	X∧Y (і)	$\overline{X \vee Y} = X \downarrow Y$ (або-не)	$\overline{X \wedge Y} = X Y$ (і-не)	X~y	X⊕y	X→y
		X OR Y	X AND Y	NOT X AND NOT Y	NOT X OR NOT Y	(NOT X AND NOT Y) OR (X AND Y)	(X AND NOT Y) OR (NOT X AND Y)	(NOT X OR Y)
		диз'юнкція	кон'юнкція	Ф-я Пірса	Ф-я Шеффера	Ф-я рівнозначності	Ф-я нерівнозначності	Ф-я імплікації
X	X	X	X	I	I	I	X	I
X	I	I	X	X	I	X	I	I
I	X	I	X	X	I	X	I	X
I	I	I	I	X	X	I	X	I

ППФ обчислення висловлювань знаходяться за допомогою наступних правил:

- 1) будь-яка пропозиціональна змінна є ППФ;
- 2) логічні константи I та X – це ППФ;
- 3) якщо Φ_1 та Φ_2 ППФ, то $\overline{\Phi_1}$, $\overline{\Phi_2}$, $\Phi_1 \wedge \Phi_2$, $\Phi_1 \vee \Phi_2$, $\Phi_1 \rightarrow \Phi_2$ – також ППФ;
- 4) інших правил утворення ППФ немає.

Правила 1) і 2) визначають *елементарні формули*, а правило 3) вказує, як з елементарних формул виводити нові формули.

Дві формули називають *рівносильними* (еквівалентними), якщо вони приймають однакові значення на всіх наборах вхідних в них змінних (інтерпретаціях). Для позначення рівносильності застосовується знак \Leftrightarrow , наприклад $\Phi_1 \Leftrightarrow \Phi_2$.

Відношення рівносильності дозволяє виражати одні логічні операції через інші. Закон інверсії (правило де Моргана) встановлює зв'язок між кон'юнкцією та диз'юнкцією:

$$\overline{A \vee B} \Leftrightarrow \overline{A} \wedge \overline{B},$$

$$\overline{A \wedge B} \Leftrightarrow \overline{A} \vee \overline{B}.$$

Відзначимо, що дані записи не є формулами числення висловів, так як знак \Leftrightarrow не входить в безліч T . Ці записи представляють собою висловлювання про формули логіки, виражені на метамові, на якій вивчається логіка.

Обчислення предикатів (логічний зв'язок між елементами тверджень)

Обчислення предикатів – це загальна назва формальних систем, яка служить для формалізації логічних висновків, в яких враховується:

- логічна структура суджень (тобто, яким чином дане судження отримано з інших за допомогою логічних операцій);

- суб'єктно-предикатна структура суджень, тобто зв'язок між суб'єктом судження (про що йдеться в даному судженні) і предикатом (що говориться про суб'єкта).

Як вже згадувалося, n -місцевим *предикатом* $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ називається логічна функція від будь-якого числа аргументів, приймаючи значення «істина» або «хиба».

Аргументи x_1, x_2, \dots, x_n називають предметними змінними, а їх конкретні значення – предметними постійними. Функціональну букву p називають предикатним символом. При постановці замість предметної змінної x_n деякої предметної константи a n -місцевий предикат $P(x_1, x_2, \dots, a)$ від x_n вже не залежить. Якщо всі змінні предикати замінити відповідними предметними константами, то виходить 0 – місний предикат, тобто *висловлювання*.

Наприклад, тримісний предикат $P(x_1, x_2, x_3) = \langle\langle x_1, \text{ є добуток } x_2 \text{ на } x_3 \rangle\rangle$ переходить у вислів при підстановці $x_1=6, x_2=2, x_3=3$. Значення цього висловлювання – «істина».

Розглянемо приклад.

Властивість міста бути столицею деякої держави у відповідній предметній області може бути представлено одномісним предикатом столиця з відповідним значенням аргументу. Наприклад, столиця («Москва»), столиця («Київ»), столиця («Ташкент») і т.п. У той же час столиця («Мерефа») не потрапить в базу знань, так як Мерефа не є столицею.

Відношення між об'єктами представлені багатомісними предикатами. Наприклад, двомісний предикат столиця_країни може використовуватися для вказівки, столицею якої держави є дане місто: столиця_країни («Москва», «Росія»), столиця_країни («Київ», «Україна»), столиця_країни («Ташкент», «Узбекистан») і т.ін. Можна ввести відношення між містами і континентами, в яких вони знаходяться, наприклад, місто_континента («Київ», «Європа»), місто_континента («Мерефа», «Європа»), місто_континента («Ташкент», «Азія») та т.ін. Всі подібні предикати з тими значеннями аргументів, при яких їм задається значення «істина», включаються до бази знань і називаються фактами.

Крім фактів в базу знань входять правила, за допомогою яких і виводяться нові знання. Правила мають підставу «якщо A_1, \dots, A_n , то B ». Де A_i і B – предикати, причому A_i називаються посиланнями, A і B – заключенням. За допомогою таких правил нові предикати можуть задаватися через введені раніше. Наприклад, предикат $P(x)$, що задає властивість бути столицею європейської держави, може бути заданий правилом, що використовує раніше введені предикати:

Столиця (x), *Місто_континента* (x , «Європа»)

Де x – це змінна, можливі значення якої – міста, включені в предметну область. Зміст даного правила очевидний: якщо « x » є столицею і знаходиться в Європі, то « x » є столицею європейської держави.

Для того щоб отримати цікаві для його відома знання, користувач повинен запропонувати системі, що працює з базою знань, деяке завдання, яке в ШІ зазвичай називається питанням. Наприклад, «чи є Москва столицею?», чи «є Київ столицею України?», чи «є Мерефа столицею?», «вивести список всіх столиць», «вивести список всіх столиць європейських держав».

Запитання, які представлені у вигляді одного або декількох предикатів. У нашому випадку маємо: столиця («Москва»)?, столиця_країни («Київ», «Україна»)?, столиця («Мерефа»)?, столиця (x)?, P (x)?. Відповіді на перше і друге питання будуть «так», на третє – «ні», а на четверте і п'яте – переліки всіх міст-столиць і всіх міст-столиць європейських держав, які включені в предметну область. Для формування відповідей система застосує алгоритм побудови логічного висновку, який здійснює перебір, тобто, можливо, багаторазовий перегляд предикатів, включених до бази знань. У прикладі, який ми розглядаємо, для відповідей на перші три питання системі досить перевірити, чи є в базі знань предикати з аргументами, зазначеними у питаннях. Четверте питання задає формування списку всіх аргументів, з якими предикат столиця включено до бази знань. Для цих дій знадобиться одноразовий перегляд бази знань. Складніше формується відповідь на п'яте питання. Справа в тому, що предикат P(x) задано в базі знань не фактами, а правилом. У цьому випадку алгоритм повинен багаторазово виконати наступну послідовність дій:

Знайти чергове значення змінної x, з яким предикат столиця (x) з першого посилання входить до бази знань.

Перевірити, чи входить предикат місто_континента (x, «Європа») із знайденим значенням x в базу знань.

Якщо другий пункт дасть позитивний результат, дане значення x включається у формований відповідь, а виконана послідовність дій вважається логічним висновком цього значення.

У нашому прикладі в результаті виконання першого кроку будуть знайдені значення x = «Москва», «Київ», «Ташкент» і т.ін. Перші два значення потраплять у відповідь, оскільки для них другий крок дасть позитивний результат. Значення «Ташкент» у відповідь не потрапить, так як в базі знань не виявиться предиката місто_континента («Ташкент», «Європа»).

Питання, винесені на семінар:

1. Штучний інтелект. Системи штучного інтелекту.
2. Знання як базове поняття систем штучного інтелекту.
3. Способи класифікації знань:
 - фактичні і стратегічні (класифікація за джерелом появи)
 - декларативні і процедурні (класифікація за функціональним призначенням: опис дії або об'єкта, на який спрямована дія)
4. Властивості знань (внутрішня інтерпретованість, структурованість, зв'язність, семантична метрика, активність).
5. Моделі подання знань (логічні, продукційні, семантичні мережі, фрейми, нейронні мережі) та їх основні характеристики.
6. Логічні моделі. Предикат. n-місний предикат. Висловлювання як ініціалізований предикат. Формальна система. Алгебра логіки.

ТЕМА 15 «НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ»

План:

1. Актуальність і перспективи використання НМ в техніці та медицині.
2. Біологічні основи функціонування нейрона.
3. Модель технічного нейрона. Архітектура нейронної мережі.
4. Класифікація нейронних мереж.
5. Навчання нейронних мереж.

Актуальність і перспективи використання нейронних мереж в техніці та медицині

В останні десятиліття в світі бурхливо розвивається нова прикладна область математики, що спеціалізується на штучних нейронних мережах. Експертні системи як вид інформаційних систем для представлення знань здатні використовувати математичну модель нейронних мереж. Їх розробка спрямована на імітацію мислення людини – експерта, тому алгоритми обробки інформації за допомогою певних правил замінюються паралельним механізмом обробки даних. Людський мозок досягає високої швидкості обробки складних процесів завдяки паралельній організації нервової системи. При цьому велике число нейронів, що працюють з порівняно низькою швидкістю, одночасно виконує відносно прості операції над сигналами, які надходять від інших нейронів.

Необхідність реалізації *нейронних мереж* (НМ) виникає при значному збільшенні числа правил і висновків у завданнях з погано структурованою інформацією. А саме:

Розпізнавання образів і класифікація. Завдання полягає у вказівці приналежності вхідного образу (наприклад, мовного сигналу або рукописного символу), що представлений рядом ознак, одному або декількам попередньо визначеним класам. До відомих додатків відносяться розпізнавання букв, розпізнавання мови, класифікація сигналу електрокардіограми, класифікація клітин крові.

Підсумовуючи, можна сказати, що розпізнавання образу припускає його ідентифікацію, а класифікація – віднесення до відповідного класу.

Виконання прогнозів. Завдання полягає в прогнозі значення певної функції в деякий майбутній момент часу. Передбачення мають значний вплив на прийняття рішень у бізнесі, науці і техніці та медицині. Передбачення цін на фондовій біржі, протікання хвороби та прогноз погоди є типовими додатками техніки передбачення. Комп'ютерна нейромережева діагностика є оптимальним засобом для проведення прогнозування в умовах неповної інформації.

Оптимізація. Численні проблеми в математиці, статистиці, техніці, науці, медицині та економіці можуть розглядатися як проблеми оптимізації. Завданням алгоритму оптимізації є знаходження такого рішення, яке задовольняє системі обмежень.

Управління. Метою управління є розрахунок такого вхідного впливу, при якому система слідує за бажаною траєкторією, що диктується еталонною моделлю.

Завдання стиснення (компресії) даних полягає в зменшенні збереженої або переданої інформації з можливістю її повного відновлення (декомпресії). Застосування нейронної мережі дозволяє отримати нові рішення для стиснення з втратою (з допустимою втратою певної частини інформації) при хороших узагальнюючих здібностях і відносно високому коефіцієнті компресії. Нейронні мережі не програмуються; вони не

використовують будь-яких правил виводу для постановки діагнозу, а навчаються робити це на прикладах.

Наприклад, вихідний рентгенологічний знімок може кодуватися, а потім розкодуватися за допомогою нейронної мережі.

Крім того, нейронні мережі знаходять застосування для *діагностування несправностей* різного обладнання.

Одним з суттєвих напрямів є також створення експертних систем, які детально будуть розглянуті далі.

Специфічними медичними нейромережевими технологіями вирішуються, наприклад, завдання:

- дослідження та виявлення вірусів;
- розробки мобільних роботів для проведення різних робіт;
- виявлення і прогнозування епілептичних випадків, ішемічних атак головного мозку та ін.

Нейронні мережі прості у використанні. Користувач нейронної мережі підбирає представницькі (характерні) дані, а потім запускає алгоритм навчання, який автоматично сприймає структуру даних. Для реалізації нейромережових технологій використовується *нейрокомп'ютер* – обчислювальна система з архітектурою апаратного та програмного забезпечення, адекватного виконання алгоритмів, які представлені у нейромережевому логічному базисі, з повною відмовою від булевських елементів типу і, або, ні. Нейрокомп'ютер використовує навчання замість програмування. Робота програміста замінюється новою роботою вчителя, завданням якого є формування навчальних множин.

Біологічні основи функціонування нейрона

Теорія НМ впливає з безлічі дисциплін, які включають фізіологію, математику, нейробіоніку, фізику, техніку, філософію, біологію та лінгвістику, тобто НМ технологія – результат роботи багатьох наук по одному напрямку – створення інтелектуальних систем.

Розвиток штучних нейронних мереж надихається біологією. Тобто, розглядаючи мережеві конфігурації і алгоритми, дослідники роблять це, використовуючи терміни характерні для опису організації мозкової діяльності. Але на цьому аналогія, мабуть, закінчується. Наші знання про роботу мозку настільки обмежені, що мало б знайшлося орієнтирів для тих, хто став би йому наслідувати. Тому розробникам мереж доводиться виходити за межі сучасних біологічних знань у пошуках структур, які здатні виконувати корисні функції. Нейрони є основою НМ. Штучні нейрони являють собою математичну модель біологічних нейронів, тому для розуміння принципів роботи нейромереж необхідно мати уявлення про біологічний нейрон, який є прототипом штучного.

Нейрон (нервова клітина) є особлива біологічна клітина, яка обробляє інформацію (рис. 15.1). Вона складається з тіла клітини, або соми, і двох типів зовнішніх деревоподібних гілок: аксона і дендритів. Тіло клітини включає ядро, яке містить інформацію про спадкові властивості, і плазму, що має молекулярними засобами для виробництва необхідних нейрону матеріалів. Нейрон отримує сигнали (імпульси) від інших нейронів через дендрити (приймачі) і передає сигнали, які згенеровані тілом клітки, вздовж аксона (передавач), що наприкінці розгалужується на волокна. На закінченнях цих волокон знаходяться синапси.

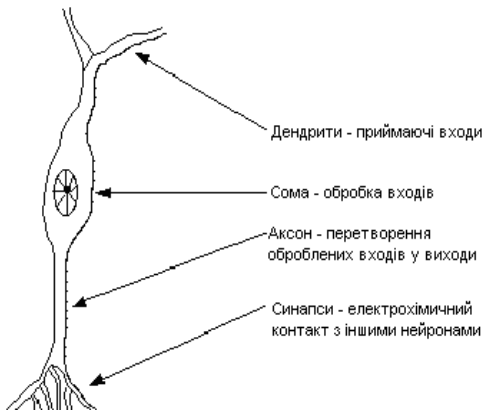


Рис. 15.1. Структура біологічного нейрона

Синапс є елементарною структурою і функціональним вузлом між двома нейронами (волокно аксона одного нейрона і дендрит іншого).

При активації нейрон посилає електрохімічний сигнал вздовж свого аксона. Через синапси цей сигнал досягає інших нейронів, які можуть у свою чергу активуватися. Нейрон активується тоді, коли сумарний рівень сигналів, що прийшли в його ядро з дендритів, перевищить певний рівень (поріг активації).

Інтенсивність сигналу, що одержаний нейроном (а отже і можливість його активації), сильно залежить від активності синапсів. Кожен синапс має протяжність, і спеціальні хімічні речовини (нейротрансмиттери, нейромедіатори). Один з авторитетних дослідників нейросистем, Дональд Хебб, висловив постулат, що навчання полягає в першу чергу у змінах "сили" синаптичних зв'язків. Наприклад, в класичному досліді Павлова, кожен раз безпосередньо перед годуванням собаки дзвонив дзвоник, і собака швидко навчилася пов'язувати дзвінок дзвоника з їжею. Синаптичні зв'язки між ділянками кори головного мозку, що відповідають за слух, і слинними залозами посилюлися, і при збудженні кори звуком дзвіночка у собаки починалося слиновиділення.

Таким чином, будучи побудований з дуже великого числа зовсім простих елементів (кожен з яких бере зважену суму вхідних сигналів, і у випадку, якщо сумарний вхід перевищує певний рівень, передає далі двійковий сигнал), мозок здатний вирішувати надзвичайно складні завдання.

Модель технічного нейрона. Архітектура нейронної мережі

Аналогічно біологічному нейрону визначення штучного нейрона (рис.15.2) дається таким чином:

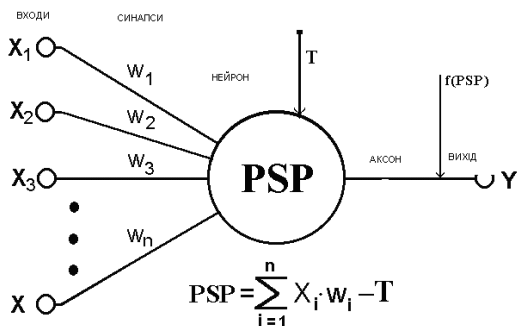


Рис. 15.2. Штучний нейрон

Він отримує вхідні сигнали X_1, X_2, \dots, X_n (вхідні дані або вихідні сигнали інших нейронів нейронної мережі) через кілька вхідних каналів. Кожен вхідний сигнал проходить через з'єднання, що має певну інтенсивність (або вагу w_1, w_2, \dots, w_n); ця вага відповідає синаптичній активності біологічного нейрона. З кожним нейроном пов'язано певне порогове значення T . Обчислюється зважена сума входів, з неї віднімається граничне значення і в результаті виходить величина активації нейрона (вона також називається пост-синаптичним потенціалом нейрона – PSP).

PSP перетворюється за допомогою функції активації f (або передавальної функції) (рис.15.3) і в результаті отримується вихідний сигнал нейрона Y .

Якщо при цьому використовувати східчасту функцію активації (тобто, вихід нейрона дорівнює нулю, якщо вхід негативний, і одиниці, якщо вхід нульовий або позитивний рис.15.3а), то такий нейрон буде працювати точно так само, як описаний вище природний нейрон (відняти порогове значення з зваженої суми і порівняти результат з нулем – це те ж саме, що порівняти зважену суму з пороговим значенням). Слід врахувати, що ваги можуть бути негативними, – це означає, що синапс створює на нейрон не збуджуючий, а гальмівний вплив (в мозку присутні гальмівні нейрони).

Все вищесказане проілюстровано на рис. 15.2 і рис. 15.1.

Вихідний сигнал нейрона Y визначає

$$Y = f(\text{PSP}) \quad (1)$$

Активувальна функція f може мати вигляд як функції одиничного стрибка, так і інші (випадки б), в) рис. 15.3.

Однією з найбільш поширених є нелінійна функція з насиченням, так звана логістична функція або сигмоїд (тобто функція s-подібного виду):

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (2)$$

Параметр α підбирається користувачем. Його значення впливає на функцію активації. Графік сигмоїдної функції сильно залежить від α . При малих величинах α графік функції досить пологий і при $\alpha=0$ вироджується в горизонтальну лінію на рівні 0,5, але в міру зростання α крутизна графіка збільшується. При $\alpha \rightarrow \infty$ сигмоїдальна функція перетворюється на функцію ступеневого типу. Вихідне значення нейрона при цьому лежить в діапазоні $[0; 1]$.

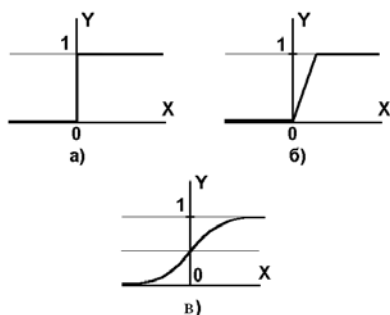


Рис. 15.3. а) східчаста (функція одиничного стрибка), б) лінійна функція (лінійний поріг), в) сигмоїдальна уніполярна (формула 2).

Сигмоїд має властивість посилювати слабкі сигнали краще, ніж великі, і запобігає насиченню від великих сигналів, так як вони відповідають областям аргументів, де сигмоїд має пологий нахил.

Це був опис окремого нейрона. Об'єднані між собою нейрони утворюють систему, яка називається *нейронною мережею*. Тепер виникає питання: як з'єднувати нейрони один з одним? Якщо мережу передбачається для чогось використовувати, то у неї повинні бути входи (які приймають значення цікавих для нас змінних із зовнішнього світу) і виходи (прогнози або керуючі сигнали). Входи і виходи відповідають сенсорним і руховим нервам – наприклад, відповідно, які йдуть від очей і в руки. Крім цього, однак, в мережі може бути ще багато проміжних (прихованих) нейронів, що виконують внутрішні функції. Вхідні, приховані і вихідні нейрони повинні бути пов'язані між собою.

Ключове питання тут – *зворотній зв'язок*. Найпростіша мережа має структуру прямої передачі сигналу: сигнали проходять від входів через приховані елементи і зрештою приходять на вихідні елементи. Така структура має стійку поведінку. Якщо ж мережа *рекуррентна* (тобто містить зв'язки, які ведуть назад від більш дальних до більш ближніх нейронів), то вона може бути нестійка і мати дуже складну динаміку поведінки. Рекуррентні мережі становлять великий інтерес для дослідників у галузі нейронних мереж, однак, при вирішенні практичних завдань, принаймні досі, найбільш корисними виявилися структури прямої передачі.

У мережі з прямою передачею сигналу нейрони регулярним чином організовані в шари. Вхідний шар служить просто для введення значень вхідних змінних. Кожен з прихованих і вихідних нейронів з'єднаний з усіма елементами попереднього шару.

При роботі (використанні) мережі у вхідні елементи подаються значення вхідних змінних, потім послідовно відпрацьовують нейрони проміжних і вихідного шарів. Кожен з них обчислює своє значення активації, беручи зважену суму виходів елементів попереднього шару і віднімаючи з неї порогові значення. Потім значення активації перетворюються за допомогою функції активації, і в результаті створюється вихід нейрона. Після того, як вся мережа відпрацює, вихідні значення елементів вихідного шару приймаються за вихід всієї мережі в цілому.

НМ шаруватої структури з активаційними функціями одиничного стрибка називається перцептроном і є класичною нейронною мережею. Як приклад найпростішої НМ розглянемо одношаровий перцептрон, що складається з 3-х нейронів (рис. 15.5).

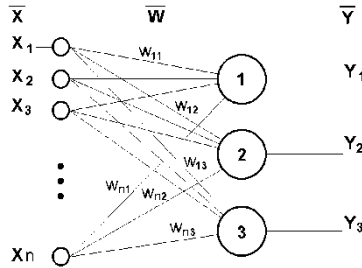


Рис. 15.4. Одношаровий перцептрон

На n входів надходять якісь сигнали, що проходять по синапсах на 3 нейрона, що утворюють єдиний шар цієї НМ і видають три вихідних сигнала:

$$y_j = f \left[\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{ij} - T_j \right], J = 1 \dots 3 \quad (3)$$

де j – номер нейрона, i – номер синаптичного зв'язку.

Теоретично число шарів і число нейронів у кожному шарі може бути довільним, однак фактично воно обмежене ресурсами комп'ютера або спеціалізованої мікросхеми, на яких зазвичай реалізується НМ. Чим складніше НМ, тим масштабніше завдання, підвладні їй.

Вибір структури НМ здійснюється відповідно з особливостями і складністю завдання. Для вирішення деяких окремих типів завдань вже існують оптимальні, на сьогоднішній день, конфігурації. Якщо ж завдання не може бути зведено до жодного з відомих типів, розробнику доводиться вирішувати складну проблему синтезу нової конфігурації. При цьому він керується кількома основоположними принципами: можливості мережі зростають зі збільшенням числа комірок мережі, щільності зв'язків між ними і числом виділених шарів; введення зворотних зв'язків поряд зі збільшенням можливостей мережі піднімає питання про динамічну стійкість мережі; складність алгоритмів функціонування мережі (у тому числі, наприклад, введення декількох типів синапсів – збуджуючих, гальмуючих та ін). Питання про необхідні і достатні властивості мережі для вирішення того чи іншого роду завдань являє собою цілий напрям нейрокомп'ютерної науки. Так як проблема синтезу НМ сильно залежить від розв'язуваної задачі, дати загальні докладні рекомендації важко. У більшості випадків оптимальний варіант виходить на основі інтуїтивного підбору.

Класифікація нейронних мереж

Як вже згадувалося вище, залежно від способу об'єднання нейронів мережі поділяються на *односпрямовані* і *рекурентні* (зі зворотним зв'язком). Крім того, було показано, що мережі можуть класифікуватися по числу шарів (*одношарові* і *багатшарові*).

Розвиваючи далі питання про можливі класифікації НМ, важливо відзначити існування *бінарних і аналогових* мереж. Перші з них оперують з двійковими сигналами, вихід кожного нейрона може приймати тільки два значення: логічний нуль ("загальмований" стан) і логічна одиниця ("збуджений" стан). До цього класу мереж відноситься і названий вище перцептрон, так як виходи його нейронів, що формуються функцією одиничного стрибка, дорівнюють або 0, або 1. В аналогових мережах вихідні значення нейронів здатні приймати безперервні значення, що могло б мати місце після заміни активаційної функції нейронів перцептрона на сигмоїд.

Ще одна класифікація ділить НМ на *синхронні і асинхронні*. У першому випадку в кожен момент часу свій стан змінює лише один нейрон. У другому – стан змінюється відразу у цілої групи нейронів, як правило, у всього шару. Алгоритмічний хід часу в НМ задається ітеративним виконанням однотипних дій над нейронами.

Навчання нейронних мереж

Очевидно, що процес функціонування НМ, тобто сутність дій, які вона здатна виконувати, залежить від величин синаптичних зв'язків, тому, задавшись певною структурою НМ, що відповідає будь-якій задачі, розробник мережі повинен знайти оптимальні значення всіх змінних вагових коефіцієнтів (деякі синаптичні зв'язки можуть бути постійними).

Цей етап називається навчанням НМ, і від того, наскільки якісно він буде виконаний, залежить здатність мережі вирішувати поставлені перед нею проблеми під час експлуатації. На етапі навчання крім параметра якості підбору ваг важливу роль відіграє час навчання. Як правило, ці два параметри пов'язані зворотною залежністю і їх доводиться вибирати на основі компромісу.

Навчання НМ може вестися з вчителем або без нього. У першому випадку мережі пред'являються значення як вхідних, так і бажаних вихідних сигналів, і вона по деякому внутрішньому алгоритму підлаштовує ваги своїх синаптичних зв'язків так, щоб вихідні сигнали були максимально близькі до бажаних. У другому випадку (без вчителя) виходи НМ формуються самостійно, а ваги змінюються по алгоритму, що враховує тільки вхідні та похідні від них сигнали, без можливості прогнозу вихідних сигналів.

Існує безліч різних алгоритмів навчання, які однак діляться на два великі класи: *детерміністські і стохастичні*. У першому з них підстроювання ваг являє собою жорстку послідовність дій, у другому – воно виробляється на основі дій, що підкоряються деякому випадковому процесу.

Питання, винесені на семінар:

1. Штучні нейронні мережі (НМ). Особливості їх роботи. Сфери застосування НМ.
2. Будова біологічного нейрона, як прототипу штучного.
3. Модель технічного нейрона, його властивості.
4. Вихід нейрона як функція його стану. Види активаційної функції.
5. Тринеуронний одношаровий перцептрон – як приклад найпростішої НМ.
6. Класифікація НМ.
7. Навчання НМ, його сутність. Навчання з вчителем і без нього.

ТЕМА 16 « ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ»

План:

1. Експертні системи. Можливості експертних систем і області їх використання.
2. Структура експертних систем.
3. Етапи розробки експертних систем.
4. Інструментальні засоби експертних систем.
5. База знань експертної системи.
6. Застосування експертних систем у медицині.

Експертні системи. Можливості експертних систем і області їх використання

При вивченні медичних інформаційних систем базового рівня нами було розглянуто консультативно-діагностичні системи (КДС), які призначені для діагностики патологічних станів (включаючи прогноз і вироблення рекомендацій щодо способів лікування). Було показано, що в КДС прийнято виділяти такі модулі: *база даних (БД)* і *база знань (БЗ)*; *механізм логічного висновку (МЛВ)* або машина виводу; *інтерфейс* з користувачем. За способом реалізації МЛВ розрізняють *експертні КДС* і *імовірнісні КДС*. В експертних системах (ЕС) реалізується логіка прийняття рішення досвідченим лікарем-клініцистом. ЕС належать до класу систем «штучного інтелекту» і, як вказувалося в попередніх лекціях, для їх побудови можуть бути використані підходи формальної і неформальної (нейромережевої) логіки. Специфіка кожного з напрямів наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Специфіка реалізації експертних систем на підходах формальної і неформальної логіки

	Експертні системи на базі формальної логіки	ЕС на базі неформальної логіки - нейронні мережі
Джерело знань	Формалізований досвід експерта, виражений у вигляді логічних стверджень, правил і фактів, які безумовно приймаються системою	Сукупний досвід експерта-вчителя, що відбирає приклади для навчання + власний досвід нейронної мережі, що навчає на цих прикладах
Характер знань	Формально-логічне "лівопівкульне" знання у вигляді правил	Асоціативне "правопівкульне" знання у вигляді зв'язків між нейронами мережі
Розвиток знань	У формі розширення сукупності правил і фактів (бази знань)	У формі донавчання на додатковій послідовності прикладів, з уточненням меж категорій і формуванням нових категорій
Роль експерта	Задає на основі правил повний обсяг знань експертної системи	Відбирає характерні приклади, не формулюючи спеціально обґрунтування свого вибору
Роль штучної системи	Пошук ланцюжка фактів і правил для доказу судження	Формування індивідуального досвіду у формі категорій, які одержані на основі прикладів і категоризація образів

Комп'ютерні системи, які можуть лише повторити логічний висновок експерта, прийнято відносити до ЕС першого покоління. Однак спеціалісту, якій вирішує інтелектуально складне завдання, явно недостатньо можливостей системи, яка лише імітує діяльність людини. Їйому потрібно, щоб ЕС виступала в ролі повноцінного помічника і порадирика, здатного проводити аналіз нечислових даних, висувати і відкидати гіпотези, оцінювати достовірність фактів, самостійно поповнювати свої знання, контролювати їх несуперечливість, робити висновки на основі прецедентів і, може бути, навіть породжувати рішення нових завдань, які раніше не розглядалися. Наявність таких можливостей є характерним для ЕС другого покоління, концепція яких почала розроблятися 9-10 років тому. Експертні системи, що відносяться до другого покоління, називають партнерськими, або підсилювачами інтелектуальних здібностей людини. Їх загальними відмітними рисами є вміння навчатися і розвиватися, тобто еволюціонувати.

З переліку основних типів завдань, що вирішуються ЕС, можна виділити інтерпретацію, прогноз, діагностику, проектування, планування, управління, спостереження, налагодження, ремонт, навчання.

Оскільки створення будь якої ЕС пов'язано з матеріальними витратами і витратами часу, слід чітко обумовити ситуації, при яких створення ЕС є доцільним. Такими є:

1. Необхідність символічних міркувань. Очевидно, немає сенсу розробляти експертну систему для чисельних розрахунків, наприклад, для перетворень Фур'є, інтегрування, рішення систем алгебраїчних рівнянь та ін., тому що для цього існують спеціальні програмні засоби (наприклад, MathCad)

2. Наявність експертів, компетентних в обраному колі питань, які згодні співпрацювати при створенні ЕС.

3. Поставлена проблема має бути досить важливою і актуальною. Це можуть бути проблеми, що вимагають високого рівня експертизи, або прості, але трудомісткі перевірки які багаторазово повторюються. Немає сенсу витрачати час на вирішення проблем, які виникають рідко і можуть бути вирішені людиною зі звичайною кваліфікацією.

4. Необхідно чітко обмежувати коло завдань, що вирішуються, тобто предметна область вибирається досить «вузькою», щоб уникнути «комбінаторного вибуху» обсягу інформації, що необхідна для компетентного вирішення поставленого завдання.

5. Необхідна узгодженість думок експертів про те, як слід вирішувати поставлені завдання, які факти необхідно використовувати і які є загальні правила для винесення суджень. В іншому випадку неможливо розширити базу знань за межі досвіду однієї людини і здійснити сплав експертних знань з декількох областей.

6. Повинно бути достатньо вихідних даних для перевірки працездатності експертної системи в обраній предметній області, щоб розробники змогли перекоонатися в досяжності деякого заданого рівня її функціонування.

7. Повинна забезпечуватися можливість поступового нарощування системи.

Цінність використання ЕС виявляється в таких аспектах:

- а) У зборі, оперативному уточненні, кодуванні і поширенні експертних знань.
- б) В ефективному вирішенні проблем, складність яких перевищує людські можливості, і для яких потрібні експертні знання декількох областей.
- с) У збереженні найбільш вразливої цінності колективу – колективної пам'яті.

Структура експертних систем

До складу типової експертної системи входять:

- Інтерфейс, що забезпечує спілкування користувача з експертною системою в зручній для нього формі, він дозволяє передавати їй інформацію, що становить зміст бази даних, звертається до системи з питанням або за поясненням.

- Блок роз'яснень є найважливішою компонентою експертної системи, тому що дає можливість користувачеві переконатися в обґрунтованості інформації, яка одержана ним від експертної системи, дозволяє ставити їй запитання, і на підставі розумних відповідей перейматися до неї довірою.

- Робоча пам'ять (база даних). Зберігає дані проблемної області, зв'язок між якими задається правилами в базі знань.

- Диспетчер, що визначає порядок функціонування експертної системи, що планує порядок постановки і досягнення цілей.

- Машина логічного висновку (механізм виводу) – формально-логічна система, реалізована у вигляді програмного модуля, яка на основі правил і методів бази знань перетворює конкретну інформацію про об'єкти до виду, що відповідає призначенню експертної системи (діагноз, план дій і т. ін.).

- База знань – сукупність усіх наявних відомостей про проблемну область, для якої призначена дана експертна система, що записані за допомогою певних формальних структур представлення знань (набору правил, фреймів, семантичних мереж тощо).

Відмінними рисами ЕС є:

1. Експертиза може проводитися тільки в одній конкретній області. Так, програма, призначена для визначення конфігурації систем ЕОМ, не може ставити медичні діагнози.

2. База знань і механізм логічного висновку є різними компонентами. Дійсно, часто виявляється можливим поєднувати механізм виводу з іншими базами знань для створення нових ЕС. Наприклад, програма аналізу інфекції в крові може бути застосована в пульмонології шляхом заміни бази знань, яка використовується з тим же самим механізмом виводу.

3. Найбільш відповідна область застосування – рішення завдань дедуктивним методом. Дедукція – логічне умозаключення від загального до окремого, від загальних суджень до приватних або інших спільних висновків. Нерозривно пов'язана з індукцією – логічним методом, що заснован на висновку від приватних випадків до загального висновку.

4. Ці системи повинні пояснювати хід розв'язання задачі зрозумілим користувачеві способом. Зазвичай ми не приймаємо відповідь експерта, якщо на питання «Чому?» не можемо отримати логічну відповідь. Точно також ми повинні мати можливість запитати систему, що заснована на знаннях, як в отриманий конкретний висновок.

Машина логічного висновку (МЛВ) – програмна компонента експертних систем, що реалізує процес її міркувань на основі бази знань і бази даних. Вона виконує дві функції: по-перше, перегляд існуючих фактів з бази даних і правил з бази знань і додавання (по мірі можливості) в базу даних нових фактів і, по-друге, визначення порядку перегляду та застосування правил. Ця підсистема управляє процесом консультації, зберігає для користувача інформацію про отримані висновки, і запитує в неї інформацію, коли для спрацювання чергового правила в робочий множині виявляється недостатньо даних.

Мета ЕС – вивести деякий заданий факт, який називається висновком або цільовим твердженням (тобто в результаті застосування правил домогтися того, щоб цей факт був включений в базу даних), або спростувати цей факт (тобто переконатися, що його вивести неможливо, отже, при даному рівні знань системи він є хибним). Цільове твердження може бути або «закладено» заздалегідь до бази знань системи, або витягується системою з діалогу з користувачем.

Робота системи являє собою послідовність кроків, на кожному з яких із бази вибирається деяке правило, яке застосовується до поточного вмісту робочої множини. Вміст робочої множини (робочої пам'яті) є результат діалогу з користувачем, який поповнюється інформацією з бази даних. Цикл закінчується, коли виведено або спростовано цільове твердження. Цикл роботи експертної системи інакше називається логічним висновком. Логічний висновок може відбуватися багатьма способами, з яких найбільш поширені – *прямий порядок виводу і зворотний порядок виводу*.

Прямий порядок виводу – від фактів, які знаходяться в робочій множині, до висновку. Якщо такий висновок вдається знайти, то він заноситься до бази даних. Прямий висновок часто називають висновком, який керується даними. Розглянемо приклад.

Нехай база даних ЕС містить факти: «барометр падає», «скоро піде дощ», «потрібно взяти з собою парасольку», а база знань містить наступний набір правил:

«ЯКЩО барометр падає ТО скоро піде дощ» (правило 1).

«ЯКЩО скоро піде дощ ТО потрібно взяти з собою парасольку» (правило 2).

Нехай у результаті діалогу з користувачем системі запропоновано в якості вхідних даних робочу множину:

«барометр падає».

Системі задається питання користувача:

«Потрібно взяти з собою парасольку?»

При прямому заключенні робота системи буде протікати таким чином:

Крок 1.

Розглядається правило 1 з бази знань. Його умова на даний момент істинна, так як цей вхідний факт «барометр падає» міститься у базі даних.

Активізуємо (застосовуємо) правило 1 і додаємо до робочої множини факт "Скоро піде дощ".

Крок 2.

Розглядається правило 2 з бази знань. Його умова на цей час істинна, тому що затвердження його умови є в базі даних.

Активізуємо це правило і додаємо до робочої множини факт "Потрібно взяти з собою парасольку". Таким чином, отримано позитивну відповідь на поставлене питання, тобто виведено цільове твердження.

Зворотний порядок виводу: висновки проглядаються до тих пір, поки не будуть виявлені в базі даних або отримані від користувача факти, що підтверджують одне з них. У системах із зворотним висновком спочатку висувається деяка гіпотеза, а потім механізм виводу в процесі роботи, як би повертається назад, переходить від неї до фактів бази даних і намагається знайти серед них ті, які можуть підтвердити цю гіпотезу. Якщо вона виявилася правильною, то вибирається наступна гіпотеза, що деталізує першу, що є по відношенню до неї підціллю і всі дії повторюються.

У розглянутому прикладі висновок цільового твердження "Потрібно взяти з собою парасольку" зворотним ланцюжком міркувань виконується таким чином:

Крок 1. Розглядається правило 1. Воно не містить цільового затвердження в правій частині. Переходимо до правила 2.

Крок 2. Розглядається правило 2. Воно містить мету в правій частині правила. Переходимо до правої частини правила і розглядаємо в якості поточної мети затвердження "Скоро піде дощ".

Крок 3. Поточної мети немає в базі даних. Розглянемо правило 1, яке містить ціль в правій частині. Обидві компоненти його умови є в базі даних, так що умова істинна.

Застосовуємо правило 1; в результаті виводимо твердження "Скоро піде дощ"; яке було нашої попередньою метою.

Крок 4. Застосовуємо правило 2, умовою якого є дане твердження. Отримуємо висновок вихідного твердження.

Зауважимо, що для спрощення ситуації ми припустили, що в обох випадках факт "Барометр падає" вже відомий системі. Насправді система з'ясовує істинність або хибність факту, що входить в умову деякого правила, питаючи про це користувача в той момент, коли вона намагається застосувати правило.

Інструментальні засоби експертних систем

Раніше на проектування і створення ЕС було потрібно 20-30 людино-років. В даний час є засоби, що прискорюють цей процес. Так звані, інструментальні засоби – це сукупність апаратного і програмного забезпечення, що дозволяє створювати прикладні системи, засновані на знаннях.

Серед програмних інструментальних засобів виділяють наступні великі групи:

◆ Символьні мови програмування – експертні системи, виконані у вигляді окремих програм, на деякій алгоритмічній мові, база знань яких є безпосередньо частиною цієї програми. Як правило, такі системи призначені для вирішення завдань в одній фіксованій предметній області. При побудові таких систем застосовуються як традиційні процедурні мови PASCAL та ін., так і спеціалізовані мови штучного інтелекту LIPS, INTERLIPS, PROLOG, SMALL-TALK.

◆ Оболонки експертних систем (або порожні ЕС), тобто системи, що не містять знань ні про яку предметну область. Це програмний продукт, що володіє засобами подання знань для певних предметних областей. Завдання користувача полягає не в безпосередньому програмуванні, а у формалізації і введенні знань з використанням наданих оболонкою можливостей. Недоліком цих систем можна вважати неможливість охоплення однією системою всіх існуючих предметних областей. Прикладом можуть служити ЕКО, ЕКСПЕРТ, ІНТЕРЕКСПЕРТ, РС +, VP-Expert, ЕМУСІН.

◆ Середовища чи оточення для розробки ЕС, тобто системи, що автоматизують розробку (проектування) систем. Генератори експертних систем – потужні програмні продукти, призначені для отримання оболонок, орієнтованих на те чи інше уявлення знань залежно від розглянутої предметної області. Приклади цього різновиду – системи КЕЕ, АРТ, ТЕІРЕСІАС та ін.

База знань експертної системи

Якість ЕС визначається розміром і якістю бази знань. Система функціонує в наступному циклічному режимі:

1. вибір (запит) даних або результатів аналізів;
2. інтерпретація результатів і засвоєння нової інформації;
3. висунення за допомогою бази знань тимчасових гіпотез.

Такий процес продовжується до тих пір, поки не надійде інформація, достатня для остаточного висновку.

У будь-який момент часу в системі існують три типи знань:

- статичні знання – знання про предметну область, які з моменту їх виявлення не змінюються;

- динамічні знання – змінні знання про предметну область. Вони оновлюються в міру виявлення нової інформації;

- робочі знання – тимчасовий набір знань, який застосовується для вирішення конкретного завдання. З'являються під час діалогу з користувачем (наприклад, результати аналізів конкретного пацієнта).

Всі перераховані вище знання зберігаються в базі знань. Для її побудови потрібно провести опитування фахівців, які є експертами в конкретній предметній області, а потім систематизувати, організувати і забезпечити ці знання показниками, щоб згодом їх можна було легко витягти з бази знань.

Джерелами знань для конкретної ЕС можуть бути підручники, довідники, матеріали конкретних досліджень в проблемній області. Також самі розробники можуть мати теоретичні знання та практичний досвід у даній області. Але класичним джерелом знань є експерт-професіонал в даній предметній області. Для успішного вирішення цієї проблеми необхідні спільні зусилля математиків, програмістів, психологів.

На даний момент немає готових систем, що дозволяють виключити людину з ланцюжка, що причетний до формування БЗ, однак є теоретичні дослідження і дослідні розробки, наявність яких дозволяє виділити три класи способів придбання знань:

1. Традиційний діалог експерта з інженером о знаннях, в якому всі знання надаються експертом.

2. Автоматична генерація знань, яка дозволяє частину правил отримувати автоматично.

3. Побудова індивідуальної моделі дослідження предметної області конкретним експертом, що дозволяє організувати цілеспрямований процес дослідження цієї області на основі індивідуальних представлень даного експерта.

При розробці ЕС необхідно починати роботу з створення «паперової» її моделі. Ця модель формується в процесі спілкування з експертом. При цьому виділяються основні поняття, якими оперує експерт, формується тезаурус системи. Після цього на кількох нескладних прикладах детально аналізується метод, яким експерт вирішує такого роду завдання.

У базі знань у деякому закодованому вигляді зберігаються формалізовані знання експерта. На сучасному етапі розвитку ЕС основними формами представлення знань є:

1. логічні моделі (подання знань у вигляді сукупності логічних формул);

2. продукційна модель – один із способів подання знань, які найбільш часто використовуються в ЕС. Основна ідея полягає в асоціюванні з відповідними діями набору умов у вигляді правил «ЯКЩО - ТО», званих також продукціями.

ЯКЩО умова ТО дії

Якщо пацієнт хворий грипом І стадія захворювання початкова, ТО температура висока з імовірністю = 0,95 І головний біль є з імовірністю = 0,8.

3. семантичні мережі (подання знань у вигляді мережі (графа, дерева). При цьому об'єкти предметної області представляються у вигляді вузлів мережі, а зв'язки між ними – у вигляді дуг, що їх з'єднують);

4. фрейми (Фрейм – це таблицна структура для опису стереотипної ситуації, що складається з характеристик цієї ситуації (слотів) і значень цієї ситуації (заповнювача слотів). Сукупність фреймів, що моделює якусь предметну область, являє собою ієрархічну структуру в якій фрейми з'єднуються з допомогою родовідних зв'язків);

5. нейромережеві моделі (варіант семантичних мереж, що виділяються в окремий клас. Представляють собою імітацію процесів, що відбуваються в мережі нейронів мозку людини).

Детально всі ці моделі знань розглянуті в лекціях «Формальна логіка у вирішенні задач діагностики, лікування та профілактики захворювань» і «Нейронні мережі».

Застосування експертних систем у медицині

Медицинні знання носять емпіричний характер, слабо структуровані і погано формалізовані, тому саме медичні завдання доцільно вирішувати за допомогою ЕС, які при вирішенні нетривіальних завдань виробляють перебір і аналіз величезної кількості можливих варіантів і здатні навчатися, використовуючи накопичений досвід. Ідеологію ЕС можна виразити формулою: знання + висновки = система.

У 1990 році Вільям Бакст з Каліфорнійського університету в Сан-Дієго використовував нейронну мережу – багатошаровий перцептрон – для розпізнавання інфаркту міокарда у пацієнтів, що надходять в приймальний спокій з гострим болем у грудях. Його метою було створення інструменту, здатного допомогти лікарям, які не в силах впоратися з потоком даних, що характеризують стан обстеженого хворого. Іншою метою може бути вдосконалення діагностики. Статистика така: лікар правильно діагностує інфаркт міокарда у 88% хворих і помилково ставить цей діагноз у 29% випадків. Помилкових тривог (гіпердіагностики) надто багато. Історія застосування різних методів обробки даних для підвищення якості діагностики налічує десятиліття, проте кращий з них допоміг скоротити число випадків гіпердіагностики лише на 3%.

Своє завдання дослідник ускладнив, оскільки аналізував дані тільки тих пацієнтів, кого вже направили до кардіологічного відділення. Бакст використовував лише 20 параметрів, серед яких були вік, стать, локалізація болю, реакція на нітрогліцерин, нудота і блювота, потіння, непритомність, частота дихання, прискорене серцебиття, попередні інфаркти, діабет, гіпертонія, здуття шийної вени, ряд особливостей ЕКГ та наявність значних ішемічних змін.

Мережа продемонструвала точність 92% при виявленні інфаркту міокарда і дала лише 4% випадків сигналів помилкової тривоги, помилково підтверджуючи направлення пацієнтів без інфаркту в кардіологічне відділення. В наявності факт успішного застосування штучних нейронних мереж у діагностиці захворювання. Тепер необхідно пояснити, в яких параметрах оцінюється якість діагнозу в загальному випадку. Припустимо, що з десяти осіб, у яких інфаркт дійсно є, діагностичний метод дозволяє виявити захворювання у восьми. Тоді чутливість методу складе 80%. Якщо ж ми візьмемо десять осіб, у яких інфаркту немає, а метод діагностики запідозрить його у трьох осіб, то частка помилкових тривог складе 30%, при цьому додаткова до нього характеристика – специфічність методу – буде дорівнює 70%.

Ідеальний метод діагностики повинен мати стовідсоткові чутливість і специфічність – по-перше, не пропускати жодної дійсно хворої людини і, по-друге, не лякати здорових людей. Щоб застрахуватися, можна і потрібно намагатися передусім забезпечити стовідсоткову чутливість методу – не можна пропускати захворювання. Але це обертається, як правило, низькою специфічністю методу – у багатьох людей лікарі підозрюють захворювання, якими насправді пацієнти не страждають.

Нейронні мережі являють собою нелінійні системи, що дозволяють набагато краще класифікувати дані, ніж зазвичай використовувані лінійні методи. У додатку до медичній

діагностиці вони дають можливість значно підвищити специфічність методу, не знижуючи його чутливості.

Згадаймо, що нейронна мережа, що діагностує інфаркт, працювала з великим набором параметрів, вплив яких на постановку діагнозу людині неможливо оцінити. Тим не менш, нейромережі виявилися здатними приймати рішення, ґрунтуючись на виявлених ними прихованих закономірностях в багатовимірних даних. Відмітна властивість нейромереж полягає в тому, що вони не програмується – не використовують ніяких правил виводу для постановки діагнозу, а навчаються робити це на прикладах. У цьому сенсі нейромережі зовсім не схожі на експертні системи, розробка яких у 70-ті роки відбувалася після тимчасової "перемоги штучного інтелекту" над тим підходом до моделювання пам'яті, розпізнавання образів і узагальнення, який ґрунтувався на вивченні нейронної організації мозку.

Однією з найбільш відомих з розроблених експертних систем, дія якої ґрунтувалася на знаннях, витягнутих у експертів, і на реалізації процедур виведення, була система MYCIN. Її основним моментом було використання імовірнісного підходу при постановці діагнозу. Дану систему розробили в Стенфордї на початку 70-х років для діагностики септичного шоку. Половина хворих вмирала від нього протягом доби, а лікарі могли виявляти сепсис лише в 50% випадків. MYCIN, здавалося, була справжнім тріумфом технології експертних систем – адже вона дозволяла виявити сепсис в 100% випадків. Однак після більш уважного знайомства з цією експертною системою лікарі значно вдосконалили традиційні методи діагностики, і MYCIN втратив своє значення, перетворившись на навчальну систему. Експертні системи "пішли" тільки в кардіології – для аналізу електрокардіограм. Складні правила, які становлять головний зміст книг з клінічним аналізом ЕКГ, використовувалися відповідними системами для видачі діагностичного висновку. Діагностика є окремим випадком класифікації подій, причому найбільшу цінність представляє класифікація тих подій, які відсутні в наборі, які навчають нейромережу. Тут виявляється перевага нейромережових технологій – вони здатні здійснювати таку класифікацію, узагальнюючи колишній досвід і застосовуючи його в нових випадках.

Прикладом програми діагностики служить пакет кардіодіагностики, розроблений фірмою RES Informatica спільно з Центром кардіологічних досліджень у Мілані. Програма дозволяє здійснювати неінвазивну кардіодіагностику на основі розпізнавання спектрів тахограм. Тахограми являють собою гістограму інтервалів між послідовними серцевими ударами, і її спектр відображає баланс активності симпатичної і парасимпатичної нервової системи людини, який специфічно змінюється при різних захворюваннях. Так чи інакше, вже зараз можна констатувати, що нейронні мережі перетворюються на інструмент кардіодіагностики – в Англії, наприклад, вони використовуються в чотирьох госпіталях для попередження інфаркту міокарда.

У медицині знаходить застосування і інша особливість нейромереж – їх здатність передбачати тимчасові послідовності. Вже зазначалося, що експертні системи досягли успіху в аналізі ЕКГ. Нейромережі тут теж приносять користь. КіЧженху, Ю Хенуві і Вілліс Томпкінс з університету штату Вісконсін розробили нейромережову систему фільтрації електрокардіограм, що дозволяє пригнічувати нелінійний і нестационарний шум значно краще, ніж методи, що використовувалися раніше. Справа в тому, що нейромережа добре передбачала шум за його значенням у попередні моменти часу. А те, що нейромережі дуже ефективні для передбачення тимчасових послідовностей (таких, наприклад, як курс валют або котирування акцій), переконливо продемонстрували результати змагання передбачуваних

програм, що проводяться університетом у Санта Фе – нейромережі зайняли перше місце і домінували серед кращих методів.

ЕКГ – це особистий, хоча і виключно важливий додаток. Проте сьогодні існує і багато інших прикладів використання нейромереж для медичних прогнозів. Відомо, що довгі черги в кардіохірургічних відділеннях (від тижнів до місяців) викликані браком реанімаційних палат. Збільшити їх число не вдається через високу вартість реанімаційної допомоги (70% коштів американці витрачають в останні 2 тижні життя саме в цьому відділенні). Вихід тільки в більш ефективному використанні наявних коштів. Припустимо, що стан прооперованих в деякий день хворих настільки важкий, що їм необхідно їх тривале перебування в реанімаційній палаті (більше двох діб). Весь цей час хірурги будуть простоювати, оскільки знову прооперованих хворих нема куди класти. Важких хворих розумніше оперувати перед вихідними або святами – операційні все одно закриті в ці дні, хірурги будуть відпочивати, а хворі відновлюватися в реанімації. А ось на початку робочого тижня краще прооперувати тих пацієнтів, яким потрібно буде знаходитися в реанімаційній палаті тільки один-два дні. Тоді ліжка в реанімації будуть звільнятися швидше і приймати нових, прооперованих у вівторок і середу хворих.

Питання в тому, як вгадати, кому доведеться надовго затриматися в блоці інтенсивної терапії після операції, а кому – ні. Джек Ту і Майкл Гуерір з госпіталю Святого Михайла університету в Торонто використовували нейронні мережі для такого передбачення. У якості вихідних даних вони взяли тільки ті відомості про пацієнта, які відомі в передопераційний період. Зауважимо, що в попередніх роботах, що не використовують нейронні мережі, в якості факторів підвищеного ризику перебування в реанімації застосовувалися також важливі післяопераційні відомості – різні ускладнення, що виникли в ході хірургічного втручання. Ту і Гуерір навчили двошаровий перцептрон розділяти хворих на три групи ризику, враховуючи їх вік, стать, функціональний стан лівого шлуночка, ступінь складності майбутньої операції і наявність супутніх захворювань. З тих пацієнтів, яких мережа віднесла до групи малого ризику затримки в реанімації, тільки 16,3% дійсно провели в ній більше двох днів. У той же час понад 60% з тих, кого мережа віднесла до групи підвищеного ризику, виправдали несприятливий прогноз.

Ми приділяли особливу увагу серцево-судинним захворюванням, оскільки саме вони утримують сумне лідерство в списку причин смертності. На другому місці знаходяться онкологічні захворювання. Одне з головних напрямків, в якому зараз йдуть роботи з використання нейронних мереж, – діагностика раку молочної залози. Ця недуга – причина смерті кожної дев'ятої жінки.

Виявлення пухлини здійснюється в ході первинного рентгенографічного аналізу молочної залози (мамографії) і подальшого аналізу шматочка тканини новоутворення (біопсії). Незважаючи на існування загальних правил диференціювання доброякісних і злоякісних новоутворень за даними маммографії, тільки від 10 до 20% результатів подальшої хірургічної біопсії дійсно підтверджують наявність раку молочної залози. Знову ми маємо справу з випадком вкрай низькою специфічністю методу.

Дослідники з університету Дьюка навчили нейронну мережу розпізнавати мамограми злоякісної тканини на основі восьми особливостей, з якими зазвичай мають справу радіологи. Виявилося, що мережа здатна вирішувати поставлену задачу з чутливістю близько 100% і специфічністю 59% (порівняйте з 10-20% у радіологів). Скільки жінок з доброякісними пухлинами можна не піддавати стресу, пов'язаного з проведенням біопсії, якщо використовувати цю нейронну мережу! У клініці Майо (Міннесота) нейросеть аналізувала результати ультразвукового дослідження молочної залози і забезпечила

специфічність 40%, в той час як для тих же жінок специфічність висновку радіологів виявилася нульовою. Це підтверджує, що успіх використання нейромережових технологій зовсім не випадковий.

Після лікування раку молочної залози можливі рецидиви виникнення пухлини. Нейромережі вже допомагають ефективно їх передбачати. Подібні дослідження проводяться на медичному факультеті Техаського університету. Мережі, щонавчилися, показали свої здібності виявляти і враховувати дуже складні зв'язки прогностичних змінних, зокрема, їх потрібні зв'язок для поліпшення передбачуваної здібності.

Різноманітні можливості застосування нейромереж в медицині, і різноманітна їх архітектура. На основі прогнозу віддалених результатів лікування захворювання тим чи іншим методом можна віддати перевагу одному з них. Значного результату в прогнозі лікування раку яєчника (хвороба кожної сімдесятої жінки) домогся відомий голландський фахівець Герберт Каппа з університету в Німегене (він використовує в своїй роботі не багат шарові перцептрони, а так звані Машини Больцмана – нейромережі для оцінки вірогідності).

А ось приклад іншого онкологічного захворювання. Дослідники з медичної школи в Кагава (Японія) навчили нейромережу, яка практично безпомилково прогнозувала по передопераційним даним результати резекції печінки у хворих з печінково-клітинною карциномою.

У Троїцькому інституті інноваційних і термоядерних досліджень (ТРІНІТІ) у рамках реалізованого Міністерством науки проекту створення нейромережних консультативних систем була розроблена нейромережева програма, яка вибирає метод лікування базальноклітинного раку шкіри (базаліоми) на основі довгострокового прогнозу розвитку рецидиву. Число захворювань базаліомой – онкологічною недугою білошкірих людей з тонкою шкірою – становить третину всіх онкологічних захворювань.

Діагностика однієї з форм меланоми – пухлини, яку іноді непросто відрізнити від пігментної форми базаліоми, була реалізована за допомогою нейромережевого симулятора Multineuron, розробленого у ВЦ СВАН в Красноярську під керівництвом А.Н.Горбаня.

Нейромережі можна використовувати і для прогнозу дії різних розроблених засобів лікування. Вони вже успішно застосовуються в хімії для прогнозу властивостей сполук на основі їх молекулярної структури. Дослідники з Національного інституту раку в США використовували нейромережі для передбачення механізму дії препаратів, що застосовуються при хіміотерапії злоякісних пухлин. Зауважимо, що існують мільйони різних молекул, які необхідно досліджувати на предмет їх антиракової активності. Фахівці Інституту раку розбили відомі онкологічні препарати на шість груп відповідно з механізмом їх дії на ракові клітини і навчили багат шарові мережі класифікувати нові речовини і розпізнавати їх дію. У якості вихідних даних використовувалися результати експериментів з придушення росту клітин з різних пухлин. Нейромережева класифікація дозволяє визначити, які з сотень молекул, що апробуються щодня, варто вивчати далі в досить дорогих експериментах *invitro* і *invivo*.

Перераховані технології далеко не вичерпують весь спектр застосування ЕС. Діагностика гострого зубного болю, прогнозування генних ускладнень, хвороби органів слуху, раптова смертність новонароджених – ось далеко не повний перелік успішного застосування ЕС у сучасній медичній практиці.

Питання, винесені на семіна :

1. Експертні системи як клас систем штучного інтелекту. Специфіка реалізації експертних систем на базі формальної і неформальної логіки.
2. Основні критерії необхідності створення експертних систем.
3. Складові типової ЕС.
4. Характерні особливості ЕС (область застосування, конструктивні особливості, метод вирішення завдань і т.ін.).
5. Машина логічного висновку. Прямий і зворотний логічний висновок.
6. Інструментальні пристрої ЕС.
7. База знань ЕС. Статичні, динамічні, робочі знання. Джерело знань ЕС. Способи отримання знань системою.
8. Основні моделі подання знань: продукційні, фрейми, семантичні мережі, логічні, нейронні мережі.

Питання, винесені на самостійне вивчення:

1. Приклади використання ЕС в медицині.

ТЕМА 17 « ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В МЕДИЦИНІ »

План:

1. Проблема прийняття рішення. Основні компоненти процесу прийняття рішення
2. Інтерактивний підхід при прийнятті рішень
3. Класифікація задач прийняття рішень
4. Основні методи прийняття рішення в медицині

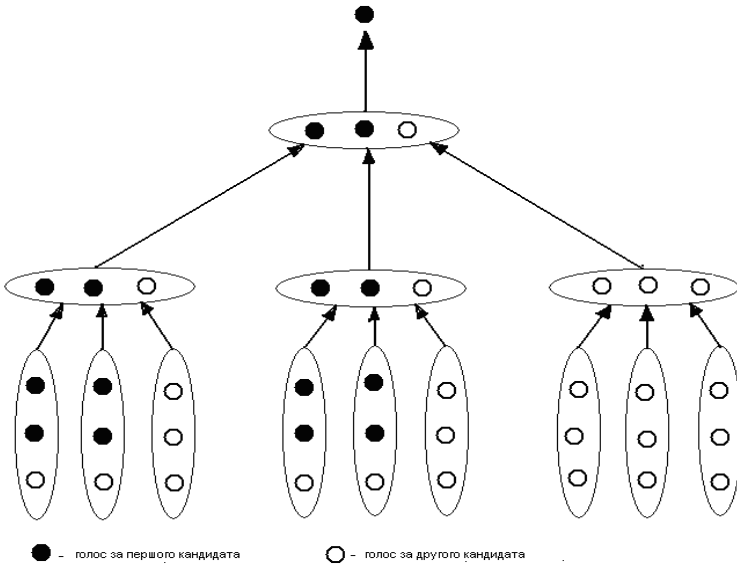
У різних медичних завданнях (збір інформації про хворого, діагностика, вибір тактики рішення) лікар стикається із загальною проблемою – проблемою прийняття рішень. При цьому з кожним роком зростають вимоги до точності діагнозу і його достовірності. Іншими словами – до його істинності.

Математика як наука є основним інструментом у процесі пошуку істини, і, отже, в процесі прийняття рішень.

Під прийняттям рішень розуміється особливий процес людської діяльності, направлений на вибір найбільш прийняттого варіанту вирішення проблеми. Прикладом може служити процес прийняття рішення про тип (форму) захворювання за відомою вихідною інформацією (результати аналізів, зовнішні прояви хвороби) або рішення проблеми, так званого, групового вибору рішень, коли основне завдання полягає в тому, щоб вказати «справедлив» принципи обліку індивідуальних виборів, що призводять до розумного групового рішення. Дане завдання вирішується, наприклад, шляхом проведення консиліуму, коли кожен учасник висловлює свою думку щодо плану лікування, і, в кінцевому підсумку, вибирається один, оптимальний варіант. Як це зробити? Який результат вважати «хорошим», якою властивістю він повинен володіти?

Ще одним прикладом може бути завдання вибору директора медичного центру. Припустимо, що на місце головного лікаря претендують дві кандидатури. Кожного з них підтримує група колег. При вмілому веденні справи меншість може нав'язати свою думку більшості, хоча голосування завжди буде проводитися за правилом більшості (парадокс багатоступінчатого голосування). Ідея методу наведена на рис. 17.1.

У наведеній схемі другого кандидата спочатку підтримують 19 колег проти 8, що підтримують першого. Перевага їх очевидна. Однак при «вмілому» групуванні виборців і проведенні поетапних виборів ситуація змінюється на протилежну і перевага виявляється на стороні першого кандидата.



Наведемо ще один приклад. Лікар вибирає лікарський засіб пацієнту, виходячи з наступної безлічі альтернатив:

- X_1 : лікарський засіб дуже відомої у світі фірми-виробника вартістю 100 у.о.
- X_2 : лікарський засіб відомої в одній країні фірми-виробника вартістю 70 у.о.
- X_3 : лікарський засіб маловідомої фірми-виробника вартістю 30 у.о.

Легко уявити собі ситуацію, коли лікар віддасть перевагу X_1 порівняно з X_2 , розсудивши, що позитивний досвід застосування даного препарату перекине різницю в ціні. Дану перевагу можна позначити (X_1, X_2) що означатиме « X_1 краще X_2 ». Аналогічно можна припустити, що « X_2 краще X_3 ». Водночас, порівнюючи X_1 і X_3 , можна зрозуміти і вибір « X_3 краще X_1 » (надто велика різниця в ціні). Таким чином, система переваг задається безліччю пар: (X_1, X_2) , (X_2, X_3) , (X_3, X_1) . Якими принципами слід керуватися для прийняття рішень у подібних ситуаціях?

Наведені приклади не вичерпують усіх типів задач прийняття рішень.

Медицина являє собою слабоструктуровану область знання, що створює серйозні труднощі для процесу прийняття рішень. В одних випадках, що характеризуються класичними проявами хвороби, гіпотеза або навіть остаточне рішення виникає вже в процесі

огляду, в інших – тільки після спеціального обстеження. Важливо зауважити, що послідовність діагностичних досліджень може піддаватися корекції, а іноді й докорінної трансформації, залежно від одержуваних у процесі обстеження результатів. Швидкість прийняття рішення залежить як від кваліфікації та діагностичного "чуття" лікаря, так і від особливостей прояву захворювання у конкретного хворого.

Отримуючи інформацію з навколишнього світу, аналізуючи ситуації що виникають лікар постійно звертається до даних, що зберігаються в його пам'яті.

Характерною особливістю пам'яті людини (лікаря) є те, що загальна кількість відтворюваної інформації завжди менше кількості інформації, що сприймається, в той час як в технічному пристрої, що запам'ятовує ці кількості рівні. Крім того, на відміну від технічних пристроїв, в пам'яті людини в процесі фіксації, зберігання та відтворення, завжди є місце для втрати інформації.

За останні роки відбувся грандіозний стрибок у розвитку персональних комп'ютерів і програмного забезпечення. Створено багато програмних продуктів, що реалізують методи прийняття рішення. Це дає можливість перевіряти прийняті рішення, попередньо побудувавши модель медико-біологічного процесу.

Вільний доступ до програмного забезпечення дозволяє вирішити медичні завдання в інтерактивному (діалоговому, онлайнному) режимі. Інтерактивний (iteractiv – взаємодіючий), – це режим роботи, який здійснює взаємодію між людиною і комп'ютером. Застосовуючи інтерактивні процедури лікар може в діалоговому режимі знаходити оптимальні рішення задачі, змінюючи умови – обмеження задачі або параметри цільових функцій. На кожній ітерації (кроці виконання програми) лікар, як особа, яка приймає рішення (ОПР) для подальшого дослідження може пораджувати нові умови задачі.

Інтерактивні процедури дають можливість ефективно розподілити працю: комп'ютер виконує те, що він робить краще за все (обробляє дані), а ОПР на основі нової інформації розробляє методи для отримання кращого рішення. При цьому головна роль завжди залишається за людиною. Прийняти рішення – значить здійснити вибір з деякого набору альтернатив. Незважаючи на різноманітність існуючих проблем, виділяють наступні основні етапи процедури прийняття рішення:

1. Визначення мети.
2. Формування множини альтернатив (визначення безлічі допустимих рішень).
3. Формування оцінки, що дозволяє порівнювати альтернативи (задача оцінювання).
4. Вибір найкращого рішення з безлічі допустимих рішень (завдання оптимізації).

У теорії прийняття рішень сукупність перерахованих завдань становить загальну проблему прийняття рішень.

Теоретичною основою вирішення трьох перших завдань є системний аналіз, а четвертою – теорія математичного програмування.

Якщо рішення задачі не відомо (відсутній аналог або рішення неоднозначно), то на перший план виступають проблеми визначення методу пошуку рішення.

Більшість цих методів ґрунтується на стратегіях повного перебору, імпліцитного (неявного) перебору і перебору на основі евристик (евристичний пошук).

Стратегія повного перебору використовується за відсутності достатньої апріорної (початкової) інформації про завдання і порівняно невеликій множині альтернатив (до 10^3 елементів при ручному рахунку, і до 10^9 для ЕОМ).

Імпліцитний перебір включає велику групу, так званих, градієнтних методів: симплекс метод, метод мінімальної вартості, динамічне програмування і т. ін. Всі вони

засновані на розгляді на кожному кроці пошуку не всього простору задачі, а деякого її фрагмента.

Евристичні методи – методи вирішення задач, засновані на евристиці, або евристичному міркуванні, тобто на використанні правил і прийомів, узагальнюючих минулий досвід і інтуїцію вирішального. Евристичні міркування – в широкому сенсі розділ психології, що вивчає природу розумової діяльності людини, розумових операцій, при вирішенні ним різних завдань. До евристичних методів відносять лише ті, які пов'язані безпосередньо зі здібностями людини, з несподівано пропонуваними рішеннями, тобто безпосередньо з терміном еврика, осяяння.

Їх застосування також доцільно при жорстких ресурсних обмеженнях (дії в екстремальних або невідомих ситуаціях).

Як уже згадувалося, прийняття рішень, по суті, є ні що інше як вибір. Прийняти рішення – значить вибрати конкретний варіант дій з деякої безлічі варіантів. Варіанти вибору прийнято називати альтернативами.

Безліч альтернатив залежить, по-перше, від наявної бази знань: або алгоритм вирішення завдань вже міститься в базі, або алгоритму в базі немає, але є аналог, або задача не має аналогів в базі знань. По-друге, безліч альтернатив залежить від проблемної ситуації: або вирішується нова задача, або змінюється умова функціонування системи, або з'явилася нова інформація, або відбувся збій системи або її елементів.

Наслідком прийняття рішення називається подія (результат), можливість появи якого продиктована даним рішенням.

Система переваг – правила, критерії, за допомогою яких порівнюються альтернативи і приймаються рішення.

Рішення – рішення (альтернативи), що задовольняють правилам, що містяться в системі переваг.

Загальною задачею прийняття рішень (завдання вибору), можна сформулювати наступним чином .

Нехай X – безліч альтернатив (рішень), Y – безліч можливих наслідків (фіналів, результатів). Передбачається існування причинного зв'язку між вибором деякої альтернативи і настанням відповідного результату. Крім того, передбачається наявність механізму оцінки якості вибору – звичайно шляхом оцінювання якості результату. Потрібно вибрати найкращу альтернативу, для якої відповідний результат має найкращу оцінку якості.

Виходячи з зв'язків між рішеннями і результатами прийнята наступна **класифікація задач прийняття рішень**.

Детермінована задача прийняття рішень.

Їй відповідає найбільш простий вид зв'язку – детермінований, коли кожна альтернатива приводить до єдиного результату. У цьому випадку існує функціональна залежність між альтернативою X_i і результатом Y_i (рис. 17.2).

У разі, коли кожній альтернативі відповідає не єдиний результат, тобто мається недетермінований тип зв'язку, то задачі прийняття рішень розпадаються на два підкласи:

а) задача прийняття рішень в умовах ризику;

б) задача прийняття рішень в умовах стохастичної (імовірнісної) невизначеності.

У випадку (а), на відміну від випадку (б), для кожної альтернативи x_i відповідає функція щільності ймовірностей на множині результатів Y (кажуть, що з кожним x_i пов'язана деяка лотерея).

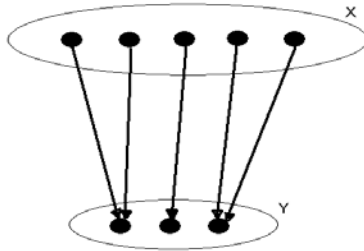


Рис. 17.2. Детермінований зв'язок

На рис. 17.3 кожна стрілка характеризується вагою, тобто числом P_{ij} - ймовірністю настання результату y_j при виборі альтернативи x_i .

В умовах невизначеності (випадок б) недетермінованого зв'язку альтернатива-результат виникають два типи завдань:

1. задачі прийняття рішень в умовах пасивної взаємодії ОПР (особа, що приймає рішення) і зовнішнього середовища, тобто зовнішнє середовище веде себе пасивно щодо ОПР;
2. задачі прийняття рішень в умовах конфлікту (гри). У цій ситуації зовнішнє середовище поводить себе активно щодо ОПР, що проявляється діями іншої особи.

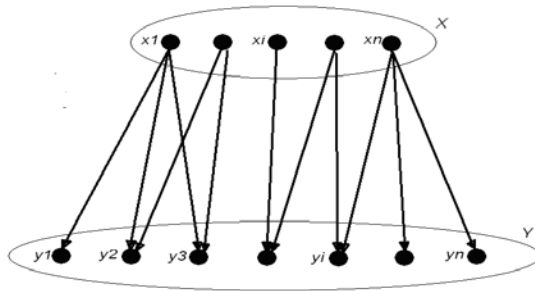


Рис. 17.3. Імовірнісний зв'язок

На рис. 17.4 випадок 1 відповідає прийняттю рішення в умовах визначеності: точками y_1, y_2, y_3 позначені результати, відповідні вибору альтернатив x_1, x_2, x_3 (три альтернативи і три певних результати). Випадок 2 характеризує задачу прийняття рішення в умовах невизначеності: після вибору будь-якої з альтернатив x_1, x_2 або x_3 може бути вказаний лише інтервал розташування відповідного результату y_j . Випадок 3 відображає ситуацію вибору в умовах ризику. Показані графіки відповідних щільностей ймовірностей події Y залежно від вибору альтернативи x_1, x_2 або x_3 .

Розглянемо докладніше поняття «особа, яка приймає рішення» (ОПР). ОПР – це людина, що задає пріоритети, в інтересах якої приймаються рішення. Як правило ОПР (наприклад, лікар) прагне отримати найкраще (оптимальне) з його точки зору рішення. Вибір рішення залежить від інформації наявної у ОПР в даній предметній області, а також від того, як він встановлює пріоритети, тобто стилю мислення і стратегії поведінки.

Наприклад, один любить ризикувати, інший – надмірно обережний, третій віддає перевагу «золотій середині» тощо. Таким чином, ОПР володіє деякою свободою вибору. Однак, якщо він не буде враховувати особливостей рішень проблеми, то отримане рішення може значно розходитися з реальністю і привести до негативних наслідків.

Наприклад, при розрахунку витрат на харчування доводиться враховувати необхідну кількість жирів, білків, вуглеводів і т.ін.; при виборі лікарських засобів необхідно врахувати протипоказання, побічні ефекти, форму випуску препарату, його вартість і т.ін.

У наведених прикладах цільовими функціями (оптимізуємими критеріями) є: мінімум витрат, максимальний лікувальний ефект, а умовами-обмеження: необхідна кількість жирів, білків і вуглеців; різні форми випуску лікарських засобів, зміна стану пацієнта, побічні ефекти і протипоказання препаратів.

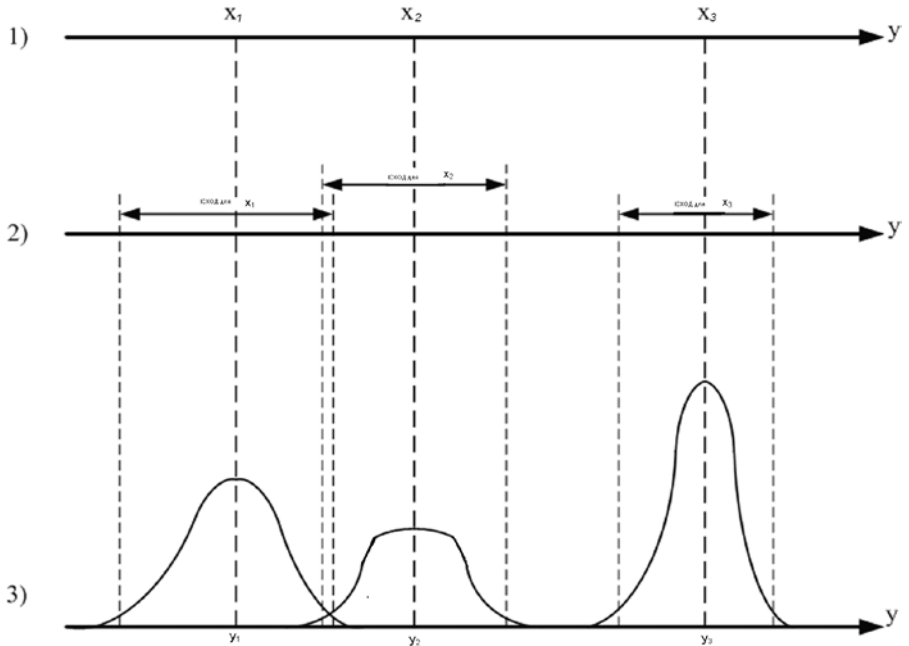


Рис. 17.4. Різні типи зв'язків між альтернативами і результатами

Принципових відмінностей в знаходженні мінімуму і максимуму не існує, тому зазвичай говорять про оптимальні (лат. *optimum* – найкраще), або екстремальні значення цільової функції. Задача знаходження мінімуму цільової функції $f(x)$ (наприклад, витрат на харчування) еквівалентна задачі відшукування максимуму тієї ж функції, взятої зі знаком мінус і навпаки.

Всі вимоги, сформульовані в реальних задачах і записані у вигляді математичних виразів, складають, так звану, математичну постановку задачі. Процес математичної постановки задачі і подальшого її рішення можна представити у вигляді ряду етапів.

1. Вивчення об'єкта являє собою аналіз особливостей функціонування об'єкта. На цьому етапі виявляються фактори, що впливають на об'єкт і визначається ступінь їхнього

впливу; вивчаються характеристики об'єкта при різних умовах; вибираються оптимізуючі критерії (цільові функції).

2. Описове моделювання полягає у встановленні і фіксації основних зв'язків і залежностей між характеристиками процесу або явища згідно оптимізуемому критерію.

3. Математичне моделювання.

4. Вибір і створення методу рішення.

Наведемо приклад математичної моделі задачі про харчування. Нехай в раціон пацієнта входить 3 різних поживних речовини (білки, жири, вуглеводи) і потрібно їх, відповідно, не менше b_1, b_2, b_3 одиниць. Вони містяться в 5 різних продуктах, які можна придбати за ціною c_1, c_2, \dots, c_5 .

Одиниця i -го продукту містить a_{ij} одиниць j -ої поживної речовини, тобто, наприклад, a_{23} показує, що в одиниці другого продукту третього поживної речовини буде a_{23} одиниць.

Яку кількість продуктів кожного виду слід купити, щоб їх вартість була мінімальна, а раціон пацієнта містив всі необхідні речовини в потрібній кількості?

Цільова функція цього завдання – мінімізувати за кількістю продуктів (x_1, \dots, x_5) витрати на харчування:

$$c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 = \sum_{i=1}^5 c_i x_i \rightarrow \min_{x_1, \dots, x_5}$$

Умови-обмеження завдання наступні: кількість першої поживної речовини повинно бути не менше b_1 , тобто

$$a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 + a_{41}x_4 + a_{51}x_5 = \sum_{i=1}^5 a_{i1}x_i \geq b_1$$

Аналогічно для інших поживних речовин:

$$a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 + a_{42}x_4 + a_{52}x_5 = \sum_{i=1}^5 a_{i2}x_i \geq b_2$$

$$a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{33}x_3 + a_{43}x_4 + a_{53}x_5 = \sum_{i=1}^5 a_{i3}x_i \geq b_3$$

Очевидно, що кількість продуктів – величина невідємна

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0.$$

Допустимим рішенням називають такий набір значень шуканих величин (змінних), який задовольняє поставленим умовам – обмеженням завдання.

Рішенням завдання буде те рішення з безлічі допустимих рішень, при якому цільова функція досягає свого найбільшого (найменшого) значення.

5. Рішення задачі на ЕОМ. Завдання, які описують поведінку реальних об'єктів, як правило, мають багато змінних і багато залежностей між ними. Тому в розумні строки вони можуть бути вирішені тільки за допомогою ЕОМ.

6. Аналіз отриманого рішення. Аналіз рішення буває **формальним** і **змістовним**. При формальному (математичному) аналізі перевіряють відповідність отриманого рішення побудованої математичної моделі (чи правильно введені вихідні дані, чи правильно функціонують програми комп'ютера і т.ін.). При змістовному аналізі перевіряють

відповідність отриманого рішення тому реальному об'єкту, який моделювали. В результаті змістовного аналізу в модель можуть бути внесені зміни і весь процес повторюється. Важливість змістовного аналізу можна продемонструвати на прикладі. Коли вперше вирішили завдання про харчування, то в якості фактора оптимізації брали мінімум витрат, а в умови обмеження включали тільки вимоги по калорійності їжі. Рішення завдання було таким: харчуватися слід оцтом, який входить до складу всіляких продуктів харчування, тоді буде і калорійність забезпечена, і вартість мінімальна.

7. Аналіз стійкості рішень. Для перевірки стійкості рішення у вихідні дані вносяться зміни в межах можливих похибок або інтервалів існування ознак, а потім досліджується поведінка рішення аналітичними або чисельними методами.

Розробкою методів вирішення завдань, що містять цільову функцію і умови – обмеження займаються в розділі математики, званому **математичним програмуванням**.

Математичне програмування – це математична дисципліна, в якій вивчають теорію і методи вирішення завдань про знаходження екстремумів функцій на множинах, що визначаються рівностями і нерівностями.

Завдання з кількома цільовими функціями, або з однією цільовою функцією, але приймаючої векторні значення або значення ще більш складної природи, називають **багатокритеріальними**. Їх вирішують за допомогою відомостей до завдань з єдиною цільовою функцією або на основі використання «теорії ігор», в якій передбачається, що особа, яка приймає рішення грає в азартну гру, намагаючись добитися максимально гарного результату. «Теорія ігор» – це розділ математики, орієнтований на побудову формальних моделей прийняття оптимальних рішень в ситуації конкурентної взаємодії, суворо регламентованого таблицею вигравів і програвів.

Застосування «теорії ігор» в клінічній практиці пов'язане, наприклад, з наявністю конфлікту між пацієнтом і лікарем – не виправдалися надії на позбавлення від хвороби, незадоволення суб'єктивних очікувань ввічливого і попереджувального ставлення, підвищені запити хворого по відношенню до персоналу і т.ін. Очевидні конфлікти і в клінічному менеджменті – між чиновниками і практичними лікарями, страховими компаніями та лікарнями і т.ін. Конфлікт сторін є найважливішим елементом гри і нормальним явищем суспільного життя. Конфлікт може розгортатися на внутрішньоособистісному рівні, рівні міжособистісних взаємодій, між соціальними групами, державами. Формування конфлікту найчастіше пояснюється об'єктивними умовами: будь-який розвиток зумовлює формування конфлікту, якого не можна уникнути. Вивчаючи проблеми розвитку конфліктів, необхідно зосередитися на способах виходу з них, переведення їх у безпечний стан, який може бути контрольованим і, отже, змінений самою людиною. Таким чином і з'являється необхідність вирішення конфліктів, в тому числі з використанням теорії прийняття рішень математичним методом «теорії ігор».

Якщо в ході ухвалення рішення ОПР не набуває і не втрачає інформацію, то ухвалення рішення можна розглядати як миттєвий акт. Відповідні завдання називаються **статичними**. Навпаки, якщо ОПР в ході ухвалення рішення отримує або втрачає інформацію, то таке завдання називається **динамічним**. У динамічних задачах доцільно приймати рішення поетапно (багатокрокове рішення). Значна частина динамічних задач входить в розділ математики **динамічне програмування**.

У своїй професійній діяльності лікар постійно стикається з ситуаціями, в яких ця інформація виявляється не повною і тільки побічно пов'язаною з тим, що йому насправді потрібно знати про пацієнта. У таких випадках лікар змушений приймати рішення про діагноз і лікування в умовах невизначеності (неточності, нечіткості, неявності,

розпливчастості, обтічності, неясності, неконкретності, невиразності, недостовірності). Додаткова кількість інформації, наданої лікарю, далеко не завжди є засобом для зменшення невизначеності.

Діагноз і вибір дії – це терміни, що використовуються у дослідженнях процесу прийняття рішення в різних областях діяльності людини. У медицині вони еквівалентні термінам діагностика і лікування. Процеси прийняття рішення про діагноз і про вибір лікування найтіснішим чином взаємопов'язані і мають розглядатися спільно.

Як було зазначено вище, додаткова інформація не завжди є достатньою умовою для зняття невизначеності, з якою стикається лікар при роботі з конкретним пацієнтом. Тому дуже актуальним є підбір методів, які допоможуть лікарю за доступними даними найбільш ефективним чином прийняти рішення про діагноз і вибрати оптимальне лікування.

Термін «оптимальне лікування» лежить в рамках концепції максимальної очікуваної величини, а також пов'язаної з нею концепцією мінімальних очікуваних втрат і є важливим моментом при виборі лікування.

Наприклад, необхідно проаналізувати медичні дані з точки зору їх діагностичної цінності, тобто визначити, які ознаки і симптоми мають найбільшу вагу для постановки діагнозу (максимальна інформативна вага, мінімальні втрати інформації).

Людина не здатна виділити з оброблюваних даних всю ту ступінь визначеності, яка в них міститься в прихованій формі. Це пов'язано з кількома причинами, зокрема, наприклад, з помилками спостерігачів, помилками інтерпретації результатів діагностичних тестів (наприклад, рентгенограм), недостатньою точністю діагностичних тестів.

Ставлячись до розряду проблем, пов'язаних з технологією прийняття рішень, медичний діагноз при цьому має імовірнісну природу і пов'язаний з перевіркою гіпотез (з поняттям «гіпотеза» ви вже стикалися в лекції «Статистичні методи обробки медико-біологічних досліджень»).

При прийнятті рішення ОПР намагається перевірити деяке своє припущення або гіпотезу. Так, наприклад, якщо в попередньому місяці середня кількість койкоднів пацієнтів які знаходяться на лікуванні з деяким діагнозом, дорівнювала 15 дням, то ми могли б очікувати, що і в поточному місяці ця кількість буде дорівнює 15. Якщо виявиться, що в поточному місяці цей показник дорівнюватиме 10 дням, то наші очікування не виправдалися і гіпотезу про те, що середнє число койкоднів в розглянутому місяці складе 15 днів, доведеться відкинути.

Однак проблема тут полягає в тому, що отриманий нами результат, рівний 10 дням, являє собою результат лише однієї випадкової вибірки. Можливо, насправді середнє число койкоднів в розглянутому місяці склало саме 15 днів, але ми перевіряли настільки «невдалу» випадкову вибірку об'ємом, наприклад в 30 спостережень, що отримали спотворений результат. Яка ж імовірність того, що розбіжність між фактичним результатом вибірки (10 днів) і нашою попередньою гіпотезою (15 днів) обумовлена тільки помилкою випадкового вибору? Саме такі проблеми досліджуються за допомогою методів перевірки статистичних гіпотез. Як згадувалося раніше, спеціальним видом статистичних гіпотез є так звана «нульова гіпотеза» (H_0). У нашому прикладі нульова гіпотеза буде полягати в тому, що середнє вибіркове вихідної сукупності дорівнює 15 (при стандартному відхиленні, або середньому

квадратичному відхиленні, рівному 4, тобто $\bar{X} = 15$; $S = 4$). З матеріалів першого курсу Вам відомо, що середнє вибіркове є точковою оцінкою математичного очікування генеральної сукупності. Надійний інтервал для $M(x)$ обчислюється за формулою:

$$\bar{X} - t(\alpha, k) \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \leq M(X) \leq \bar{X} + t(\alpha, k) \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

У нашому прикладі $\bar{X} = 15$, $M(X) = \frac{4}{\sqrt{30}}$,

$\alpha = 0,95$ (довірча ймовірність), $k = n-1 = 30-1=29$, $t(0,95; 29) \approx 2$.

Тоді інтервал для математичного очікування становить:

$$15 - 2 \cdot \frac{4}{\sqrt{30}} \leq M(X) \leq 15 + 2 \cdot \frac{4}{\sqrt{30}}$$

$$13,55 \leq M(X) \leq 16,45$$

З наведеного випливає, що середнє значення будь вибірки з даної сукупності з ймовірністю 0,95 повинно лежати в інтервалі 13,55-16,45, тобто значення 10 є малоїмовірним. Припущення про справедливість нульової гіпотези призвело до малоїмовірного висновку. Тому цю гіпотезу необхідно відкинути.

Вибір нульової гіпотези – вирішальний момент при перевірці значущості отриманих результатів. «Значимий» результат рівносильний тому, що нульова гіпотеза повинна бути відкинута, оскільки вона виявилася помилковою. Таким чином, ОПР як би допустив помилку при виборі гіпотези, можливо внаслідок незнання досліджуваного об'єкта або в результаті недостатньої компетентності. Отримані результати не відповідають початковим припущенням. Значущі результати є «хорошими». Часто повідомляється, що отримані результати значимі при рівні значимості $p = 0,05$; $0,01$ (рівень значимості $p = 1 - \alpha$).

Узагальнюючи, можна сказати, що суть перевірки гіпотези полягає в тому, що передбачуваний об'єкт порівнюється з певним еталоном і в результаті порівняння виносяться правильне або помилкове судження, яке і називається рішенням. Сенс перевірки статистичних гіпотез полягає в тому, щоб за даними випадкової вибірки прийняти або відхилити гіпотезу з мінімальним ризиком помилки. Зазвичай гіпотезу яка перевіряється називають «нульовою гіпотезою» і позначають H_0 .

Нульовими вважаються гіпотези, які стверджують, що різниця між порівнюваними величинами відсутня, а спостережувані відхилення пояснюються лише випадковими коливаннями у вибірках. Решта гіпотез, що відрізняються від H_0 , і протиставляються їй, називаються альтернативами і позначаються H_1 .

Правильність чи хибність рішення залежить від того істинна гіпотеза чи помилкова. Якщо гіпотеза істинна і ОПР її приймає, то, з його боку, це правильне рішення. Статистично вірне рішення чисельно характеризується довірчою ймовірністю, яку позначимо як α . Але, якщо гіпотеза істинна, а ОПР з якихось причин її відхилив, то це – його помилкове рішення. Воно називається «помилка першого роду» і оцінюється ймовірністю, яка позначається як $1 - \alpha$. У разі, якщо гіпотеза помилкова, але ОПР її приймає, то це, звичайно, помилкове рішення. Воно називається «помилкою другого роду», і оцінюється ймовірністю, яку позначимо як $1 - \beta$. Якщо гіпотеза помилкова, то вірним рішенням є її відхилення з ймовірністю β . У наукових дослідженнях переважні ті способи перевірки гіпотез, за допомогою яких мінімізується можливість помилок другого роду (тобто прийняти помилкову гіпотезу як вірну). Властивості якогось способу перевірки безпомилково відхилити помилкові гіпотези називається **потужністю цього способу**, або потужністю критерію. Кількісно потужність характеризується умовною ймовірністю β , а $1 - \beta$ -ймовірність помилок другого роду.

Таким чином, при прийнятті статистичного рішення завжди існує ймовірність допустити помилку, ці помилки бувають двох типів:

1. відхилення H_0 (тобто, вважаємо її помилковою) в той час, як H_0 насправді вірна (помилка першого роду або помилкою α -типу);

2. прийняття H_0 (тобто, вважаємо її вірною) в той час як H_0 насправді помилкова (помилка другого роду, або помилкою β -типу).

Вищевикладене можна представити у вигляді таблиці.

Характеристика гіпотези і дія ОПР	Статистична характеристика рішення	Ймовірність
гіпотеза вірна, і ОПР її приймає	правильне рішення	α
гіпотеза вірна, але ОПР її відкидає	помилка I роду	$1 - \alpha$
гіпотеза помилкова, але ОПР її приймає	помилка II роду	$1 - \beta$
гіпотеза помилкова і ОПР її не приймає	вірне рішення	β

Ймовірність помилки першого роду називають **рівнем значущості $I - \alpha$** .

Ймовірність прийняти вірну H_0 , рівну α , називають надійністю (це ймовірність не зробити помилку першого роду).

Ймовірність не зробити помилку другого роду (тобто за умови, що H_0 помилкове, відхилити нульову гіпотезу), рівну β , називають **потужністю критерію**.

До **наукових** гіпотез відносяться такі, які в майбутньому можуть бути перевірені. Емпірична перевірка гіпотези називається **верифікацією**.

Для статистичної перевірки медичних гіпотез використовують такі критерії як: t-Стьюдента, λ -Колмогорова, F-Фішера, χ^2 -Пірсона, G-Кохрана та ін.

Такі критерії як λ , X^2 , є непараметричними критеріями, тому що служать для перевірки гіпотез про розподіли в цілому. Критерії t, F, G – параметричні, так як вони застосовуються для перевірки гіпотез про параметри розподілу.

Потужним інструментом теорії ймовірностей є теорема Байєса, яка розглядалася в курсі біофізики. За допомогою формули Байєса вдається накопичувати інформацію, що надходить з різних джерел з метою підтвердження або непідтвердження певної гіпотези (діагнозу). Формула Байєса дозволяє за допомогою умовних ймовірностей спільно використовувати спостережувані дані та інформацію, відому раніше, для вирішення завдання диференціальної діагностики.

Наведемо приклад. Нехай у хворого підозрюється грип. Тобто маємо деяку гіпотезу H , яка полягає в тому, що у хворого буде саме грип, а не що-небудь інше. Будемо вважати, що в медичних установах на основі раніше отриманих статистичних даних відома апріорна (первісна) ймовірність $P(H)$ того, що пацієнт в даний час року і в даній місцевості захворіє на грип. Нехай ознака D означає наявність високої температури у даного конкретного пацієнта. Формула Байєса дозволяє отримати ймовірність грипу при наявності у пацієнта високої температури $P(H/D)$ (кінцева або апостеріорна ймовірність). Тобто ми хочемо на основі наявної інформації уточнити апріорну ймовірність істинності гіпотези H . Відповідно до формули Байєса маємо:

$$P(H / D) = \frac{P(D / H)P(H)}{P(D)} = \frac{P(D / H)P(H)}{P(D / H)P(H) + P(D / \bar{H})P(\bar{H})}$$

Для того щоб скористатися формулою Байєса для прикладу необхідно знати ймовірності: $P(D/H)$ – ймовірність високої температури при грипі; $P(D/\bar{H})$ – ймовірність високої температури при відсутності грипу. Ми припускаємо, що обидві ці ймовірності нам відомі. Вони здобуваються при обробці накопичених раніше статистичних даних. Ясно, що всі три числа $P(H)$, $P(D/H)$, $P(D/\bar{H})$, можуть бути отримані заздалегідь і не залежать від даних конкретного пацієнта. Знаючи що $P(\bar{H}) = 1 - P(H)$, ми можемо скористатися формулою Байєса. Нехай відомо, що:

$$P(H) = 0,001; \quad P(\bar{H}) = 1 - P(H) = 0,999$$

Нехай відомо також:

$$P(D/H) = 1,0;$$

$$P(D/\bar{H}) = 0,01$$

Тоді за формулою Байєса отримуємо:

$$P(H/D) \cong 0,009$$

Таким чином, ймовірність захворювання на грип при надходженні свідчення про високу температуру збільшилася і склала 0,009 порівняно з 0,001 (вихідна апріорна ймовірність).

Теорема Байєса застосовується при прийнятті рішень в експертних системах. Схема роботи байєсовської експертної системи полягає в наступному. Спочатку ми маємо апріорну ймовірність $P(H)$ (на прикладі – у хворого грип), яка зберігається в базі знань. Але, отримавши свідчення D (висока температура) і перерахувавши цю ймовірність за формулою Байєса, ми можемо записати її на місце $P(H)$. Отримання чергового свідчення призводить до нового оновлення (збільшення або зменшення) цієї ймовірності. Кожен раз поточне значення цієї ймовірності буде вважатися апріорною для застосування формули Байєса. Зрештою, зібравши всі відомості, що стосуються всіх гіпотез (наприклад, діагнозів хвороб), експертна система приходять до остаточного рішення, виділяючи найбільш ймовірну гіпотезу в якості результату експертизи.

Стосовно до завдання діагностики формула Байєса дозволяє вибрати одну з декількох діагностичних гіпотез, ґрунтуючись на обчисленні ймовірностей хвороб за ймовірностями виявлених у хворих симптомів.

Теорема Байєса говорить, що кінцева ймовірність гіпотези $P(H/D)$ пропорційна її початковій ймовірності $P(H)$, помноженій на її **правдоподібність $P(D/H)$** .

Важливу роль при обчисленнях за формулою Байєса грає відношення правдоподібності (тобто відношення двох правдоподібностей).

$$\frac{P(D/H_i)}{P(D/H_j)} \quad (i \neq j)$$

Ця величина може виражати, наприклад, відношення ймовірності комплексів симптомів при захворюванні астмою до ймовірності того ж комплексу симптомів у контрольній групі. Наведемо приклад.

У пацієнта (вік 16 років) в анамнезі первинна пухлина кістки. Яке відношення правдоподібності для хондробластоми (H_1) відносно хондросаркоми (H_2) для хворого даного вікового діапазону? Шукане відношення правдоподібності можна отримати, використовуючи

початкові дані: $P(D/H_1) = P(\text{вік } 16 \text{ років/хондробластома}) = 0,75$; $P(D/H_2) = P(\text{вік } 16 \text{ років/хондросаркома}) = 0,25$. Таким чином

$$\frac{P(D/H_1)}{P(D/H_2)} = \frac{0,75}{0,25} = \frac{3}{1}$$

Для двох захворювань 1 і 2 та одного і того ж комплексу симптомів формула Байєса може бути двічі записана так:

$$P(H_1/D) = \frac{P(D/H_1)P(H_1)}{P(D)}$$

$$P(H_2/D) = \frac{P(D/H_2)P(H_2)}{P(D)}$$

Розділивши перше рівняння на друге отримаємо:

$$\frac{P(H_1/D)}{P(H_2/D)} = \frac{P(D/H_1)}{P(D/H_2)} \cdot \frac{P(H_1)}{P(H_2)} = \text{Ш}_1$$

Величина $\frac{P(H_1)}{P(H_2)}$ називається початковими шансами (тобто шанси, «не зіпсовані»

додатковими умовами).

Початкові шанси, домножені на відношення правдоподібності (кажуть, модифіковані ставленням правдоподібності) представляють собою кінцеві шанси – Ш₁.

Наведемо приклад. Якщо пацієнт у віці до 21 року має первинну кісткову пухлину, які шанси, що це, швидше, кісткова саркома, ніж ретикулярні клітини, якщо відомо, що:

$P(\text{вік до } 21 \text{ року} / \text{кісткова саркома}) = 0,65$

$P(\text{вік до } 21 \text{ року} / \text{ретикулярні клітини}) = 0,1$

$P(\text{кісткова саркома}) = 0,25$

$P(\text{ретикулярні клітини}) = 0,05$

$$\text{Ш}_1 \frac{P(\text{вік до } 21 \text{ року} / \text{кісткова саркома})}{P(\text{вік до } 21 \text{ року} / \text{ретикулярні клітини})} \times \frac{P(\text{кісткова саркома})}{P(\text{ретикулярні клітини})} \text{Ш}_1 = \frac{0,65}{0,1} \cdot \frac{0,25}{0,05} \approx 32$$

Таким чином, технологія прийняття рішень в медицині активно використовує теорему Байєса і пов'язане з нею поняття шансів.

Не менш затребуваною є технологія перевірки надійності діагностичного тесту і поняття чутливості і специфічності. Розглянемо їх.

Дан результат деякого тесту і дві гіпотези, щодо функції розподілу результату цього тесту. Необхідно зробити найкращий вибір між цими гіпотезами.

Застосовуючи до медичного діагностичного тесту це твердження може бути перефразоване у такий спосіб. Дана довільна сукупність пацієнтів, які можуть знаходитися в одному з двох станів по відношенню до деякого захворювання – норма чи патологія. Кожному з цих станів відповідає функція розподілу результатів деякого тесту. Для кожного пацієнта потрібно зробити найкращий вибір між цими двома станами, тобто фактично поставити діагноз «норми» або «патології» на основі діагностичного тесту. Термін «норма» тут використовується в значенні не «патологічний стан».

Надійність тесту, використовуваного для відокремлення здорових людей від хворих, можна охарактеризувати за допомогою таких характеристик тесту, як чутливість і специфічність.

Чутливість – це здатність тесту дати позитивну відповідь, коли досліджуваний пацієнт справді хворий або «істинно позитивний» стосовно розглянутого захворювання (тобто визнати істинно хворого хворим за результатами тесту):

$$\text{Чутливість, \%} = \frac{\text{кількість всіх пацієнтів, що страждають даним захворюванням, з позитивними результатами ТЕСТУ}}{\text{кількість всіх пацієнтів, що страждають даним захворюванням}} \times 100$$

Специфічність – це здатність тесту дати негативну відповідь, коли досліджуваний пацієнт не страждає захворюваннями, або «істинно від'ємний» стосовно розглянутого захворювання (тобто, визнати істинно здорових здоровими):

$$\text{Специфічність, \%} = \frac{\text{кількість пацієнтів, що не страждають даним захворюванням, з негативними результатами ТЕСТУ}}{\text{кількість всіх пацієнтів, що страждають даним захворюванням}} \times 100$$

При перевірці ефективності тесту на наявність/відсутність конкретної хвороби (патології) можливі 4 різних результату:

- a) хворий правильно визнаний хворим по тесту;
- b) хворий помилково визнаний здоровим по тесту
- c) здоровий помилково визнаний хворим
- d) здоровий правильно визнаний здоровим

Помилкові результати тесту характеризуються помилками першого і другого роду.

Результати тесту

«a» – Істинно позитивний (α)	«b» – Помилково негативний (помилка 1-го роду, α помилка)
«c» – Помилково позитивні (помилка 2-го роду, β помилка)	«d» – Істинно негативний (β)

Помилка 1-го роду вважається більш небажаною для теста (погано «не побачити хворого»), але в деяких ситуаціях дуже небезпечною може бути і помилка 2-го роду, коли необгрунтовано почнуть лікувати здорову людину.

Завдання з області «прийняття рішення» виникають у тих випадках, коли завдання настільки складне, що для його постановки і рішення не може бути відразу визначений відповідний апарат формалізації або коли процес постановки завдання вимагає участі фахівців різних областей знань. Для таких ситуацій технологія «прийняття рішення» має спеціальні підходи, прийоми та методи. Для початку визначають область проблеми прийняття рішення (проблемну ситуацію), виявляють фактори, що впливають на її рішення, підбирають методи і прийоми, які дозволяють сформулювати завдання таким чином, щоб рішення було прийнято. Далі отримують вираз, що пов'язує мету із засобами її досягнення. Все це втілюється в математичних моделях – різних критеріях (критерій функціонування, критерій або показник ефективності, цільова функція і т. ін.).

Якщо вдається отримати вираз, що пов'язує мету із засобами, то завдання практично завжди вирішується. Отримати такі вирази легко, якщо відомий закон, що зв'язує мету з засобами. Якщо закон не відомий, то необхідно вибрати інший спосіб відображення проблемних ситуацій. Можна визначити закономірності на основі статистичних досліджень або функціональних залежностей. Якщо і це не вдається зробити, то вибирають або розробляють теорію, в якій міститься ряд тверджень і правил, що дозволяють сформулювати концепцію і конструювати на її основі процес прийняття рішення. Якщо і теорії не існує, то висувається гіпотеза і на її основі створюються імітаційні моделі, за допомогою яких досліджуються можливі варіанти дослідження.

Для того, щоб допомогти у стислі терміни поставити завдання, проаналізувати цілі, визначити можливі засоби, відібрати необхідну інформацію (що характеризує умова прийняття рішення і впливає на вибір критеріїв і обмежень), а в ідеалі – отримати вираз, який пов'язує мета із засобами, застосовують системні уявлення, прийоми і методи системного аналізу.

Питання, винесені на семінар:

1. Поняття «прийняття рішення». Основні етапи процедури прийняття рішення.
2. Методи пошуку рішення.
3. Класифікація задач прийняття рішень.
4. Поняття «особа приймає рішення».
5. Етапи рішення математично поставленого завдання.
6. Математичне програмування. «Теорія ігор».
7. Статистичні та динамічні задачі.
8. Поняття нульової гіпотези. Альтернативи.
9. Застосування теореми Байєса.
10. Технологія перевірки надійності діагностичного тесту.
11. Поняття чутливості і специфічності.
12. Імітаційні моделі.

ТЕМА 18 **«МЕДИЧНІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ»**

План:

1. Призначення і принципи побудови.
2. Типи апаратно-програмних комплексів.
3. Архітектура комп'ютерного функціонального дослідження.
4. Види функціональної комп'ютерної діагностики:
 - електроенцефалографія (ЕЕГ);
 - викликані потенціали (ВП);
 - електрокардіографія (ЕКГ);
 - реографія (РГ);
 - міографія, спірографія, поліграфія;
 - шкірно-гальванічна реакція (ШГР).

Призначення і принципи побудови

Використовувані в медичній діагностиці технічні засоби можна умовно розділити на три основні категорії: інструменти, вимірювальні прилади та апаратно-програмні комплекси. *Інструменти* являють собою прості механічні пристрої для взяття різних проб або для полегшення доступу до досліджуваного органу.

Вимірювальні прилади є автономними пристроями, які виконують вимірювання значення деякого клінічного показника і представляють його лікарю в зручній для сприйняття формі. Прикладами таких пристроїв є апарати УЗД, гастроскопи, лабораторні аналізатори та ін. На відміну від вимірювальних приладів *апаратно-програмні* комплекси виконують не тільки вимірювання первинних клінічних показників, але і виробляють над цими показниками різні і нерідко досить складні *обчислення і перетворення*, видаючи лікарю результат вже у вигляді похідних комплексних показників, функціональних залежностей або ж у формі попереднього словесного висновку.

Вимірювальні прилади знаходять застосування в двох діаметрально протилежних областях:

- там, де вимірювані показники являють собою прості змінні і для діагностики достатньо знати їх поточне числове значення;
- там, де лікарю для діагностики необхідно бачити картину внутрішніх органів, яка по своїй складності і комплексності не піддається обчислювальному аналізу.

Апаратно-програмні комплекси (АПК) застосовуються в тих прикордонних областях, які, з одного боку, характеризуються показниками, досить складними для безпосередньої діагностики, а, з іншого боку, там є можливість обчислювального (функціонального) перетворення цих показників до виду, більш простому для формулювання клінічного висновку. Фактично апаратно-програмні комплекси являють собою таку інтеграцію (спряження) вимірювального приладу з обчислювальним пристроєм, при якій закладеної в комп'ютер програмою забезпечується комплексне виконання чотирьох функцій.

1. Управління роботою вимірювального приладу і супутніх йому пристроїв.
2. Знімання і запам'ятовування показань вимірювального приладу, або реєстрація даних.
3. Перетворення і обчислювальний аналіз зареєстрованих даних.
4. Представлення і виведення отриманих результатів в числовій, графічній або текстовій формі.

Слід зазначити, що розвиток обчислювальної техніки призвело до комп'ютеризації вимірювань в різних областях медицини. Так, наприклад, сучасні томографи оснащені як спеціалізованими обчислювальними пристроями, керуючими процесом сканування, так і персональними комп'ютерами, які виконують складні графічні перетворення над отриманими вихідними зображеннями. Однак це не відповідає тій ступені інтеграції, яка за вищеведеним визначенням вкладається в поняття апаратно-програмного комплексу. Дійсно, цей випадок аналогічний зйомці фотографій на цифрову камеру, після чого зображення вводиться в комп'ютер і за допомогою якого-небудь графічного пакета редагується, масштабується і виводиться на принтер. Говорити про те, що фотоапарат з персональним комп'ютером утворюють при цьому цільний вимірювально-обчислювальний комплекс не доводиться.

Однією з основних областей розвитку АПК, в якій найбільш комплексно і повно реалізується виконання ними чотирьох перерахованих вище функцій, є функціональна діагностика, проведена на основі аналізу таких електрофізіологічних показників, як

електроенцефалограма (ЕЕГ), викликані потенціали (ВП) головного мозку, електрокардіограма (ЕКГ), електроміограма (ЕМГ), реограма (РГ) та ін. Її принципова відмінність полягає в тому, що основним об'єктом аналізу не є точкові і статичні вимірювання стану організму (якими би складними і комплексними вони не були), а динамічні характеристики процесів життєдіяльності з їх зміною в часі.

У складі сучасного електрофізіологічного АПК, узагальнена схема якого наведена на рис. 18.1, доцільно виділити наступні п'ять компонентів.

1. Електроди для вимірювання активних і пасивних електричних показників і датчики для вимірювання неелектричних показників розташовуються на пацієнті або ж у безпосередній близькості від нього. Знімаються з них електричні сигнали можуть бути двох типів:

- аналогові (тобто безперервно змінюються в часі і в деякому амплітудному діапазоні) сигнали являють собою власне вимірювані біопозначники і подаються на вхід біопідсилювача для проміжного посилення і перетворення;

- дискретні сигнали, що мають тільки два стани Так/Ні, можуть подаватися безпосередньо на вхідний порт (вхідний регістр) контролера АЦП; такі сигнали зазвичай використовуються в якості відміток про виникнення різних подій у процесі дослідження, а також про поведінкові реакції і рухи.

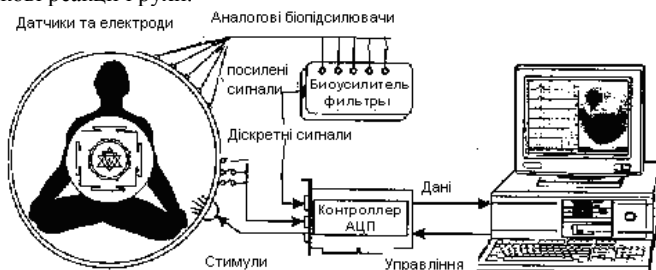


Рис. 18.1. Структурна схема електрофізіологічного апаратно-програмного комплексу

2. Біопідсилювач здійснює три основні операції:

- 1) посилює низько амплітудні біосигнали до вхідного діапазону АЦП (зазвичай до рівня $\pm 5В$), щоб максимально підвищити точність подальшого їх перетворення в цифрову форму (інтегральну чутливість);

- 2) здійснює фільтрацію сигналів в заданій смузі пропускання з видаленням низькочастотних і високочастотних складових за допомогою аналогових фільтрів верхніх (ФВЧ) і нижніх (ФНЧ) частот;

- 3) видаляє з біосигналів мережне наведення на частоті 50 Гц за допомогою режекторного (вирізаючого) фільтра.

Багато які з сучасних біопідсилювачів володіють можливістю поканального регулювання коефіцієнтів підсилення і смуг пропускання, що робить їх універсальними в плані застосовності для спільної реєстрації різних електрофізіологічних показників (так звана поліграфія). На біопідсилювач зазвичай припадає основна частина вартості апаратно-програмного комплексу. На світовому ринку ціна високоточного біопідсилювача, виробленого такими відомими фірмами, як Medilec (Англія), Nicolet (Австрія),

EsaoTeBiomedica (Італія), Nihon Kohden (Японія), обчислюється з розрахунку від \$500 до \$1000 за один канал посилення, при цьому підсилювач може мати від 4 до 32 незалежних каналів.

3. Аналогово-цифровий перетворювач (контролер АЦП) здійснює перетворення вхідних аналогових сигналів в цифрову форму, прийнятну для введення в комп'ютер, із заданою частотою повторення таких перетворень або частотою дискретизації. Основними технічними характеристиками АЦП є: число вхідних аналогових каналів, число дискретних вхідних і вихідних каналів (визначається розрядністю вхідного і вихідного портів), розрядність результату аналогового перетворення, максимальна частота оцифровки сигналу (обумовлена часом АЦ-перетворення), число ефективних розрядів (або старших розрядів АЦ-перетворення, не порушених впливом шумів) і їх зміна з частотою. Типові сучасні контролери АЦП зазвичай мають 16 вхідних аналогових каналів, 8 вхідних і 8 вихідних дискретних каналів, 12-розрядне перетворення з часом порядку мікросекунди, що більш ніж достатньо для більшості електрофізіологічних досліджень.

4. Виконавчі пристрої призначені для виконання різних впливів на пацієнта терапевтичного або тестуючого характеру або ж для інших змін у процесі дослідження (наприклад, режимів роботи зовнішньої апаратури та пристроїв). Так, в області енцефалографії і міографії для тестуючих впливів на пацієнта застосовуються різні фоно-, фото- та електростимулятори, у яких у ході дослідження необхідно програмно регулювати тривалість і момент подачі стимулу, інтервал між стимулами, інтенсивність і частоту стимуляції. Управління виконавчими пристроями зазвичай проводиться з вихідного порту контролера АЦП.

5. Персональний комп'ютер зі спеціальним програмним забезпеченням управляє роботою всіх інших компонентів в реальному часі і здійснює аналіз реєстрованих показників, діагностику і видачу результатів. Уявлення про те, що собою являє типовий апаратно-програмний комплекс в реальному конструктивному втіленні, можна отримати за рис. 18.2.

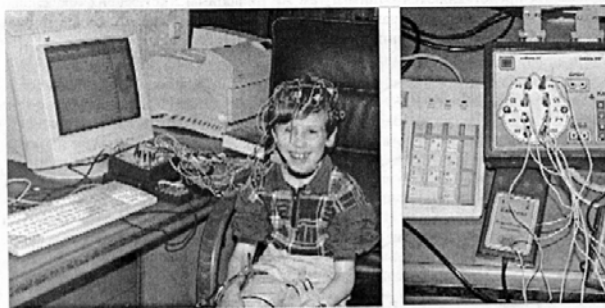


Рис. 18.2. Загальний вигляд апаратно-програмного комплексу CONAN (ліворуч) і його універсальна біореєструюча апаратура (праворуч)

Типи апаратно-програмних комплексів

Серед апаратно-програмних комплексів по конструктивному втіленню можна виділити стаціонарні, мобільні й автономні, а за функціональними можливостями – клінічні та дослідницькі.

Мобільні системи відрізняються від **стаціонарних** тільки тим, що замість настільного персонального комп'ютера в них використовується портативний комп'ютер, у зв'язку з чим вони разом з реєструючими пристроями можуть бути розміщені в одному портфелі або валізі, легко транспортуються і використані для клінічної діагностики поза стаціонару, на виїздах або в польових умовах.

Автономні системи ще більш компактні за рахунок того, що керуюча й обчислювальна програма в них реалізується не на персональному комп'ютері, а на вбудованих мікропроцесорах в рамках цілісного однокорпусного приладу. Однак це обмежує їх функціональні можливості і дозволяє вбудовувати виконання мінімуму функцій і методик. Нерідко при цьому обмежуються лише функціями реєстрації та візуалізації біосигналів (на рідкокристалічному моніторі і на самописці) з обчисленням базових похідних показників. Зазвичай у вигляді автономних приладів випускаються кардіографи, реографи і спірографи.

Клінічні системи орієнтовані на виконання того чи іншого суворо окресленого кола типових медичних методик. Безперечною перевагою таких систем є саме їх обмеженість, яка дозволяє максимально спростити роботу з ними, зробивши її доступною для виконання допоміжним медперсоналом, розвантажуючи тим самим лікаря від рутинної роботи. Доведене до механізму виконання стандартних методик з мінімумом тимчасових витрат є особливо ефективним при масових діагностичних обстеженнях.

Дослідницькі системи на додаток до цього містять широкий набір керуючих, аналітичних, образотворчих і конструкторських програмних засобів, що дозволяють реалізовувати різноманітні і нові методики як клінічного, так і науково-дослідного призначення. Тому робота з такими системами з повнотою використання наданих можливостей вимагає підвищеної професійної кваліфікації і творчого мислення. У той же час після реалізації конкретної методики вона може бути зафіксована в окремому файлі стандартних налаштувань, після чого її виконання за своєю трудомісткістю і вимогам до кваліфікаційного рівня персоналу буде несуттєво відрізнятися від роботи з клінічними системами.

Залежно від розв'язуваних завдань засоби медичної техніки, у тому числі АПК можна розділити на такі групи:

- апаратно-програмні комплекси для дослідження структурних та функціональних характеристик організму;
- апаратно-програмні комплекси для профілактичних, лікувальних і реабілітаційних впливів.

Архітектура комп'ютерного функціонального дослідження

Показники

Вихідним матеріалом для функціональної діагностики є електрофізіологічні показники, що характеризують стан людини і роботу його окремих органів і систем життєдіяльності. Ці показники за способом свого вимірювання можуть бути розбиті на три категорії.

1. Біоелектричні показники прямого вимірювання представляють собою електричні потенціали, що генеруються різними утвореннями в центральній і периферичній нервовій системі:

- електроенцефалограма (ЕЕГ), що відображає зміну біопотенціалів головного мозку;

- викликані потенціали (ВП) або фонові зміни середнього рівня ЕЕГ у відповідь на зовнішні подразники;
- електрокардіограма (ЕКГ) відображає електричну активність серця викликає скорочення серцевих м'язів;
- електроміограма (ЕМГ) являє електричну активність пов'язану з скороченням скелетних м'язів;
- електроокулограми (ЕОГ) є електроміограма м'язів, керуючих рухами очного яблука.

2. Показники непрямого електровимірювання виражаються в зміні електричного опору ділянок шкіри і тіла людини, для вимірювання якого необхідно додаткове пропускання струму через орган, який досліджують:

- реограма (РГ) або зміна об'ємного опору ділянок тіла і органів, викликане рухом крові по судинах, тобто зміною кровонаповнення;
- шкірно-гальванічна реакція (КГР) або зміна опору шкіри реакціями на подразнення емоційного і больового характеру відбиваються на діяльності потових залоз.

3. Показники перетворювального вимірювання відображають різні процеси біохімічного або біофізичного походження, що вимагають попереднього перетворення в зміні електричного струму або напруги за допомогою спеціалізованих датчиків:

- Фонокардіограма (ФКГ), що представляє акустичні вимірювання шумів серця;
- спірограма (СГ), що відображає динаміку зміни швидкості повітряного потоку з легенів при вдиху і видиху;
- динаміка дихального ритму зазвичай вимірюється по розтягуванню/стисненню нагрудних еластичних ременів з пьезодатчиками;
- пульсоксиметрія (ПО) фіксує зміни насичення крові киснем по відбитому світлі з використанням світлочутливих датчиків;
- плетизмограми або зміна кровотоку, вимірювана фотодатчиками по відбитому від дрібних судин світлу.

Перераховані показники істотно відрізняються один від одного, як за способами вимірювання, так і за методами аналізу. Ці відмінності істотно проявляються вже в їх електричних характеристиках: як видно на рис. 18.3, фізіологічні показники прямого вимірювання різняться між собою по амплітуді (електричної потужності) в 20–50 разів, а по частотному діапазону своїх коливань в 100 і більше разів. Це необхідно враховувати ще на найпершому етапі підготовки дослідження за допомогою відповідного налаштування вимірювальної апаратури (за коефіцієнтом посилення, смузі пропускання і частоті вимірювань).

Основні етапи комп'ютеризованого функціонального дослідження

Повний цикл сучасного комп'ютеризованого функціонального дослідження включає п'ять основних етапів.

1. *Ресстрація* зміни електрофізіологічних показників (ЕФП) пацієнта із збереженням їх в архіві на жорсткому диску (або виконання запису біосигналів). Перед цим етапом пацієнт і апаратура проходять відповідну підготовку, пов'язану з накладанням електродів, комутацією відведень на вхідних каналах біопідсилювача, включенням електроживлення, виконанням фізіологічних проб та ін., що принципово виходить за рамки можливої комп'ютерної автоматизації.

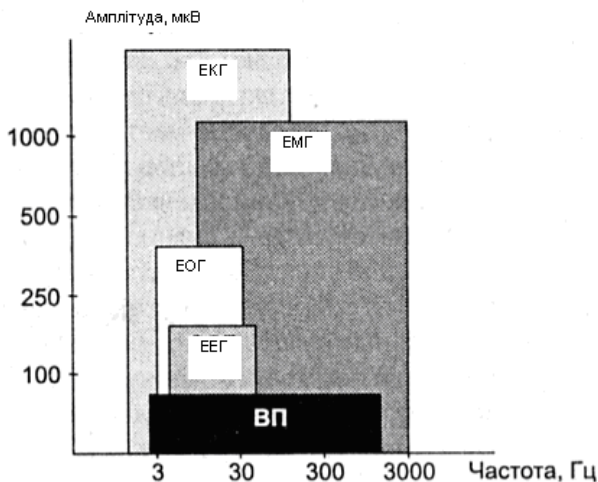


Рис. 18.3. Порівняльні характеристики біосигналів по амплітуді і частоті

У свою чергу реєстрація ЕФП включає два підетапи:

- планування дослідження (може бути відсутнім при проведенні дослідження за однією з типових клінічних методик);
- проведення дослідження (так званий режим реального часу, супроводжуваний моніторингом і записом ЕФП).

2. *Читання* з дискового архіву обраного запису ЕФП в монітор для подальшого візуального вивчення (перегляд у моніторі) та аналізу.

3. *Редагування* запису, пов'язане з видаленням артефактів, виділенням ділянок, що представляють інтерес для чисельного аналізу, виконанням спеціальних перетворень та інших допоміжних операцій.

4. *Обчислювальний аналіз* записів з отриманням на екрані його результатів у числовому і графічному вигляді. Засоби обчислювального аналізу диференціюються залежно від виду досліджуваного електрофізіологічного показника.

5. *Документування* дослідження, яке у видачі на друк числових і графічних результатів і у формуванні медичного висновку з діагнозом і терапевтичними рекомендаціями. Робота на всіх етапах дослідження здійснюється з використанням миші, клавіатури і екрану персонального комп'ютера, який в більшості електрофізіологічних систем має досить стандартний вигляд (рис. 18.4).

Більшу частину екранного простору займає основне робоче вікно, зване *монітор записів*, де в порядку каналів (відведень) розташовуються криві зміни в часі електрофізіологічних показників з позначеннями відведень в правій частині монітора, а у верхньому рядку монітора наводяться паспортні дані поточного запису. На монітор можуть накладатися масштабні сітки: горизонтальна тимчасова і вертикальна амплітудна, а по запису – переміщатися спеціальні *візери і покажчики*, якими можна виробляти ручні вимірювання амплітуд, тимчасових інтервалів та інших параметрів біосигналів з відображенням значень у спеціальному екранному *табло* і з накопиченням їх в *блокноті* (типу електронної таблиці) для подальшого обчислювального аналізу.

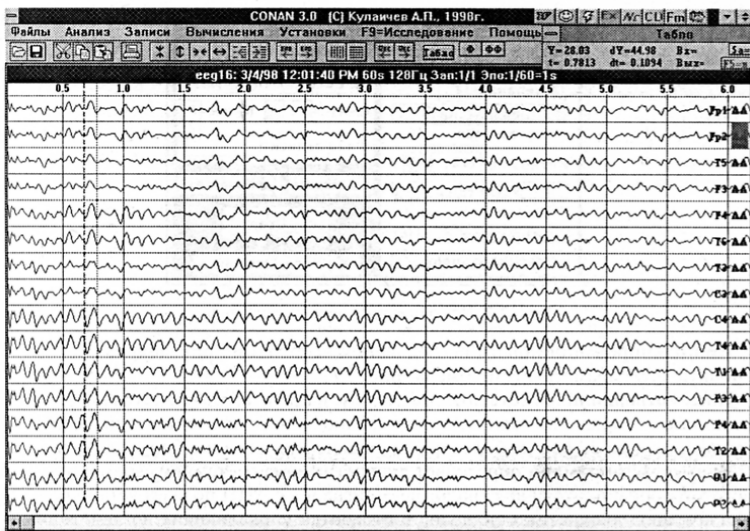


Рис. 18.4. Экран электрофизиологического анализатора

Зверху від монітора розташовуються дві типові для Windows-додатків рядки: лінійка викидних списків основних операцій і лінійка інструментальних кнопок, які дублюють найбільш часто виконувані операції. Так в режимі перегляду і редагування записів тут присутні кнопки роботи з дисковими архівами, масштабування записів, плавного і швидкого їх руху по екрану, видалення виділених фрагментів, зміни числа і порядку каналів, які відображаються та інші.

Планування дослідження

Цей етап присутній тільки в разі реалізації нової методики і пов'язаний з настройками режимів реєстрації та порядку проведення дослідження. Після налагодження режимів реєстрації всі вироблені налаштування фіксуються у вигляді стандартного плану дослідження, що зберігається в дисковому архіві. Тому при подальших дослідженнях за раніше налагодженою методикою досить виконати лише лічені рутинні операції:

1. зчитати файл плану з архіву;
2. вести паспортні дані пацієнта – заголовок;
3. вказати ім'я файлу запису біосигналів;
4. і розпочати виконання дослідження.

При плануванні нового дослідження необхідно визначити наступні основні його параметри:

Число відведень (тобто позицій на тілі пацієнта, де кріпляться електроди і датчики, з яких знімаються електрофізіологічні показники) може становити від 1 до 32 (але не більше числа фізичних каналів біопідсилювача).

Частота реєстрації визначає дискретизацію системного часу. З цією частотою виробляється введення аналогових сигналів з АЦП за всіма встановленими каналами, введення дискретних сигналів і відпрацювання керуючих впливів.

Для звичайних клінічних досліджень (ЕЕГ, ЕКГ, РГ) реєстрація сигналів проводиться з частотою від 100 до 256 Гц, для стимуляційної міографії – від 500 Гц до 5 кГц, при дослідженні коротколатентних ВП можуть знадобитися і більш високі частоти до 10 кГц.

Вибір частоти дискретизації визначається верхньою частотою процесів, які необхідно зареєструвати і аналізувати. З радіотехніки відомо (теорема Котельникова та наслідки з неї), що для виділення гармонійної складової в спектрі з верхньою частотою f необхідна частота дискретизації вхідного сигналу не менше $2f$.

Інтервал спостереження являє собою часовий проміжок, протягом якого реєстровані біосигнали будуть накопичуватися в оперативній пам'яті до запису їх на магнітний диск. Вибір інтервалу спостереження визначається потребами конкретного дослідження: або робити довгі записи або ж записувати серію коротких спостережень. У типових дослідженнях ЕЕГ, ЕКГ, РГ використовують інтервали від 10 с до 1-2 хвилин, при дослідженнях ВП інтервали можуть скорочуватися до 50–100 мс, а при спеціальних дослідженнях ЕЕГ в стані сну або при моніторингу ЕКГ – збільшуватися до багатьох годин.

Позначення відведень необхідні для того, щоб при подальшому перегляді та аналізі запису знати, на якому каналі був записаний який показник. Для ЕЕГ – досліджень тут же необхідно намалювати схему розташування електродів на голові пацієнта (монтаж).

Дискретні сигнали. У багатьох дослідженнях разом з реєстрацією біосигналів потрібно фіксувати в записі і моменти настання різних подій, наприклад, включення і виключення подразників, дії і реакції пацієнта тощо, оскільки в подальшому це дозволить точно позиціонувати щодо таких подій вибір аналізованих ділянок запису. Подібного роду події мають дискретний характер Так/Ні і реєструються за допомогою опитування вхідного і вихідного портів контролера АЦП, до яких підключаються зовнішні пристрої, контактні замикачі і виконавчі кнопки.

Підсилювач. Налаштування підсилювача полягає в поканальній установці коефіцієнтів підсилення і фільтрів нижніх і верхніх частот згідно частотного і амплітудного діапазону реєстрованих сигналів. Підсилення слід підібрати так, щоб амплітудний діапазон максимальної зміни сигналів на виході біопідсилювача (як це було зазначено вище) був близький до вхідного діапазону АЦП, але не виходив би за його межі.

Монітор. Встановлює режим візуалізації сигналу.

Експрес-аналіз. У ряді спеціальних досліджень крім моніторингу біосигналів необхідно виконати їх експрес-аналіз в реальному часі і відобразити на екрані його результати. Найчастіше це стосується обчислення і картування спектральних характеристик ЕЕГ, візуалізації зміни кардіорітма (RR-інтервалів ЕКГ), усереднення ВП і навчання за методом біологічного зворотного зв'язку.

Виконання дослідження

Режим реального часу, або реальний режим, – це загальноприйнятий термін для роботи цифрових обчислювальних пристроїв з управління фізичними процесами, які не можна перервати, зупинити або відкласти в часі. У медичних дослідженнях його синонімом є «моніторинг та реєстрація електрофізіологічних показників».

Екран режиму реального часу мало чим відрізняється від типового екрану (рис. 18.4), за винятком того, що у вікні монітора дослідник спостерігає динаміку зміни

біосигналів в реальному часі. У інструментальному рядку присутні кнопки ручного управління дослідженням, що дозволяють подавати в потрібні моменти управляючі дії (стимули), а також включати і вимикати запис результатів реєстрації сигналів на диск.

Перегляд і редагування запису. Результатом дослідження в реальному часі є дисковий файл, який може включати один запис або ж кілька записів біосигналів фіксованого або змінного розміру, виконаних за заданим числом каналів з мінімальними або ж тривалими часовими інтервалами між собою.

Дослідження запису може починатися відразу після закінчення реального режиму або ж у будь-який зручний момент часу. Вироблений запис зчитується з архіву і проглядається на екрані монітора для виявлення ділянок, що представляють інтерес для подальшого аналізу і для видалення артефактів.

Артефактами називаються різні спотворення біосигналів, викликані зовнішніми або внутрішніми причинами. Основним і найбільш частим з зовнішніх артефактів є *мережева наводка* з частотою 50 Гц, перешкоди від потужного промислового обладнання, що працює в сусідніх приміщеннях і навіть у сусідніх будівлях. Боротьба зі зовнішніми наведеннями полягає у використанні *режекторного фільтра* біопідсилювача, в правильному накладанні електродів і якісному заземленні комп'ютера через окрему землю, ізольовану від електричної мережі.

З внутрішніх артефактів найбільш часто проявляється низкоамплітудна міографічна перешкода від м'язового тремору з частотою 10–30 Гц, також повільноволнова перешкода від дихання і рухів у вигляді коливання нульової лінії. Для усунення цих перешкод запис слід здійснювати в розслабленому і спокійному стані пацієнта, в зручному сидячому або лежачому положенні.

Якщо артефактів при реєстрації біосигналів таки не вдалося уникнути, то існують наступні можливості їх виключення із запису перед обчислювальним аналізом:

1. видалення відповідних ділянок, зазначених вручну;
2. автоматичне видалення всіх ділянок зміни сигналу, де є перевищення заданого амплітудного рівня з тривалістю, яка перевершує заданий часовий інтервал;
3. фільтрація сигналу з видаленням гармонійних складових у вказаному діапазоні частот.

Обчислювальний аналіз

Після завершення перегляду і редагування запису можна приступити власне до обчислювального аналізу, методи і засоби якого істотно різняться залежно від галузі дослідження. Разом з тим можна виділити три категорії методів, які використовуються при аналізі біосигналів, в порядку низхідній складності обчислень: спектрально-аналітичні, структурно-обчислювальні та структурні.

Спектрально-аналітичні методи, в основному, застосовуються при дослідженні процесів у центральній нервовій системі і головному мозку і базуються на процедурах частотного і чисельного аналізу з подальшим розрахунком різних локальних та інтегральних показників і з використанням різноманітних форм тимчасового і просторового представлення результатів.

Структурно-обчислювальні методи, головним чином, використовуються при аналізі процесів в серцево-судинній системі, базуються на виділенні різноманітних характерних структурних компонент у біосигналів (піків, точок перегину, інтервалів) з подальшим обчисленням різних похідних та статистичних показників.

Структурні методи обмежуються виділенням одиничних структурних компонент біосигналів і вимірюванням їх параметрів, іноді доповнюються вибіркоvim усередненням. Ці методи застосовуються до показників з більш простішою і однорідною динамікою, таких як ЕМГ, КГР, дихання і т.ін.

Комп'ютерна діагностика

У літературі іноді можна зустріти повідомлення про появу нових експертних систем, що видають вичерпний клінічний висновок, який тільки треба підписати лікарю. До цього слід ставитися скептично, як і до спроб видати бажане за дійсне, оскільки в осяжному майбутньому замінити тут діагностуючого лікаря не представляється можливим за наступних двох основних причин. Перш за все, це визначається лікарською та юридичною відповідальністю за правильність діагнозу і подальше лікування, яку, жодним чином, неможливо покласти на комп'ютерну програму, якою б досконалою вона не була (комп'ютерна програма може нести відповідальність тільки за лікування іншої комп'ютерної програми). З іншого боку, межі норми і патології у фізіології часто є настільки розмитими і умовними, що одні й ті ж значення показників або їх поєднання можуть в одних випадках свідчити про норму, а в інших – викликатися будь-яким, з ряду абсолютно різних, захворюваннями, тому для коректного клінічного висновку потрібен неформалізований професійний досвід лікаря із залученням даних інших обстежень і вивченням історії хвороби пацієнта.

Тому основним завданням комп'ютерної діагностики залишатиметься виявлення числових відхилень від норми для залучення до них уваги клініциста і позбавлення його від попередньої рутинної переглядової роботи, що особливо актуально при тривалих спостереженнях і масових профілактичних обстеженнях.

Енцефалографія і викликані потенціали мозку

Діяльність вищого з відомих творінь еволюції – людського мозку неймовірно складна і вкрай важко піддається вивченню і систематизації. Тому на відміну від інших електрофізіологічних показників, тут мається набагато менше стійких числових характеристик і детермінованих діагностичних критеріїв, а адекватність клінічного висновку у величезній мірі визначається професійним досвідом та інтуїцією висококваліфікованого клініциста.

Більше того, якщо після аналізу інших показників зазвичай можна прописати лікування, в тій чи іншій мірі відновлюючи нормальний стан, то результатом дослідження ЕЕГ зазвичай є лише рекомендації з корекції поведінки і обмеження видів діяльності.

Енцефалографія

Схема реєстрації

У клінічній електроенцефалографії найбільш поширена міжнародна система «10-20%» для розташування (монтажу) 19+1 – електродів на голові пацієнта (рис. 18.5), а також її різні скорочені або розширені модифікації.

При цьому, переважно використовується так звана *монополярна* схема відведення, коли крім загального земляного електрода (що фіксується зазвичай на лобі) використовується і загальний негативний *референтний* електрод (найчастіше фіксується на мочці вуха або на кісточці за вухом - на *мастоїді*), а електроди від скальпа комутуються з плюсовими входами

біопідсилювача. Перевагою такої схеми перед *біполярними відведеннями* (коли негативні входи біопідсилювача диференційовано комутуються з іншими електродами, також розташованими на скальпі) є можливість реєструвати власну форму електричного потенціалу в конкретній точці. Крім того, оскільки реєструючи електроди розташовані відносно далеко один від одного, амплітуда ЕЕГ виходить досить високою, що дозволяє виявити низькоамплітудні електричні компоненти в ЕЕГ.

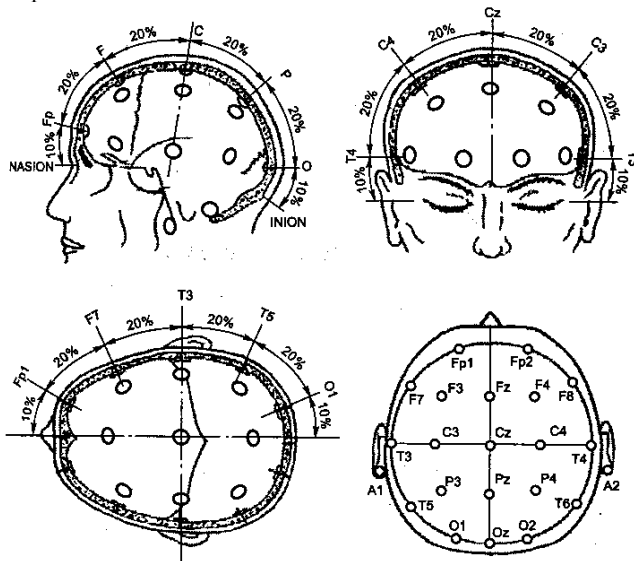


Рис. 18.5. Міжнародна схема розташування ЕЕГ-електродів «10-20%» (справа внизу – схема для топографічного картування)

Функціональні проби

В якості основних функціональних проб при проведенні ЕЕГ-дослідження використовують зазвичай стандартну пробу «закриті очі», а також різні стимуляційні проби і гіпервентиляцію.

Стандартними умовами ЕЕГ-дослідження є спокійне, розслаблене положення пацієнта в світло-і звукоізолюваному приміщенні, з головою на спеціальному підголівнику і з закритими очима. Таке положення усуває міографічні артефакти, пов'язані з напругою м'язів і око-рухомими рухами. Запис проводиться протягом однієї або декількох хвилин після заспокоєння пацієнта і стабілізації ЕЕГ на моніторі. Варіантом стандартної проби є відкривання і закривання очей, що дозволяє виявити ступінь контактності обстежуваного, рівень його свідомості і орієнтовно оцінити реактивність ЕЕГ.

Для виявлення реакцій мозку на зовнішні впливи застосовують одиночні стимули у вигляді короткого спалаху світла, звукового клацання або тону. У клінічних дослідженнях спалахи світла частіше подають на закриті очі обстежуваного при відстані лампи від очей 25-30см. Серії спалахів світла заданої частоти застосовують для дослідження реакції засвоєння ритму – здатності електроенцефалографічних коливань відтворювати ритм зовнішніх подразнень. У нормі реакція засвоєння ритму добре виражена на частоті мигтіння, близькою

до власних ритмів ЕЕГ. Поширюючись дифузно і симетрично, ритмічні хвилі засвоєння мають найбільшу амплітуду в потиличних (зорових) відділах.

Гіпервентиляція проводиться зазвичай в кінці дослідження, оскільки пов'язана з довготривалим впливом на внутрішній стан організму. Суть її зводиться до того, що обстежуваному пропонують глибоко, ритмічно дихати протягом 3 хвилин.

Стимуляція і гіпервентиляція дозволяють виявити приховану епілептичну активність і визначити локалізацію епілептичного фокусу. Ефект гіпервентиляції пов'язаний з церебральною гіпоксією, розвивається внаслідок рефлекторного спазму артерій і зменшення мозкового кровотоку у відповідь на зниження вмісту CO_2 в крові.

Морфологія ЕЕГ

У ході клінічного опису записів ЕЕГ виділяють певні морфологічні компоненти, а саме: ритми, ознаки епілептіморфної активності, тимчасові і топографічні характеристики.

Під поняттям «ритм» на ЕЕГ мається на увазі певний тип електричної активності, відповідний деякому стану мозку і пов'язаний з церебральними механізмами. У клінічних дослідженнях зазвичай виділяють чотири типи ритмів, послідовно зростаючої частоти: дельта-, тета-, альфа-і бета-ритми.

Основним засобом дослідження ЕЕГ продовжує залишатися візуальний аналіз нативних записів, на підставі якого, відповідно до рекомендацій Міжнародної федерації енцефалографологів, і має будуватися клінічний висновок. Проте на додаток до цього широко використовуються і різні обчислювальні методи дослідження ЕЕГ.

Застосування апаратно-програмного комплексу аналізу ЕЕГ значно розширюють можливості методу функціональної діагностики уражень головного мозку. Зниження суб'єктивності в інтерпретації ЕЕГ, можливість візуальної оцінки зони, конфігурації і ступеня активності патологічного вогнища при картуванні сукупності з текстовим описом дозволяє клініцисту краще розпізнати характер і розташування патологічного процесу.

У такому АПК передбачаються основні режими обробки ЕЕГ:

- обробка інтервалу даних;
- картування функціональної проби;
- томографія функціональної проби;
- спектральний аналіз;
- інші.

Після закінчення реєстрації ЕЕГ дослідник може отримати дані у вигляді таблиць, графіків, топографічної карти або групи карт, у вигляді томографічного зрізу або словесного опису ЕЕГ. У вигляді таблиці можуть бути представлені результати частотного, або спектрального аналізу.

Частотний аналіз ЕЕГ

Частотний або *спектральний* аналіз, за методом швидкого перетворення Фур'є, є базисом більшості сучасних обчислювальних досліджень ЕЕГ. Суть його полягає в розкладанні деякого сигналу $s(t)$, виміряного на деякому тимчасовому інтервалі T з заданою частотою дискретизації F , в послідовність синусоїдальних складових, кожна з яких характеризується амплітудою і фазовим кутом. Результат такого розкладу представляється у вигляді амплітудно-частотної і фазочастотної характеристик і похідних від них.

Графік амплітудно-частотної характеристики дає наочне і кількісне уявлення, на яких частотах зосереджена основна потужність ЕЕГ-сигналу.

Спектральні показники

На основі частотних характеристик обчислюються похідні *спектральні показники* за стандартними або спеціальними частотними діапазонами ЕЕГ. Найбільш відомі з них наступні чотири:

- A_{cp} – середня амплітуда спектра в заданому частотному діапазоні ЕЕГ;
- A_{max} – максимальна амплітуда спектра в заданому частотному діапазоні ЕЕГ;
- F_{cp} – середньозважена частота в заданому частотному діапазоні ЕЕГ;
- F_{max} – частота максимальної амплітуди спектру в заданому частотному діапазоні

ЕЕГ.

Результати комп'ютерного спектрального аналізу ЕЕГ представляються у вигляді гістограм по кожному каналу, де по горизонталі представлені послідовні частотні діапазони, а висота стовпчиків пропорційна відповідним значенням спектрального показника (рис. 18.6). Гістограми відображають середню за функціональну пробу спектральну щільність потужності в різних частотних піддіапазонах. Темним кольором виділяються піддіапазони тета-, дельта-, світлим кольором-, альфа- і бета.

Аналіз по епохах

Нерідко дослідника цікавлять не тільки одноразові оцінки спектру, але і динаміка зміни різних частотних складових і показників з часом. У цьому випадку проводять тривалі безперервні записи ЕЕГ (від однієї до десятків хвилин), які при аналізі розбивають на більш короткі *епохи* (від однієї до десятка секунд). Потім для кожної епохи обчислюють частотні характеристики і спектральні показники і будують графіки або стовпчикові діаграми їх часових залежностей. Якщо потрібно, щоб графіки виходили більш гладкими, то вихідний запис розбивають не на епохи, які йдуть суворо одна за одною, а на епохи з заданим ступенем перекриття.

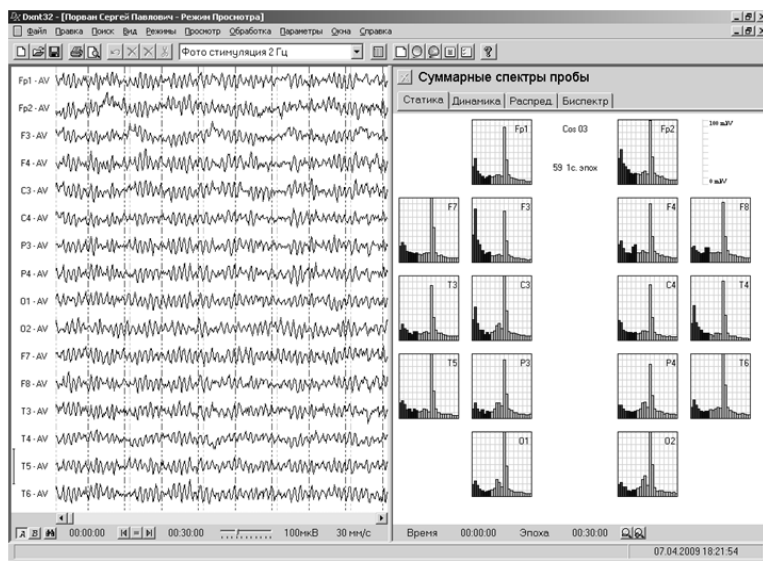


Рис. 18.6. Результаты компьютерного спектрального анализа ЕЕГ

Картування

Картування є засобом наочної візуалізації розподілу значень різних ЕЕГ-показників на поверхні мозку. Спочатку виміряні або обчислені значення ЕЕГ-показників у точках розташування відведень позначаються на умовній плоскій схемі мозку в колірній шкалі: максимум – червоний, мінімум – синій, а потім ці кольори «розмиваються» по всьому полю з використанням спеціальних алгоритмів двовимірного згладжування та інтерполяції. У результаті виходить наочна картинка, яка дозволяє моментально побачити локалізацію на скальпі областей максимуму або мінімуму біопотенціалів або ж областей активації і депресії ЕЕГ- процесу (рис. 18.7).

Передбачається, що комп'ютер самостійно аналізує поточну функціональну пробу і вибирає ділянки, що містять найбільшу кількість інформації. Такими ділянками зазвичай є ділянки, де спостерігається максимальна міжканальна або частотна асиметрія. Даний вид аналізу може виявитися корисним у тих випадках, коли феномен, що нас цікавить лише зрідка з'являється на кривій, а бажано вивчити саме його, а не сумарні дані.

Локалізація ЕЕГ – джерел

Цей обчислювальний метод аналізу ЕЕГ є порівняно новим, ще не знайшовшим широкого застосування в клінічній практиці. Він виходить з припущення про те, що спостережувана на поверхні скальпа картина ЕЕГ-потенціалів утворюється випромінюванням від деякої безлічі точкових джерел або диполів, локалізованих у внутрішніх мозкових структурах. При цьому сам мозок розглядається як однорідне і ізотропне середовище для проведення таких випромінювань, що є певним модельним спрощенням. Далі з використанням чисельних ітераційних методів вирішується зворотня задача: в яких місцях і скільки треба розташувати диполів, щоб отримана від них картина випромінювання на скальпі відрізнялася від спостережуваної не більше заданого критеріального рівня. Знайдені диполі відзначаються на різних проекціях головного мозку (рис. 17.6), при цьому для наочності на ці проекції нерідко накладається і реальна анатомічна картина внутрішньомозкових структур.

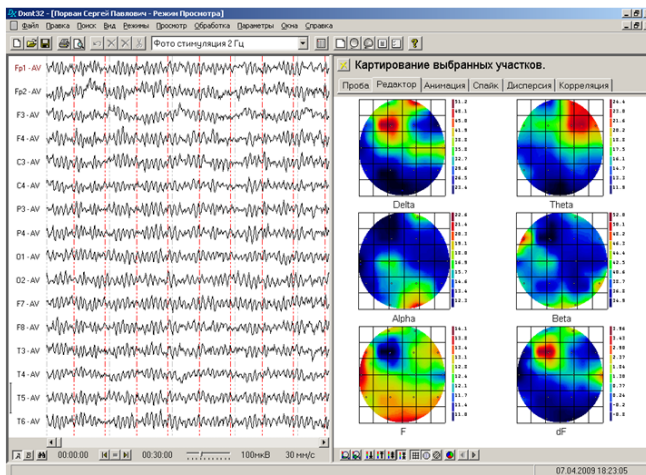


Рис. 18.7. Вікно програми «Картування обраних ділянок»

Томографія

Одним із способів обробки ЕЕГ є імовірнісний томограф. Його робота заснована на тому, що звід черепа має об'ємну, близьку до півсфери, форму. Задаючи лінію «зрізу» можна отримати карту, на якій буде показано усереднена за час проби амплітуда по обраній частоті, або інші дані, залежно від режиму обробки. При цьому на екран виводиться розташування, форма, розміри, інтенсивність прояву різних видів активності мозку в площині заданого зрізу.

Спеціальний режим томографії дозволяє отримати імовірнісний розподіл фактора, що зумовило дану активність на конвексита́льній поверхні (рис. 18.8).

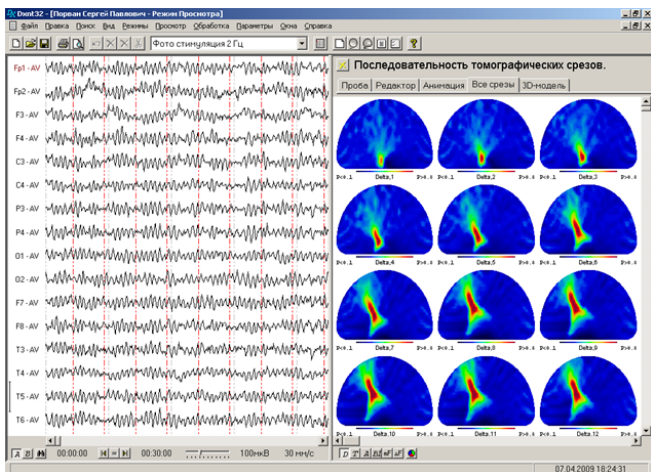


Рис. 18.8. Вікно програми «Послідовність томографічних зрізів»

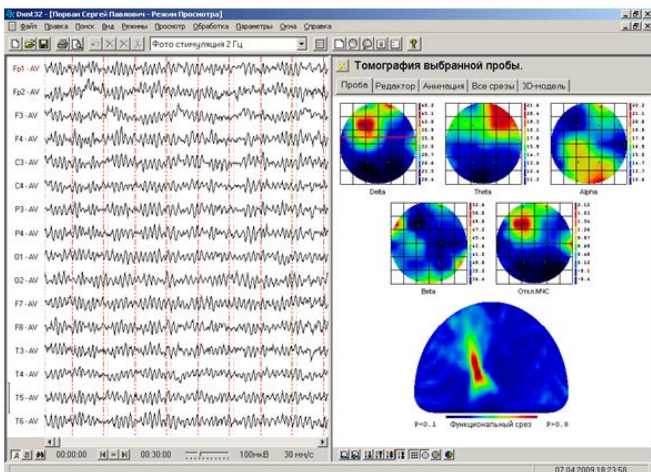


Рис. 18.9. Вікно програми «Томографія однієї функціональної проби»

Томографія однієї функціональної проби служить для побудови функціональних зрізів обраної функціональної проби. Розміщення функціонального зрізу і частотний діапазон, за яким будується зріз, визначається маркером на карті (рис. 18.9).

Побудова тривимірної томографічної моделі створює певні зручності для клініциста. Модель будується за обраними параметрами (параметром може бути як стандартний частотний піддіапазон, так і результати обробки) (рис. 18.10).

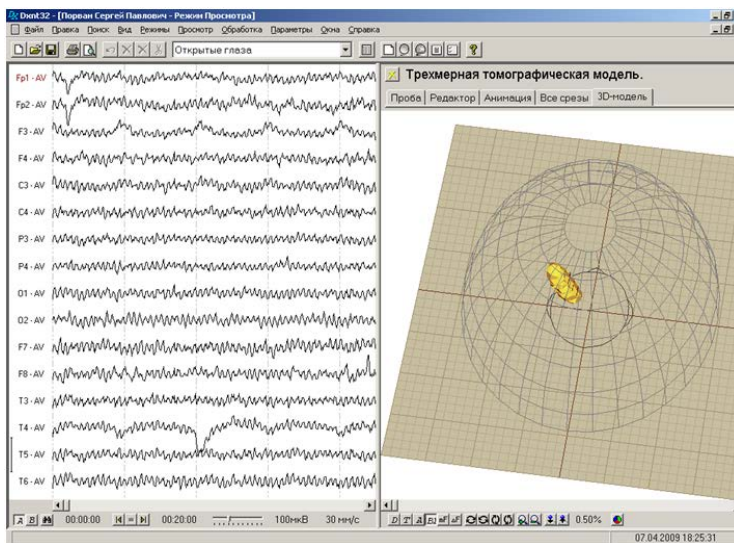


Рис. 18.10. Вікно програми «Тривимірна томографічна модель»

Викликані потенціали головного мозку

Викликаними потенціалами (ВП) називають фонові відповіді нервової системи на різного роду зовнішні стимули, що викликають активацію нервових центрів, розташованих в стовбурових відділах мозку і в центральних провідних шляхах. Коли відповіді таких нервових центрів досягають кори великих півкуль, вони накладаються на звичайну ЕЕГ і маскуються їй, оскільки їх амплітуда виявляється в 5-20 разів нижче середнього амплітудного рівня ЕЕГ. Тим самим у даному випадку нормальна ЕЕГ грає роль потужного шуму, оскільки вона, на відміну від ВП, не обумовлена стимулом і не синхронізована з ним. Тому дослідження ВП відрізняються необхідністю виконання багатьох послідовних записів нервової активності у відповідь на пред'явлення стимулу з наступним багаторазовим когерентним усереднюванням цих записів щодо моменту подачі стимулу.

Техніка дослідження ВП є однією з найскладніших в електрофізіології, а одержувані показники - настільки динамічні і варіабельні, що для реєстрації та аналізу ВП потрібен найвищий рівень професійної кваліфікації та нами розглядатися не буде.

За допомогою АПК є можливість проводити дослідження довголатентних викликаних потенціалів або хвиль очікування за довільним числом відведень. При цьому аналіз викликаних ВП включає: автоматичний пошук піків і коригування їх положення;

побудова таблиці латентності піків, їх амплітуд; картування амплітуди ВП в будь-який момент часу, межполушарної різниці латентностей будь-якого піка, межполушарної різниці амплітуд будь-якого піка, анімацію амплітудної карти.

Електрокардіографія і реографія

Електрокардіографія і реографія досліджують діяльність двох складових серцево-судинної системи організму: серця і артеріально-венозного кровотоку. У цих дослідженнях переважно використовуються структурно-обчислювальні методи аналізу, пов'язані з виділенням характерних патернів поставлення сигналу, вимірюванням їх амплітуд і тимчасових інтервалів і обчисленням на цій основі похідних показників, які і використовуються для діагностики.

Електрокардіографія

Електрокардіографія вивчає діяльність серця за його електричною активністю.

Біофізика ЕКГ

Електрична активність серця являє собою процес, який циклічно повторюється та ініціює послідовне скорочення серцевих м'язів, які в свою чергу викликають артеріальний кровотік за рахунок виштовхування крові з шлуночків в аорту і легеневу артерію.

На електрокардіограмі (рис. 18.11) в серцевому циклі виділяється кілька послідовних у часі електричних сплесків, іменованих *зубцями* і що позначаються латинськими літерами P, Q, R, S, T.

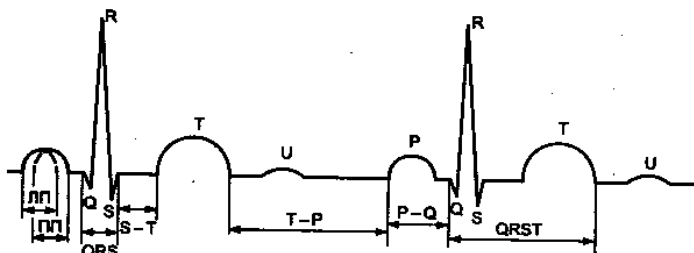


Рис. 18.11. Схема і структурні компоненти ЕКГ-циклу

Початковий імпульс ЕКГ-збудження виникає в синусному вузлі і поширюється в праве передсердя, потім вліво, вниз і назад – в ліве передсердя. Після активації передсердь імпульс поширюється по провідній системі серця і досягає скорочувального міокарда шлуночків, який починає порушуватися майже одночасно в різних відділах субендокардіальних шарів з поширенням збудження від ендокарда до епікарду.

Зубець P відображає збудження (деполяризацію) передсердь: у перші 0,02–0,03с збуджується тільки праве передсердя (висхідна ланка зубця P), в наступні 0,02–0,03с – праве передсердя, міжпередсердна перетинка, ліве передсердя (вершина зубця P), в останні 0,02–0,03с – тільки ліве передсердя (ланка зубця P, що спадає). Загальна тривалість зубця P становить 0,06–0,11с.

Інтервал PQ – час предсердношлуночкової провідності, що вимірюється від початку зубця P до початку першої відповіді, відповідає діастолі серця. Сегмент PQ розташований на нульовій лінії і відображає поширення хвилі збудження по провідній

системі. Нормальна тривалість інтервалу PQ варіює від 0,12 до 0,20 с і залежить від частоти серцевих скорочень.

Інтервал QRS характеризує поширення збудження по міокарду шлуночків, вимірюється від початку зубця Q до кінця зубця S, тривалість його коливається від 0,06 до 0,10с. Прийнято виділяти три вектори збудження шлуночків, які утворюють комплекс QRS. Початковий (перегородковий) вектор характеризує перші 0,015–0,03с деполяризації шлуночків, відображає початок спонукання правого шлуночка. Основний вектор являє збудження шлуночків в період 0,03–0,05с, коли ЕРС лівого шлуночка значно перевищує ЕРС правого. Кінцевий вектор відображає деполяризацію шлуночків в останні 0,06–0,08с, зумовлений збудженням міокарда підстави шлуночків.

Сегмент ST – відрізок від кінця комплексу QRS до початку зубця T – вказує на те, що міокард шлуночків повністю охоплений збудженням. Сегмент ST у відведеннях від кінцівок зазвичай розташований на ізоелектричній лінії. Припустимо зсув ST вниз до 5 мкВ і вгору до 10 мкВ.

Зубець T відповідає процесам припинення збудження шлуночків. Він може бути позитивним, негативним і двофазним. За формою зубець T нагадує трикутник з пологим підйомом, закругленою вершиною і крутим спуском.

Інтервал QRST, званий електричною систолою, вимірюється від початку зубця Q до кінця T. Тривалість цього інтервалу залежить від статі, віку і частоти серцевих скорочень і не повинна відрізнятися від належної більш ніж на 15%.

Функціональні проби

Для виявлення реакцій серцевої діяльності на різного виду навантаження застосовують функціональні проби: затримку дихання, атропінові та інші медикаментозні проби, фізичне навантаження у вигляді проби «встати - сісти» або велоергометричної проби.

Система відведень

Традиційна система реєстрації ЕКГ передбачає 12 відведень від пацієнта з використанням 10 електродів (рис. 18.12):

- R – права рука;
- L – ліва рука;
- F – ліва нога (нейтрал);
- G – права нога (загальна земля для апаратури, що реєструє);
- Gi – грудні електроди i =1-6.

Клінічна ЕКГ – діагностика

Кардіографічна діагностика ґрунтується на великій системі складно-визначених правил розпізнавання численних відхилень від нормальної серцевої діяльності, включаючи різного роду аритмії, асистоїї і екстрасистоїї, порушення нервової провідності (виражаються в *блокадах* окремих гілок *пучка Гіса*), фібриляції, тріпотіння і гіпертрофії передсердь і шлуночків, ішемії та інфаркти міокарда та ін. Ці правила зазвичай формулюються на якісно-кількісному рівні як співвідношення між амплітудами зубців ЕКГ і їх формою в різних відведеннях з урахуванням положення електричної осі серця, відхилень у серцевому ритмі або в тривалості межзубцових інтервалів, наявності аномальних сплесків активності і перекручень. Ситуація ускладнюється ще й тим, що одні й ті ж ознаки можуть викликатися різними захворюваннями. Тому основним засобом ЕКГ-діагностики є зорове вивчення записи кардіологом, що вимагає тривалої практики для вироблення професійного навичку. У цьому контексті основним завданням комп'ютерного аналізу ЕКГ є документування та обґрунтування формульованого лікарем ув'язнення, супроводжуване

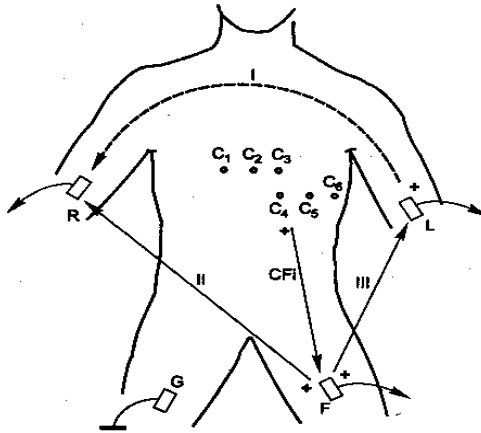


Рис. 18.12. Накладення електродів при традиційній системі реєстрації ЕКГ

обчисленням значень амплітудних, інтервальних і похідних показників, виявленням числових відхилень від норми, видачею графіків динаміки зміни окремих показників і статистичних закономірностей.

На рис. 18.13 представлена таблиця параметрів, в якій темним кольором позначені параметри, що відрізняються від норми. Такі відомості дозволяють скоротити час візуального вивчення лікарем запису, концентруючи його увагу на конкретних деталях.



Рис. 18.13. Результати комп'ютерного аналізу ЕКГ за традиційною системою відведень

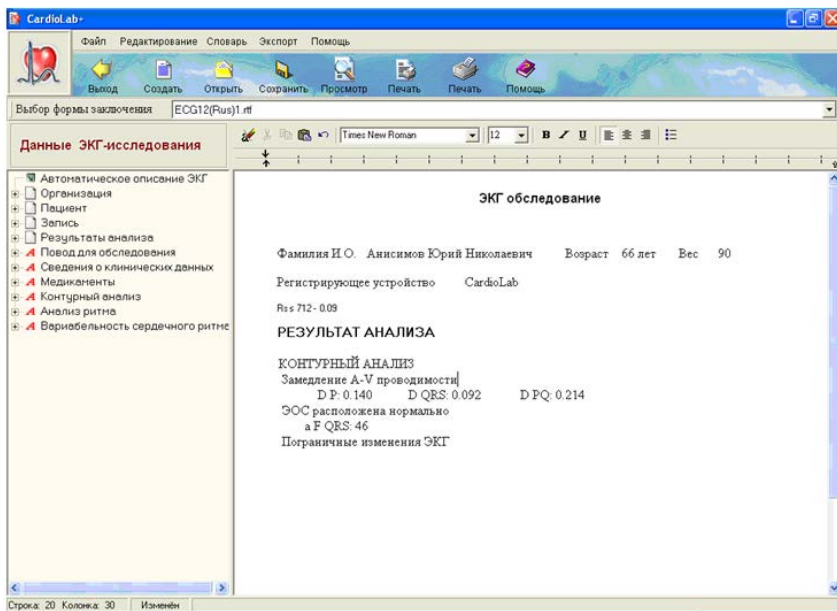


Рис. 18.14. Результати комп'ютерного аналізу ЕКГ за традиційною системою відведень

Подібні статистичні дані нерідко супроводжуються графіками тимчасової динаміки зміни окремих показників.

На рис. 18.14 приведена типова форма видачі результатів клінічного обчислювального аналізу ЕКГ, в традиційній системі відведень.

Холтерівський моніторинг

Тривале моніторування ЕКГ за Холтером передбачає багатогодинний одноканальний безперервний запис ЕКГ пацієнта, що перебуває у своїх звичайних життєвих умовах, і здійснюється портативним переносним реєстратором на магнітний носій. У зв'язку з великою тривалістю запису її подальше дослідження можливе тільки машинними методами. При цьому зазвичай будується графік інтервалограмми, визначається число кардіоінтервалів, що виходять за встановлені межі тривалості, шукаються екстра систолічні скорочення з підрахунком їх загальної кількості і класифікацією за формою.

Велоергометрія

Велоергометрія являє собою дослідження динаміки серцевої діяльності при дозованому фізичному навантаженні, здійснюване за допомогою велотренажера з регульованим рівнем зусилля, необхідного для крутітня педалей. У ході дослідження пред'являють кілька рівнів все зростаючого навантаження протягом однієї або декількох хвилин кожна з реєстрацією ЕКГ і спірометрії. Для кожного рівня навантаження визначають середню частоту серцевих скорочень і середній обсяг вдихуваного повітря. Значення цих показників порівнюють з нормативними залежно від зросту, віку і статі пацієнта, на підставі чого формується медичний висновок.

Реографія

Реографія або імпедансна плетизмографія – це безкровний метод дослідження загального і органного кровообігу, заснований на реєстрації коливань опору живої тканини організму змінному струму високої частоти (до 500кГц і силою не більше 10мА). Зміна електропровідності тканин обумовлено пульсуючим артеріальним кровотоком на тлі майже постійного кровотоку в артеріолах, дрібних венах і капілярах. Застосування змінного струму певної частоти дає можливість виділити із загального електричного опору змінний компонент (дуже малий за величиною і становить 0,5–1%), пов'язаний з пульсовими коливаннями кровонаповнення. Зазвичай цей струм пропускається через ті ж електроди, які служать і для вимірювання (за винятком тетраполярної реографії).

Біофізика

Між змінами електричного опору ділянки тіла і пульсовими коливаннями об'єму крові існує суворя лінійна залежність. У момент появи в міжелектродному просторі систолічного об'єму крові електропровідність цієї зони збільшується, а опір падає. Спад пульсової хвилі і амплітуди реограми обумовлений зниженням електропровідності до часу діастоли. Коливання опору пов'язані не тільки з об'ємом крові, але і зі швидкістю її руху. Робить вплив на коливання опору скорочувальна здатність міокарда, діаметр і еластичність судин, умови венозного відтоку, фази дихання, величина і форма електродів. Реограма відображає сумарний опір всіх тканин, що знаходяться в міжелектродному просторі, у вигляді інтегральної кривої, у генезі якої провідна роль належить пульсовим коливанням кровонаповнення.

Діагностичні можливості

Метод реографії забезпечує можливість вивчення гемодинаміки будь-якого органу, доступного дослідженню; та ділянки кінцівки. Реографія дозволяє дати характеристику артеріального кровонаповнення, стану тонуусу артеріальних судин, венозного відтоку, білатерального кровообігу, мікроциркуляції, визначити величини ударного і хвилинного обсягів кровообігу. При синхронному запису ЕКГ і реограми аорти або легеневої артерії можна отримати інформацію про скорочувальну здатність ізольованого міокарда лівого і правого шлуночків. Двоканальний запис реограми від симетрично розташованих електродів дозволяє судити про співвідношення (асиметрії) лівого і правого кровоносних шляхів.

Функціональні проби

Функціональні проби важливі в реографії, оскільки одні й ті ж зміни морфології реограми можуть бути як при органічних, так і при функціональних порушеннях. Знаходять застосування проби з фізичним навантаженням, дихальні (вдих, видих), температурні (холод, тепло), фармакологічні (нітрогліцерин, папаверин, еуфілін тощо) та ін. Амплітуда хвилі РГ змінюється з фазами дихання: під час вдиху збільшується, при видиху зменшується, що чітко відбивається на РГ аорти, легеневої артерії та печінки.

Морфологія реограми

Реограма будь-якої області (крім серця) складається з анакрати (висхідної частини), вершини і катакrotу (спадної частини), на якій розташовуються 1-3 додаткові хвилі (рис. 18.15).

Амплітуда систолічної хвилі відображає пульсовий приріст об'єму крові, інтенсивність артеріального кровонаповнення. Вершина реограми відповідає моменту, коли приплив крові дорівнює відтоку, тобто швидкість кровонаповнення дорівнює нулю. Низхідна частина реограми полого і характеризує венозний відтік. *На катакrotі* може бути кілька додаткових хвиль, але одна з них найбільша і відповідає діастолічній хвилі периферичної сфігмограми. Систолічному підйому може передувати пресистолічна хвиля (її пов'язують зі

скороченням передсердь), вид якої різниться – від невеликої зазубрини до добре вираженої хвилі, рівної $\frac{1}{4}$ основної хвилі.

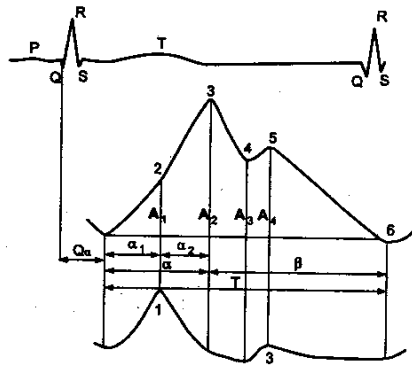


Рис. 18.15. Основні параметри об'ємної РГ на тлі ЕКГ (вгорі) і диференціальної РГ (внизу)

Розділи реографії

Залежно від розташування електродів виділяють центральну реографію (прекардіальна, реографія аорти і легеневої артерії) і органну (реоенцефалографія, реопатографія, реовазографія та ін.).

Прекардіальна реографія. При проведенні прекардіальної реографії або реокардіографії (РКГ) активний електрод поміщають над верхівкою серця, а пасивний – в точці Боткіна, що дозволяє реєструвати зміну кровонаповнення камер серця. РКГ відображає динаміку серцевого скорочення і на ній є розпізнавальні точки, за якими визначається тривалість фаз серцевої систоли. Тимчасові показники РКГ є відображенням фазової структури серцевого скорочення.

Реографія аорти і легеневої артерії. Реографія аорти і легеневої артерії або *реопульмонографія* (РПГ), використовується для фазового аналізу систоли правого і лівого шлуночків серця, що дозволяють оцінити скоротливу функцію міокарда, а також для оцінки гемодинаміки малого кола кровообігу.

Реоенцефалографія. При дослідженні реоенцефалограми (РЕГ) найбільш часто використовуються фронтально-мастоїдальні (ФМ) і мастоїдно-окципітальні (МО) відведення, що відображають процеси в лобному (басейн внутрішньої сонної артерії) і потиличному (вертебробазиллярна система) відділах кровопостачання головного мозку. Круглі електроди зазвичай фіксуються на голові гумовими стрічками.

Між потоками крові, які надходять по парним внутрішнім сонним артеріям і по вертебробазиллярній системі, мається гемодинамічна рівновага. Вступаючи до артеріального кола, кров не змішується, а потрапляє в судини відповідної сторони. Потоки крові, що надходять з хребетних артерій в основну (базиллярну), розподіляються кожен в однойменній половині мозкового стовбура, що дає можливість досліджувати гемодинаміку в басейні кожної хребетної артерії.

Артеріальне коло великого мозку є постійно діючою системою анастомозів, які забезпечують колатеральний кровообіг в обох півкулях. Важливою особливістю є підтримка мозкового кровотоку на постійному рівні навіть при зміні артеріального тиску.

З усіх боків мозок в замкнутій порожнині черепа оточений нестисливим ліквором – спинномозковою рідиною, загальний обсяг якої у дорослої людини складає 150–200 мл. Ця рідина визначає внутрішньочерепний тиск і оберігає мозок від механічних впливів. Розширення судин мозку веде до збільшення об'єму крові і підвищення внутрішньочерепного тиску, при звуженні ж судин внутрішньочерепний тиск знижується. Відтік крові з порожнини черепа здійснюється по розвиненій венозній системі, в якій є венозні пазухи і синуси, однак клапани відсутні. Швидкий відтік крові забезпечується наявністю венозних сплетень навколо хребта.

Таким чином, мозковий кровообіг відрізняється від кровопостачання інших органів великою інтенсивністю, сталістю, різноманітністю шляхів відтоку і тісним зв'язком з ліквором. Всі ці особливості оберігають головний мозок від згубної нестачі кисню.

Реоєпатографія. При реєстрації *реоєпатограмми* (РГГ) активний електрод поміщають на правій середньоключичній лінії на рівні реберної дуги, а пасивний електрод – на рівні нижньої межі правої легені між хребтом і заднеподмищечной лінією, що дозволяє реєструвати кровонаповнення в басейні печінкової артерії і ворітної вени.

Реовазографія. *Реовазограму* (РВГ) реєструють в багатоканальному запису з різних ділянок верхніх (плечі, передпліччя, кисти, пальці) і нижніх (стегна, гомілки, стопи, пальці) кінцівок.

РВГ застосовують для визначення інтенсивності периферичного кровообігу, стану судинного тонуусу, ступеня розвитку білатерального кровообігу. Використання функціональної РВГ дозволяє виявити неспроможність клапанів поверхневих і глибоких вен нижніх кінцівок. У результаті комп'ютерного аналізу РВГ отримані графіки, що відображають відхилення параметрів від норми (рис. 18.16).

Тетраполярна реографія. Тетраполярна трансторакальна реокардіографія (ТРГ) за методами Кубичека і Тищенко є неінвазивним методом непрямого визначення основних гемодинамічних показників: ударний об'єм серця, хвилинний обсяг кровотоку, серцевий індекс та ін.

Показники

Чисельний аналіз реозаписей дозволяє уточнити характер змін, визначених візуально, і виявити цілий ряд додаткових особливостей у досліджуваній області. При кількісному аналізі реограмм зазвичай використовують такі показники.

- *Реографічний індекс (РІ)* є найважливішим показником, що дозволяє визначити відносну величину пульсового кровонаповнення в досліджуваній області. Він являє собою амплітуду систолічної хвилі A_2 , виміряну в Омах від основи систолічної хвилі до вищої точки реограми. Існує чітка тенденція: чим більше величина пульсового кровонаповнення в якій-небудь ділянці судинного русла, тим вище там амплітуда реографічних хвиль, і навпаки.

- *Амплітудно-частотний показник (АЧП)* представляє відношення РІ до тривалості серцевого циклу в секундах і характеризує величину об'ємного кровотоку досліджуваної області за одиницю часу.

Амплітуда діастолічної хвилі (A_d) в Омах відображає співвідношення артеріального і венозного кровотоку. У молодому віці в умовах високої еластичності артеріального русла вона являє собою переважно хвилю відображення пульсової хвилі від найдрібніших артерій і артеріол.

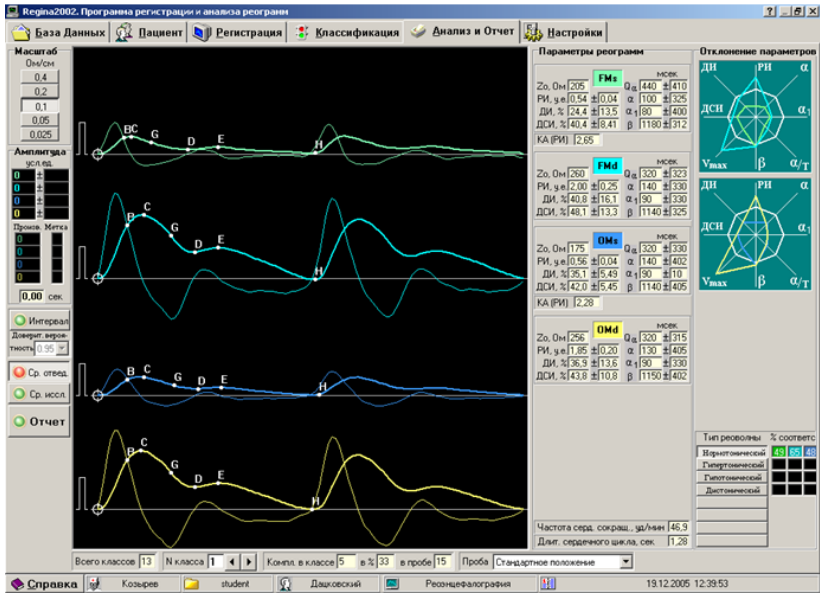


Рис.18.16. Вікно програми «Регістрація та аналіз реограмм»

• • Амплітуда інцизури (A_3) залежить від багатьох чинників: ригідність артеріальної стінки, адекватність, обсягу регіональної фракції серцевого викиду і просвіту артерій. При високому ступені еластичності артерій, при явищах низького тонусу інцизура глибока і її амплітуда низька.

• Час розповсюдження PB (Qa) вимірюється від зубця Q, ЕКГ до початку систолічної хвилі. Цей показник характеризує сумарний тонічний стан судин (модуль пружності) від серця до досліджуваної ділянки: при підвищенні судинного тонусу або при склерозі магістральних судин він може істотно зменшуватися, а при зниженні тонусу – декілька збільшуватися.

• Час магістрального систолічного наповнення судин (α) являє собою інтервал від початку підйому PG до її вершини в секундах або ж у відсотках від RR -інтервалу і характеризує тонус і еластичність судин. Цей час відображає період повного розкриття судини і стан судинної стінки: чим податливішою, еластичнішою є судинна стінка, тим швидше розкривається вона під дією крові, яка припливає.

• Час швидкого кровонаповнення (α_1) являє собою інтервал від початку підйому PG до піку диференціальної кривої (у секундах або у відсотках від RR) і пов'язаний безпосередньо з серцевою діяльністю: його тривалість обумовлюється ударним об'ємом серця і прямо залежить від модуля пружності стінок великих судин досліджуваної ділянки (від стану тонусу великих судин).

• Час повільного кровонаповнення ($\alpha_2 = \alpha - \alpha_1$) виражається в секундах або відсотках від RR . Його величина в значно меншій мірі залежить від серцевих факторів і більше визначається тонічними властивостями судинної стінки. У нормі обидва періоди

кровонаповнення приблизно рівні між собою, а при підвищенні тонусу і зниженні еластичності судинної стінки відбувається зміна цього співвідношення у бік збільшення часу повільного кровонаповнення.

• *Максимальна швидкість швидкого наповнення* $V_{\max} = A_1/\alpha_1$ представляє відношення амплітуди швидкого наповнення до тривалості цього періоду, характеризує стан скорочувальної функції міокарда та швидкість кровонаповнення великих артеріальних судин.

• *Середня швидкість повільного наповнення* $V_{\text{ср}} = (A_2 - A_1)/\alpha_2$ представляє відношення амплітуди повільного наповнення до тривалості цього періоду і відображає наповнення середніх і дрібних артерій органу.

• *Дикротичний індекс* $A_3/A_2 \cdot 100\%$ являє собою відношення амплітуди іцензури до висоти систолічної хвилі і відображає переважно тонуус артеріол. Його значення в нормі коливається від 40 до 70% і залежить від периферичного судинного опору.

• *Діастолічний індекс* $A_4/A_2 \cdot 100\%$ являє собою відношення висоти діастолі до висоти систолічної хвилі і відображає переважно стан відтоку крові з артерій у вени і тонуус вен.

Обчислені значення РГ-показників видаються у вигляді таблиці із зазначенням їх статистично середніх значень, стандартних відхилень і відхилень від меж клінічної норми, які залежать від віку і статі пацієнта. У разі реоенцефалограми і реовазограмм зазвичай виробляють двоканальну запис РГ від лівих і правих відведень, тому в таблиці видають два ряди значень показників з додатковою колонкою асиметрії між відведеннями і відмітками виходу її значень за межі норми.

Міографія, спірографія та поліграфія

У даному розділі розглядаються показники, при дослідженні яких в основному використовуються засоби ручного вимірювання різних візуально детектируємих на записі структурних складових: амплітуди піків, латентності, тимчасові інтервали, діапазони зміни сигналу, швидкості зростання та зменшення сигналу, сумарна потужність сигналу на заданому часовому інтервалі (площа під кривою з урахуванням знака сигналу або ж її абсолютне значення) та ін. До таких показників відносяться електроміограма (ЕМГ), шкірно-гальванічна реакція (ШГР), окулограма, спірограма і їм подібні. Під поліграфією ж у загальному сенсі розуміється спільне дослідження різнорідних електрофізіологічних показників.

Шкірно-гальванічна реакція, розглянута як один з різновидів електродермальних реакцій, являє собою зміну шкірного опору у відповідь на різні емоційні реакції, що відбуваються в результаті зміни діяльності потових залоз, що виявляється у розкритті або звуженні їх вихідних каналів. Основне практичне застосування цей показник знайшов у так званих поліграфах, або «детекторах брехні», в сукупності з вимірюванням інших електрофізіологічних показників: ЕЕГ, ЕКГ, пульс, дихання та ін. ШГР-відповіді на різні стимули, що несуть для конкретного індивідуума емоційне забарвлення, проявляються як досить різкі, але повільноволнові і затухаючі коливання – сплески (зазвичай біполярні) на тлі середнього рівня (рис. 18.22). Дослідника зазвичай цікавить частота і латентність цих сплесків щодо стимулу і його модальності, а також їх амплітуда і властивості потужності (площа, швидкість наростання і спаду та ін.).

У прикладних дослідженнях ШГР найбільш важливою є робота психолога для складання опитувальника, орієнтованого на конкретне соціальне середовище і конкретно поставлені цілі дослідження з таким чергуванням значущих, контрольних і нейтральних питань, щоб перші викликали а) обумовлену реакцію; б) високо достовірну реакцію; в) реакцію саме на брехню; г) реакцію тільки необхідної емоційної модальності.

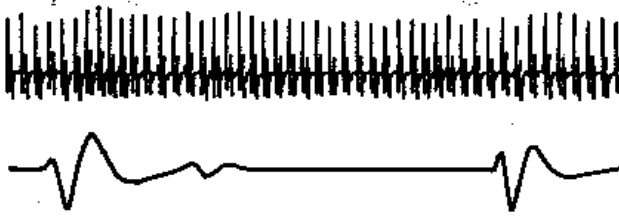


Рис. 18.22. ШГР з двома високоамплітудними реакціями (внизу) з паралельною записом ЕКГ (вгорі)

Електроокулограмми (ЕОГ) являє собою рух очей, реєструємих електродами, розташованими на очних м'язах. Самостійного значення цей показник, як правило, не має і використовується спільно з іншими показниками, наприклад, при дослідженні викликаних потенціалів на зоровий стимул або ж для видалення артефактів з ЕЕГ. Дослідника в цих аспектах цікавить амплітуда і напрям ЕОГ, а також латентності щодо стимулу.

Термін **електронейроміографія (ЕНМГ)** використовується для позначення методики вивчення викликаних потенціалів м'язи (стимуляційна електроміографія) і нерва (стимуляційна електронейрографія) і включає:

1. реєстрацію і аналіз параметрів викликаних потенціалів (ВП) м'язів і нерва (латентний період, форма, амплітуда і тривалість ВП);
2. визначення числа функціонуючих рухових одиниць (РО);
3. визначення швидкостей проведення імпульсу (ШПІ) по рухомих і чутливим волокнам периферичних нервів;
4. підрахунок мотосенсорного і краніокаудального коефіцієнтів, коефіцієнтів асиметрії і відхилень від норми.

Нестимуляційна міографія, або проста *електроміографія (ЕМГ)*, на відміну від цього досліджує не процес іннервації м'язів, а саму м'язову активність за такими двома напрямками:

- дослідження природної активності груп м'язів у поверхневих відведеннях у спокої і при навантаженні;
- дослідження природної активності окремих м'язових волокон при внутрішньом'язових відведеннях голчастими електродами.

Спірографія передбачає вимірювання легневих обсягів і форсованих вентиляційних потоків як в клінічній, так і в дослідницькій практиці в наступних процедурах:

- діагностика передбачуваної легеневої патології, наприклад, для виявлення внутрішньо- і позагрудного обмеження повітряного потоку або рестриктивних вентиляційних порушень;
- лікування хворих з легневими захворюваннями для оцінки терапевтичного ефекту елімінації алергенів, ефективності лікарської терапії або при проведенні складних діагностичних процедур;
- прогнозування, основане на тяжкості і ступені респіраторних порушень, ефективності терапевтичних заходів або швидкості погіршення показників за певний період часу;
- проведення передопераційних досліджень для оцінки ступеня респіраторних ускладнень і передопераційної корекції стану пацієнта;

- оцінка ступеня легеневої недостатності;
- скринінговий моніторинг стану респіраторної системи у населення при епідеміологічних та професійних захворюваннях.

Питання, винесені на семінар:

1. Перерахувати основні групи технічних пристроїв, що використовуються в медичній діагностиці.
2. Охарактеризувати основні компоненти діагностичних АПК.
3. Види шумів і їх вплив на визначення вимірюваних параметрів.
4. Основні категорії електрофізіологічних показників.
5. Види біоелектричних показників прямого і непрямого вимірювань.
6. Види біоелектричних показників перетворювального вимірювання.
7. Перерахувати основні етапи комп'ютерного функціонального дослідження.
8. Види досліджень, що проводяться за допомогою МАПК.

ТЕМА 19

«АПАРАТИ ТА СИСТЕМИ ЗАМІЩЕННЯ ВТРАЧЕНИХ ФУНКЦІЙ ЛЮДИНИ»

План:

1. Кардіостимулятори.
2. Сучасні технології слухопротезування.
3. Штучна нирка.
4. Штучний кровообіг і штучне серце.
5. Штучна підшлункова залоза.

Сучасна медична техніка дозволяє замінити повністю або частково хворі органи людини. Електронний водій ритму серця, підсилювач звуку для людей, які страждають глухотою, кришталік зі спеціальної пластмаси – ось тільки деякі приклади використання техніки в медицині. Все більшого поширення отримують також біопротези, що приводяться в рух мініатюрними блоками живлення, що реагують на біоструми в організмі людини.

Під час складних операцій, що проводяться на серці, легенях або нирках неоціненну допомогу медикам надають «Апарат штучного кровообігу», «Штучне серце».

Електрокардіостимулятори

Порушення серцевого ритму є одним з найбільш частих і важких ускладнень серцево-судинних захворювань. Постійна електрокардіостимуляція в даний час є єдиним надійним методом нормалізації серцевого ритму, яка (у більшості випадків) сприяє поліпшенню гемодинаміки і, тим самим, позитивно впливає на клінічний перебіг і прогноз основного захворювання.

Електрокардіостимуляція (грец. kardia – серце і лат. Stimulatio – порушувати, спонукати) – метод лікування порушень серцевого ритму за допомогою електричних імпульсів. Порушення ритму і провідності, що призводять до необхідності імплантації електрокардіостимулятора, як правило, обумовлені різними захворюваннями, але можуть мати і самостійне значення. У більшості випадків основними причинами є ішемічна хвороба

серця, атеросклеротичний кардіосклероз, ревматична хвороба серця, набуті та вроджені вади серця, артеріальна гіпертензія, міокардити, кардіоміопатії та ін.

Електрокардіостимулятор (водій ритму штучний) – апарат для стимуляції серця генерованими електричними імпульсами. Основними складовими електрокардіостимулятора є:

- Генератор (імпульсного струму) електричних імпульсів прямокутної форми з тривалістю імпульсів $\tau_n = 0,8 \dots 3,0$ мс і діапазоном частот $\Delta\nu = 1,0 \dots 1,2$ Гц;

- Електроди, які володіють достатньою гнучкістю і міцністю, щоб витримувати кручення і згинання, що викликається потоком крові і скороченням серця.

При *однокамерній електрокардіостимуляції* (ЕКС) використовується один електрод, що розміщується або в правому передсерді, або в правому шлуночку, тому що саме в правому передсерді розташований водій ритму – синусовий вузол (SA). Імпульси потенціалу дії SA породжують відповідну послідовність скорочень серця. Найбільш ефективною і досконалою є двокамерна стимуляція передсердя (A – atrium) і шлуночка (V – ventrium), яка отримала назву "AV – послідовна ЕКС". *Двокамерний електрокардіостимулятор* передбачає наявність двох електродів – у передсерді і в шлуночку. У процесі стимуляції за скороченням передсердь негайно слідує скорочення шлуночків, що робить ритм роботи серця найбільш близьким до фізіологічного. У 1994 р. вперше була застосована *трикамерна* (атріального – бівентрікулярна) ЕКС у хворих з поєднанням важкої серцевої недостатності та внутрішньошлуночкової блокади.

ЕКС можуть здійснюватися в різних режимах.

1. "Асинхронний" режим. Електрокардіостимулятор генерує імпульси з постійною частотою, не реагуючи на електричну активність передсердь і шлуночків.

2. Режим "demand" ("за вимогою"). Електрокардіостимулятор, налаштований на задану частоту стимуляції, починає функціонувати тільки в тому випадку, якщо частота власного ритму передсердь або шлуночків виходить за межі певного інтервалу, тобто при виникненні брадикардії, асистолії або тахікардії. Це забезпечується можливістю сприйняття (індикації) власної електричної активності серця.

Тип електрокардіостимулятора, що імплантується, робить істотний вплив на перебіг основного захворювання, розвиток ускладнень і ефективність лікування.

Для позначення режиму електростимуляції і типів апаратів використовується міжнародна номенклатура трьохлітерного коду ICHD (розроблений Американської міжвідомчою комісією з захворювань серця Intersociety Commission on Heart Disease). Код має наступну структуру:

- Перша літера позначає камеру серця, що стимулюється (A – передсердя, V – шлуночок, D – обидві камери);

- Друга літера вказує на камеру серця, що детектується, встановлено чутливий датчик, що сприймає керуючий сигнал і дає можливість виявити власну електричну активність відповідної камери серця (A – передсердя, V – шлуночок, D – обидві камери, O – немає детекції);

- Третя літера позначає тип відповіді електрокардіостимулятора на реєстровану активність: (I – забороняє (пригнічення), T – тригерний (активація) і D – забороняє і активує, O – відсутність здатності до сприйняття сигналів і відповіді на них).

З розвитком більш складних систем електрокардіостимуляції у 1979 році код ICHD був розширений до п'ятилітерного. У подальшому створенні нових моделей ЕКС викликали перетворення п'ятилітерного коду ICHD в п'ятилітерний код імплантуємих систем електричного впливу на ритм серця – кардіостимуляторів, кардіовертерів і дефібриляторів

відповідно до рекомендацій Британської групи з вивчення електрокардіостимуляції і електрофізіології (British Pacing and Electrophysiology Group – BREG) і Північно-американського товариства електрокардіостимуляції і електрофізіології (North American Society of Pacing and Electrophysiology – NASPE). Код отримав назву NASPE/BREG (NBG) – по скороченій назві товариств, які його розробляли. Додаткові літери коду означають наступне:

- Четверта літера позначає програмуваність функцій стимулятора і частотну адаптацію та може приймати такі значення: O – стимулятор не володіє функцією програмування; P – програмуються два параметри (число серцевих скорочень на хвилину і хвилинний обсяг кровообігу); M (мультипрограмуваний) дозволяє перепрограмувати режими кардіостимуляції і змінювати параметри стимуляції; C (communicating) – двосторонній зв'язок; R (rate responsive) – частотна адаптація. Наприклад, якщо в моделі ЕКС передбачена частотна адаптація (символ R), то код режиму роботи може бути записаний у вигляді: VVI (R), DDD (R).

Програмування ЕКС – це дистанційне керування функціями імплантованого ЕКС. Наприклад, програмування рефрактерного періоду – відрізка часу, протягом якого апарат залишається нечутливим до зовнішніх електричних сигналів. Цей період передбачений для того, щоб ЕКС не сприймав викликану його імпульсом деполаризацію міокарда і не блокував би в результаті цього свій черговий стимулюючий імпульс.

- П'ята літера позначає антитахіаритмічну функцію і може приймати такі значення: O – стимулятор не має антитахіаритмічної функції; P (pacing) – можливість антитахіаритмічної функції; S (shock) – здійснюється кардіоверсія (дефібриляція), D – мається як протиаритмічна функція, так і кардіоверсія (дефібриляція).

Параметри стимуляції в сучасних апаратах дозволяють контролювати не тільки електрофізіологічні параметри серцевої активності, але також і стан гемодинаміки.

Наприклад, частотно-адаптивні ЕКС дозволяють змінювати частоту стимуляції залежно від метаболічних потреб організму (фізичного навантаження). Все викладене вище можна систематизувати за допомогою табл. 1.

Таблиця 1

Структури ICHD та NBG кодів електрокардіостимуляції

I	II	III	IV	V
Стимулюєма (-и) камера (-и) серця	Детектуєма (-и) камера (-и) серця	Варіант відповіді на сигнал детекції	Програмуємість	Антитахіаритмічна (-i) функція (-i)
O – None (ніякий)	O – None (ніякий)	O – None (ніякий)	O – None (ніякий)	O – None (ніякий)
A – Atrium (передсердя)	A – Atrium (передсердя)	T – Triggered (включаєміий)	P – Simple Programmable (програмуєміий, просте програмування)	P – Pacing (antitachyarrhythmia) (стимуляція антитахіаритмічна)
V – Ventricle (шлуночек)	V – Ventricle (шлуночек)	I – Inhibited (вимкнутий)	M – Multiprogrammable (мультипрограмуєміий)	S – Shock (дефібриляція (кардіоверсія))
D – Dual (A+V) (подвійний)	D – Dual (A+V) (подвійний)	D – Dual (T+I) (подвійний)	C – Communicating (двосторонній зв'язок)	D – Dual (P+S) (подвійний)

S – Single (A or V) (поодинокий)	S – Single (A or V) (поодинокий)		R – Rate modulation (регуляція частоти)	
-------------------------------------	-------------------------------------	--	--	--

Режим AAI (P – заперечена стимуляція передсердь) забезпечує стимуляцію передсердь із запрограмованою частотою за відсутності власної передсердної активності. Спонтанне скорочення, що виникає протягом періоду готовності, блокує генерування стимулу від ЕКС і дає початок відліку нового тимчасового циклу.

Режим VOO (асинхронна стимуляція шлуночків) – стимуляція шлуночків відбувається із запрограмованою частотою незалежно від спонтанного ритму.

Режим VVT (R – повторна стимуляція шлуночків) забезпечує стимуляцію шлуночків із запрограмованою частотою за відсутності власного ритму. Якщо під час періоду готовності сприйнято власне желудочкове скорочення, воно викликає одночасний стимул від ЕКС.

Режим VVI (R – заперечена стимуляція шлуночків) забезпечує стимуляцію шлуночків із запрограмованою частотою за відсутності власного ритму серця. Спонтанне скорочення, що виникає протягом періоду готовності, блокує генерування стимулу від ЕКС і дає початок відліку нового тимчасового циклу.

Режим DDO (асинхронна двокамерна стимуляція) – стимуляції обох камер із запрограмованою частотою і з запрограмованої AV затримкою (передсердя – шлуночок) незалежно від спонтанного ритму.

Режим DVI (послідовна AV стимуляція) – стимулюються обидві камери, але сприймаються тільки шлуночкові скорочення, так що за відсутності спонтанного шлуночкового ритму обидві камери стимулюються із запрограмованою частотою і AV затримкою.

Режим DDI (AV послідовна стимуляція з сприйняттям спонтанних передсердних сигналів, але без проведення їх на шлуночки). У даному режимі можлива стимуляція і сприйняття сигналів із обох камер, однак сприйняте передсердне скорочення буде інгібувати (пригнічувати) нанесення стимулу на передсердя, не впливаючи на стимуляцію шлуночків.

Режим DDD (стимуляція і сприйняття сигналів із обох камер з проведенням спонтанного передсердного скорочення на шлуночки) – найбільш досконалий з усіх можливих. У режимі DDD можливі стимуляція і сприйняття сигналів із обох камер; спонтанне серцеве скорочення (передсердне або желудочкове) інгібує нанесення стимулу на відповідну камеру, а спонтанний передсердний ритм викликає подальшу стимуляцію шлуночків.

Програмування електрокардіостимулятора. Використання мультипрограмованих стимуляторів стає все більш звичайним явищем. Залежно від моделі, одна або кілька функцій можуть бути тимчасово або постійно змінені шляхом неінвазивного програмування – неінвазивної оцінки та зміни параметрів і функції ЕКС в діагностичних і лікувальних цілях. Частота стимуляції, амплітуда, тривалість імпульсу, чутливість, технічний рефрактерний період і т.ін. можуть бути змінені за допомогою електромагнітних або радіо-телеметричних сигналів з використанням спеціального пристрою – програматера.

Сучасні технології в слухопротезуванні

Згідно зі статистикою, кожна шоста людина у світі відчуває проблеми зі слухом. Сучасний рівень розвитку медицини і техніки дозволяє успішно надавати допомогу в

спілкуванні та орієнтації в просторі абсолютній більшості людей з порушеним слухом і навіть з практично повною його відсутністю. В даний час слухопротезування є єдиною можливим способом повноцінної соціальної реабілітації, а сучасні цифрові слухові апарати (СА) являють собою інтелектуальні системи, за допомогою яких людина забуває про те, що він погано чує.

Класифікація слухових апаратів

Залежно від місця розташування в вушному просторі слухові пристрої діляться на заушні, внутрішньовушні і внутрішньоканальні.

Заушний слуховий апарат – це один з найперших видів СА, які використовувалися в області слухового протезування. Місце знаходження подібного апарату – за вухом пацієнта. Слуховий апарат подібного роду складається з двох частин, з'єднаних одна з одною. Перша кріпиться за вушної раковину, а друга – в вушному каналі. Вони з'єднані за допомогою спеціальної звукопровідної трубочки. Такий слуховий апарат досить міцно зафіксований і дозволяє сприймати великий діапазон звуків, особливо порівняно з внутрішньовушними СА.

Внутрішньовушний слуховий апарат. На відміну від заушного слухового апарату, внутрішньовушний слуховий апарат розміщується на початку слухового проходу вуха і складається всього лише з однієї частини (корпусу), в який вмонтовано електроніку слухового апарату. Корпус виготовляється за індивідуальним зліпком вушного каналу кожного користувача.

Цей тип слухового апарату, найчастіше, є повністю автоматичним, але в деяких моделях можна відрегулювати рівень гучності вручну.

Внутрішньоканальні слухові апарати встановлюють у слуховому проході вуха в безпосередній близькості до барабанної перетинки. Це забезпечується за рахунок маленького розміру пристроїв, що належать до даного виду. Безпосередня близькість до барабанної перетинки забезпечує високий рівень сприйняття звуку, що дозволяє розпізнавати напрямки звуку, а також з легкістю використовувати мобільний телефон та інші пристрої, призначені для впізнання і прослуховування звуку. За рахунок маленьких розмірів і внутріканального розташування такі апарати практично непомітні, що робить їх одними з найпопулярніших і затребуваних.

Залежно від застосовуваного методу обробки звуку слухові апарати поділяють на: аналогові і цифрові.

Зараз безперечною перевагою користуються цифрові моделі слухових апаратів, тоді як аналогові поступово відходять у минуле. У цифрових виробів подібного роду дуже багато переваг у порівнянні з аналоговими:

- можливість протезування пацієнтів зі складними захворюваннями, пов'язаними з різними вадами слуху. Це досягається за рахунок багатоканальності цифрових слухових апаратів;

- можливість програмування апарату під різні акустичні умови;

- високий рівень придушення сторонніх шумів, можливість відділення основних звуків від побічних (вуличного шуму, шуму від працюючого вентилятора або комп'ютера, від характерного апаратного свисту). Крім того, у таких апаратах підвищено рівень сприйняття звукових сигналів, навіть якщо людина знаходиться в складних акустичних умовах (у галасливому натовпі, в торговельному центрі, в громадському транспорті). Це забезпечується розташуванням мікрофонів;

- якісне звучання свого – голосу.

У цифрових СА звуковий сигнал перетворюється в цифровий формат, як це відбувається при записі на компакт-диск. Спеціальний процесор обробляє цей сигнал зі швидкістю більше 100 мільйонів операцій у секунду, виділяючи корисний сигнал на фоні перешкод. Потім посилений і індивідуально видозмінений звук подається у вухо слаббучуючого. Цифрові слухові апарати мають не тільки цифрову програмну частину, але і цифровий підсилювач, що дозволяє проводити спеціальну цифрову обробку сигналу. Ця спеціальна обробка, наприклад, може "очищати" мовний сигнал від шумів, робити його комфортної гучності, за наявності декількох мікрофонів робити сприйняття звуку точнонаправленим.

За способом налаштування розрізняють слухові апарати: програмовані і непрограмовані (тримерні). Програмовані слухові апарати налаштовують за допомогою комп'ютера і спеціальної програми, що забезпечує максимально точно налаштування для кожного певного користувача. Не програмовані (тримерні) слухові апарати налаштовують вручну за допомогою мініатюрних регуляторів-тримерів.

Кохлеарні імпланти. Крім слухових апаратів сучасне слухопротезування широко використовує також кохлеарні імпланти (кохлеарне протезування).

Кохлеарний імплантат – медичний пристрій, що дозволяє частково або повністю відновити слух деяким пацієнтам з вираженою або тяжкою втратою слуху сенсоневральної етіології, якщо уражений рецепторний апарат завитка, при цьому завиток не генерує електричні сигнали при впливі механічних коливань.

Нагадаємо основні положення біофізики слуху людини. У слуховій системі людини виділяють зовнішнє, середнє і внутрішнє вухо. Зовнішнє і середнє вухо відносяться до звукопровідної системи. Звукосприймаючою системою є внутрішнє вухо. Головною частиною внутрішнього вуха є завиток, в якому відбувається перетворення механічних коливань (звуку) в електричний сигнал. Латинська назва завитка – cochlea («кохлеа»), звідси і термін «кохлеарний апарат». Порожнина завитка розділена двома мембранами – вестибулярною та основною (або базиллярною) – на три ходи, або канали: вестибулярний, улітковий та барабанный. Вестибулярний і барабанный канали з'єднані між собою гелікотремою, тобто утворюють єдину систему і заповнені перилімфой. Завитковий хід, розташований між вестибулярною та основною мембранами, заповнений ендолімфой. Між завитковим і барабанным ходами уздовж завитка проходить основна (базиллярна) мембрана, на якій розташовані рецепторні волоскові клітини. Ці клітини разом з покривною пластинкою утворюють кортієв орган. Від завитка йде слуховий нерв. При поширенні звукової хвилі вздовж каналів завитка основна мембрана втягується в коливальний процес. При цьому волоски рецепторних клітин торкаються покривної пластинки, при їх деформації відбувається збудження клітин. Генеруються при цьому потенціали дії (електричні імпульси) передаються потім по слуховому нерву в мозок. Таким чином, у внутрішньому вусі простежується певний функціональний ланцюг: коливання мембрани овального вікна – коливання перилімфи – складні коливання основної мембрани – подразнення рецепторів кортієва органу – генерація електричного сигналу.

Сучасний кохлеарний імплантат – це унікальна медична розробка, використовується при глухоті чи приглухуватості IV ступеня, що служить «заміною» загублених рецепторів завитка. Імплантат виконує, в основному, ті ж функції, що і волоскові клітини – перетворює механічні коливання в електричні сигнали. Однак, кохлеарний імплантат не посилює звуки. Він передає сигнали на слуховий нерв у тому вигляді, в якому вони є. При цьому передача електричних імпульсів стимулює нервові закінчення, що досить

важливо, оскільки якщо бездіяльність окремих гілочок слухового нерва «відвикають» від роботи.

Кохлеарний імплантат складається із зовнішньої (переносної) і внутрішньої (імплантуємої) частини. У зовнішній частині знаходяться: мікрофон і мікропроцесор (звуковий процесор), слугують для перетворення та аналізу звуку в електричні імпульси, а також радіопередавач. Внутрішня частина являє собою імплантуємо в завиток електроди. Звуки уловлюються мікрофоном, кодуються в пакет електричних імпульсів за допомогою звукового процесора і за допомогою радіохвиль передаються на імплантовані електроди в завитку.

Слуховий нерв сприймає ці слабкі електричні сигнали і передає їх у головний мозок.

Таким чином, кохлеарний імплантат вирішує проблему пошкоджених або загиблих волоскових клітин завитка, передаючи інформацію про звуки навколишнього світу за системою електродів безпосередньо до слухового нерву. При цьому сучасні кохлеарні імплантати прагнуть максимально точно (наскільки це взагалі можливо при існуючих технічних обмеженнях) відтворити природну фізіологічну систему кодування інформації про гучність, тональність та інші характеристики звуку.

Глухота може бути викликана не тільки пошкодженням рецепторних (волоскових) клітин кортієва органу завитка, але і поразкою VIII пари черепномозкових (слухових) нервів. Проблеми таких пацієнтів неможливо вирішити за допомогою кохлеарних імплантатів. Слуховий стволотомозковий імплантат (англ. auditory brainstem implant, ABI) – експериментальний медичний прилад, що дозволяє відновити слух деяким пацієнтам з глухотою невральної етіології, є реалізацією ще більш сміливої ідеї – імплантувати електроди імплантату не в завиток, а безпосередньо в головний мозок, точніше, в локуси слухових ядер (скупчень нейронів) стовбура мозку.

Штучна нирка

Нирки людини це біологічно важливий і життєво необхідний парний орган з унікальною структурою. Порушення ниркових функцій протягом тривалого часу загрожує життю людини. Лікування пацієнтів з патологією нирок стало більш успішним не так давно, з 1960 року, коли в розпорядженні лікарів з'явився гемодіаліз, що дозволяє підвищити якість життя хворих з нирковою недостатністю.

У 1913 р. американський вчений Джон Абель створив апарат для гемодіалізу, який з'явився прообразом штучної нирки. У 1944 р. голландський учений Вільям Колф вперше успішно застосував на практиці штучну нирку.

Штучна нирка (гемодіалізатор) – апарат для тимчасового заміщення видільної функції нирок. Штучну нирку використовують для звільнення крові від продуктів обміну, корекції водно- електrolітного і кислотно-лужного рівноваги при гострій і хронічній нирковій недостатності, а також для виведення діалізуючих токсичних речовин при отруєннях та надлишку рідини при набряках.

Діалізатор являє собою штучний фільтр, що складається з 10 000 мікроскопічних волокон (рис. 19.1). Діаметр одного волокна становить приблизно 0,3 мм. Волокна порожнисті, з напівпроникними стінками. Кров пропускається через діалізні волокна (вздовж волокон), а діалізуючий розчин омиває їх зовні, рухаючись у зворотному напрямку. Коли кров проходить по внутрішньому просвіту волокна, токсини певної молекулярної маси виходять через пори його стінки. Після чого вони видаляються діалізуючим розчином. При

цьому корисні речовини і клітини крові не проходять через мікропори стінок волокон, а рухаються вздовж волокон.

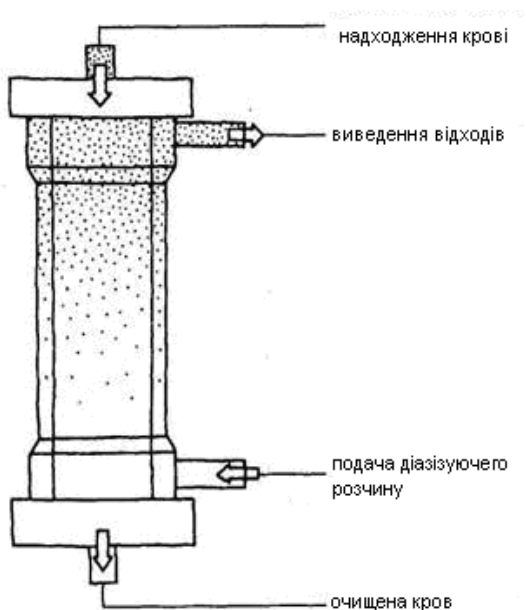


Рис. 19.1. Діалізатор

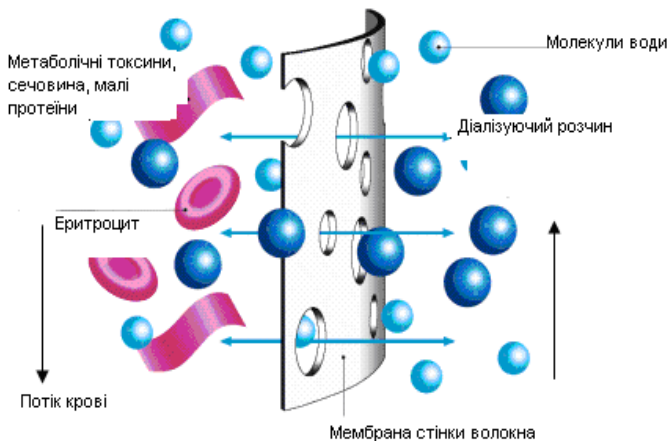


Рис. 19.2. Схема роботи діалізної мембрани стінки волокна

Ультрафільтрація – видалення з організму надлишку рідини внаслідок різниці гідростатичного і осмотичного тисків по обидві сторони напівпроникної мембрани стінки волокна.

Необхідний для ультрафільтрації градієнт тиску досягається за рахунок зниження тиску в діалізуному розчині по відношенню до потоку крові.

Під час лікування кров надходить через спеціальну систему стерильних магістралей у діалізатор (фільтр), де відбувається видалення надлишку рідини і продуктів обміну. Після цього очищена кров повертається в організм через систему магістралей. Поза організмом під час процедури одноразово знаходиться об'єм крові, що дорівнює, приблизно, 250 мл. У середньому в організмі дорослої людини міститься 4-5 літрів крові, тому тимчасова відсутність такого невеликого обсягу легко переноситься.

Апарат для гемодіалізу, який обладнаний всім необхідним для постійного контролю над нормальним ходом лікування. При будь-яких змінах в системі спрацьовує дзвінок, зумер або інший тип звукового сигналу, для того, щоб можна було провести необхідну корекцію.

Основні елементи апарату "Штучна нирка" (рис. 19.3):

- діалізатор;
- перфузійний пристрій для просування крові через апарат;
- пристрій для приготування та подачі в діалізатор розчину (діалізуюча система);
- пристрій, що контролює і регулює основні техніко-медичні параметри гемодіалізу;
- монітор.

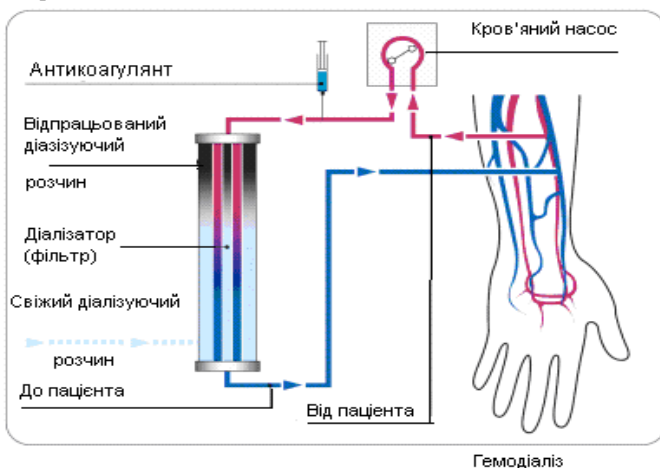


Рис. 19.3. Основні елементи апарату «Штучна нирка»

Для досягнення високої якості діалітичної терапії величезне значення має індивідуальний підбір параметрів процедури та отримання даних про ефективність терапії в режимі реального часу шляхом використання сучасних комп'ютерних технологій.

Показниками ефективності роботи діалізаторів є:

- Кліренс – характеризує очисну здатність діалізаторів при постійному оновленні діалізуючого розчину, $[C] = \text{мл/хв}$:

$$C = a \cdot (A - R) / A,$$

де A – концентрація речовини, що видалється на вході в діалізатор; R – концентрація видалюваної речовини на виході з діалізаторів; a – об'ємна швидкість перфузії;

- Діалізанс – характеризує роботу діалізаторів з очищення крові при рециркуляції діалізуючого розчину, якщо в процесі діалізу наростає концентрація видалюваної речовини в діалізуючому розчині, $[D] = [a] = \text{мл/хв}$:

$$D = a \cdot (A - R) / (A - U) ,$$

де U – концентрація речовини, що видаляється в діалізуючому розчині.

Підвищенню ефективності роботи апарату «Штучна нирка» сприяє інформаційна підтримка процесу гемодіалізу шляхом використання комп'ютерних технологій, в завдання яких входять:

- створення єдиної інформаційної мережі між усім обладнанням, використовуваним в процесі діалізу;
- підвищення ефективності та поліпшення організації роботи сучасного діалізного центру за рахунок автоматизації рутинних процесів, зокрема, введення системи електронного документообігу;
- забезпечення легкого, швидкого і безпомилкового доступу до всіх необхідних даних для їх подальшої обробки;
- можливість подання даних в зручному вигляді, що дозволяє в стислі терміни оцінити ситуацію і прийняти відповідне рішення;
- підвищення контролю якості лікування;
- максимальні можливості налаштувань відповідно до вимог кожного діалізного центру.

Крім того, автоматизований моніторинг і контроль необхідних параметрів, дозволяють оператору контролювати протягом процедури лікування і стан пацієнта безпосередньо під час процедури.

Так, наприклад, безперервний контроль (моніторинг) температури крові за рахунок своєчасного контролю допомагає підвищити гемодинамічну стабільність і знизити частоту серцево-судинних ускладнень. Наявність моніторингу в ході процедури гемодіалізу дозволяє забезпечувати стабільність температури тіла і здійснювати контроль температурно-енергетичного балансу.

Моніторинг об'єму крові поряд з моніторингом температури крові допомагають уникнути порочного кола розвитку інтрадіалізної гіпотензії та об'ємного перенавантаження. Моніторинг об'єму крові дозволяє регулювати швидкість ультрафільтрації залежно від змін об'єму циркулюючої крові і відстежувати в ході процедури зміну обсягу циркулюючої крові, рівень гематокриту і рівень гемоглобіну.

Штучний кровообіг і штучне серце

Винахід апарату штучного кровообігу (АШК) відкрило нову еру в сучасній медицині. Саме за допомогою АШК стало можливим проводити операції на відкритому серці та інших життєво важливих органах. Цей апарат призначений для тимчасового виконання функцій серця і легенів, тому його іноді називають апаратом «штучне серце – легені». АШК забезпечує кровообіг і дихання в організмі хворого. Він включає в себе два основних блоки: штучне серце, яке складається з насоса і приводу, та штучні легені (оксигенатор), які слугують для насичення крові киснем і видалення з неї вуглекислого газу. Насос АШК підтримує у великому колі кровообігу постійний кровообіг, замінюючи серце. В цей же час оксигенатор АШК насичує пропущену через нього всю кров киснем, замінюючи легені.

Штучний кровообіг (ШК) (екстракорпоральний кровообіг) – поки єдиний спосіб домогтися порожнього і знекровленого серця, в той же час підтримуючи кровообіг у всьому іншому тілі людини. Застосовується при операціях на відкритому серці і кровоносних судинах, для проведення яких необхідно вимикання серця з кровообігу. В умовах ШК проводять корекцію вроджених і набутих вад серця, здійснюють хірургічне лікування уражень судин серця, складних порушень серцевого ритму, видалення пухлин серця, а також

його трансплантацію. В останні роки ШК стали використовувати в реанімації, інтенсивній терапії, в до- і післяопераційний період як засіб корекції життєво важливих функцій у хворих. У цих випадках насос АШК працює паралельно з серцем хворого, тому він повинен створювати не постійний, а пульсуючий кровообіг в одному ритмі з ним.

Штучний кровообіг характеризується трьома основними функціями: оксигенація крові, газообмін у тканинах і підтримка кровообігу в тканинах.

Крім того, важливою функцією штучного кровообігу є підтримання температури тіла пацієнта.

Апарат штучного кровообігу складається з оксигенатора (штучне легке), теплообмінника, що підтримує необхідний температурний режим ШК, артеріального насоса з регульованою продуктивністю (штучне серце), магістралей для струму крові, одного або декількох мікрофільтрів для уловлювання з крові під час ШК бульбашок газу, агрегатів формених елементів та інших мікроемболів, систем для відсмоктування крові з операційної рани (коронарний відсмоктувач) і дренування лівого шлуночка серця, вимірювальних пристроїв для визначення продуктивності насосів, температури крові в артеріальній і венозній магістралях, перфузійного тиску, витрати газів, рівня крові в оксигенаторі і т. ін.

Венозна кров (з низьким вмістом кисню і високим вмістом вуглекислого газу) надходить від пацієнта за рахунок сили гравітації через канюлі в порожнистих венах (правому передсерді і т.ін.) по венозній магістралі в венозний резервуар. Основний насос апарату штучного кровообігу викачує цю кров з венозного резервуару і нагнітає її в оксигенатор, звідки вона потрапляє в артеріальний фільтр і через артеріальну лінію і відповідну артеріальну канюлю повертається в кровеносне русло пацієнта. Схема підключення апарату ШК наведена на рис. 19.4.

Подальшим розвитком АШК є створення штучного серця.

Штучне серце принципово відрізняється від АШК – воно замінює тільки серце хворого, а насичення крові киснем і видалення вуглекислого газу відбувається природним шляхом – в легенях хворого. Протез серця повинен працювати в пульсуючому режимі – подібно живому серцю, здійснюючи 50-70, а іноді до 150 циклів на хвилину.

Штучне серце являє собою технологічний пристрій, призначений для підтримки достатніх для життєдіяльності параметрів гемодинаміки.

Найпростіше штучне серце складається з двох чашоподібних камер – шлуночків. Усередині кожного шлуночка є тонка еластична перегородка – діафрагма із силіконової гуми. Такий шлуночок являє собою насос з пневматичним приводом. Діафрагма ділить шлуночок на дві камери. В одній з них знаходиться кров. Ця камера забезпечена, як і будь-який насос, двома клапанами – впускним і випускним. В іншу камеру подається від керуючого пристрою – пневматичного генератора – пульсуючий потік стисненого і розрідженого повітря. Якщо тиск повітря підвищується, він вигинає діафрагму і виштовхує кров в артерію. Це відповідає скороченню м'яза живого серця – систолі. Якщо тиск повітря знижується в цій камері нижче атмосферного, то діафрагма повертається назад, і в шлуночок надходить кров з вени. Цей стан відповідає розслабленню м'яза живого серця – діастолі. Клапани пропускають кров тільки в одному напрямку. Один з них впускає кров в шлуночок з вени, а інший випускає кров з шлуночка в артерію.

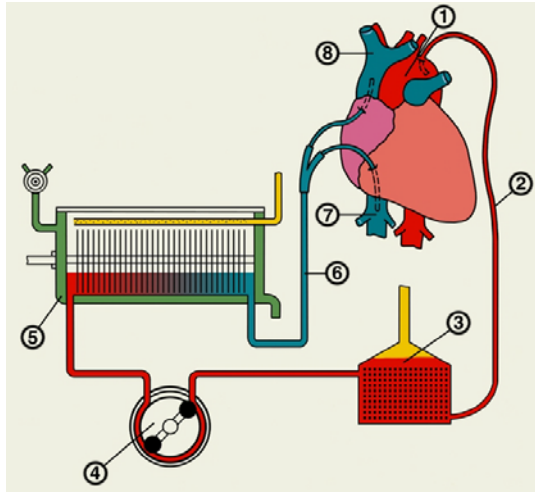


Рис. 19.4. Схема підключення апарату штучного кровообігу:

1 – аорта; 2 – артеріальна лінія, 3 – мікрофільтр; 4 – артеріальний насос; 5 – оксигенатор; 6 – венозна лінія; 7 – нижня порожниста вена; 8 – верхня порожниста вена

Штучне серце пов'язане з артеріями і венами хворого, а також з пневматичним генератором, що знаходяться поза організмом хворого. Всі розроблені моделі штучного серця мають пневматичний привід від зовнішнього джерела. Цей привід замінює м'яз живого серця. Так само, як і в живому серці, лівий шлуночок штучного серця прокачує кров по великому колу кровообігу, а правий по малому колу. У складних моделях з кожним шлуночком пов'язано ще і передсердя – як і в живому серці.

Американська кардіологія і медична індустрія є світовими лідерами у створенні електронно-механічних протезів серця, які допомагають жертвам найважчих форм серцевої недостатності дочекатися донорського серця або просто подовжують їм життя, якщо така пересадка не має шансів на успіх. Всі ці пристрої імплантуються в грудну клітку хворого і беруть участь у перекачуванні крові. Подібні кардіопротези поділяються на два типи. Одні прилади приєднуються до працюючого серця і полегшують перекачування крові по великому колу кровообігу. Їх називають помічниками лівого шлуночка (left ventricular assist devices, LVADs). Зараз в популярні кілька моделей LVADs причому є хворі, які прожили з одним таким протезом понад шість років.

Протези другого типу імплантуються на місце видаленого серця і повністю беруть на себе його функції. Подібні пристрої, які перекачують кров і по великому, і по малому колам, прийнято називати тотальними штучними серцями (Total Artificial Heart, ТАН). Вони являють собою ротаційний електричний насос розміром з палець, який імплантується безпосередньо в лівий шлуночок. Насос з'єднаний імплантованими проводами з електричним акумулятором і електронним керуючим пристроєм, який пацієнт носить на поясі. У деяких моделях батарея імплантується в черевну порожнину пацієнта і заряджається від зовнішнього джерела.

Штучна підшлункова залоза

З 1921 року основним засобом лікування цукрового діабету 1-го типу був і залишається метод замісної інсулінотерапії, запропонований Ф. Бантінгом, лауреатом

Нобелівської премії, і Ч. Бестом. З початку 80-х років XX століття ведуться пошуки нових способів лікування:

- Створення штучної ендокринної підшлункової залози;
- Пересадка донорської підшлункової залози;
- Пересадка культур інсулінпродуцуючих бета-клітин, виділених особливим способом з підшлункової залози донора.

З кінця 70-х років за кордоном в клінічній діабетології набула поширення інсулінотерапія за допомогою портативних інфузійних дозаторів інсуліну і за допомогою стаціонарних апаратів, які називаються «штучною підшлунковою залозою» («штучною бета-клітиною»).

Апарат «штучна бета-клітина» відноситься до апаратів зі замкнутим контуром, який сам визначає рівень цукру в крові і регулює подачу інсуліну в залежності від цього рівня і, можливо, від кількості спожитих вуглеводів.

До складу апарату входить датчик рівня глюкози, ЕОМ та системи насосів, з'єднаних між собою так, що разом з пацієнтом вони утворюють замкнутий контур (рис. 19.5).

За допомогою постійного двопорожнинного катетера венозна кров подається в аналізатор, пристосований для безперервного визначення рівня глюкози в крові. Електричні

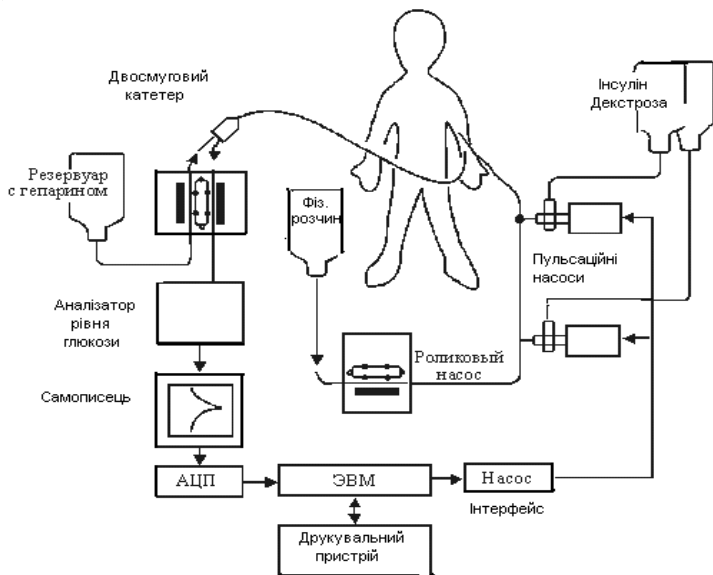


Рис. 19.5. Штучна ендокринна підшлункова залоза («штучна бета-клітина») – апарат, що регулює рівень глюкози в крові у діабетиків допомогою вливання інсуліну й глюкози (декстрози) під контролем замкнутої системи регулювання

сигнали, що генеруються аналізатором глюкози, вводяться в ЕОМ і обробляються відповідно до алгоритму з заданими параметрами. У свою чергу ЕОМ формує команду для насоса, який нагнітає інсулін в кількості, що змінюється відповідно до рівня глюкози в крові і швидкості його зміни. Подібним же чином інший насос може забезпечувати подачу глюкози в якості

нейтралізуючого агента при появі тенденції до гіпоглікемії. Введення цих речовин в організм здійснюється за допомогою другого постійного венозного катетера. При належному виборі параметрів алгоритмів для ЕОМ, установка такого типу здатна регулювати рівень глюкози в крові у хворих на цукровий діабет і підтримувати нормальний рівень глікемії навіть за наявності зовнішніх навантажень.

Успіхи мікроелектроніки і кібернетики дозволили створити мініатюрні переносні інсулінові дозатори. Ці моделі відрізняються від стаціонарних простішим пристроєм і відсутністю реєструючої системи зворотного зв'язку і насоса для інфузії глюкози.

Дозатор подає інсулін в тіло через тонку трубку і голку, які зазвичай вставляють під шкіру в області черевної порожнини. Дозатор інсуліну можна запрограмувати таким чином, що інсулін буде подаватися маленькими, частими (базовими) дозами в певний заздалегідь запланований час протягом дня. Через те, що в дозаторі міститься мало інсуліну, їх треба періодично дозаправляти.

Дозатори інсуліну дозволяють варіювати час прийому їжі. Завдяки їх використанню знижується кількість випадків зниження рівня цукру в крові (гіпоглікемічні епізоди).

Протези кінцівок

Протезування є важливим етапом у процесі соціально-трудової реабілітації людини, втрапивши кінцівки або страждає захворюваннями опорно-рухового апарату. Різноманіття видів і рівнів ампутацій верхніх і нижніх кінцівок, а також наслідків захворювань опорно-рухового апарату визначають вельми обширну номенклатуру протезно-ортопедичних виробів. В даний час практично всі рівні ампутацій кінцівок і види поразок забезпечені засобами протезування. Розроблено і випускаються серійно вузли максимальної готовності, окремі напівфабрикати та уніфіковані вузли, з яких збирають вироби на протезно-ортопедичних підприємствах.

Якість протезування залежить не тільки від ступеня досконалості від ділових вузлів, але і від того, як вони зібрані в протезі. На практиці протезування широко використовує схеми побудови протезів, що представляють собою сукупності базових параметрів, що визначають взаємне розташування вузлів і всього протеза щодо опорно-рухового апарату протезованого. При протезуванні враховуються індивідуальні характеристики людини: маса, зріст, рівень ампутації, статеві особливості.

Розробка протезно-ортопедичних засобів, призначених для компенсації втрачених або порушених опорно-рухових функцій, ґрунтується на глибокому розумінні особливостей рухового апарату людини та основних закономірностей виконання людиною різноманітних дій, пов'язаних з рухами сегментів тіла.

Класифікація протезно -ортопедичних виробів

Залежно від призначення, способу застосування, характеру і рівня ампутації, статовікових і конструктивних ознак, умов користування і т.ін., протезно-ортопедичні вироби (ПОВ) поділяються на різні класи та групи.

Розглянемо класифікацію протезів верхніх та нижніх кінцівок.

Протези верхніх кінцівок за способом застосування підрозділяються на активні, функціонально-косметичні (пасивні), робочі та пристосування для самообслуговування.

Залежно від рівня ампутації протези верхніх кінцівок поділяються на протези кисті, передпліччя, плеча і після виокремлення плеча. За віковими ознаками розрізняють протези для дітей і дорослих.

Протези нижніх кінцівок. Залежно від рівня ампутації діляться на протези стопи, гомілки, стегна, після виокремлення стегна і при вродженому недорозвиненні нижніх кінцівок.

За віковими ознаками розрізняють протези для дітей, підлітків і для дорослих. За умовами використання розрізняють протези загального призначення, протези для купання, робочі і спеціальні протези.

Активні протези є функціональними протезами, тому виконують одну або кілька функцій здорової верхньої кінцівки, і, перш за все, основну функцію руки людини – ухоплювач.

Активні протези верхніх кінцівок можуть бути з м'язовим (тяговим) управлінням та з зовнішнім джерелом енергії (ЗДЕ).

У протезах з м'язовим управлінням (тягових протезах) для приведення в дію приводів виконавчих механізмів використовується сила груп м'язів і переміщення збережених сегментів тіла людини-інваліда. У протезах з ЗДЕ можуть використовуватися електромеханічний або пневмомеханічний типи приводу.

У протезах з електромеханічним типом приводу використовується електричний двигун з живленням від акумулятора. При цьому, залежно від типу застосовуваного датчика, розрізняють:

- Міотонічні протези, в яких керуючий сигнал формується елементом управління під дією м'язового поштовху (механічного впливу м'яза при збільшенні його поперечного перерізу в момент скорочення);

- Біоелектричні протези, в яких сигнал управління (біопотенціали) знімаються електродами відведення з поверхні керуючого м'яза в момент його скорочення. Електроди відведення конструктивно суміщені зі спеціальними підсилювачами біопотенціалів;

- Протези з контактними датчиками, в яких вплив на елемент керування (перемикач) здійснюється будь-яким сегментом тіла інваліда;

- Протези з комбінованим керуванням, в яких управління різними функціями здійснюється сигналами від різних за типом датчиків, або комбінацій двох і більше названих способів управління.

На відміну від протезів з електромеханічним типом приводу в пневмомеханічних протезах для приведення в рух окремих приводних механізмів використовується енергія стисненого газу.

Крім двох перерахованих вище груп існують також комбіновані протези-пристрої, в яких для приведення в рух приводних механізмів використовуються різні комбінації джерел енергії та систем управління.

Протези, які називаються робочими призначені для виконання різних робіт, як у виробничих, так і в домашніх умовах за допомогою насадок і пристосувань.

Насадки можуть бути:

1. активні і пасивні;
2. спеціальні та універсальні;
3. призначені для виконання конкретної операції або утримання різних предметів або інструментів.

Пристосування, спеціальні пристрої, що допомагають інвалідам обслуговувати себе власними силами, можуть бути стаціонарними і переносними, призначеними для різних

ціль: самообслуговування, користування предметами побуту, для навчання, для занять спортом дозвілля і т.ін.

ТЕМА 20 «СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ»

План:

1. Комп'ютерні мережі. Складові комп'ютерних мереж.
2. Класифікація комп'ютерних мереж.
3. Мережева архітектура. Протоколи і стандарти мереж.
4. Сучасний стан розвитку телекомунікацій в Україні.
5. Глобальна мережа Internet. Адресація в Інтернет.
6. Сервіси Internet.
7. Принципи формування запиту на пошук. Види пошуку.
8. Медичні ресурси Internet.

Комп'ютерні мережі. Складові комп'ютерних мереж

На сучасному етапі розвитку комп'ютерних технологій персональний комп'ютер, персональний в прямому сенсі цього слова, тобто існує окремо від інших, вже не здатен вирішувати весь комплекс завдань, поставлених людиною. Автономні комп'ютери відмінно справляються з вирішенням складних обчислювальних завдань, обробкою графічної, текстової і табличної інформації, однак для обміну інформацією з іншими комп'ютерами локальний комп'ютер має лише дискети, диски або портативні накопичувачі даних.

Проблема зв'язку між комп'ютерами вирішується шляхом об'єднання їх в мережу. Початок об'єднання комп'ютерів у єдину інформаційну мережу було покладено 24 вересня 1969 року, коли в Каліфорнійському університеті два комп'ютера через 15-футовий кабель обмінялися інформацією один з одним. Сьогодні мільйони комп'ютерів утворюють глобальну комп'ютерну мережу, в якій передаються і обробляються величезні потоки інформації. Вона працює за своїм строго визначеними правилами, або протоколами комунікації.

Телекомунікацією називають процес електронної передачі інформації або, іншими словами, інформаційна взаємодія.

Комп'ютерні телекомунікації – комунікації, апаратною основою яких є комп'ютери. Технічним втіленням таких телекомунікацій є комп'ютерні мережі.

Мережа – це група комп'ютерів та/або терміналів, які можуть обмінюватися інформацією один з одним, використовувати загальні периферійні пристрої (жорсткі диски, принтери, модеми тощо), а також зв'язуватися з видаленими комп'ютерами або іншими мережами.

Мережу можна визначити як систему, що дозволяє проводити обмін інформацією.

Об'єднання комп'ютерів у мережу дає можливість спільно використовувати дороге обладнання – диски великого об'єму, принтери, основну пам'ять, мати спільні програмні засоби і дані. Основним призначенням мережі є забезпечення простого, зручного і надійного доступу користувача до розподілених загальномережевих ресурсів та організація їх колективного використання та надійний захист від несанкціонованого доступу, а також забезпечення зручних і надійних способів передачі даних між користувачами мережі.

Базова комунікаційна модель – це мінімальний набір елементів, що становить будь-яку мережу. Вона включає в себе джерело, приймач, середовище передачі, повідомлення.

Розглянемо ці елементи більш докладно.

Джерело й приймач – два об'єкта, що обмінюються інформацією. У мережі такими об'єктами є: комп'ютер, головна ЕОМ, термінал і периферійні пристрої.

Середовище передачі (інформаційний канал) – канал, по якому поширюється інформація між джерелами і приймачами.

У кожній комп'ютерній мережі дані передаються у вигляді електричного оптичного або електромагнітного сигналу, який поширюється в певному середовищі. Кожна з середовищ передачі має як переваги, так і недоліки.

У загальному випадку розрізняють обмежене та необмежене середовище передачі.

Необмежене середовище – це відкритий ефір, по якому передаються мікрохвильові, радіо та інші електромагнітні сигнали.

Необмежене (бездротове) середовище забезпечує передачу й прийом електромагнітних сигналів без присутності пристрою, яке б містило цей сигнал всередині себе. Прикладом необмеженої середовища може служити атмосфера.

В даний час використовують наступні передавальні системи для необмеженого середовища:

- мікрохвильові комунікації (зокрема, супутникові);
- лазерні комунікації;
- інфрачервоні системи;
- радіопередавачі.

Обмежене середовище – це провідник, який проводить той або інший тип електромагнітного сигналу; це або електричний або світловий сигнал. Розрізняють наступні типи обмеженого середовища:

- «вита пара»;
- коаксіальний кабель;
- оптоволоконний кабель.

Вибір того чи іншого середовища передачі визначає структуру і розміри мережі. На малих площах застосовується, як правило, обмежене середовище. Спеціальні види обмеженого або поєднання обмеженого і необмеженого середовищ дозволяють підключати до мережі віддалені об'єкти. Необмежене середовище застосовується в мережах з мобільними (рухомими) робочими станціями (наприклад, робоча станція в автомобілі) і в глобальних мережах.

Повідомлення – це інформація, що передається від джерела до приймача.

Пакет повідомлень – це єдиний блок інформації, що передається по мережі. Повідомлення, що пересилаються між пристроями однієї мережі, формуються у пакети на вихідному пристрої, тобто на джерелі. Кожен окремий пакет складається з заголовка й області даних.

Набір правил або умов, використовуваних комунікаційною програмою або операційною системою для встановлення зв'язку, називають **комунікаційними протоколами**. Існує багато різних комунікаційних протоколів, але всіх їх об'єднує те, що вони дозволяють передавати інформацію у вигляді пакетів повідомлень від джерела до приймача.

Класифікація комп'ютерних мереж

Комп'ютерні мережі класифікують за такими ознаками: за способом управління, за швидкістю передачі інформації, за масштабом географічного поширення, за типом середовища передачі, за способом організації, за топологією зв'язку та ін.

Розглянемо деякі з класифікацій комп'ютерних мереж.

За **способом управління** розрізняють два види телекомунікаційних комп'ютерних мереж, а саме,

- 1) однорангові мережі;
- 2) мережі «клієнт-сервер», або багаторангові мережі.

Однорангові мережі (Peer-to-Peer Network) – мережі, вузли яких виконують однакові комунікаційні функції. В даному випадку вузли є рівними за своїми можливостями. Такі мережі просто об'єднують можливості всіх ПК, які при цьому абсолютно рівноправні, тобто мають однаковий ранг.

Мережі «клієнт-сервер» (Client-Server Network), або багаторангові мережі, передбачають централізований доступ до прикладного програмного забезпечення, пристроїв введення/виведення, обробки і зберігання інформації. У мережах клієнт-сервер ресурси, на відміну від однорангових мереж, сконцентровані на сервері.

Комп'ютери-клієнти – це комп'ютери, для яких головною метою є вирішення завдань свого користувача в інтерактивному режимі з використанням власних ресурсів, а також ресурсів інших комп'ютерів мережі. Завдання користувачів мережі, що працюють на інших комп'ютерах, є для даного комп'ютера-клієнта другорядною. Зазвичай в якості комп'ютерів-клієнтів використовуються ПК, зокрема робочі станції.

Комп'ютери-сервери – це комп'ютери, для яких головною метою є забезпечення використання ресурсів даного комп'ютера-сервера для розв'язання задач користувачів мережі, що працюють на інших комп'ютерах. Як правило, сервер повинен:

- встигати в необхідні терміни виконувати роботи за запитами декількох клієнтів, тобто мати потужні пам'ять і процесор або бути багатопроцесорним;
- бути здатним працювати тривалий час (тижні і місяці) без виключення і без присутності людини, сервер лише зрідка настроюється оператором (зазвичай це адміністратор мережі).

По **швидкості передачі інформації** розрізняють такі мережі:

1. низькошвидкісні – до 10 Мбіт/с;
2. середньошвидкісні – до 100 Мбіт/с;
3. високошвидкісні – більше 100 Мбіт/с.

Мережі часто класифікують залежно від **розміру географічної території**, яку вони охоплюють:

1. локальна обчислювальна мережа (ЛОМ);
2. регіональна обчислювальна мережа (РОМ);
3. глобальна обчислювальна мережа (ГОМ);
4. мобільна обчислювальна мережа (МОМ).

ЛОМ (LAN – Local Area Network) – мережа, що зв'язує користувачів одного або декілька близьких приміщень – кімнати, будівлі або комплексу будівель. В якості каналів може використовуватися вита пара, коаксіальний або оптичний кабель. Відстані між ПК в LAN становлять до 10 км, а при використанні радіоканалів зв'язку – до 20 км. Відмінними рисами ЛОМ є велика швидкість передавання даних, низький рівень помилок і використання дешевого середовища передачі даних. Найбільш популярними в даний час є такі ЛОМ, як Novell NetWare і Windows for Workgroups.

РОМ (MAN – Metropolitan Area Network) – мережа, що зв'язує користувачів міста, області, невеликих країн. В якості каналів зв'язку найчастіше використовуються волоконно-оптичні лінії. На додаток до підтримки обміну даними і голосового обміну РОМ, як і ЛОМ, передають і відеоінформацію. Обладнання РОМ розроблено для передачі даних на відстані більш, ніж ЛОМ (до 1000 км), і здатна включати в себе кілька ЛОМ. Однак, незважаючи на

обслуговування великих відстаней, POM усапдувала від ЛОМ і її швидкість обміну, і її низький рівень помилок.

ГОМ (WAN – Wide Area Network) за своєю суттю представляє об'єднання ЛОМ і POM в єдиний конгломерат. Глобальні комп'ютерні мережі забезпечують з'єднання великої кількості комп'ютерів на величезних територіях, які охоплюють цілі регіони, країни і континенти, що використовують для передачі інформації оптоволоконні магістралі, супутникові канали зв'язку і комутовану телефонну мережу.

Яскравим прикладом об'єднання глобальних і локальних мереж в єдину спільноту мереж є *Internet (Internet)*. Успіх Internet вплинув на розвиток *корпоративних мереж Інтранет (Intranet)*. Іноді ці мережі називають глобальними ЛОМ, а робота з ними аналогічна роботі з Internet.

Зараз вже не можна провести чітку та однозначну межу між локальними і глобальними мережами, оскільки більшість локальних мереж мають вихід в глобальну мережу.

В даний час розвивається концепція *інтелектуальної глобальної мережі (Smart Global Network)*, яка повинна об'єднати Internet, мережі підприємств і робочих груп у єдиний мережевий ресурс. Такі мережі повинні зробити реальністю нездійсненну мрію про комп'ютер, який міг би «розумно» виконувати для користувача необхідну роботу. Інтелектуальні мережеві служби зможуть ідентифікувати підключених до них користувачів, визначати, де вони знаходяться і яким чином з ними працювати. Крім того, такі мережі мають поєднувати в собі безліч пристроїв різних постачальників і забезпечувати доступ «в будь-який час і в будь-якому місці». Для цього повинні використовуватися телефони, телевізори, факсимільні апарати, пейджери, персональні цифрові помічники та інші мережеві пристрої. В цьому випадку мережа може стати дійсно інтелектуальною і глобальною.

Мобільні мережі (ММ) – поняття, яке можна сприймати буквально, – це мережі, які можуть пересуватися. Зазвичай вони складаються з мобільних станцій, прикладом чого можуть служити поліцейські машини з бортовим комп'ютером, під'єднаним до центрального серверу. Мобільні мережі використовують техніку передачі у відкритому середовищі, таку як радіохвилі.

За **типом середовища передачі** комп'ютерні мережі поділяють на дротові (середовище передачі сигналу – коаксіальний кабель, оптоволоконний кабель, «вита пара») і бездротові (середовище передачі – атмосфера).

Структуру мережі прийнято описувати її топологією.

Топологія – це фізичне розташування компонентів мережі (кабелів, робочих станцій тощо) та метод доступу до середовища передачі. Існує чотири основні топології, а саме: сітка, зірка, шина та кільце. Крім того, існує ще так звана гібридна топологія, яка є об'єднанням двох або більше основних топологій.

Топологія мережі визначає не тільки фізичне розташування комп'ютерів, але, що набагато важливіше, і характер зв'язків між ними, особливості поширення сигналів по мережі.

Фізична топологія – схема розташування комп'ютерів і прокладання кабелів.

Логічна топологія – структура зв'язків, характер поширення сигналів по мережі.

Топологія управління обміном – принцип і послідовність передачі права на захоплення мережі між окремими комп'ютерами.

Інформаційна топологія – напрямок потоків інформації, що передається по мережі.

Мережева архітектура. Протоколи і стандарти мережі

Мережева архітектура – це не тільки сукупність компонентів мережі, але і спосіб їх взаємозв'язку.

Комп'ютерні мережі мають складну структуру із-за великих відмінностей між використовуваними комп'ютерними системами. Для вирішення проблем зв'язку різних комп'ютерних систем треба вирішити найбільш узагальнену задачу мережевих комунікацій – розбити завдання на більш дрібні, краще, керовані завдання. Тоді проблеми, пов'язані з цими меншими завданнями, також зменшуються і їх можна вирішити незалежно. Така технологія відома під гаслом «розділяй і володарюй».

Технологія «розділяй і володарюй» володіє наступними перевагами:

- Краще розуміння проблеми. Малі проблеми легше розуміються і легше вирішуються на відміну від великих.

- Збільшена модульність. Як правило, великі задачі можна розбити на більш дрібні і помітити, що вирішення цих дрібних завдань здебільшого повторюються. Саме завдяки цьому і спостерігається взаємозамінність модулів при вирішенні завдань.

- Поліпшена сумісність. Сумісність є критичною межею мережевих додатків. Мережа не буде потрібна, якщо різні комп'ютери не зможуть спілкуватися один з одним. Рішення цієї задачі призводить до багаторівневої моделі концепції «поділяй і володарюй».

Модель OSI (Open System Interconnection) є багаторівневою моделлю концепції «поділяй і володарюй». Створена Міжнародною Організацією по Стандартизації (ISO), ця модель поділяє мережеві комунікації на окремі рівні, що полегшують розробку і впровадження мереж, а також служить базисом при розробці спільного мережного обладнання.

Модель OSI має сім рівнів, зазначених нижче у таблиці.

В моделі передбачено, що взаємодіють тільки суміжні рівні. Зміна стану одного з рівнів призводить до негайної зміни стану суміжних рівнів. Інформація, що надходить від Джерела до Приймача, проходить всі рівні за наступною схемою: інформація стартує з 7 рівня Джерела і проходить всі рівні до 1-го. Далі, 1-й рівень передає інформацію з мережі. На Приймач інформація приходять на 1-й рівень, піднімається до 7-го рівня і досягає користувача.

Рівень	Назва рівня
7	Рівень додатків (Application Layer)
6	Рівень представлення (Presentation Layer)
5	Сеансовий рівень (Session Layer)
4	Транспортний рівень (Transport Layer)
3	Мережевий рівень (Network Layer)
2	Рівень управління лінією передачі даних (Data Link Layer)
1	Фізичний рівень (Physical Layer)

Фізичний рівень забезпечує лінію зв'язку для передачі даних між вузлами мережі. Рівень визначає електричні, механічні та функціональні параметри для фізичного зв'язку в системах. На цьому рівні відбувається перетворення даних 2-го рівня у сигнали, що передаються по кабелю.

Рівень управління лінією передачі даних формує з даних, переданих 1-м рівнем кадри, які є блоками даних, що містять додаткову керуючу інформацію.

Мережевий рівень встановлює зв'язок в обчислювальній мережі між двома вузлами, а також забезпечує обробку помилок і управління потоками даних.

Транспортний рівень виконує поділ повідомлень на пакети на Джерелі і збирання пакетів на Приймачі.

Сеансовий рівень забезпечує взаємодію з транспортним рівнем і координує прийом і передачу даних одного сеансу зв'язку. Крім того, сеансовий рівень містить функції управління паролями, підрахунок плати за використання ресурсів мережі.

Рівень представлення призначений для підготовки даних, використовуваних потім на рівні додатків. На рівні відображення відбувається перетворення даних з кадрів в екранний формат або формат друкуючого пристрою.

Рівень додатків відповідає за підтримку прикладного програмного забезпечення кінцевого користувача.

Модель OSI представляє собою лише архітектурний каркас і загальні рекомендації для побудови сумісних стандартів мережевих продуктів. Саме завдяки цим рекомендаціям і можливе об'єднання мереж в інтермережу.

Протоколи і стандарти мережі

Протокол зв'язку – це закодоване в двійковому коді угода про правила передачі та прийому інформації.

Кожний пристрій, призначений для передачі і прийому інформації (мережева плата, факс-модем тощо), зазвичай володіє декількома протоколами зв'язку. Зазвичай вони записані у флеш-пам'яті цього пристрою. При налаштуванні з'єднання двох таких пристроїв вони з безлічі наявних у обох протоколів автоматично вибирають найкращий, виходячи з конкретних умов функціонування лінії зв'язку.

Протоколи визначають правила комунікацій і є блоками, що дозволяють об'єднати комп'ютери в комунікаційну систему. Специфікації протоколів описують правила побудови мережі, деталізують порядок, в якому комп'ютерним пристроям дозволяється використовувати спільне середовище передачі, визначають, як пристрої усувають конфлікти, задають розміри пакетів інформації, а також займаються іншими питаннями, пов'язаними з передачею даних.

Протоколи верхнього рівня TCP/IP – протоколи пакетної передачі, які дозволили об'єднати різномірні системи. Сімейство протоколів стало відомо як сімейство протоколів Internet.

TCP (Transmission Control Protocol – протокол управління передачею) є протоколом транспортного рівня моделі OSI. Протокол управляє потоком пакетів даних і обробляє помилки. Крім цього, протокол гарантує, що пакети інформації отримані без помилок і в потрібному порядку.

Протокол IP (Internet Protocol – міжмережевий протокол) є протоколом мережевого рівня моделі OSI, який маршрутизує інформацію і визначає оптимальний маршрут в інтермережі.

Сімейство протоколів Internet включає в себе ряд відомих додатків. Це, наприклад, протоколи емуляції терміналу, протоколи передачі файлів і протоколи передачі електронної пошти.

HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) – протокол для передачі гіпертекстових документів. Для подання інформації у вигляді гіпертексту застосовується мова HTML (Hyper Text Markup Language). Такий документ, крім тексту з гіперпосиланнями (hypertext links), може містити також графічну, відео та звукову інформацію.

Протокол Telnet – протокол віддаленого термінального доступу до мережі. За допомогою Telnet комп'ютер підключається до віддаленого комп'ютера, що входить до складу Internet. При цьому всі команди і дані, що вводяться на комп'ютері користувача, виконуються та обробляються системою віддаленого комп'ютера, а отримані результати

виводяться на монітор комп'ютера. Таким чином, Telnet дозволяє вам перетворити свій комп'ютер у віддалений термінал іншого комп'ютера. В даний час більшість інформаційних систем, раніше доступних лише при наявності Telnet, стали доступними і через WWW (World Wide Web – всевітня павутина).

Протокол, який використовується для передачі файлів через Internet – *FTP (File Transfer Protocol)*. Підтримувальні даний протокол сервери називають FTP-серверами. У загальному випадку FTP передбачає санкціонування доступу, тобто ідентифікацію користувача, від якого надійшов запит на інформацію. Якщо це не потрібно, доступ до файлів організується через так званий анонім (anonymous). Доступ до FTP-серверів можна здійснити за допомогою стандартних Web-браузерів.

WAP (Wireless Application Protocol) – відкритий протокол і технічний стандарт, розроблений за ініціативою фірми Unwired Planet (Phone.com). Його широке застосування призвело до можливості обмінюватися інформацією через Всесвітню мережу Інтернет безпосередньо з мобільних телефонів, без посередництва комп'ютера. За протоколом WAP зміст Web-ресурсів на мобільний телефон безпосередньо не передається. В Інтернет інформація представлена у вигляді HTML-сторінок, робота з якими передбачає швидкі комунікації, потужні процесори, великі екрани і обсяг пам'яті комп'ютерів, що не володіють звичайні мобільні телефони. Тому для WAP використовується спеціальна мова розмітки – Wireless Markup Language (WML), більш простий і вимогливий, ніж HTML. Зараз в Україні вже існують сотні WAP-сайтів. Найбільш популярні: wap.gala.net, wap.kyivstar.net, wap.prostir.com.00 та ін. Для знаходження інформації в «мобільному» секторі Інтернет виникла необхідність в пошукових системах. WAPJAG (www.wapjag.com) зараз є найбільшим каталогом з WAP-ресурсів, а також найбільш популярною пошуковою машиною. Серед російських пошуковиків кращим вважається Яндекс (wap.yandex.ru). В українському секторі можна відзначити портал wap.uaport.net – один з найбільш насичених інформацією українських WAP-ресурсів. Найбільш корисні та зручні послуги WAP, пов'язані з доступом до електронної пошти. Така послуга з'явилась у найбільших безкоштовних серверів (wap.mail.ru, wap.imail.ru, wap.newmail.ru).

Сучасний стан розвитку телекомунікацій в Україні

Телемедицина – прикладний напрямок медичної науки, пов'язаний з розробкою і застосуванням на практиці методів дистанційного надання медичної допомоги та обміну спеціалізованою інформацією на основі використання сучасних телекомунікаційних технологій.

Загальновідомим є той факт, що фахівці, носії професійних знань, в більшості випадків недоступні в той час і в тому місці, де вони необхідні для прийняття рішень.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є наближення спеціалізованої допомоги до віддалених територій за допомогою телеконсиліумів і телеконсультацій, які здійснюються через сучасні комп'ютерні мережі. За даними американських лікарів, при використанні телемедицини у 80% випадків відпадає необхідність транспортування хворого в центральний госпіталь.

Найбільший розвиток телемедицина отримала в США, Канаді та країнах Скандинавії, де є географічно віддалені місцевості і високі вимоги до надання медичної допомоги. Телемедицина може ефективно забезпечувати консультації та медичну допомогу в сільських районах пацієнтам, для яких своєчасність втручання є вирішальним фактором.

Україна займає 607,7 тисяч км² і має населення близько 46 мільйонів, тому для неї ця проблема є дуже актуальною.

Консультація лікарів з географічно віддалених місць досягається трьома видами доступу:

1. Отримання загальномедичної інформації (літературні цитати, огляди, звіти про клінічні дослідження).
2. Списки обговорення (discussion lists). Лист, направлений до списку обговорень, потрапляє до кожного учасника, і на питання, поставлене світовій громадськості професіоналів, можна отримати масу корисної сучасної інформації.
3. Відеоконференції з можливостями передачі графічної інформації та зображення хворого.

Наприклад, у Норвегії з 1990 року існує консультативна система з патологічної анатомії, в якій за допомогою телекомунікацій беруть участь лабораторії кількох лікарень.

Дистанційне навчання. Сучасні технології дозволяють проектувати і створювати інформаційні інструменти, призначені для удосконалення процесу підготовки майбутнього медика. «Edutainment» (Освіта і Розвага) – так називається діалоговий підхід до навчання з використанням мультимедійних засобів. В основі цього напрямку лежить комп'ютеризована форма подання інформації у вигляді тексту, звуку, зображення, фотографії, ілюстрації. Мультимедійні відео в індивідуальному ритмі.

Дистанційне навчання на базі мультимедійних технологій дозволяє без відриву від виробництва провести навчання великих груп фахівців. Так, наприклад, використання комп'ютерної телекомунікаційної мережі Коледжем лікарів загальної практики (Ірландія) дозволило в перший же рік дистанційного навчання пройти курс підвищення кваліфікації з надання невідкладної допомоги при серцево-судинних захворюваннях відразу 8% всіх лікарів загальної практики.

У Китаї була випробувана система віддаленої здачі кваліфікаційних іспитів. З 125 645 кандидатів, які брали участь в іспиті, лише половина пройшла експертизу.

Для нашої країни, яка має достатньо велику територію і знаходиться у важкому економічному становищі, створення телемедичних консультативних центрів є дуже актуальним, тому що дає можливість зменшити витрати на медичне обслуговування населення з одночасним підвищенням якості консультацій та діагностики. У першу чергу це стосується віддалених сільських районів.

Регіональні мережі. При всьому розмаїтті ресурсів Internet усі частіше з'являються повідомлення про розвиток регіональних комп'ютерних мереж для потреб охорони здоров'я. Це пов'язано з наступними обставинами.

1. Незадоволеними інформаційними потребами охорони здоров'я в сільських регіонах.
2. Високими цінами на віддалений доступ до інформаційних ресурсів (вартість самої інформації і послуг передачі даних).
3. Відсутність можливостей доступу до електронних історій хвороби госпітальних систем.
4. Необхідність вирішення регіональних медичних програм.

Наприклад, інформаційна мережа охорони здоров'я штату Вермонт (VTMEDNET), створена у зв'язку з незадоволеними інформаційними потребами охорони здоров'я сільської частини населення штату, забезпечує електронну пошту, доступ до баз даних і послуг бібліотек міст, а також до електронних історій хвороби жителів штату. Дві третини лікарів

штату відзначають, що інформаційний потенціал мережі і низька вартість її послуг дозволяють поліпшити якість медичної допомоги в сільській місцевості.

Угорський інститут психіатрії та неврології вже в 1992 році, в рамках вирішення національної програми зменшення смертності від порушень мозкового кровообігу, ввів в дію інформаційну систему прямої підтримки медичної діяльності на основі сучасних телекомунікаційних технологій. Система, яка складається з інтерактивних мережевих баз даних, доступна практично для будь-якої установи країни.

Інформаційна система охорони здоров'я, яку використовує уряд Франції, заснована на ряді мереж, які містять інформацію про епідеміологічне здоров'я населення і соціально значущих захворюваннях. Через цю систему передаються повідомлення про всі інфекційні захворювання.

В Україні локальні комп'ютерні мережі теж набувають все більшого поширення. Так, наприклад, в РОКЛДЦ ім. Віктора Поліщука успішно функціонує комплексна автоматизована система «Діагностичний центр», що є багаторівневою комп'ютерною мережею, яка складається з мереж медичного і адміністративно-господарського профілю, організаційно-науково-методичної мережі, мережі навчання і зв'язка з районними ділянками, а також мережі україно-американської програми запобігання вродженим вадам розвитку.

Модерним зв'язком система з'єднана з північними районами Рівненської області, які найбільш постраждали від наслідків аварії на ЧАЕС, з Київським інститутом інформаційних технологій і Національним реєстром, з банківською системою міжнародної комп'ютерної системи Internet (включаючи прямий доступ до провідних університетів США).

Автоматизована інформаційна система об'єднує понад 90 комп'ютерів. Мережа медичного профілю побудована за класичною схемою госпітальної інформаційної системи – збір інформації про пацієнтів; формування потоків і пропорційний розподіл пацієнтів на види досліджень і лікування (згідно графіків роботи і нормативам прийому лікарів), формування історії хвороби (повний електронний варіант, формування звітів (близько 50 звітів) і т.ін. Системою підтримується близько 230 АРМ (автоматизованих робочих місць) лікарів.

Одним з основоположних принципів створення регіональних мереж є принцип Єдиного Інформаційного простору (ЄІП), тобто середовища, заснованого на широкому використанні телекомунікацій і засобів масової інформації, що забезпечують доступ зацікавленим організаціям і особам до медико-санітарної інформації, а також її збирання та поширення для підтримки прийняття управлінських і спеціалізованих професійних рішень.

Сьогодні в Україні відбуваються процеси реформування системи охорони здоров'я, одним з яких є інтеграція системи охорони здоров'я у світовий інформаційний простір.

Відповідно до Концепції державної політики інформатизації охорони здоров'я для практичного впровадження інформаційних технологій в лікувальний та діагностичний процес, медичну науку і освіту необхідно створити відповідну інфраструктуру в області.

Основою розвиненої інфраструктури медичної інформатики є створення Національної медичної комп'ютерної мережі прямого доступу «УкрМедНет».

Мета проекту – створити систему обміну медичною та екологічною інформацією як в Україні, так і за її межами на основі використання телекомунікаційних технологій.

Україна вже має досвід у створенні національної медичної мережі та баз даних, які будуть інтегровані в «УкрМедНет». По-перше, існують дві найбільш розвинуті медичні мережі, які функціонують в рамках діючої національної комп'ютерної мережі першої генерації «HealthNet». Ця мережа буде в майбутньому трансформована в «УкрМедНет». Найбільш розвиненим з цих двох мереж є Національний Реєстр осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи. Для функціонування Реєстру створена комп'ютерна

мережа, яка має пункти в 25 регіонах і містах, безпосередньо підпорядкованих центру – у Києві та Севастополі.

Інша найбільш розвинена система – система санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України. Ця мережа має комп'ютерні центри в обласних управліннях охорони здоров'я (70 комп'ютерних центрів), які передають оперативну інформацію до Міністерства охорони здоров'я про поточний стан санітарної, епідемічної та екологічної ситуації в Україні. Ці дві системи інтегровані в загальну систему, названу «HealthNet».

Сьогодні Національна комп'ютерна мережа прямого доступу «УкрМедНет» створюється на ґрунті існуючої «HealthNet» та деяких інших автономних медичних систем. Цей проект передбачає інтеграцію всіх існуючих окремих медичних мереж, медичних університетів та медичних НДІ України «УкрМедНет», створення єдиного інформаційного простору та їх інтеграцію в Європейський інформаційний простір.

Планується створити і постійно оновлювати WWW серверів, які підтримують інформаційне забезпечення на трьох мовах – українською, російською та англійською за такими розділами:

- інформація стратегічного значення за даними радіологічного, епідеміологічного та токсикологічного моніторингу;

- бази даних з швидким доступом до інформації та інструкцій з ургентним дій у надзвичайних ситуаціях;

- інформація з різних галузей медицини;

- медична інформація для населення: про діабет, епілепсію, вагітність, серцево-судинні захворювання, здоровий спосіб життя, раціональне харчування, токсикології і фармакології, дані про заборонені харчові продукти, поточні фармакологічні поради, інша пов'язана зі здоров'ям населення інформація;

- інформація з різних галузей знань, яка необхідна в охороні здоров'я (біологія, фізика, хімія та ін);

- деякі дані по промисловості та сільське господарство;

- інша інформація за економічними, географічними та демографічними питаннями;

- інформація, спеціально підібрана і підготовлена для студентів-медиків.

Планується також підготувати базу даних про бізнес, в першу чергу щодо страхової медицини, платних медичних послуг і товарів для охорони здоров'я. Інформація буде організована у вигляді гіпертекстових розподілених баз даних з мультимедійними компонентами (графіка, фото, аудіо і відео ілюстрації).

Надалі будуть створені стандартизовані і інтегровані в «УкрМедНет» госпітальні інформаційні системи різних рівнів (обласних і районних лікарнях, спеціалізованих інститутах). Вони будуть оснащені розвиненими телекомунікаційними можливостями для передачі біологічних сигналів і зображень (ЕЕГ, ЕКГ, рентгенограм, зображень цитологічних і гістологічних досліджень тощо), текстів, графіків, аудіо та відео інформації відповідно до телемедичної концепції.

Архітектура «УкрМедНет» буде мати трирівневу структуру.

Перший рівень Мережі буде складатися з Національного вузла, розташованого в Києві, і чотирьох міжрегіональних вузлів, які обслуговуватимуть 5 або 6 областей (обласні вузли).

Національний та міжрегіональні вузли повинні забезпечувати підключення до Мережі вузлів іншого рівня, які формуються на основі обласних відділів охорони здоров'я, а

також підключення головних наукових і великих медичних закладів і медичних університетів.

Третій рівень Мережі буде складати районні вузли і кінцевих користувачів, об'єднаних з вузлами обласних відділень охорони здоров'я.

Термін «Інтернет-медицина» вже встиг стати досить звичним і включає в себе:

- інформаційну підтримку клінічної медицини з питань консультування хворих;
- довідкову службу в галузі охорони здоров'я;
- медико-статистичну інформацію;
- забезпечення доступу до баз даних бібліотек;
- інформацію адміністративного характеру;
- інформацію в області телемедицини;

- плани проведення конференцій, виставок та інформаційні повідомлення по їх завершенню.

2 грудня 1992 року вважається днем народження українського Інтернету. В цей день, після більш ніж річних переговорів зі структурами, що відповідають в американському уряді за адміністрування Інтернету, був делегований домен для України – UA. Реально Україна була додана до мережі в січні 1993 року.

На цей час в Українському сегменті працюють більше 400 інтернет-провайдерів. Число користувачів Інтернету в Україні за рік збільшилась на 37%. Зростання українських інтернетчиків було більш активним, ніж збільшення кількості комп'ютеризованих сімей. Фахівці компанії GFK вважають, що динаміка збільшення числа користувачів Мережі обумовлена зростанням мобільних підключень.

За період з 4 кварталу 2008р. по 4 квартал 2009р. кількість сімей, у яких з'явився комп'ютер, збільшилась на 29%. У 4 кварталі 2008р. лише 9% українців користувалися мобільним Інтернетом, а в 4 кварталі 2009р. їх кількість збільшилася до 16%. число користувачів в Україні становить 3,5 млн. чоловік. Кількість користувачів протягом 2005 року зростає в два рази.

Географічно лідером за кількістю користувачів є Київ – 53%, користувачі з інших великих міст і регіонів (Дніпропетровськ, Донецьк, Запоріжжя, Львів, Одеса, Харків, АР Крим) склали 33%, з решти регіонів – 14%. Наприклад, найменше відвідувачів Інтернету в грудні 2006 року було з Рівненської області – 0,28%.

Серед пошуковиків, з яких здійснювалися переходи на українські сайти, лідером у грудні 2006 року був yandex.ru – переходи з цієї пошукової системи склали 34%.

Згідно з опитуванням, старші користувачі використовують Інтернет для роботи (електронна пошта, новини, сайти органів влади), а молодь – для розваг і пошуку інформації. На роботі Інтернетом користуються 32% опитаних, вдома – 24%. Найбільш популярним інтернет-сервісом для українців стала електронна пошта, друге місце за популярністю займають соціальні мережі (ними користуються 31% інтернетчиків), крім того, українці стали більше цікавитися онлайн-новинами ресурсами (популярність збільшилася з 24% до 29%) і частіше завантажувати музику і фільми в онлайн (з 26% до 32%).

У 2000 році вийшов Указ Президента України «Про заходи щодо розвитку національної складової глобальної інформаційної мережі Інтернет та забезпечення широкого доступу до цієї мережі в Україні». Згідно з цим Указом встановлено, що розвиток національної складової мережі Інтернет, забезпечення широкого доступу до цієї мережі громадян та юридичних осіб усіх форм власності в Україні, належне представлення в ній національних інформаційних ресурсів є одним з пріоритетних напрямів державної

політики в сфері інформатизації, задоволення конституційних прав громадян на інформацію, побудови відкритого демократичного суспільства, розвитку підприємництва.

У 2004 році в Україні набули чинності закони "Про електронний документ та електронний документообіг" і "Про електронний цифровий підпис". Згідно з цими законами електронним вважається документ, інформація в якому зафіксована у вигляді електронних даних, включаючи обов'язкові реквізити документа, такі як електронний підпис. Закон про електронний цифровий підпис надає право фізичним і юридичним особам використовувати цифровий підпис для підтвердження матеріалів і документів, поданих в електронній формі.

Експерти кажуть, що нові закони є вирішальним кроком у розвитку інтернет-послуг у країні і становлення України як електронної держави. Відсутність закону про електронний документообіг і цифровий підпис значно затримувало розвиток в Україні інтернет-банкінгу та інтернет-комерції. У Росії цифровий підпис узаконен з початку 2003 року, в США – з жовтня 2000 року.

У 2004 році Державна податкова адміністрація дозволила платникам податків подавати податкову звітність в електронній формі, однак технічні деталі цієї системи поки що не врегульовані у відповідних підзаконних актах.

У 2005 році було оголошено, що Уряд України готується почати надавати послуги громадянам через Інтернет в інтерактивному режимі.

Про це повідомив начальник управління стратегії розвитку інформаційних ресурсів і технологій Кабміну Віктор Бондар. За його словами, вже у 2006 році уряд зможе через Інтернет надавати громадянам України «10-20 послуг, які можна отримати, не виходячи з дому». Послуги, які зможуть отримати громадяни через веб-сайти державних органів, інтегровані в єдиний інформаційно-аналітичний урядовий портал, можуть бути найрізноманітнішими. Так, Міністерство внутрішніх справ зможе видавати громадянам різні дозвільні документи, Державна служба зайнятості – надавати доступ до бази даних про наявні пропозиції по роботі і отримувати заявки в режимі он-лайн, Пенсійний фонд – інформувати про стан особового рахунку, комунальні служби – приймати розрахунки за комунальні послуги.

Зараз процес створення в Україні електронного уряду перебуває на другій стадії, коли створені раніше (на першому етапі) веб-ресурси різних відомств інтегруються в єдиний портал виконавчої влади, звідки громадяни можуть отримати повну інформацію про їх діяльність.

На третьому етапі взаємодія державних органів і громадян через Інтернет в онлайн режимі буде двостороннім, для чого необхідно розробити ряд підзаконних актів, які регулюють використання електронних документів та цифрового підпису.

Створено WAP-версія Конституції України. Конституція України українською (транслітерації), російською та англійською мовами стала доступною користувачам мобільних телефонів стандарту GSM, що підтримують WAP-протокол для доступу в Інтернет (<http://wap.president.gov.ua>).

Глобальна мережа Internet. Адресація в Інтернет

Інтернет є найстарішою глобальною мережею. У сучасному розумінні Інтернет з'явився тоді, коли був розроблений протокол обміну інформацією TCP/IP. Це сталося в 1983 році, коли 400 комп'ютерів мережі ARPANET (США) стали використовувати даний протокол. Він дозволив обмінюватися даними будь-яких комп'ютерів, незалежно від їх типу і

конфігурації, і дав можливість привласнити всім комп'ютерам в мережі цифрові унікальні адреси (IP-адреси).

IP-адреса комп'ютера

Цифрова IP-адреса комп'ютера – це 32-бітове число, яке прийнято записувати у вигляді чотирьох десяткових чисел, розділених крапками. Кожне десяткове число може приймати значення від 0 до 255. Наприклад:

0.0.0.0
192.112.36.51
255.255.255.255.

Будь-яка IP-адреса складається з двох частин: адреси мережі (ідентифікатора мережі, Network ID) і адреси хоста (ідентифікатора хоста, Host ID) у цій мережі. Завдяки такій структурі, IP-адреси комп'ютерів в різних мережах можуть мати однакові номери. Але оскільки адреси мереж різні, ці комп'ютери однозначно ідентифікуються і не можуть бути поплутані один з іншим.

З поняттям IP-адреси комп'ютера тісно пов'язане поняття хоста (host). Найчастіше це поняття ототожнюють з поняттям комп'ютера, підключеного до Інтернету. У загальному випадку під хостом розуміється будь-який пристрій, що використовує протокол TCP/IP для спілкування з іншими пристроями. Тобто крім комп'ютерів це можуть бути і маршрутизатори (електронні пристрої, що забезпечують передачу пакета даних з однієї мережі в іншу і забезпечують оптимальний маршрут для цього пакета), і концентратори («hub», пристрої, що служать для об'єднання в єдину мережу декількох сегментів мережі) і т.ін. Ці пристрої також мають свої IP-адреси, як і комп'ютери вузлів мережі та комп'ютери користувачів.

Доменне ім'я (DNS-адреса)

Цифрові адреси комп'ютерів незручні при спілкуванні користувачів. Тому через деякий час була створена *доменна система імен* (Domain Name System, DNS). На відміну від IP-адрес доменні імена – це зрозумілі і легкі для запам'ятовування назви. Доменна система імен заснована на використанні методу призначення імен шляхом покладання на різні групи користувачів відповідальності за підмножини імен. Кожен рівень у цій системі називається доменом. Домени відокремлюються один від одного крапками:

fred.cso.uiuc.edu
nic.ddn.milyodyne.com

Хоча в імені може бути будь-яке число доменів, але комбінації, в яких їх більше п'яти, зустрічаються рідко. Якщо читати доменне ім'я зліва направо, кожний наступний домен в імені на один рівень вище попереднього. В імені *fred.cso.uiuc.edu* елемент *fred* – це ім'я реального комп'ютера з IP-адресою. Це ім'я створено і наглядається групою *cso*, якою є, наприклад, відділ, в якому стоїть комп'ютер. Відділ належить університету штату Іллінойс (*uiuc*), а *uiuc* входить в національну групу навчальних закладів (*edu*). Таким чином, домен *edu* включає всі комп'ютери навчальних закладів США, а домен *uiuc.edu* – всі комп'ютери штату Іллінойс і т.ін.

Кожна група може створювати і змінювати всі імена, що знаходяться під її контролем (доменні імена, нижчі за рівнем). Практична робота адміністратора імен в групі доменів вимагає певних навичок і є далеко не простою. Тому десь на рівні підприємств і організацій (як, наприклад, *uiuc*) або на один рівень нижче призначається особа, яка відповідає за супровід всіх нижчих рівнів. Існує локально встановлений порядок подачі запитів на створення і редагування імен.

Що стосується імен верхнього рівня (як, наприклад, *edu*), то їх створили, коли була винайдена доменна система імен. Спочатку існувало шість організаційних доменів вищого рівня (див. таблицю).

Домен	Використання
com	Комерційні організації
edu	Навчальні заклади
gov	Урядові заклади (крім військових)
mil	Військові установи (армія, флот, тощо)
org	Інші організації
net	Мережеві ресурси

Коли Інтернет став міжнародною мережею, виникла необхідність надати закордонним країнам можливість контролювати імена, що знаходяться в їх системах. Для цієї мети було запропоновано ряд дволітерових доменів, які відповідають доменам вищого рівня кожної країни. Нижче наведено кілька прикладів доменів - кодів країн:

au – Австралія	ca – Канада
br – Бразилія	us – США
uk – Великобританія	fi – Фінляндія
de – Німеччина	fr – Франція
ru – Росія	jp – Японія
ua – Україна	su – країни колишнього СРСР, включаючи Росію, Україну (застарілий домен)

У 2000р. ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers – організація мережі Інтернет, вирішальна питання та усуває конфлікти, пов'язані з розподілом адресного та доменного простору Інтернет) прийняла кілька нових доменів верхнього рівня (www.icann.org):

- info – загальне
- biz – бізнес
- name – приватні особи
- museum – музеї
- aero – авіа індустрія
- coop – ділове співробітництво

URL-адреса

Як було сказано, кожен комп'ютер підключений до Internet має свою унікальну адресу, представлену або комбінацією цифр (IP-адреса), або певною комбінацією символів (доменне ім'я). Однак знання IP-адресу або доменне ім'я комп'ютера недостатньо, щоб знайти на комп'ютері конкретний документ. Як відомо, вся інформація в комп'ютерній мережі зберігається у вигляді файлів.

Для отримання доступу до потрібного файлу необхідно вказати шлях до нього (послідовність каталогів, у яких він знаходиться). Самі файли розташовані на серверах, постійно підключених до ланій зв'язку, через які і відбувається доступ до файлів. Всі файли у сукупності – *це ресурси Інтернет*. Сервер – це віддалений комп'ютер, на якому працює серверна програма, що виконує обробку запитів користувачів, перевірку їх повноважень, прийом інформації від користувачів і передачу їм потрібних даних.

Але при зверненні через мережу цього знову-таки мало – потрібно визначити, який протокол повинен застосовуватися для отримання доступу до інформації. Для кожного типу ресурсу Інтернет має свій протокол доступу. Наприклад, з файловими архівами працюють по протоколу FTP (File Transfer Protocol), а з веб-сторінками за протоколом HTTP (Hypertext Transfer Protocol).

Всі перераховані елементи (протокол, що описує метод доступу, адресу сервера, шлях до файлу та його ім'я) містяться в унікальній адресі, кожного інформаційного ресурсу, іменованому *URL-адресою* (Universal Resource Locator – універсальний покажчик ресурсів). URL також називають адресою ресурсу або просто адресою.

Важливо знати, як правильно пишеться повна URL-адреса. Вона має наступну структуру:

протокол://адреса_сервера/шлях/ім'я_файла

- *Протокол* (або метод доступу) – це перша частина адреси, яка відділяється від інших елементів двокрапкою і двома косими рисами (://). Метод доступу може бути наступним: http, ftp, telnet або news.

- *Адреса_сервера* – це доменне ім'я комп'ютера, на якому розміщені дані.

- *Шлях* – це послідовність з імен каталогів і підкаталогів, в останньому з яких міститься потрібний файл. Імена каталогів розділяються похилою рисою (/).

- *Ім'я_файла* – це ім'я шуканого файлу (документа). Воно повинно мати певне розширення. Так, імена веб-сторінок прийнято забезпечувати розширенням html, імена файлів, в яких зберігаються наукові статті, – розширенням doc, pdf, а імена мультимедіа-документів – розширенням gif, jpeg (графіка), wav, wma, au (звук) і avi, mkv, mp4, flv (відео).

Очікується, що в недалекому майбутньому до ресурсів, до яких обіг здійснюється за URL, додасться принтер. Вже схвалена перша версія протоколу друку через Інтернет - IPP (Internet Printing Protocol 1.0). Його впровадження дозволить користувачам надсилати свої документи прямо на принтер і управляти процесом друку з будь-якої точки планети. Таким чином, Інтернет перетворив принтер в альтернативу ще одному традиційному пристрою зв'язку – факсу.

Розглянемо структуру різних URL на прикладі адреси лабораторії фізичної та колоїдної хімії Вагенінгенського сільськогосподарського університету в Нідерландах (Laboratory for Physical Chemistry and Colloid Science at the Wageningen Agricultural University). Адреса університету – <http://www.wau.nl>, а адресу самої лабораторії – <http://www.fenk.wau.nl>. Ввівши цю адресу, де *fenk* – це аббревіатура від назви лабораторії голландською мовою, ви перейдете на Home page лабораторії, що в перекладі на українську мову означає домашня (початкова, заголовна початкова) сторінка. Саме з домашньої сторінки зручно починати подорож по Web-сайту будь-якої організації, будь то маленька університетська лабораторія, могутня комп'ютерна фірма або державна установа. Під час цієї подорожі ви за допомогою гіперпосилань переходите від одного документа до іншого, кожен з яких має власний URL. В подальшому ви будете намагатися користуватися саме ними, а не набирати доменні адреси і шукати документи в каталогах.

Загальну інформацію про лабораторії можна отримати за адресою:

<http://www.fenk.wau.nl/whatwe.html>

Запис whatwe – це скорочення від What are we.

Конкретна інформація про проведені в лабораторії дослідження опублікована за адресою:

<http://www.fenk.wau.nl/research.html>

Щоб отримати відомості про фахівців лабораторії, необхідно ввести наступну адресу:

<http://www.fenk.wau.nl/cgi-bin/genpeople>

Останній адресу не закінчується html, так як вказує на каталог, в якому знаходяться Web-сторінки, присвячені окремим співробітникам.

Всі перераховані адреси починаються з групи символів http, означають, що дані розміщені на Web-сервері. Поряд з ним лабораторія підтримує Gopher - і FTP-сервери за такими адресами:

<gopher://gopher.fenk.wau.nl>

<ftp://ftp.fenk.wau.nl>

А також телеконференцію (Newsgroup):

<news:wau.fenk>

Зверніть увагу на те, що формат останньої адреси (UseNet Новин) відрізняється від стандартного формату URL.

Часто зустрічаються URL, що складаються лише з двох частин - як правило, це протокол і адресу сервера (тобто в них не вказуються імена каталогів та файлів, наприклад <http://www.wau.nl/>). Тим не менше, і за такою адресою можна знайти потрібну Web-сторінку. Справа в тому, що якщо ім'я файлу в URL не зазначено явно, за замовчуванням завантажується файл з домашньою сторінкою. Зазвичай він має ім'я **welcome.html**, **index.html** або **home.html**.

Сервіси Інтернет

Інтернет – це комп'ютерна мережа, тому, як вже описувалось вище, вся інформація зберігається у вигляді файлів. Файли (або ресурси) можуть бути різних типів: текстові, гіпертекстові, звукові, графічні, відео, електронні листи і т.ін.

В силу технічних та історичних причин ресурси Інтернет розрізняють за способом представлення інформації, що багато в чому визначає шляхи доступу до них. Доступ до ресурсу визначається видом протоколу. Кожен протокол пропонує певний вид сервісу. Таким чином, говорячи о прикладних протоколах, сервісах Інтернет, службах, послугах та можливостях, ми говоримо про одне й те ж.

Наведемо спрощену класифікацію основних інформаційних ресурсів, де в якості критерію обраний спосіб представлення даних. Ми розглянемо ресурси не в історичному аспекті, а з урахуванням їх актуальності та популярності.

World Wide Web

На сьогоднішній день лідируюче положення серед всіх сервісів Інтернет займає World Wide Web (його ще називають WWW, W3, Web, Всесвітня павутина) – глобальна мережева система, що об'єднує Web-сервери або Web-сайти (Web-site).

Web-сервер – це підключений до Інтернету комп'ютер, на якому виконується спеціальна програма, що також має назву «Web-сервер». У завдання цієї програми входить збереження, пошук і розподіл певних файлів в Web. **Клієнт Web** – це програма (Web-броузер), яка робить запит файлів з Web. (Слово клієнт вживається для позначення програми, яка змушує комп'ютер шукати той чи інший файл). Коли комп'ютер, що має таку програму, прагне отримати доступ до одного з файлів в Web, цей запит направляється на той Web-сервер, в зону відповідальності якого потрапляє даний файл. Сервер відшукує вказаний файл у своїх сховищах і відправляє його до клієнтського комп'ютера, який подав заявку.

Документи, що зберігаються на Web-серверах, називаються **Web-сторінками**. Кожна сторінка має свій URL. **Web-сайти** (або *Web-вузли*) є взаємозалежними групами Web-сторінок, URL яких мають певну схожість. Як правило, URL-адреси цих сторінок мають загальний префікс, що представляє собою адресу **домашньої сторінки** Web-вузла. Домашня сторінка зазвичай створюється для того, щоб коротко продемонструвати, яка інформація міститься на цьому сайті, і зручні засоби доступу до сторінок, на базі яких вона створена. Зазвичай URL-адреси домашньої сторінки і Web-вузла збігаються. З Web-сторінками працюють по протоколу HTTP.

Інформація на Web-сторінках організована у вигляді **гіпертексту** – тексту, розміщеного у відповідності зі стандартом **HTML** (Hypertext Markup Language). Це означає, що окремі ключові слова або картинки в такому тексті виділені кольором або підкресленням. Підвіши курсор миші до такого слова або картинці і клацнувши кнопкою миші, користувач переходить до наступного документа або файлу, тобто потрапляє туди, де міститься додаткова інформація з даного питання. Виділені слова або картинки в гіпертексті називаються **гіперпосиланнями**, або гіпертекстовими зв'язками (hypertext links). Таким чином, користувач потрапляє в інтерактивне середовище, де він особисто сам визначає послідовність перегляду великого документа або множини файлів (Web-сторінок).

Крім тексту з гіперпосиланнями веб-сторінка може містити інформацію, подану в іншій формі – графічній, звуковій, відео. Для того, щоб забезпечити можливість розміщення на веб-сторінці інформації такого роду, потрібно розширити функції мови HTML. Це призвело до появи нових версій (остання - 4.0), а також інших мов – XML (Extensible Markup Language), XSL (Extensible Style Language), 3DML (Three Dimensional Markup Language) та ін. Наприклад, XML – розширена мова опису документів – що є дуже потужною мовою, яка повиненна замінити HTML в якості мови Web. В даний час мова XML в повному обсязі реалізована в браузерах п'ятого покоління. Ця мова, придатна для створення інших мов (таких, як HTML). Таким чином, можливість використовувати при створенні веб-сторінок, графіки, звуку, відео перетворила гіпертекстовий документ у **гіпермедіа-документ**.

Як вже було сказано, HTML-файли, що знаходяться в Інтернеті і належать одній людині або фірмі, об'єднуються в сайти. Всі сторінки одного сайту намагаються виконати в одноманітному, фірмовому стилі, що вважається ознакою професіоналізму веб-майстра (програміста) і створює відповідний імідж власника. Таким чином, Web-сайт – група веб-сторінок, пов'язаних гіперпосиланнями і об'єднаних загальною темою, автором, фірмою, тощо. Фізично, сайти мають змогу розташовуватися на багатьох серверах, а не тільки на одному.

Досить умовно сайти поділяють на ряд категорій, причому у різних країнах, на різних серверах кількість категорій і їх назви теж різні. Для прикладу наведемо назви типів сайтів і їх характеристики, згідно з якими сортуються сайти в каталозі MAIL.RU.

Корпоративний сайт – сайт, який належить фірмі або комерційній чи некомерційній організації, створений з метою надання інформації про свою діяльність.

Персональний сайт (або персональна домашня сторінка) – це представницький сайт окремої людини. Конкретна людина створює його, щоб розповісти про себе, своїй діяльності, захопленні або запропонувати свої послуги. Для того, щоб вести персональну Web-сторінку, не вимагається мати власний Web-сервер. Багато провайдерів пропонують своїм клієнтам безкоштовні Web-сторінки на своєму сервері.

Приватний (сімейний) сайт – це сайт створений ким-небудь з метою розповісти про себе як про особистість.

Інформаційний сайт – призначений для розповсюдження інформації про інших осіб, організаціях, явищах, процесах і об'єктах (наприклад, агентство новин).

Сайт-сервіси – це сайти, що надають платні або безкоштовні послуги безпосередньо в режимі онлайн (через Інтернет): пошукові системи, каталоги, форуми, чати, майстерні сайти, різні архіви, інтернет-магазини.

Портали – вища ступінь розвитку сайту. Представляє собою Web-сайт, який охоплює широкий спектр тем. Для порталів характерна наявність безлічі різних сервісів і інформаційних розділів, які знаходяться в структурній і логічній єдності. Мається на увазі, що саме портал є відправною точкою при подорожі по Інтернету. Його можна рекомендувати в якості стартової сторінки, яка відображається браузером за замовчуванням. Такі портали, як Yahoo!, Excite, Licos безкоштовно надають послуги з підвищення кваліфікації при роботі з Web: путівник Web (Web guide), машини пошуку (Search Engines), «кулуари», облікові записи електронної пошти, служби новин, кімнати для комп'ютерних ігор та ін. Конкуренція серед порталів досить жорстка, і як тільки один з них вводить нову послугу, вона відразу ж копіюється іншими порталами.

Трохи докладніше про Web-браузери. Для роботи з HTML-документами розроблено багато різних програм-клієнтів, які називаються програмами перегляду WWW або броузерами (browsers). Web-броузером називається програма, що виконується комп'ютером користувача для встановлення зв'язку з потрібним Web-сервером в Інтернет, а також подальшого завантаження і відображення Web-сторінки. Як мінімум, Web-броузер повинен розуміти текст на HTML і відображати його на екрані. Сучасний Web-броузер володіє всіма мультимедійними можливостями, у тому числі здатністю відтворити звук, відео, двох- і тривимірні зображення.

Оскільки Web-броузер має можливість інтерпретувати і відображати файли різних типів, його можна використовувати, не підключаючись до Інтернету. Windows, наприклад, застосовує броузер Internet Explorer для відкриття більшої частини файлів зображень, якщо не встановлені спеціально призначені для цієї мети програми.

В нинішній час найбільшу популярність придбали броузери Opera, Chrome, Mozilla і Microsoft Internet Explorer. Вони регулярно оновлюються, тому рекомендується відстежувати появу нових версій.

Електронна пошта

Найстарішим сервісом Інтернет є електронна пошта (*E-mail*). Електронна пошта є одним з найсучасніших, швидких, надійних і економічних засобів обміну повідомленнями між абонентами. До 1971 року була розроблена перша програма для електронної пошти. У 1972 році знак @ був застосований для позначення імені адресата в електронних листах.

Електронна пошта дозволяє за лічені хвилини, а то й секунди, надсилати текстові повідомлення з одного комп'ютера на інший, що знаходиться в будь-якій точці земної кулі. До текстових повідомлень можна додавати файли з будь-якою двійковою інформацією – рисунки, звукові дані, відео, тобто все, що може бути переведено в цифровий формат. Проте в основному це повинні бути текстові файли. Хоча файли програм, оцифровані фотографії, графіки, слайди і т.ін. можуть бути перенесені з одного комп'ютера на інший за допомогою e-mail, однак їх перенесення зазвичай здійснюють за допомогою більш підходящого засобу перенесення файлів - за допомогою протоколу передачі файлів FTP. FTP був спеціально створений для цієї мети і справляється з цим завданням більш ефективно.

Для роботи з електронною поштою в даний час використовуються два протоколи *SMTP* (Simple Mail Transfer Protocol) – протокол передачі простих повідомлень та *POP* (Post

Office Protocol) – протокол, що є стандартним протоколом Інтернет, побудованим на базі протоколів TCP/IP. SMTP-сервер відсилає повідомлення за призначенням, POP-сервер приймає повідомлення і зберігає його.

Програмне забезпечення для роботи з E-mail називають **поштовим клієнтом**. Поштовий клієнт – це програма, встановлена на комп'ютері і призначена для відправлення та отримання E-mail. Поштові клієнти входять до складу Web-браузерів. Однак існує безліч інших поштових клієнтів. Наприклад, в складі ОС Windows 98 – це Microsoft Exchanger, в пакеті Microsoft Office Outlook Express, програми інших фірм – The Bat, Pronto, Eudora.

При виборі поштового клієнта слід оцінювати такі параметри:

- зручність інтерфейсу;
- наявність адресної книги;
- здатність кодувати і декодувати вкладені файли;
- можливість перевірки орфографії.

Існує три способи роботи з поштою: **offline**, **online** і **disconnected**. У першому випадку (offline) поштовий клієнт читає пошту з сервера, зберігаючи її на локальному комп'ютері. Далі можна переглядати пошту, видаляти або групувати листи локально, при цьому немає необхідності у зв'язку з сервером. У другому випадку (online) пошта зберігається на сервері і всі операції з нею виробляються безпосередньо на ньому. В останньому випадку (disconnected) пошта залишається на сервері, але при цьому на вашому комп'ютері створюється резервна копія, з якої і відбувається робота клієнта.

Для способів online і disconnected існують спеціальні алгоритми синхронізації. Це важливо, якщо користувач використовує кілька комп'ютерів для роботи зі своєю поштою.

Для offline доступу цілком підходить протокол POP, однак для двох інших способів (online і disconnected), які зручніші для роботи з декількома комп'ютерами, логічніше використовувати протокол IMAP (Interactive Mail Access Protocol).

Адреса електронної пошти

У звичайній пошті адреса на конверті зазвичай складається з двох частин: власне адреси (Куди:) і ім'я адресата (Кому). Так само влаштовані і дві частини електронної адреси – Кому і Куди. Як правило, в електронній адресі ці дві частини розділені символом «@»:

Кому@Куди, чи *name@domain*.

Ліва частина – це ідентифікатор користувача (його ім'я), права частина – це назва доменного імені сервера, на якому організовано поштову скриньку.

В якості імені користувача зазвичай використовується спеціальний ідентифікатор, який містить букви латинського алфавіту або цифри. Найчастіше ідентифікатор пов'язаний з іменем або прізвищем користувача і повинен бути унікальним для даного домену.

Офіційна назва символу «@» – «ет» (at) або «комерційне ет», однак воно не приживається у широкомовному середовищі. Тому в різних країнах світу для нього використовують різні жаргонні слова. У російській мові – це «собака» або «собачка», у Німеччині – «висить мавпа». У Франції в 2002 році був прийнятий закон, який зобов'язував називати символ " @ " як «arobase» або «arobé».

Обидві частини поштової адреси можуть ділитися на сегменти, розділені крапками, наприклад:

Ivan.Ivanov@mail.ru

Регістр букв іноді має значення. В ім'я користувача майже завжди допустимо використання символу підкреслення _. Наприклад,

Ivan_Ivanov@rambler.ru

vy_h@inf.maps.spb.ru

В останньому прикладі `vy_h` – ідентифікатор користувача, складений, наприклад, з початкових літер імені, по батькові і прізвища (Victor Y. Helman). Праворуч від знака `@` розташований домен. При розшифровці адреси домен читається справа наліво. Складові частини домену розділяються крапками. `ua` (у прикладі) – називається доменом верхнього рівня і позначає Росію; `spb` – наступний піддомен, що позначає Санкт-Петербург; `maps` – аббревіатура назви організації; `inf` – зареєстроване на поштовому вузлі ім'я машини, на якій користувач `vy_h` володіє поштовою скринькою.

Списки розсилки (Maillist)

Під списком розсилки розуміють механізм, що дозволяє розсилати електронне поштове повідомлення певній групі передплатників. Розрізняють розсилку як повідомлення (господар посилає інформацію, передплатники отримують) і як групове спілкування (передплатники спілкуються один з одним). В останньому випадку у розсилці є групова адреса – повідомлення, послані на неї, отримують всі передплатники. Господар розсилки (moderator) визначає права учасників – хто може тільки читати розсилку, а хто і писати в неї повідомлення.

Розсилки можуть бути публічними і закритими. Закриті розсилки – це інструмент спільної роботи, зазвичай вони створюються і управляються всередині якої-небудь компанії. Для публічних розсилок, як правило, визначені правила підписки і відмови від неї (відписки), а також спілкування в ній.

Списки розсилки – це один з найбільш популярних способів організації дискусійних груп за допомогою електронної пошти. У тому випадку, коли відправлення електронних повідомлень має здійснюватися у велике число адрес, зручно скористатися системою, що формує в групі списки адрес електронної пошти людей, об'єднаних спільними інтересами. Використання списків розсилки істотно спрощує роботу користувачів, оскільки відпадає необхідність знати електронні адреси всіх своїх колег, так як листи до них розсилаються автоматично.

Списки розсилки відомі під назвами Mailing List, Mailserver, Listserv, Listservs, Lisyserver. Наприклад, назва «Listserv» пов'язано з тим, що комп'ютер іменованій «server», зберігає список (List) адрес підписки електронної пошти, за якими він відправляє текстові дані або «пошту».

Передплатники можуть скасувати підписку з тією ж легкістю, що і підписатися, лише надіславши необхідну команду за електронною адресою відповідного LISTSERV.

Для того, щоб отримувати певні поштові відправлення, в першу чергу, необхідно зареєструватися, надіславши відповідне повідомлення електронної пошти за адресою Listserv (комп'ютера, який зберігає списки передплатників і розсилає поштові повідомлення). Основний принцип, який необхідно засвоїти, що на кожному Listserv може існувати, і, як правило, існує безліч підписних листів електронної пошти з різної тематики. Тому, підписуючись на один з них, необхідно вказати в запиті, на який список розсилки оформляється підписка. Більшість Listserv адрес мають наступний формат:

listserv@computer.institution.domain

При цьому необхідно не тільки знати назву підписного листа, але також і електронну адресу Listserv, на якому зберігається цей лист. Існує безліч медичних списків з інформацією про різних LISTSERV, які пропонують участь у цікавих дискусіях.

Нижче наведені приклади кількох медичних серверів LISTSERV:

<u>Назва списку</u>	<u>Адреси Listserver</u>	<u>Опис</u>
ANEST-L	listserv@ubvm.cc.buffalo.edu	Анестезіологія
CCM-REQUEST	listserv@ubvm.cc.buffalo.edu	Невідкладна допомога
EMED-L	majordomo@itsa.ucsf.edu	Реаніматологія
OB-GYN-L	listserv@bcm.tmc.edu	Акушерство та Гінекологія
MALARIA	listserv@wehi.edu.au	Малярія

Групи новин UseNet. Телеконференції

Однією з найстаріших служб Інтернет, яка виникла на 10 років раніше World Wide Web, є групи новин **UseNet (User Network)** – загальнодоступна користувацька мережа, в рамках якої люди зі спільними інтересами можуть обговорювати свої проблеми, обмінюючись думками по електронній пошті. Такий спосіб обміну інформацією називається телеконференцією.

Телеконференції – це засіб для спілкування груп людей, що мають загальні інтереси, свого роду електронна газета, передплатники якої є одночасно і її кореспондентами.

У кожній телеконференції є своя тематика, або група новин (*Usenet Новин*). Інформація, вміщена в телеконференцію, стає на певний час доступною всім бажаним. Поширення інформації в такій формі забезпечують спеціальні сервери. Кожен бажаний може розмістити в групі свою статтю або відповіді на чуже повідомлення.

Для того щоб послати лист в телеконференцію, необхідно вказати її назву в заголовку листа і направити цей лист на спеціальну адресу сервера телеконференцій. Після отримання листа сервер телеконференцій розішле його автоматично на інші сервери телеконференцій, а ті передадуть його ще далі, та протягом доби - двох його отримують всі сервери країни і ряд зарубіжних. Після отримання кожен сервер надішле цей лист всім своїм користувачам, які попросили його надсилати листи з цієї конференції, тобто протягом доби лист виявиться у всіх читачів відповідної рубрики телеконференції. В результаті його прочитують тисячі користувачів різних мереж.

Щоб отримувати усі листи, що надсилаються на телеконференцію, потрібно на неї підписатися. На жаль, немає єдиних правил для всіх серверів телеконференцій. Одним із способів підписатися на потрібну телеконференцію є відправка на адресу телеконференції листа, що містить одне слово «HELP». Зазвичай у відповідь надсилають систему команд, підтримуючих цим сервером.

Листи, поширювані через телеконференції, зазвичай називають статтями.

Телеконференції поділяються на керовані (moderated), в яких розміщення статей проводиться відповідальною особою (moderator), яка виконує до того ж функції цензора, і некеровані, в яких розміщення статей проводиться автоматично за запитом будь-якого користувача.

Щоб отримати доступ до групи новин, необхідно мати спеціальну програму - *програму читання групи новин*. За допомогою цієї програми користувач встановлює зв'язок з сервером новин, оплачує цікаві групи новин, переглядає повідомлення, надіслані іншими учасниками, відповідає на них або надсилає нове повідомлення.

Практично всі браузері мають у своєму складі програми читання групи новин.

Найбільш популярні телеконференції, що проводяться в рамках мереж Usenet і Relcom.

В останні роки більшість комп'ютерів мережі Usenet обмінюються повідомленнями через протокол *NNTP (Network News Transfer Protocol* - протокол передачі мережних новин).

В даний час поширено більше десяти тисяч груп новин, які охоплюють широкий спектр тем, у тому числі й медичних.

Ім'я групи новин, як правило, складається з кількох частин, розділених крапками. Перше слово в назві визначає категорію (або ієрархію групи новин), до якої відноситься дана група. Встановлено сім рівнів ієрархії:

comp - комп'ютерна тематика;

misc - спеціальні теми;

news - інформація про самі групи новин;

rec - теми, пов'язані з організацією відпочинку, хобі;

sci - наукова тематика;

soc - соціальні та культурологічні питання;

talk - обговорення на загальні теми.

Зазвичай адреси серверів телеконференцій повідомляють в компанії-провайдера.

Розмова в Інтернет

ICQ (I seek you – «я шукаю тебе»), в розмовній мові російськомовних користувачів Інтернет перетворилося в «Аську») – служба (і відповідна програма), що дає можливість користувачам мережі обмінюватися текстовими повідомленнями в реальному часі, а також організувати чати («chat» – бесіда, розмова), передавати файли та ін. Особливість цієї програми визначається як віртуальний пейджер: до користувача, у якого встановлена ця програма, можна дістатися навіть тоді, коли він перебуває в Інтернеті.

IRC (Internet Relay Chat – розмова через Інтернет) – служба, схожа на UseNet, але обмін повідомленнями в ній ведеться без затримок.

Принципи формування запиту на пошук. Види пошуку

Іноді кажуть, що Інтернет нагадує величезну інтерактивну бібліотеку, в якій новачку зорієнтуватися непросто. Тому пошук інформації в Інтернеті є найбільш важливим режимом роботи.

Пошук необхідного в Інтернеті може зрівнятися зі спробою знайти голку в стозі сіна. На щастя, існують спеціальні засоби пошуку інформації, що зветься *пошуковими системами*.

Наприклад, Yahoo. Yahoo – Web-сервер, створений першим у 1994 р. Він зберігає грандіозну базу даних ресурсів Інтернет, у вигляді каталогів з предметів, та електронні адреси відповідних джерел. Користувач вказує своєму Web-броузеру на Yahoo-сервер (<http://www.yahoo.com>) і проводить пошук у базі даних по ключових словах (наприклад, по ключовому слову «pathology»). Результат пошуку зображується як Web-сторінка із зазначенням зв'язків, які були знайдені сервером Yahoo. Можливість звернутися до Web за потрібною інформацією стала настільки ж природною, як отримання довідки про номер телефону за «09».

Існує два основних типи пошуку, що використовується в пошукових системах: пошук за ключовими словами і пошук, заснований на понятті.

Найчастіше пошук здійснюється за ключовими словами. Основна ідея такого пошуку полягає в перегляді каталогів і серверів мережі і відборі всіх документів, що містять деякий набір ключових слів.

Більш гнучким є пошук, заснований на поняттях, оскільки дозволяє отримати не тільки те, що запитується в явному вигляді, але і всі ресурси по заданій тематиці. Проте база такого пошуку менша, ніж база пошуку за ключовими словами.

За призначенням пошукові системи можна розподілити на пошукові системи загального призначення і спеціалізовані (зокрема, медичні) пошукові системи.

Пошукові системи загального призначення

Пошукові системи загального призначення можна підрозділити на:

- тематичні каталоги ресурсів мережі, оснащені вбудованими функціями перегляду за ключовими словами;
- автоматичні пошукові програми, що забезпечують перегляд документів, які містяться в їх базі даних.

Кілька тематичних каталогів, які використовуються в Web, вказані нижче:

<u>Сервер</u>	<u>Адреса</u>
Google	http://www.google.com
Rambler	http://www.rambler.ru
Яндекс	http://www.yandex.ru
Aport	http://www.aport.ru
Stars	http://www.stars.ru
Yahoo	http://www.yahoo.com
The Whole Internet	http://nearnnet.gnn.com/wic/newrescat.toc .
WWW Virtual Library	http://info.cern.ch/hypertext/
Planet Earth Home Page	http://white.nose.mil/info_modern.html
Global Network Navigator	http://www.digital.com/gnn/wic/index.html

Автоматичні пошукові програми також існують в різних варіантах виконання. Нижче наведені деякі автоматичні пошукові програми з адресами серверів, на яких вони розташовані.

<u>Сервер</u>	<u>Адреса</u>
Web Crawler	http://www.webcrawler.com/
Alta Vista	http://www.altavista.digital.com/
Excite	http://www.excite.com
Lycos Engine	http://www.lycos.com
CUI W3	http://cuiwww.unige.ch/metaindex.html

Всі ці програми трохи різняться, тому, якщо відповідь не знайдено з допомогою однієї з них, то можна спробувати відшукати його з допомогою іншої. Такий підхід реалізують пошукові програми, які називаються інтегрованими пошуковими системами.

Наприклад, Web Search (<http://www.web-search.com/search.html>) дозволяє переглядати практично всі ресурси World Wide Web, звертаючись до систем Yahoo, Lycos, Infoseek Guide і інших.

Інший приклад інтегрованої пошукової системи – Infoseek Guide (<http://guide.infoseek.com/>). Зазвичай цю систему використовують для пошуку документів за заданими ключовими словами. Перевагою системи є потужна система пошуку в матеріалах і архівах конференцій Usenet.

Для початкового вибору пошукової системи можна скористатися наступними рекомендаціями.

Якщо необхідно здійснювати пошук серед Російських ресурсів, то доцільно вибрати пошукові системи Rambler (<http://www.rambler.ru>), Yandex (<http://www.yandex.ru>) або Stars (<http://www.stars.ru>). У цих системах досить повно представлені російські медичні ресурси.

При більш широкому пошуку підхід може бути такий.

Якщо вже відомі точні ключові слова, то зручніше за все почати пошук з MetaCrawler (<http://www.metacrawler.com>). Інтерфейс MetaCrawler легкий у використанні і дозволяє обмежувати запити конкретними географічними областями і доменами мережі.

Якщо відомо, що потрібно шукати, але невідомо як це називається і де знаходиться, то доцільно розпочати пошуки з сервера Yahoo – Yahoo Reference Collection (<http://www.yahoo.com/Reference/>). Систематизований список ресурсів Yahoo досить простий у використанні і дає можливість відразу почати пошуки матеріалів за заданою тематикою.

Якщо необхідно виконати досить складний пошук, можна скористатися пошуковою системою Alta Vista (<http://www.altavista.com/>). Інтерфейс досить простий і інтуїтивно зрозумілий.

Медичні ресурси Інтернет

Після розгляду основ роботи в Інтернет перейдемо до того, які нові можливості для медиків відкриваються з підключенням до Інтернету.

На серверах США і Європи представлено вражаючу кількість медичних ресурсів. Анатомічні мультимедіа атласи, електронні версії медичних журналів, матеріали численних конференцій та симпозіумів, результати наукових досліджень та досягнень практичної медицини, великі бази даних лікарських препаратів, телемедицина – ось далеко не повний перелік напрямків, які гідно представлені в Інтернеті.

Дуже повно представлена фармацевтична інформація, включаючи дані про взаємодію ліків (часто – за плату). Ці відомості можна отримати у лікарняних або університетських бібліотеках. Також доступні мультимедійні (тобто використовують текст, графіку, звук) навчальні програми, такі як Віртуальний госпіталь, розроблений в університеті штату Айова (США). Національний інститут здоров'я (США) надає клінічні рекомендації з лікування різних захворювань, від аденоми простати до пневмоцистної пневмонії. Це тільки незначна частина медичних ресурсів Інтернет, що збільшується щодня.

Спеціалізовані медичні пошукові системи

Для пошуку медичної інформації зручно користуватися спеціалізованими медичними пошуковими системами. Найбільш популярними є наступні:

<u>Пошукова система</u>	<u>Адреса</u>
Medical World Search	http://www.mwsearch.com
Search MedWeb	http://www.gen.emory.edu/MEDWEB/search.html
MedBot	http://med.world.Stanford.edu/medbot/
MedExplorer	http://www.medexplorer.com/
MedSeek	http://www.medseek.com/
Medical Matrix	http://slackinc.com/matrix; http://www.medmatrix.org/index.asp
RxList, The Інтернет Drug Index	http://www.rxlist.com/
Московський Медичний Ринок	http://www.mr.ru
HealthAtoZ Search Engine	http://www.HealthAtoZ.com/
Achoo	http://www.achoo.com

Розглянемо деякі з них більш докладно.

Medical World Search (<http://www.mwsearch.com>) – перша пошукова система в WWW, що спеціально розвивається в медичній сфері. Система дозволяє будь-якому медичному працівнику, який володіє базовими знаннями в медицині, сформулювати запит і знайти точно ту інформацію, яка була необхідна. Система знаходить повні тексти у великому обсязі медичної інформації та представляє результати, які ранжуються за ступенем близькості за запитом користувача.

Search MedWeb (<http://www.gen.emory.edu/MEDWEB/search.html>) – це бібліотечна пошукова система бібліотеки Наукового центру здоров'я університету Еморі.

MedBot (<http://medworld.stanford.edu/medbot/>) – пошукова система Стенфордського університету (США), може здійснювати одночасний пошук по 4 базам даних: рефератів, дистанційного навчання, медичних новин та медичних зображень.

MedExplorer (<http://www.medexplorer.com/>) – пошукова система «Здоров'я і медицина в Інтернеті». Здійснює пошук за ключовими словами (до трьох) у всіх розділах медицини, включаючи медичні зображення та відео. Крім того, дозволяє проводити пошук роботи, конференцій, можливостей продовження освіти тощо.

MedSeek (<http://www.medseek.com/>) – база даних пошукової системи містить інформацію про більш ніж 280 000 практикуючих лікарів і про більш ніж 450 госпіталей, а також супутню інформацію.

Особливо слід виділити «Медичну матрицю» (*Medical Matrix*) – один з найбільших каталогів з медичної тематики. Ось приклади лише деяких розділів цього мережевого довідника: інформація за категоріями захворювань, інформація за медичними спеціальностями, медична освіта і підвищення кваліфікації, навчання і підтримка пацієнтів, медичні заклади, центри і працівники охорони здоров'я, медичні журнали в електронному форматі. Російська версія «Медичної матриці» знаходиться на сервері <http://www.slacking.com/matrix>, а також на сервері «Друзі і партнери» (<http://www.friends-partners.org/friends/health/nismed/matrix/homepage.htmopt-tables-unix-russian-koi8>).

RxList – The Інтернет Drug Index (<http://www.rxlist.com/>) – це найбільша система пошуку лікарських препаратів.

Московський Медичний Ринок (<http://www.mr.ru>) – це інформаційно-пошукова система по ліків, медичних виробів і медичного обладнання. Система підтримується урядом Москви і спрямована на систематизацію інформації про медичному ринку Російської Федерації.

Achoo (<http://www.achoo.com>) – пошукова система, орієнтована на пошук інформації переважно медичного характеру.

Порівняно з багатючими світовими інформаційними ресурсами в галузі медицини та охорони здоров'я в СНД ця тематика представлена відносно слабо. Це пояснюється не тільки молодістю вітчизняного Інтернету, але і труднощами, з якими стикаються медики при підключенні до Інтернету для своїх організацій і створення серверів.

Так, перша двадцятка найбільш популярних Російських медичних серверів виглядає наступним чином.

Сервер AskDoctor.ru: Найбільший медичний портал (<http://www.km.ru/health/>) – популярний сервер, на сайтах якого знаходиться медична, і пов'язана з нею, інформація (підзаголовки - здоров'я і сім'я). Сервер відноситься до групи **Doctor.Ru** (<http://www.doctor.ru>), яка має і інші сайти розділів медицини – сексології, урології, психології, медичних конференцій і т. ін.

Сервер Мама.Ру (<http://www.mama.ru>) – на сервері розглядаються питання материнства, педіатрія, здоров'я жінки (підзаголовки – спільнота батьків).

Медичний Інтернет-центр «03» (<http://www.03.ru>) – це медична служба, що дозволяє в нетермінових випадках отримати медичну допомогу лікаря відповідної спеціальності.

Російський медичний сервер <http://www.rusmedserv.com> містить довідкову інформацію по деяких областях медичної практики.

Сервер «Медицина для вас» (<http://www.medlux.ru>) призначений для медичного інформування населення і фахівців.

Медичний сервер MedCom (<http://www.medcom.spb.ru>).

Петербурзький сервер МедПорт. Спеціалізований медичний вузол глобальної інформаційної системи (MedPort-Інтернет (<http://www.medport.ru>).

Сервер факультету фундаментальної медицини МДУ – Біомедицина (<http://www.fbm.msu.ru/science/>). Сервер містить добірку інформаційних ресурсів в області біомедицини, що включає посилання на медичні ресурси Інтернету і системи для їх пошуку (<http://www.fbm.msu.ru/science/biomed/index.html>).

Бібліографічні системи

Існує велика кількість медичних бібліографічних та бібліотечних систем. Найбільш потужними з них є системи Medline, Пошук MedWeb (<http://www.gen.emory.edu/MEDWEB/search.html>), Medscape (<http://www.medscape.com>) і система Національної медичної бібліотеки США.

Пошук даних про людей та організації

Якщо необхідно знайти лікаря певної спеціальності, що володіє певними методиками, або лікарню, здійснює лікування певних патологій, то зручно скористатися

системами MedSeek (<http://www.medseek.com/>) і Doctor.Ru (<http://km.ru/health/>, розділ – Магазин здоров'я).

У тих випадках, коли необхідно за прізвищем людини або назвою організації знайти їх електронну та поштову адресу, телефон, слід звернутися до спеціальних пошукових систем, таких як:

- Каталог «Медична матриця» (<http://www.slackinc.com/matrix/>);
- Пошукова система MedExplorer (<http://www.medexplorer.com/>);
- Система пошуку електронних адрес (E-mail) користувачів – <http://www.whowhere.com/>;
- Електронна версія довідника Yellow Pages of Internet - <http://www.yellowpages.com>;
- Підрозділ сервера W3 Search English для користувачів Інтернет – <http://www.osiris.sunderland.ac.uk/rif/W3searches.html>;
- Пошукова система – <http://www.yip.BellSouth.com>;
- Пошукова система – <http://www.Bigfoot.com>.

Пошук інформації про науково-медичні конференції

В першу чергу слід звернутися до системи Medline, Medexplorer (<http://www.medexplorer.com/>) і Doctor.Ru (<http://www.doctor.ru>).

Пошук інформації про фонди підтримки наукових досліджень

Останнім часом інформація про фонди підтримки наукових досліджень, їх програмах та грантах стає життєво необхідною для вітчизняних дослідників. Інтернет допоможе отримати цю інформацію своєчасно.

Пошук вітчизняних грантів можна почати з сервера Російського фонду фундаментальних досліджень (<http://www.rfbr.ru/>). Потім варто подивитися сервер Російського гуманітарного наукового фонду (<http://www.rfh.ru>). Далі слід ознайомитися з сайтом Інституту «Відкрите суспільство» (Фонд Сороса, <http://www.osi.ru>).

Пошук зарубіжних грантів слід почати зі знайомства з серверами Американського освітнього центру (<http://www.actr.org.ru>), Німецького культурного центру імені Гете (<http://www.goethe.de>) та Британської Ради (<http://www.british-council.ru>), що містять інформацію про надані гранти для проведення наукових досліджень у цих країнах.

Питання, винесені на семінар:

1. Поняття комп'ютерної мережі. Базова комунікаційна модель.
2. Класифікація комп'ютерних мереж:
 - за способом управління;
 - по швидкості передачі інформації;
 - за масштабами географічного поширення;
 - за типом середовища передачі;
 - по топології зв'язку.
3. Мережева архітектура і модель OSI.
4. Протоколи і стандарти мережі.
5. Глобальна мережа Інтернет.
6. Адресація в Інтернет: IP-адреса, доменне ім'я (DNS-адресу); URL-адреса.
7. Сервіси Інтернет.

8. Електронна пошта (E-mail). Адреса електронної пошти.

Питання, винесені на самостійне вивчення:

1. Телемедицина. Дистанційне навчання. Регіональні мережі.
2. Сучасний стан розвитку телекомунікацій в Україні.
3. Списки розсилки електронної пошти.
4. Групи новин UseNet, телеконференції за допомогою E-mail.
5. Принципи формування запиту на пошук. Види пошуку в Інтернет.
6. Медичні ресурси Інтернет.

ТЕМА 21

«ЕТИЧНІ ТА ПРАВОВІ ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЄЮ В СИСТЕМІ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я»

План:

1. Категорії інформаційної безпеки.
2. Електронна медична картка.
3. Проблеми організації захисту лікарської таємниці.
4. Проблеми впровадження комплексних систем захисту.

Актуальність питання захисту інформації

Чому питання захисту інформації є актуальним і важливим сьогодні? Наведемо деякі факти.

У 2003 році в Росії було відкрито 1602 кримінальних справи за ст. 272 («Неправомірний доступ до комп'ютерної інформації») і 165 ("Заподіяння майнового збитку шляхом обману та зловживання довірою"). Це становить 76% від загального числа відкритих кримінальних справ щодо злочинів у сфері комп'ютерної інформації. Кількість злочинів, які зареєстровані у сфері комп'ютерної інформації являє собою стабільно зростаючу криву. (Джерело: Центр дослідження проблем комп'ютерної злочинності).

Єврокомісія наполягає на виділенні 50 млн. євро на боротьбу зі спамом – непотрібними користувачеві розсилками повідомлень по електронній пошті в Інтернеті. 18.03.04 Європейський Парламент проголосував за введення закону про Інтелектуальну Власність в Інтернеті. В даний момент відповідна директива спрямована всім країнам-учасникам, які повинні будуть в найближчі два роки змінити відповідним чином місцеве законодавство.

Сучасна ситуація у сфері інформаційної безпеки

Останнім часом повідомлення про атаки на інформацію, про хакерів і комп'ютерні зломи, які наповнили всі засоби масової інформації. Що ж таке "атака на інформацію"? Дати визначення цій дії насправді дуже складно, оскільки інформації, особливо електронна, представлена в різних видах. Інформацією можна вважати і окремий файл, і базу даних, і один запис, і цілий програмний комплекс. І всі ці об'єкти можуть піддатися і піддаються атакам з боку деякої соціальної групи осіб. При збереженні, підтримці та наданні доступу до будь-якого інформаційного об'єкту його власник, або уповноважена ним особа, вказує набір правил по роботі з ним. Навмисне їх порушення класифікується як атака на інформацію.

З масовим впровадженням комп'ютерів в усі сфери діяльності людини обсяг інформації, збереженої в електронному вигляді, зріс в тисячі разів. І тепер скопіювати за півхвилини і віднести дискету з файлом, який містить історію хвороби, набагато простіше, ніж переписувати сотні паперів. А з появою комп'ютерних мереж навіть відсутність фізичного доступу до комп'ютера перестало служити гарантією цілісності інформації. Які можливі наслідки атак на інформацію? Розглянемо для прикладу економічні втрати фармацевтичної фірми:

1. Розкриття комерційної інформації у фармацевтичній фірмі може призвести до серйозних прямих збитків на ринку.

2. Звістка про крадіжку великого обсягу інформації серйозно впливає на репутацію фірми.

3. Фірми – конкуренти можуть скористатися крадіжкою інформації, якщо вона залишилася непоміченою, для того щоб цілком розорити фірму, нав'язуючи їй фіктивні або свідомо збиткові угоди.

4. Підміна інформації як на етапі передачі, так і на етапі зберігання у фірмі може призвести до величезного збитку.

5. Багаторазові успішні атаки на фірму, яка надає будь-який вид інформаційних послуг, знижують довіру до фірми у клієнтів, що позначиться на обсязі доходів.

Природно, що комп'ютерні атаки можуть принести і величезний моральний збиток. Поняття конфіденційного спілкування давно вже стало притчею. Зрозуміло, що ніякому користувачу комп'ютерної мережі не хочеться, щоб його листи отримували ще 5-10 чоловік крім адресата або, наприклад, весь текст, який набирається на клавіатурі EOM, копіювався в буфер, а потім, при підключенні до Інтернету, відправлявся на певний сервер. А саме так і відбувається в тисячах і десятках тисяч випадків.

Категорії інформаційної безпеки

Інформація з погляду інформаційної безпеки має наступні категорії:

- **Конфіденційність** – гарантія того, що конкретна інформація доступна тільки тому колу осіб, для якого вона призначена; порушення цієї категорії називається розкраданням або розкриттям інформації. Дане поняття можна трактувати і так: конфіденційність – інструмент захисту секретності, який має на увазі обмеження до доступу інформації. Пацієнт, довіряючи лікарю конфіденційні дані, розраховує, що ця інформація не буде розкрита;

- **Цілісність** – гарантія того, що інформація зараз існує в її початковому вигляді, тобто при її збереженні або передачі не були зроблені несанкціоновані зміни; порушення цієї категорії називається фальсифікацією повідомлення;

- **Секретність** – це право індивідуума керувати зберіганням, використанням та розкриттям особистої інформації. Прихильники секретності наполягають, щоб індивідуум був обізнаний щодо того, як інформація має бути відкрита;

- **Захист** – це способи і методи захисту від випадкового або навмисного відкриття інформації сторонніми особами, а також від деструктивних дій і втрат;

- **Автентичність** – гарантія того, що джерелом інформації є саме та особа, яка заявлено як її автор; порушення цієї категорії також називається фальсифікацією, але вже автора повідомлення;

- **Апеляційність** – досить складна категорія, але часто застосовується в електронній комерції – гарантія того, що при необхідності можна буде довести, що автором повідомлення є саме заявлена людина, і не може бути ніхто інший; відмінність цієї категорії від попередньої в

тому, що при підміні автора, хтось інший намагається заявити, що він автор повідомлення, а при порушенні апеляційності – сам автор намагається " відхреститися " від своїх слів.

По відношенню до *інформаційних систем* застосовуються інші категорії:

- **Надійність** – гарантія того, що система поводить себе в нормальному і позаштатному режимах так, як заплановано;
- **Точність** – гарантія точного і повного виконання всіх команд контролю доступу; гарантія того, що різні групи осіб мають різний доступ до інформаційних об'єктів, і ці обмеження доступу постійно виконуються;
- **Контрольованість** – гарантія того, що в будь-який момент може бути зроблена повноцінна перевірка будь-якого компонента програмного комплексу;
- **Контроль ідентифікації** – гарантія того, що клієнт, підключений у даний момент до системи, є саме тим, за кого себе видає.

Захист медичної інформації

Медична інформація вимагає захисту. Безпеку медичної інформації слід розглядати з кількох точок зору:

- Захист особистості від поширення конфіденційної інформації;
- Захист інтересів держави і відомств, іншими словами, захист від можливого витoku інформації, зловживань, порушень етики тощо;
- Безпека систем медичного страхування;
- Питання права, конфіденційності інформації, законності та правомірності електронного підпису.

Ступінь захисту інформації про пацієнтів

Забезпечення конфіденційності секретних медичних відомостей про пацієнтів є важливим завданням при розробці інформаційних систем. Персонал, якому офіційно дозволено користуватися інформацією про пацієнтів, повинен мати легкий і оперативний доступ до даних, закладеними в комп'ютері. З іншого боку, ці дані повинні бути недоступні для сторонніх користувачів.

Для забезпечення конфіденційності інформації застосовують такі дії:

- За допомогою комп'ютерного алгоритму присвоюються літеро-цифрові паролі. Користувач може в будь-який час отримати новий пароль;
- Кожен пароль змінюється раз на шість місяців;
- Завідувачі відділеннями видають паролі і визначають рівень повноважень. Паролі для лікарів видаються в офісі виконавчого директора, коли лікар отримує лікарняні документи;
- Всім користувачам повідомляють про те, що пароль прирівнюється до офіційного підпису і що ні за яких обставин і нікому він не може розголошуватися;
- Група обслуговування інформаційної системи видає паролі завідувачем відділеннями та контролює їх використання;
- Доступ може обмежуватися як паролем, так і місцезнаходженням терміналу;
- Користувачі автоматично відключаються від системи при зупинці роботи терміналу більш ніж на 5 хвилин;
- Комп'ютерна система зберігає в пам'яті кожен випадок доступу до інформації про пацієнтів з фіксацією особистості, професійної приналежності (лікар, медична сестра, співробітник, студент, і т.ін.), місця, типу отриманої інформації, дати і часу;

- Кожен співробітник, який використовує комп'ютерну систему, має можливість побачити на дисплеї імена всіх осіб, які переглядали певну особисту електронну медичну картку;
- Пацієнт може запросити список осіб, які переглядали його медичну картку;
- Термінали блокуються в разі введення нелегального пароля кілька разів;
- Термінали автоматично виводять на екран попередження, якщо користувач переглядає картку знаменитостей, співробітників лікарні та їх родичів;
- Термінали за випадковим принципом виводять на дисплей попередження про конфіденційність відомостей приблизно на кожен 500-й запит відомостей про пацієнта;
- Для доступу з домашнього телефону потрібен другий пароль на базі вбудованого в систему, специфічний по відношенню до пацієнта, наприклад, дівоче прізвище матері.

Впізнання користувача на основі пароля – приклад так званої *однофакторної ідентифікації*. Сучасні методи ідентифікації ґрунтуються на багатьох факторах (існує і широко застосовується двофакторна і навіть трифакторна ідентифікації). Наприклад, двофакторна ідентифікація користувача проводиться не тільки на основі того, що користувач знає (пароль), а й того, що він має (персональний ідентифікатор). В якості такого ідентифікатора може використовуватися апаратний токен (від англ. Token – розпізнавальний знак), смарт – карта і ін.

Апаратні токени для ідентифікації користувачів можуть бути автономними і підключаються, або USB-токени.

Автономні токени – це мобільні персональні пристрої, що нагадують маленький пейджер, що не під'єднуються до комп'ютера і мають власне джерело живлення. Вони дозволяють користувачеві ідентифікувати себе на серверах, використовуючи або одноразовий пароль (токени з використанням OTP – англ. One-TimePassword), або метод запит-відповідь. Суть методу запит-відповідь полягає в наступному:

- користувач вводить свій ідентифікатор на робочій станції, яка передає його по мережі серверу;
- сервер аутентифікації генерує випадковий запит, який по мережі передається користувачеві;
- користувач вводить запит в ідентифікаційний токен;
- токен користувача за допомогою деякого алгоритму і секретного ключа користувача зашифровує цей запит і результат відображає на своєму екрані;
- користувач вводить результат на робочій станції, яка повертає його серверу;
- сервер зашифровує те ж саме випадкове число (запит);
- при збігу результатів процес запит/відповідь в існуючій системі аутентифікації успішно завершується.

USB-токени – пристрої, оформлені у вигляді флеш-карти, які підключаються до стандартних портів USB і містять мікроконтролер і/або мікросхему – електронний чіп. Вони дозволяють здійснювати сувору двофакторну ідентифікацію користувача, а також забезпечують функції шифрування і формування електронного цифрового підпису користувача. На відміну від OTP-токенів, вони не потребують додаткового програмного забезпечення, що встановлюється на сервері.

Смарт-картки (англ. SmartCard – інтелектуальна карта) являють собою пластикові картки розміром з кредитку (рис. 21.1), що містять чіп (мікропроцесор) для криптографічних обчислень (електронно-цифровий підпис, шифрування) і вбудовану захищену пам'ять для зберігання інформації (дані про користувача, криптографічні ключі, сертифікати тощо). Для використання смарт-карт необхідний зчитувач (карт-рідер).



Рис. 21.1 Смарт-карти лікаря і пацієнта, використовувані в системі охорони здоров'я Німеччини

За методом зчитування інформації смарт-карти поділяються на:

- контактні;
- безконтактні;
- зі здвоєним інтерфейсом.

Контактні карти взаємодіють зі зчитувачем (рис. 21.2) за допомогою безпосереднього зіткнення металевої контактної площадки карти і контактів зчитувача. Даний метод зчитування просто реалізуємо, але підвищує знос картки при частому використанні.



Рис. 21. 2 Контактні зчитувачі смарт-карт, що підключаються через порт USB (ліворуч) або в слот PCMCIA ноутбука (праворуч)

Безконтактні картки мають вбудовану котушку індуктивності, яка в електромагнітному полі зчитувача забезпечує живлення мікросхеми, яка видає інформаційні радіосигнали. Такий метод зчитування дозволяє часто використовувати карту без зносу самої карти і зчитувача.

Картки зі здвоєним інтерфейсом мають одночасно і контактний майданчик і вбудовану котушку індуктивності. Такі карти дозволяють здійснювати роботу з різними типами зчитувачів.

Смарт-карти можуть виступати в якості альтернативи парольного захисту, однак частіше доповнюють його, забезпечуючи більш повну – дво- або тривірневу – ідентифікацію користувача.

Іншим, досить простим способом ідентифікації користувача є штрих-код. Ця досить ефективна, але одночасно дешева технологія. Використовується, наприклад, в бібліотечних

інформаційних системах (штрих-код є одним з реквізитів читацького квитка) і в касових терміналах (штрих-код, нанесений на бейджик касира і виконуючий роль його додаткового ідентифікатора). У медичних інформаційних системах штрих-код може наноситися на амбулаторну карту пацієнта і бути аналогом її номера.

Для ідентифікації користувача широкого поширення набули **пристрої iButton**. Це сімейство мікроелектронних пристроїв розроблено фірмою DallasSemiconductor (США). Кожен пристрій укладено в сталевий герметичний циліндричний корпус MicroCan, має унікальний номер (ID) і витримує серйозні механічні та температурні навантаження.

Обмін даними з iButton проводиться через інтерфейс 1-Wire. Інформація в цьому інтерфейсі передається по єдиному провіднику. Живлення iButton отримують з цього ж провідника, заряджаючи внутрішній конденсатор в моменти, коли на шині немає обміну даними. Швидкість обміну достатня для забезпечення передачі даних в момент торкання контактного пристрою.

Для підключення iButton до комп'ютера випускаються *зчитувачі* (адаптери), що перетворюють сигнали стандартних портів комп'ютера (RS232, USB) в сигнали 1-Wire (рис. 21.3). Брелок для ключів дозволяє надійно закріпити «таблетку» iButton.

Разом з тим ідентифікаційні процедури не дозволяють однозначно визначити, що логін, пароль та/або будь-який додатковий пристрій пред'являються саме їх власником. Як теоретично, так і практично вони можуть бути передані іншій людині або викрадені ним. У силу цього значно більш надійною є **аутифікація за біологічними параметрами**, що є незмінними характеристиками людини на всьому протязі його життя.



Рис.21.3. iButton – це сімейство мікроелектронних пристроїв, розроблених фірмою Dallas Semiconductor (USA)

Біометричні системи аутифікації, доступні в даний час або знаходяться в стадії розробки, включають системи доступу по відбитку пальця, аромату, ДНК, формі вуха, геометрії особи, температурі шкіри обличчя, клавіатурного почерку, відбитком долоні, малюнку вен долоні, структурі сітківки ока, малюнку райдужної оболонки ока, підпису та голосу.

Аутифікація за відбитками пальців у майбутньому використовуватиметься найширше. Її перевагою є швидкість і простота використання, зручність і надійність. Імовірність помилки при аутифікації користувача набагато менше порівняно з іншими біометричними методами. Крім того, сам пристрій аутифікації досить компактний (рис. 21.4).



Рис. 21.4. Сканери BioLink, які дозволяють виробляти біометричну аутентифікацію за відбитком пальця (ліворуч) і поєднану, доповнює використанням смарт-карт (праворуч)

Аутентифікація з геометрії руки застосовується сьогодні в США в більш ніж 8000 організацій, включаючи Колумбійський законодавчий орган, Міжнародний Аеропорт Сан-Франциско, лікарні та імміграційні служби. Її переваги можна порівняти з аутентифікацією за відбитком пальця, хоча пристрій займає більше місця. Найбільш вдаль пристрій, Handkey, сканує як внутрішню, так і бічну сторону руки.

Для зчитування користувач (рис. 21.5) кладе долоню на панель пристрою, де спеціальні штирі – фіксатори допомагають скоректувати її розташування. Тривимірне зображення кисті руки фіксується спеціальною телекамерою з інфрачервоним підсвічуванням. Інформацію про товщину кисті пристрій отримує за допомогою бічних дзеркал, які потрапляють в огляд телекамери. Відскановане зображення порівнюється зі шаблоном, що зберігається в пам'яті зчитувача. За результатами порівняння зчитувач аутентифікує користувача.



Рис. 21.5. Аутентифікація особи за допомогою біометричного зчитувача HandKey II

Процедура аутентифікації особи за допомогою біометричного зчитувача HandKey II проводиться в два етапи. Спочатку на клавіатурі співробітник набирає свій унікальний ідентифікаційний номер з 1-10 цифр, а потім зчитувач проводить сканування кисті руки і порівнює отриману інформацію з шаблоном. Крім того, замість набору PIN-коду

в HandKey II передбачено підключення зчитувача електронних карт доступу, що використовують протоколи Proximity, Wiegand та ін.

Двоетапна процедура аутентифікації користувача, з одного боку, істотно підвищує рівень безпеки, а з іншого – дозволяє практично миттєво здійснити звірку з шаблоном бази даних. Набираючи свій PIN-код (або використовуючи карту доступу), людина заздалегідь «повідомляє» зчитувача, з яким саме шаблоном необхідно порівняти отримані дані. Час верифікації по кисті руки не перевищує 1 с, а загальний час аутентифікації в системі становить 1-5 с.

Перевага сканування райдужної оболонки полягає в тому, що зразок плям на райдужній оболонці знаходиться на поверхні ока, і від користувача не потрібно спеціальних зусиль – фактично відеозображення ока може бути відскановано на відстані метра, що робить можливим використання таких сканерів в банкоматах (рис. 21.6). Катаракта – помутніння кришталіка ока – жодним чином не впливає на процес сканування райдужної оболонки.



Рис. 21.6. Ручний (ліворуч) і стаціонарний (праворуч) сканери райдужної оболонки ока

Результати досліджень розробника технології – компанії IridianTechnologies – показали, що при надзвичайно великій базі реєстрацій (близько мільярда) імовірність помилкового розпізнавання людини була нижче 0,000001, а ймовірність помилкового відмови у розпізнаванні – нижче 0,003.

Процес аутентифікації особистості відбувається наступним чином. В системі формується знімок райдужної оболонки в ІК-світлі (700-900 нм), який потім перетворюється в 512-байтний код (IrisCode), що описує структуру оболонки. Отриманий IrisCode перевіряється на відповідність усім IrisCode, що знаходяться в базі даних, і за результатами порівняння відбувається або аутентифікація особистості, або відмова у доступі користувачеві.

Сканування сітківки відбувається з використанням інфрачервоного світла низької інтенсивності, спрямованого через зіницю до кровоносних судин на задній стінці ока. Сканери для сітківки ока набули великого поширення в надсекретних системах контролю доступу, так як ці засоби аутентифікації характеризуються одним з найнижчих відсотків відмови в доступі зареєстрованим користувачам і майже нульовим відсотком помилкового доступу. Однак, сканування сітківки є потенційно більш небезпечним, оскільки проводиться спеціальним лазерним променем. Крім того, при скануванні сітківки, око повинно перебувати на відстані не більше 1,5 сантиметра від зчитувального пристрою, погляд необхідно фіксувати на певній точці і зберігати нерухомим під час сканування.

Аутентифікація за рисами обличчя (за геометрією особи) – направлення біометричної індустрії, що швидко розвивається. На сьогоднішній день існує дві таких біометричні технології.

В основі *першої технології* лежить спеціальне програмне забезпечення, яке отримує зображення з самої звичайної веб-камери і обробляє його. На обличчі виділяються окремі об'єкти (брови, очі, ніс, губи), для кожного з яких обчислюються параметри, які повністю його визначають. При цьому сучасні системи будують тривимірний образ обличчя людини. Це потрібно для того, щоб аутентифікація виявилася можливою, наприклад, при нахилі і повороті голови, зміну виразу обличчя або макіяжі у жінок.

Друга технологія, заснована на аутентифікації людини по його обличчю, використовує термограму. Фотографія користувача, зроблена за допомогою спеціальної інфрачервоної камери, дозволяє отримати «карту» розташування артерій, яка у кожної людини різна. Навіть у однопляцевих близнюків артерії розташовані по-різному. У зв'язку з цим надійність методу досить висока. На жаль, він з'явився недавно і поки не набув великого поширення.

Криптографічний метод захисту інформації

Серед базових технологій безпеки, можна виділити криптографію. **Криптографія** (від др.- греч. κρυπτός – прихований і γράφω – пишу) – наука про методи забезпечення **конфідентційності і автентичності** (цілісності та справжності авторства, а також неможливості відмови від авторства) інформації.

Багато служб інформаційної безпеки, такі як контроль входу в систему, розмежування доступу до ресурсів, забезпечення безпечного зберігання даних і ряд інших, спираються на використання криптографічних алгоритмів.

Шифрування – процес перетворення повідомлення з відкритого тексту (plaintext) у шифротекст (ciphertext) таким чином, щоб:

- його могли прочитати тільки ті сторони, для яких воно призначене;
- перевірити справжність відправника (аутентифікація);
- гарантувати, що відправник дійсно послав дане повідомлення.

В алгоритмах шифрування передбачається наявність ключа. Ключ – це якийсь параметр, що не залежить від відкритого тексту.

Існують два види криптографічних систем:

- системи з секретним ключем (симетричні);
- системи з відкритим ключем (несиметричні).

Як випливає з назви, *симетричні системи* використовують один і той же ключ для проведення операцій шифрування і розшифровки, а *несиметричні системи* – різні. У симетричних системах обидві сторони, що обмінюються інформацією, повинні мати цей загальний для них ключ, але ніхто інший цим ключем володіти не повинен. Тим самим забезпечується таємність переданої інформації.

У несиметричних системах кожен користувач має два ключі, що утворюють ключову пару:

- *відкритий ключ*, який використовується для шифрування повідомлення, призначеного (направленого) власнику цього ключа. Відкритий ключ дозволяє зашифрувати, але не прочитати зашифроване повідомлення;

- *закритий ключ* використовується власником цього ключа для розшифровки спрямованих йому повідомлень, а також формування власного електронного підпису.

Пара цих ключів має важливу властивість: при досить великій довжині цих чисел дуже складно відновити значення закритого ключа, знаючи тільки відкритий ключ. Таким чином, будь-який користувач-учасник системи захищеного електронного документообігу може «публікувати» свій відкритий ключ в загальнодоступних місцях, щоб будь-який інший учасник цієї системи міг ним скористатися і зашифрувати направлене цьому користувачеві повідомлення. Таким чином, за допомогою відкритого ключа можна лише зашифрувати, але не прочитати зашифроване їм повідомлення. Це можливо тільки при наявності закритого ключа, парного відкритого.

Користувач повинен тримати свій закритий ключ в секреті від сторонніх. Закритий ключ зазвичай зберігається на якому-небудь знімному носії (дискеті, флеш-карті, смарт-карті) в зашифрованому вигляді і розшифровується тільки на час проведення певних дій. Криптографічні операції найчастіше виконуються всередині такого пристрою, видаючи на вихід тільки результат, але не розкриваючи вмісту закритого ключа. Закритий ключ, що зберігається на смарт-карті, може бути захищений паролем.

Найбільш популярні алгоритми шифрування з секретним ключем: DES, TripleDES і ряд інших.

Несиметричні системи дозволяють створювати **цифровий підпис**, який поставлено на цифровому документі, служить гарантією того, що саме власник даного ключа, а не хтось інший справді підписав цей документ. Для цього користувач-відправник, використовуючи свій закритий ключ, виробляє над даними, які він хоче підписати, деяку операцію і передає її результат разом з вихідними даними будь-якого іншого суб'єкту-одержувачу підписаного електронного документа. Цей суб'єкт, використовуючи тільки відкритий ключ відправника, парний закритому, може перевірити, що цифровий підпис вірний, тобто відповідає відправнику. У ході такої перевірки встановлюється відповідність електронного документа його відкритому ключу, тобто справжність електронного підпису (приналежність підпису його власника), а також встановлюється наявність або відсутність спотворень електронного документа після його електронного підписання (умисне або викликане помилками при його передачі по каналах зв'язку). Перевірка виконується за допомогою кешування-обчислення контрольної суми біт електронного документа. Побутовим аналогом кешування може служити прийом, коли при переїздах в пам'яті тримають кількість місць багажу. Тоді для перевірки не потрібно згадувати про кожну валізу, а достатньо їх порахувати. Збіг означатиме, що жодна валіза не втрачена. Тобто, кількість місць багажу є його хеш-кодом. Будь-яка зміна підписаних даних (навіть зміна всього одного біта у великому файлі) веде до зміни їх хеш-коду і робить електронний цифровий підпис недійсним.

Гарантією відповідності відкритого ключа його власнику є сертифікат, що формується і видається членом системи захищеного документообігу, підтверджуючий центр. Цей цифровий сертифікат є певним конгломератом до відкритого ключа користувача, інформації про нього, імені сертифіката та цифрового підпису засвідчуючого центру, який скріплює всі ці дані один з одним. При цьому сертифікат має термін дії, який обмежує термін відповідності відкритого ключа його власнику.

Електронно-цифровий підпис в електронному документі стає рівнозначним власноручного підпису при наступних умовах (одночасно):

- 1) сертифікат ключа електронно-цифрового підпису не втратив чинності;
- 2) підтверджена достовірність електронно-цифрового підпису в електронному документі;
- 3) електронно-цифровий підпис використовується у відносинах, що мають юридичне значення.

Електронне повідомлення, підписане електронним цифровим підписом, визнається електронним документом, рівнозначним документом, підписаним власноручним підписом, у випадках, якщо федеральними законами або іншими нормативними правовими актами не встановлюється або не мається вимога про складання такого документа на паперовому носії.

Використання електронних документів отримало широке поширення в багатьох сферах діяльності, причому вони застосовуються не тільки поряд з традиційними паперовими документами, але і замість них.

У сучасних медичних інформаційних системах електронний цифровий підпис може застосовуватися з кількома цілями. Це, насамперед:

- **Персоніфікація даних**, що накопичуються в інформаційній системі, дозволяє однозначно визначити автора запису.
- **Зберігання в інформаційній системозакінчених документів**, якщо після підписання документа за допомогою електронного цифрового підпису неможливе його подальше редагування документа. Це надає документу юридичний статус і обґрунтовано дозволяє відмовитися від еквівалентного паперового документа.

Медична інформаційна система як об'єкт захисту

Медична інформаційна система (МІС) – це складна, розподілена в просторі система, що складається з великої кількості зосереджених (локальних) підсистем (інформаційних вузлів), які оперують програмно-апаратними засобами реалізації інформаційних технологій і великою кількістю засобів, що забезпечують з'єднання і взаємодію цих підсистем з метою надання територіально віддаленим користувачам широкого набору послуг у сфері інформаційного обслуговування.

Інакше кажучи, МІС – організаційно-технічна система, яка реалізує інформаційні технології і передбачає апаратне, програмне та інші види забезпечення, а також відповідний персонал.

Проблеми організації захисту лікарської таємниці

Велика концентрація масивів медичної інформації, відсутність елементарного контролю за її збереженням і відносно низький рівень надійності технічних засобів викликають серйозну тривогу у забезпеченні збереження інформації.

У процесі експлуатації МІС, інформація, яка накопичується і обробляється, є досить незахищеною, схильною до руйнування, так і несанкціонованого використання. А велика кількість різноманітних компонентів, операцій, ресурсів та об'єктів МІС створюють досить привабливе середовище для різного роду вторгнень і несанкціонованих дій.

Виділяють такі *основні проблеми*, які виникають у процесі захисту інформації в МІС:

- Попередження витоку, крадіжки, втрати, спотворення, підробки інформації;
- Попередження загроз безпеки інформації особистості, суспільства, держави;
- Попередження несанкціонованих дій по знищенню, модифікації, спотворення, копіюванню, блокуванню інформації;
- Попередження різних форм незаконного втручання в інформаційні ресурси та інформаційні системи;
- Забезпечення правового режиму використання документованої інформації як об'єкта власності;

- Захист конституційних прав громадян на збереження особистої таємниці та конфіденційності персональних даних, які містяться в інформаційних системах;
- Збереження лікарської таємниці, конфіденційності документованої інформації відповідно до законодавства України;
- Гарантія прав суб'єктів в інформаційних процесах і при їх розробці, виробництві та застосуванні інформаційних систем, технологій та засобів їх забезпечення.

Слід зазначити, що сьогодні в якості базового рівня МІС застосовуються звичайні (побутові) ПК, які об'єднують за допомогою додаткового обладнання в локальні та розподілені обчислювальні мережі. Для захисту інформації при такому підході доводиться витрачати невиправдано велику кількість коштів на організацію захисту цінної інформації, яка обробляється за допомогою дешевої техніки. А в умовах, коли користувачі мають доступ до декількох серверів і володіють правами віддаленої реєстрації, захист настільки ускладнюється, що її забезпечення стає не по кишені навіть потужним фірмам і великим медичним центрам.

Класифікація порушень захисту інформації

Найбільш поширеними шляхами витоку інформації є:

- Крадіжка носіїв інформації та документів, отриманих у результаті роботи інформаційних систем;
- Копіювання інформації на ПК;
- Несанкціоноване підключення до апаратури та ліній зв'язку;
- Перехоплення електромагнітних випромінювань в процесі обробки інформації.

Серед осіб і місць ризику несанкціонованого доступу та використання можна виділити наступні:

Системний програміст – може порушувати захист, маючи право входу в систему. Може виявляти і обходити систему захисту.

Інженер з експлуатації – може порушувати захист технічних засобів, використовуючи автономні утиліти для доступу до файлів і для входу в систему.

Робочі станції – найбільш доступні компоненти мереж і саме з них може бути зроблено найбільшу кількість спроб несанкціонованих дій. З робочих станцій здійснюється управління процесами обробки інформації, запуск програм, введення та редагування даних; на дисках робочих станцій можуть розміщуватися важливі дані і програми обробки.

Сервери потребують особливого захисту, як концентратори великих обсягів інформації, в яких здійснюється перетворення даних при узгодженні протоколів обміну в різних ділянках мережі. Тут зловмисники, перш за все, шукатимуть можливості вплинути на роботу різних підсистем, використовуючи недоліки протоколів обміну і засобів розмежування віддаленого доступу до ресурсів та системних таблиць. При цьому, використовуються всі можливості і засоби, аж до спеціальних програмних ключів для подолання системи захисту.

Канали і засоби зв'язку. У силу великої просторової протяжності ліній зв'язку через неконтрольовану територію практично завжди існує можливість підключення до них, або втручання в процес передачі даних з боку зловмисників.

Крім того, можливі витоки, порушення цілісності, істинності і збереження інформації відбуваються в результаті випадкових або навмисно неправильних (недозволених) дій користувача (санкціонованого чи несанкціонованого для роботи даної МІС).

Проблеми впровадження комплексних систем захисту

Системний підхід у створенні механізмів захисту інформаційних систем.

Поняття системності полягає не просто у створенні відповідних механізмів захисту, а являє собою регулярний процес, який здійснюється на всіх етапах життєвого циклу ІС. При цьому всі засоби, методи і заходи, які використовуються для захисту інформації об'єднуються в цілісний механізм – систему захисту інформації (СЗІ).

Зазначимо *основні постулати СЗІ*, які не втратили своєї актуальності і сьогодні:

- Абсолютний захист створити не можливо; система захисту інформації повинна бути комплексною;

- СЗІ повинна бути такою, яка адаптується до постійно змінюваних умов.

До цих аксіом потрібно додати й інші. По-перше, СЗІ повинна бути саме системою, а не простим, багато в чому випадковим і хаотичним набором деяких технічних засобів і організаційних заходів, як це найчастіше спостерігається на практиці. По-друге, системний підхід до захисту інформації повинен застосовуватися, починаючи з підготовки технічного завдання і закінчуючи оцінкою ефективності та якості СЗІ в процесі її експлуатації. На жаль, необхідність системного підходу до питань забезпечення безпеки інформаційних технологій поки що не знаходить належного розуміння у користувачів сучасних ІС.

Сьогодні фахівці з різних галузей знань, так чи інакше, змушені займатися питаннями забезпечення інформаційної безпеки. Це обумовлено тим, що в найближчі сто років нам доведеться жити в суспільстві інформаційних технологій, куди перекочують всі соціальні проблеми людства, в тому числі і питання безпеки.

Постановка задачі моделювання процесів створення СЗІ

СЗІ лише тоді стане системою, якщо будуть встановлені логічні зв'язки між усіма її складовими. Як же організувати таку взаємодію?

Завдання автора СЗІ при вирішенні цього питання полягає в наданні користувачам допоміжного інструменту – моделі СЗІ, а завдання користувача – доповнити її своїми знаннями та рішеннями. Таким чином, різноманіття варіантів побудови інформаційних систем породжує необхідність створення різних систем захисту, які враховують індивідуальні особливості кожної з них.

Поняття системності полягає не просто у створенні відповідних механізмів захисту, а являє собою регулярний процес, який здійснюється на всіх етапах життєвого циклу МІС. При цьому, всі засоби, методи і заходи, які використовуються для захисту інформації, об'єднуються в єдиний цілісний механізм – систему захисту.

Модель представлення СЗІ

Практичне завдання забезпечення інформаційної безпеки (ІБ) полягає в розробці моделі системи/процесів ІБ, яка на основі науково-методичного апарату, дозволяла б вирішувати завдання створення, використання і оцінки ефективності СЗІ для проєктованих та існуючих ІС.

Що розуміється під моделлю СЗІ? На скільки реально створити таку модель? У спрощеному вигляді модель СЗІ представлена на рис.21.7.

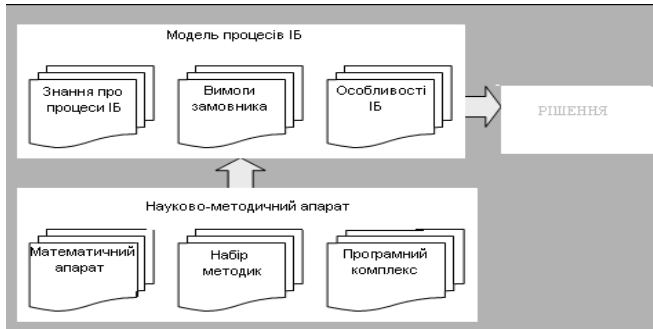


Рис.21.7. Модель системи захисту інформації

Специфічними особливостями вирішення завдання створення системи захисту є:

- Неповнота і невизначеність вихідної інформації про склад МІС і характерних загрозах;
- Багатокритеріальні завдання, пов'язані з необхідністю врахування великої кількості показників (вимог) системи захисту інформації (СЗІ);
- Наявність як кількісних, так і якісних показників, які необхідно враховувати при вирішенні завдань розробки та впровадження СЗІ;
- Неможливість застосування класичних методів оптимізації.

Вимоги до моделі

Така модель являє собою комплекс підходів та методик на основі матриці знань у сукупності з математичними методами. Вона повинна мати такі властивості:

- Універсальність;
- Комплектність;
- Простота у використанні;
- Наочність;
- Практична спрямованість.

Модель системи захисту інформації дозволяє:

- Встановити взаємозв'язок між показниками (вимогами);
- Задавати різноманітні рівні захисту;
- Отримувати кількісні оцінки;
- Контролювати стан СЗІ;
- Застосовувати різноманітні методики оцінок;
- Оперативно реагувати на зміну умов функціонування;
- Об'єднувати зусилля різноманітних фахівців з єдиною метою.

Формування моделі інформаційної безпеки

Як скласти таке уявлення про інформаційну безпеку, щоб охопити всі аспекти проблеми? Людина отримує найбільш повне уявлення про явище, яке найбільш його цікавить, якщо йому вдається розглянути це щось невідоме з усіх боків, в тривимірному просторі. Виходячи з цього, розглянемо три "координати вимірювань" – три групи складових моделі ІБ.

- З чого складається (ОСНОВИ).
- Для чого призначається (НАПРЯМОК).
- Як працює (ЕТАПИ).

В якості ОСНОВ або складових частин СИСТЕМИ розглядають (рис.21.8):

Далі виділяють основні НАПРЯМКИ забезпечення безпеки інформаційних технологій:

- Захист об'єктів інформаційних систем;
- Захист процесів, процедур і програм обробки інформації;
- Захист каналів зв'язку;
- Погашення побічних електромагнітних випромінювань;
- Управління системою захисту.



Рис.21.8 Основи інформаційної безпеки

Виділяють наступні ЕТАПИ створення СЗІ:

- 1) визначення інформаційних і технологічних ресурсів, а також об'єктів МІС, які підлягають захисту;
- 2) виявлення безлічі потенційно можливих загроз і каналів витоку інформації;
- 3) проведення оцінки незахищеності і ризиків інформації (ресурсів МІС) при наявному безлічі загроз і каналів витоку;
- 4) визначення вимог до СЗІ;
- 5) здійснення вибору засобів захисту інформації та їх характеристик;
- 6) впровадження і організація застосування обраних заходів, способів і засобів захисту;
- 7) здійснення контролю цілісності і керування системою захисту.

Біоетика та біобезпека

У сучасному світі життєво важливими залишаються питання біоетики та біобезпеки. Говорячи про інформацію неможливо обійти стороною питання етики в медицині. Наука, що займається питаннями етики в медицині та біології називається **біоетикою**.

Біоетика об'єднує в собі два важливих елементи – медичні та біологічні знання і загальнолюдські цінності.

Напрями біоетики

У вузькому розумінні поняття біоетика позначає все коло етичних проблем взаємодії лікаря і пацієнта. Неоднозначні ситуації, що постійно виникають у практичній медицині як породження прогресу біологічної науки та медичного знання, вимагають постійного обговорення як в медичному співтоваристві, так і у колі широкої громадськості.

У широкому сенсі термін *біоетика* відноситься до досліджень соціальних, екологічних, медичних та соціально-правових проблем, що стосуються не тільки людини, але і будь-яких живих організмів, включених до екосистеми, що оточують людину. У цьому сенсі біоетика має філософську спрямованість, оцінює результати розвитку нових технологій та ідей в медицині та біології в цілому.

Найголовнішим об'єктом безпеки є людина з її потребами, правами і здоров'ям. Безпека людини не може бути забезпечена без захисту безпеки середовища її проживання та життєдіяльності, а також суспільства, в якому вона живе. Одним з основних принципів безпеки є взаємна відповідальність людини, суспільства і держави. Досягнення безпеки – це результат дії системи, яка припускає приведення в дію заходів, адекватних загрозам життєво важливих інтересів.

Проблеми біобезпеки існують у світі давно, так як і в природі, і в просторі в різних необхідних людині та суспільству речах (продукти харчування, лікування, гігієна та т. ін.) нерідко зустрічаються небезпечні для здоров'я і життя з'єднання.

У всіх державах світу розроблені і застосовуються різні методи контролю за технологічними процесами та якістю знову залучених до сфери використання людиною нових біологічних об'єктів і речовин, їх токсичністю, алергеністю і спільною безпекою для здоров'я людей і стану навколишнього середовища. Найбільш небезпечними і часто трагічними є проблема алкогольної та наркотичної токсикації людей.

Питання, винесені на семінар:

1. Сучасна ситуація в області інформаційної безпеки.
2. Категорії інформаційної безпеки: конфіденційність, цілісність, таємність, захист, автентичність, апеляційність, надійність, точність, контрольованість, контроль ідентифікації.
3. Захист медичної інформації.
4. Ступінь захисту інформації про пацієнтів.
5. Характеристики, що впливають на безпеку інформації.
6. Проблеми захисту лікарської таємниці.
7. Класифікація порушень захисту інформації.
8. Моделювання процесів створення СЗІ.

Питання, винесені на самостійне вивчення:

1. Актуальність питання захисту інформації.
2. Принципи концепції медичних карток.
3. Медична інформаційна система як об'єкт захисту.
4. Проблеми впровадження комплексних систем захисту. Системний підхід у створенні механізмів захисту інформаційних систем.

ЗМІСТ

Передмова	3
Тема 1. Табличний процесор Excel. Основні прийоми роботи в Excel	4
Тема 2. Основи медичної інформатики.	15
Сучасне апаратне забезпечення ПК. Операційні системи	28
Тема 3. Сучасні інформаційні технології в медицині	39
Тема 4. Кодування, класифікація та алгоритмізація медичних задач	52
Тема 5. Доказова медицина	66
Тема 6. Статистичні методи обробки результатів медико-біологічних досліджень	77
Тема 7. Бази даних СУБД. Використання СУБД при вирішенні медичних задач	89
Тема 8. Візуалізація медико-біологічних даних. Обробка та аналіз медичних зображень	101
Тема 9. Обробка і аналіз біологічних сигналів	114
Тема 10. Мультимедійні технології в медицині	122
Тема 11. Математичне моделювання в біології та медицині	131
Тема 12. Системний аналіз у медичних дослідженнях	141
Тема 13. Біологічна, медична і фізіологічна кібернетика	155
Тема 14. Формальна логіка в рішенні задач діагностики, лікування та профілактики захворювань	162
Тема 15. Нейронні мережі	172
Тема 16. Експертні системи	179
Тема 17. Прийняття рішень в медицині	189
Тема 18. Медичні апаратно-програмні комплекси	203
Тема 19. Апарати та системи заміщення втрачених функцій людини	230
Тема 20. Сучасні інформаційні технології в медицині	245
Тема 21. Етичні та правові принципи управління інформацією в системі охорони здоров'я	272

Навчальне видання

Антюфєєва Ольга Іванівна
Балик Ірина Анатоліївна
Батюк Лілія Василівна
Бондаренко Марина Анатоліївна
Висоцька Олена Володимирівна
Гордієнко Ніна Олександрівна
Гранкіна Світлана Семенівна
Зайцева Ольга Василівна
Кнігавко Володимир Гілярєвич
Лад Світлана Миколаївна
Мещерякова Оксана Петрівна
Польотова Наталя Петрівна
Радзішевська Євгенія Борисівна
Рисована Любов Михайлівна
Солодовніков Андрій Сергійович
Шуба Ірина Вікторівна

МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА **Підручник** **для студентів вищих медичних закладів**

Відповідальний за випуск: Гранкіна С.С.

Комп'ютерна верстка: Балик І.А.
Макет обкладинки: Балик І.А.

Харківський національний медичний університет
пр. Леніна, 4, Харків, 61022,
