

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ІМ. М.І. ПИРОГОВА**

***КАФЕДРА БІОФІЗИКИ,
ІНФОРМАТИКИ ТА МЕДАПАРАТУРИ***

МЕДИЧНІ ЗНАННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В МЕДИЦИНІ

**Збірник методичних рекомендацій
до практичних занять з медичної інформатики
(модуль №2)
для студентів II-го курсу медичного факультету**

Під редакцією проф. І.І. Хаїмзона

Вінниця, 2007

Затверджено на засіданні Центральної координаційної методичної ради Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова

АВТОРИ:

І.І. Хаїмзон
А.Т. Теренчук
Р.В. Селезньова
Ю.П. Гульчак

Рецензенти:

- д.т.н., проф., завідувач кафедри автоматичної та інформаційно-вимірювальної техніки Вінницького національного технічного університету ***Р.Н. Кветний***

- д.мед.н., проф., директор науково-дослідного центру Вінницького національного медичного університету ім. М.І.Пирогова ***І. В. Гунас***

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ТА АЛГОРИТМІЗАЦІЯ МЕДИЧНИХ ЗАДАЧ

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Етапи створення та основні характеристики інформаційних систем і середовищ

У створенні будь-якої інформаційної системи беруть участь постановник задачі, який представляє інтереси потенційного користувача, і розробник - програміст, який видає кінцеву продукцію - програмний засіб.

Процес створення інформаційної системи містить ряд послідовних етапів (рис. 1).



Рис. 1.

Формулювання мети дає відповідь на запитання "що потрібно?".

Моделювання подумки містить уявлення про предмет, шляхи розв'язання задачі і формулювання бажаних результатів.

Наступний етап - це **словесне (лінгвістичне) описання** вищевикладеного з обов'язковим перерахуванням вхідних даних (вхідної інформації) і бажаних форм подання результатів розв'язання (вихідної інформації).

Далі йде **формалізований (математизований) опис** вищевикладеного, маючи на увазі, що чим глибший рівень формалізації, тим надійніші будуть результати роботи програміста.

Алгоритмізація рішення означає опис послідовності тих дій, які потрібно виконати над вхідною інформацією для того, щоб отримати шукані результати на виході.

Останній етап - це конкретна **програмно-апаратна реалізація** проекту.

Незважаючи на очевидну різницю медичних інформаційних систем, призначених для розв'язання таких задач, сама по собі постановка кожної з них, окрім наведених вище етапів має обов'язкову внутрішню структуру, що складається з шести основних характеристик (рис. 2).

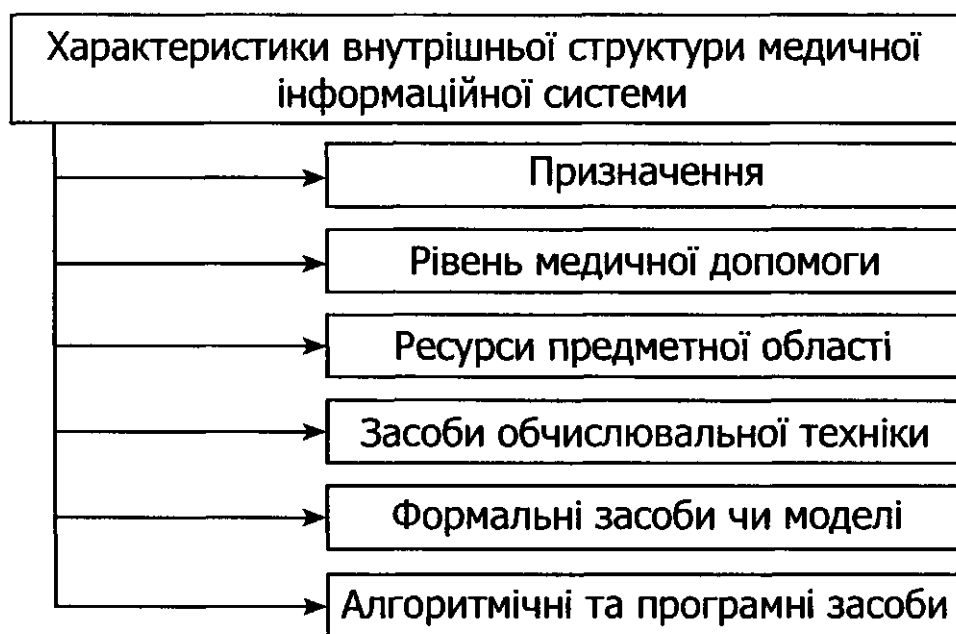


Рис. 2.

Призначення інформаційної системи, програмного засобу, бази даних тощо містить не лише формулювання мети розроблення, а й визначення змісту та обсягу вхідної і вихідної інформації, а також способів її подальшого використання для досягнення поставленої мети.

Рівень медичної допомоги (долікарський, лікарський, догоспітальний, стаціонарний - неспеціалізований чи спеціалізований) або рівень управління (територіальний, закладу тощо), на якому буде використовуватись розробка, чітко визначає, хто, де і коли може стати користувачем задуманої системи.

Ресурси предметної області, що їх має у розпорядженні користувач, дають можливість йому отримувати всю інформацію, потрібну для введення в систему, і використовувати всю інформацію, що видається системою на виході.

Важливу роль відіграють **засоби** обчислювальної техніки, на котрих буде реалізована дана розробка, з урахуванням їх доступності для потенційного користувача і можливості включення в комп'ютерні мережі (локальні і т.ін.).

Формальні засоби чи моделі є основою побудови інформаційної системи. Для прикладу можна навести назви найчастіше використовуваних при постановці задачі видів формального моделювання: це статичні та динамічні моделі, дискретні та аналогові. Дуже поширеним є метод статистичного моделювання, однак використовують також логіко-ймовірнісні, концептуальні, евристичні (експертні) моделі. Широкі можливості для комп'ютерної реалізації дає імітаційне моделювання. Потужним інформаційним засобом є моделі, що базуються на формальному інструменті комп'ютерної графіки, на введенні даних і виведенні результатів у вигляді зображень. До цього можна підключити також інші форми введення і виведення інформації, що пов'язані з різними видами сенсорного сприйняття (звук, тактильні відчуття, запах). Однак ці поки що "екзотичні" методи потребують не чисто програмних, а програмно-апаратних засобів, що є самостійною задачею.

Алгоритмічні і програмні засоби розв'язання задачі чи комплексу задач мають бути однією з складових частин її постановки. Такий алгоритм слід описати хоча б словами, краще - графічно, а ще краще - у вигляді загальноприйнятої стандартної схеми. В будь-якому випадку алгоритм потрібно якомога детальніше узгодити з безпосереднім розробником програми. Велике значення має також вибір програмних засобів, однак це - компетенція розробника, з яким треба узгодити лише питання програмної сумісності вибраних

ним засобів з можливостями використання майбутнього програмного продукту передбачуваним користувачем на своїй технічній базі у своїх умовах.

1.2. Основи алгоритмізації задач

Алгоритм - це точний виклад послідовності дій над вихідними даними, виконання яких приводить до шуканого результату. Інакше кажучи, алгоритм - це набір інструкцій, що описує, як деяке завдання може бути виконане. З самого початку цей термін використовувався для чисто обчислювальних процесів, але завдяки бурхливому розвитку ЕОМ він набув більш широкого значення. Приклади алгоритмів у цьому широкому смислі зустрічаються й у повсякденному житті: рецепт приготування якої-небудь страви можна вважати алгоритмом, а розкрій - алгоритмом виготовлення одягу. Прикладами найпростіших обчислювальних алгоритмів є правила виконання арифметичних дій, розв'язування системи алгебраїчних рівнянь тощо.

Властивості алгоритму:

1. **Визначеність** - однозначність запропонованої послідовності дій, яка не припускає довільного її тлумачення різними користувачами.
2. **Масовість** - придатність для розв'язування багатьох або навіть усіх задач даного типу при різних вхідних даних.
3. **Дискретність** - поділ алгоритму на окремі елементарні акти.
4. **Результативність** - можливість отримання розв'язку за кінцеву кількість кроків.

Існує кілька способів описування алгоритмів: словесний, символічний, графічний.

Словесний спосіб полягає в описуванні алгоритму в термінах будь якої мови.

Приклад. Побудувати сім'ю точок у системі координат X і Y якщо для кожної точки $Y = X^2$. Значення X - це цілі числа 1, 2, 3.

Словесне описування алгоритму розв'язання даної задачі має вигляд:

1. Нехай $X = 1$.
2. Обчислити $Y = X^3$.
3. Вивести на друк X, Y
4. Нехай $X = 2$
5. Обчислити $Y = X^3$.
6. Вивести на друк X, Y .
7. Нехай $X = 3$.
8. Обчислити $Y = X^3$.
9. Вивести на друк X, Y .
10. Кінець.

Словесний спосіб описування алгоритмів застосовується рідко, оскільки запис при цьому досить громіздкий і можуть виникнути суперечливі тлумачення алгоритму.

Запис алгоритму за допомогою умовних символів є символічним способом описування. Наприклад, символом **V** позначають виконання будь-яких арифметичних операцій. Застосовуваний індекс означає, яку саме операцію треба виконати: **V**₁ - додавання, **V**₂ - піднесення до степеня, **V**₃ - множення і т. д. Символ **P** означає перевірку якої-небудь умови. Застосовуваний індекс вказує, яка умова перевіряється: **P**₁ - перевірка, чи дорівнює нулю, **P**₂ - перевірка, чи є додатним і т. д. Символ **T** означає перехід від однієї дії до іншої, якщо вони йдуть послідовно. Наприклад, запис **V**₁**I**₂**P**₁**V**₃ означає, що спочатку виконується дія **V**₁ (додавання), потім **V**₂ (піднесення до степеня), потім перевіряється умова **P**₁ (чи дорівнює нулю результат), якщо результат дорівнює нулю, то здійснюється перехід до дії **V**₁, якщо ні - то до дії **V**₃.

Символічний спосіб описування алгоритму робить запис алгоритму дуже стислим, проте не наочним.

Найбільш зручним і наочним є зображення алгоритму в графічному вигляді, або у вигляді структурної схеми. Складання структурної схеми алгоритму - одна з найважливіших частин документації, підготовленої для розв'язування задачі на ЕОМ.

Структурна схема алгоритму складається з окремих блоків. Усі блоки стандартизовані відповідно до ЄСПД - єдиної системи проектної документації.

Розрізняють такі основні види блоків:

1. Блок **обробки даних** (у вигляді прямокутника) символізує виконання яких-небудь операцій з обробки даних; текст всередині цього блока є стислим описом процесу обробки. Стрілками позначається напрям ходу обчислень (рис. 3).

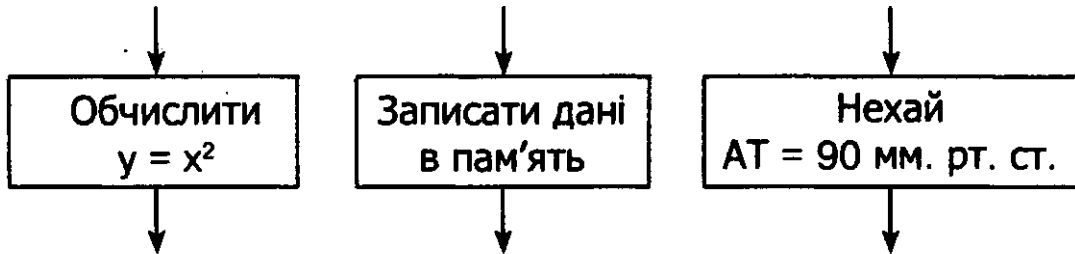


Рис. 3.

2. Блок **перевірки умови** (у вигляді ромба) символізує перевірку виконання якої-небудь умови з метою прийняття рішень про напрям ходу обчислень. Всередині блока описується умова, яку треба перевірити. Можливі результати перевірки вказуються на виходах - лініях, що виходять з блока (рис. 4).



Рис. 4.

3. Блоки **введення і виведення** інформації позначаються у вигляді паралелограма (рис. 5).

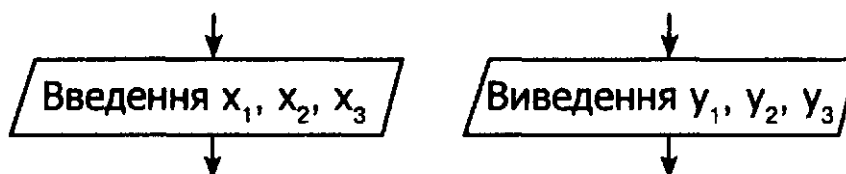


Рис. 5.

4. Блоки **початок і кінець алгоритму** позначаються у вигляді овалів (рис. 6).



Рис. 6.

5. Блок **виведення інформації на друк** позначається у вигляді, зображеному на рис. 7.



Рис. 7.

6. Блок **початок або заголовок циклу** позначається так як на рис. 8. Текст всередині вказує, яка саме послідовність дій повинна виконуватися багаторазово (циклічно).

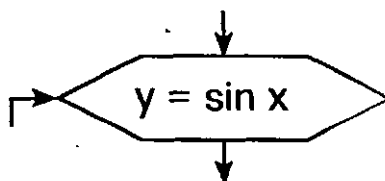


Рис. 8.

Якщо треба розірвати лінію потоку обчислень, що йде від одного блока до другого, застосовуються сполучні кола з указаною цифрою всередині. Друге ідентичне сполучне коло з цією самою цифрою означає, що лінія, перервана в місці розміщення першого кола, продовжується до того місця, де знаходиться друге аналогічне коло (рис. 9). Якщо треба з'єднати кілька ліній алгоритму в одну, то використовують сполучне коло (з'єднувач) без цифри всередині (рис. 10).

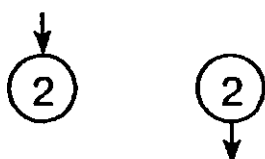


Рис. 9.

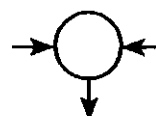


Рис. 10.

Правила для складання структурної схеми алгоритму:

1. Будь-який алгоритм повинен мати початок і кінець.
2. Усі блоки алгоритмів, крім перевірки умови, мають тільки один вихід.
3. Усі блоки алгоритму, крім початку циклу, мають не більше одного входу.
4. Лінії алгоритму не можуть розгалужуватися, оскільки ЕОМ при розв'язуванні задачі повинна йти за строго визначеним напрямом.

1.3. Типи алгоритмів

Існує три типи алгоритмів: лінійні, розгалужені та циклічні. Розглянемо ці типи на прикладах обчислювальних задач.

1.3.1. Лінійні алгоритми.

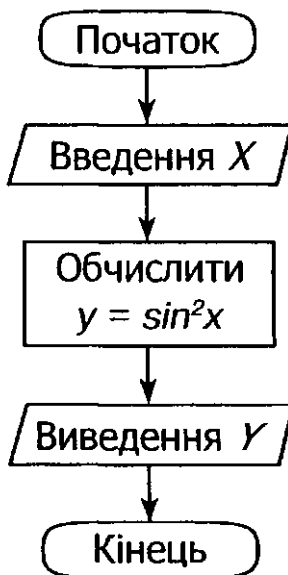


Рис. 11.

У лінійних алгоритмах послідовність операцій не залежить від конкретних значень використаних даних. Основною ознакою лінійності алгоритму є відсутність блоків перевірки умов.

Структурну схему лінійного алгоритму для розв'язування рівняння $y = \sin^2 x$ при будь-яких значеннях x зображено на рис. 11. Щоб полегшити описування алгоритму, блоки алгоритму можна нумерувати. Лінійні алгоритми практично не застосовуються для розв'язування на ЕОМ, при цьому зручніше використовувати калькулятор.

1.3.2. Розгалужені алгоритми.

Розглянемо розв'язання рівняння

Тут можуть бути такі значення x , коли розв'язати задачу не мож-

на. Якщо $|x| < 1$, то задача розв'язується; якщо $|x| > 1$, то розв'язку немає. Структурну схему алгоритму зображено на рис. 12.

Таким чином, розгалужений алгоритм - це такий, в якому послідовність дій залежить від конкретних значень використовуваних даних, тобто в таких алгоритмах обов'язково є хоча б один блок прийняття рішення.

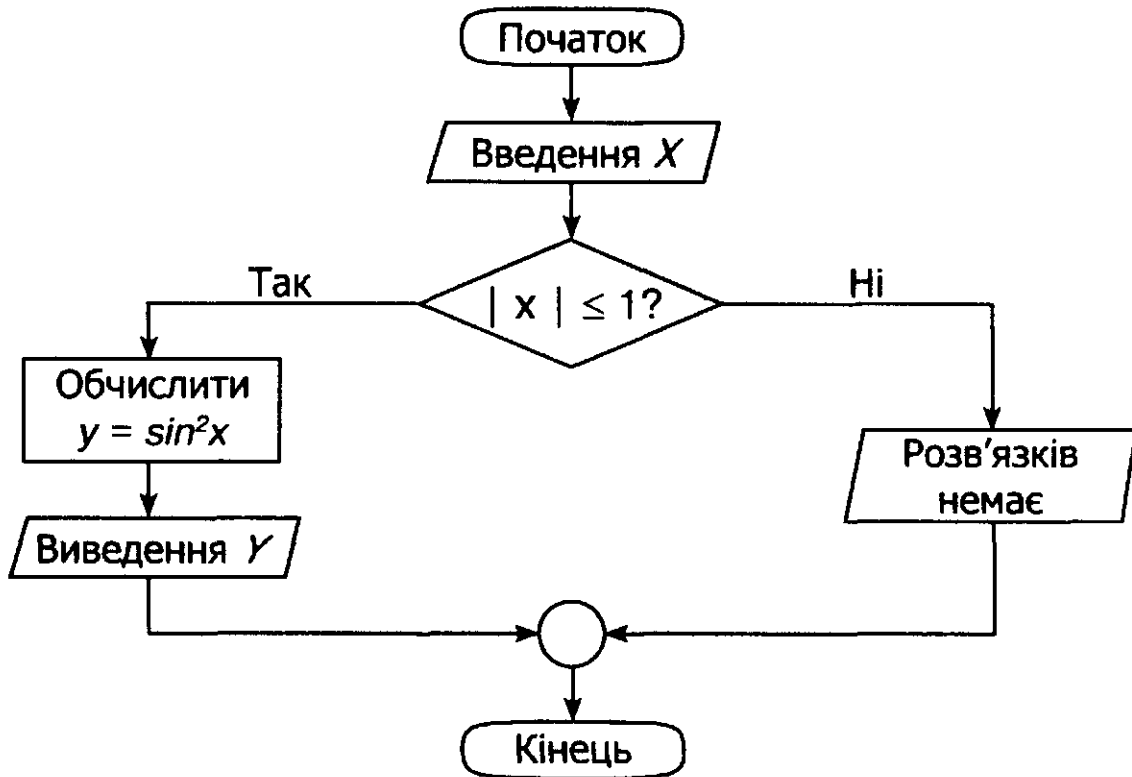


Рис. 12.

Розгалужений тип алгоритмів найбільш поширений для розв'язання медико-біологічних задач.

1.3.3. Циклічні алгоритми.

Циклічний тип алгоритмів передбачає багаторазове повторення деякої послідовності дій.

Наприклад: скласти алгоритм знаходження значень функції $y = a * x^5$ у діапазоні $x = 1 \dots 20$ з кроком $\Delta = 0,5$ (a - константа).

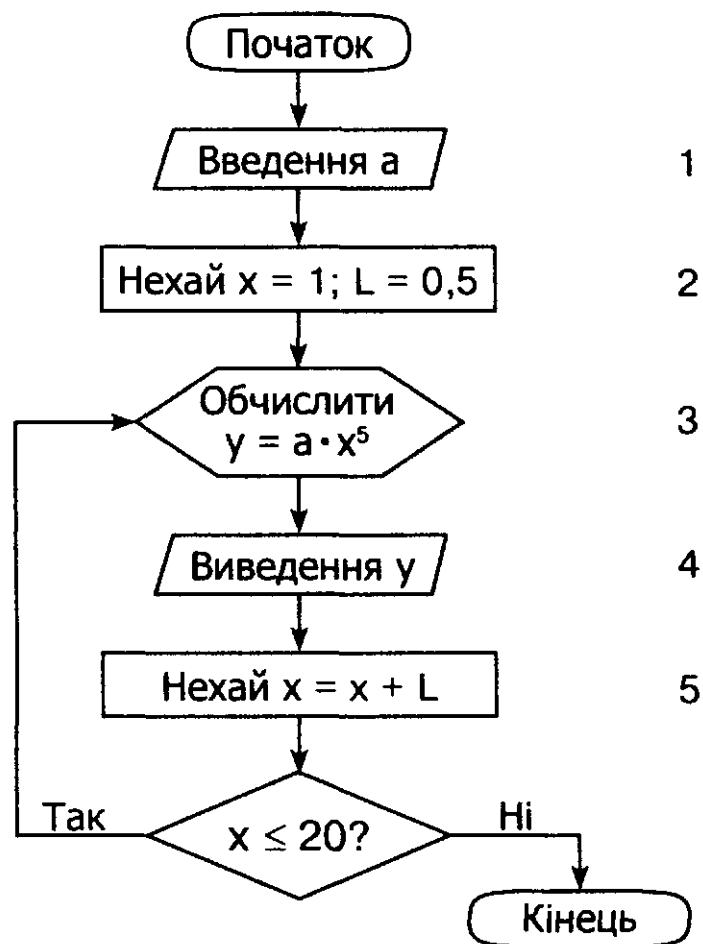


Рис. 13.

1.4. Алгоритмічна модель подання медичних знань

Сучасні принципи оптимізації діагностичного процесу припускають синдромний аналіз захворювань, вибір вирішальних ознак і створення діагностичного алгоритму. Синдромний принцип аналізу захворювань дає можливість звужити різноманітну симптоматику захворювання до деякої невеликої кількості інформаційних блоків. Синдром розглядають як сукупність ознак (чи велика ознака), які можуть спостерігатися при захворюваннях органів і систем, незалежно від їхніх етіології і патогенезу, а також локалізації патологічного процесу. Такий феноменологічний підхід до трактування синдрому значно полегшує розроблення на його основі діагностичного

алгоритму. До алгоритму на синдромному принципі можна включити всі захворювання і патологічні стани, що характеризуються цим синдромом. Вибір вирішальних ознак значною мірою підвищує ефективність та оперативність діагностики. Одним із джерел відбору вирішальних ознак (селективності) є накопичений досвід.

Внаслідок проведеної таким чином експертної роботи медичні знання подаються у вигляді алгоритмічної моделі. В практиці програмування таку модель описують за допомогою алгоритмічних мов програмування. Широко використовуються також структурні схеми алгоритмів, які дають можливість представити дані моделі в наочному і загальнодоступному вигляді, не залучаючи складні конструкції з конкретних мов програмування. Прикладом може бути алгоритм розпізнавання коматозних станів у хворих на цукровий діабет (рис. 14).

Недоліком такої моделі є її статичність. Внесення нових знань чи коректування тих, що вже маємо, передбачає зміну структури всього алгоритму і, відповідно, програми, яка його реалізує, тим більш, якщо врахувати, що подібні зміни при створенні машинних діагностичних систем відбуваються многократно.

2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Розв'язати наступні задачі:

1. Побудувати структурну схему алгоритму для визначення кислотності середовища при рН-метри, виходячи з наступних критеріїв: $\text{pH} < 7$ - середовище кисле, $\text{pH} = 7$ - середовище нейтральне, $\text{pH} > 7$ - середовище лужне.

2. Створюється інформаційно-довідкова система, яка на запитання користувача видає довідку про різні лікарські препарати, їх дозування, показання та протипоказання. Треба розробити структурну схему алгоритму фрагмента цієї системи, в якій видаються довідки про дозування серцевого препарату корглікону залежно від віку пацієнта, виходячи з таких критеріїв:

Вік (років)	Доза (мг)
до 2	не призначається
2-6	0,1-0,5
6-12	0,5-0,75
більше 12	0,75-1,0

3. Створюється інформаційно-довідкова система, яка дає змогу у відповідь на запит користувача видати довідку про різні фізіологічні показники. Треба розробити структурну схему алгоритму фрагмента цієї системи, де розраховувався б об'єм вмісту води (ОВВ) для дорослого залежно від ваги і статі пацієнта, виходячи з таких критеріїв:

Стать чоловіча	Стать жіноча
$ОВВ = Вага \times 0,8$	$ОВВ = Вага \times 0,75$

4. У лабораторії медико-біологічних досліджень треба підтримувати температуру, яка дорівнює 26°C . У розпорядженні дослідника є: нагрівник, кондиціонер, вимірювач температури, ЕОМ. Розробити структурну схему алгоритму керування ЕОМ всією зазначеною апаратурою для отримання необхідного результату.

5. Скласти таблицю значень тиску крові в аорті $P = P_0 e^{-\lambda t}$ у діапазоні $0 < t < 1$ (с) з кроком $\Delta t = 0,1$ (с). P_0 - початкове значення тиску крові, λ - гідравлічний опір аорти, k - еластичність аорти.

6. Знайти суму n чисел $(1 + 2 + 3 + \dots + n)$ і обчислити їх добуток $(1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n)$.

Контрольні питання

1. Етапи створення та основні характеристики інформаційних систем і сетевих систем.
2. Поняття алгоритму.
3. Властивості алгоритму.
4. Способи подання алгоритму.
5. Типи алгоритмів.
6. Правила складання структурних схем алгоритмів.



Рис. 14.

СИСТЕМИ ЧИСЛЕННЯ. КОДУВАННЯ ЧИСЛОВОЇ ТА НЕЧИСЛОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ. ФОРМАЛЬНА ЛОГІКА У ВИРІШЕННІ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

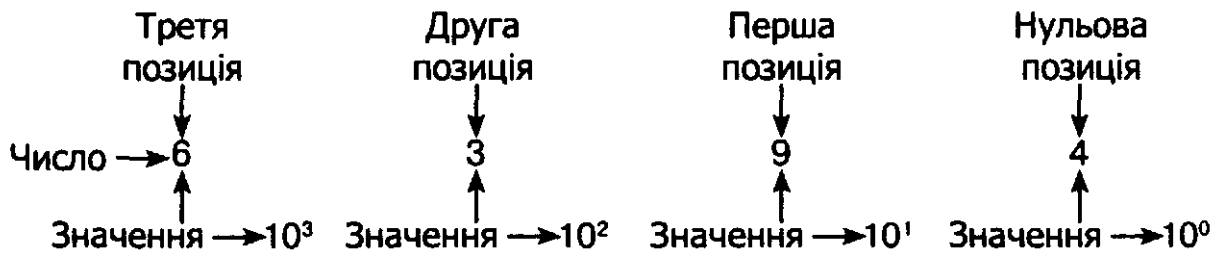
1.1. Загальні поняття про системи числення. Десяткова система числення. Двійкова система числення

Одне й те саме число можна записати по-різному, наприклад 27 і XXVII. У першому випадку кажуть, що число записано в десятковій системі числення, у другому - в римській. Крім цих двох систем **ШИ-**роко використовують ще ряд систем числення: двійкову, вісімкову, шістнадцяткову.

Будь-яка система числення має певний набір цифр і правил їх записування. Загальну кількість усіх цифр системи називають її основою. Поряд написані цифри утворюють число. У конкретному числі кожна цифра займає певну позицію. Якщо та сама цифра має різне значення залежно від позиції, то систему числення називають позиційною. Розглянемо, наприклад, число 666, записане в десятковій системі числення. Цифра 6 повторюється в числі три рази, однак щоразу вона має інше значення. У крайній справа позиції ця цифра означає шість одиниць, у наступній - шість десятків, в останній - шість сотень. Отже, десяткова система числення - позиційна.

Крім позиційних, є непозиційні системи числення, наприклад римська. У числі XXX цифра X записана в різних позиціях, але кожного разу означає одну й ту саму величину - десять одиниць.

Розглянемо докладніше десяткову систему числення. Будь-яке число в цій системі записують десятьма різними цифрами - від 0 до 9. Отже, основа системи дорівнює 10. Кожна позиція оцінюється значенням. У крайній справа позиції десяткового числа розміщені одиниці - значення цієї позиції записують як 10^0 , у наступній позиції розміщені десятки - її значення записують 10^1 і т. д. Присвоєння значення кожній позиції, наприклад, десяткового числа 6394 можна наочно записати так:



Будь-яке десяткове число можна записати в розгорнутому вигляді. Для цього треба кожен цифру в числі помножити на значення позиції, яку вона займає, і всі добутки додати:

$$6394 = 6 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 4 \times 10^0.$$

Якщо десяткове число має дробову частину, то її відокремлюють від цілої комою або крапкою. Значення першої зліва від коми позиції дорівнює 10^i , наступної - 10^{i-2} і т. д. Присвоєння значення кожній позиції, наприклад десяткового числа 0,367, можна записати так:



Розгорнута форма запису цього числа матиме такий вигляд:
 $0,367 = 3 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2} + 7 \times 10^{-3}.$

Отже, будь-яке десяткове число можна записати двома різними способами. Так, число може бути ціле або дробове, перед ним може стояти знак, наприклад: 15; 2,3; 6,74; +8,9; -17,12. Такий спосіб запису числа називають зображенням десяткового числа у формі з фіксованою комою (крапкою). Користуючись другим способом, ціле або дробове число множать на основу системи числення в цілому ступені, наприклад: 6×10^2 ; $3,75 \times 10^4$; $13,2 \times 10^1$. Перед числом може стояти знак "+" або "-". Такий спосіб запису числа називають зображенням числа з плаваючою комою (крапкою). "Плавання" означає запис того самого числа в різних варіантах залежно від місця коми в числі: 258; $2,58 \times 10^2$; $25,8 \times 10^1$; 2580×10^0 т. п.

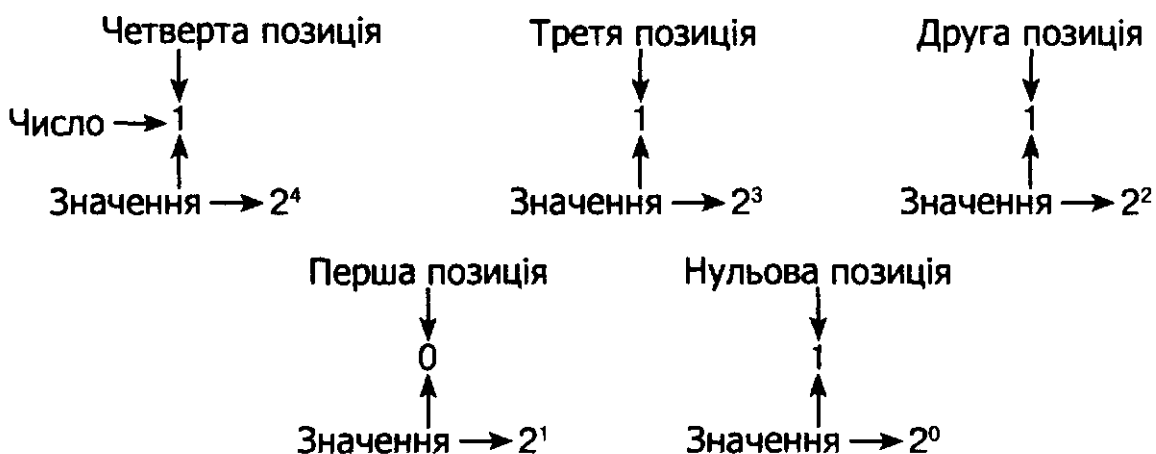
Число записане у формі з плаваючою комою, тобто у вигляді $M \times 10^p$, називають нормалізованим. Є два варіанти запису числа в нормалізованому вигляді. У персональних комп'ютерах M задовольняє умову: $0,1 < M < 1$; у програмуючих калькуляторах $1 < M < 10$.

Наприклад, число 3675 у нормалізованому вигляді можна записати так: $0,3675 \times 10^4$.

Вираз, який стоїть у нормалізованому числі перед знаком множення, називають *мантисою*, а показник степеня основи системи числення - *порядком*.

$$\underbrace{0,3675}_{\text{мантиса}} \times 10^4 \rightarrow \text{порядок}$$

Двійкова система числення лежить в основі роботи цифрової техніки. У цій системі для запису будь-якого числа використовують дві цифри - 0 і 1. Отже, основою такої системи є 2. Як і в десятковому числі, кожна цифра двійкового числа займає певну позицію. Крайня справа позиція у двійковому числі має значення, що дорівнює 2^0 , наступна - 2^1 і т.д. Присвоєння значення кожній позиції двійкового числа 11101 (читається один один один нуль один) матиме такий вигляд:



Розгорнуту форму цього двійкового числа можна записати так:
 $11101 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$.

Перемноживши і підсумувавши результати в розгорнутій формі двійкового числа за правилами арифметики, дістанемо значення цього числа в десятковій системі числення. Як видно з прикладу,

навіть порівняно невеликі числа в двійковій системі числення займають багато позицій.

. Далі, щоб не плутати числа, складені з тих самих цифр, але таких, що належать до різних систем числення, після кожного числа в дужках зазначатимемо систему числення. Наприклад, запис $Ю1_{(2)}$ означає, що розглядається двійкове число один нуль один, а запис $101_{(10)}$ відповідає десятковому числу сто один. Для розглянутого вище прикладу $11101_{(2)} = 29_{(10)}$.

Як і в десятковій системі, у двійковій для відокремлення дробової частини від цілої використовують кому (крапку). Кожна позиція справа від коми має таке значення: $2^{-1}, 2^{-2}$ і т. д. Присвоєння значення позиції в дробовій частині, наприклад двійкового числа $0,011$, можна записати так:



Отже, розгорнута форма запису цього числа матиме вигляді $0,011_{(2)} = 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 0,375_{(10)}$.

Двійкове число $0,011$ має те саме значення, що й десяткове число $0,375$.

З розглянутих прикладів можна зробити такий висновок: щоб записати в десятковій системі числення двійкове число, треба записати його розгорнуту форму і виконати зазначені у формі дії.

Двійкові числа, як і десяткові, можна записувати у двох формах: з фіксованою і плаваючою комою (крапкою).

Приклади записів двійкових чисел (в дужках записані десяткові еквіваленти):

з фіксованою комою

$11011_{(2)}$ (27); $0,111_{(2)}$ (0,875); $-11,011_{(2)}$ (-3,375),

з плаваючою комою

1110×10^{11} (14×2^3); $0,11 \times 10^{10}$ ($0,875 \times 2^5$).

1.2. Записування чисел у різних системах числення. Перетворення десяткових чисел у числа інших систем числення

Узагальнена формула, за якою записують числа в будь-якій позиційній системі числення, має вигляд:

$$k = \sum_{i=-m}^{i=n-1} a_i \times q_i,$$

де k - число; a_i - цифри, які використано в певній системі числення; q - основа системи числення; i - біжучий індекс, який змінюється від $-m$ до $n-1$, n - кількість розрядів числа, що стоять зліва від коми; m - кількість розрядів числа зправа від коми.

З використанням наведеної вище формули запишемо такі числа

$$\begin{aligned} 125,3_{(10)} &= 1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1}; \\ 212,2_{(3)} &= 2 \times 3^2 + 1 \times 3^1 + 2 \times 3^0 + 2 \times 3^{-1}; \\ 237,5_{(8)} &= 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 5 \times 8^{-1}; \\ 964,4_{(16)} &= 9 \times 16^2 + 6 \times 16^1 + 4 \times 16^0. \end{aligned}$$

Треба пам'ятати, що цифри, використані в системі числення залежать від основи цієї системи, причому молодшою цифрою завжди є 0, старшою - цифра, на одиницю менша від основи системи числення. Наприклад, цифри, що їх використовують у десятковій системі числення 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; у двійковій: 0, 1; у трійковій: 0, 1, 2; у вісімковій: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; у шістнадцятковій 0, 1, 2 14, 15.

Якщо число записують у шістнадцятковій системі, яку широкі використовують, то двоцифрові числа 10, 11.... 15 позначають угор фігурними дужками, наприклад;

$$10\text{D}12\text{~}5_{(16)} = 1 \times 16^3 + 10 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 5 \times 16^0.$$

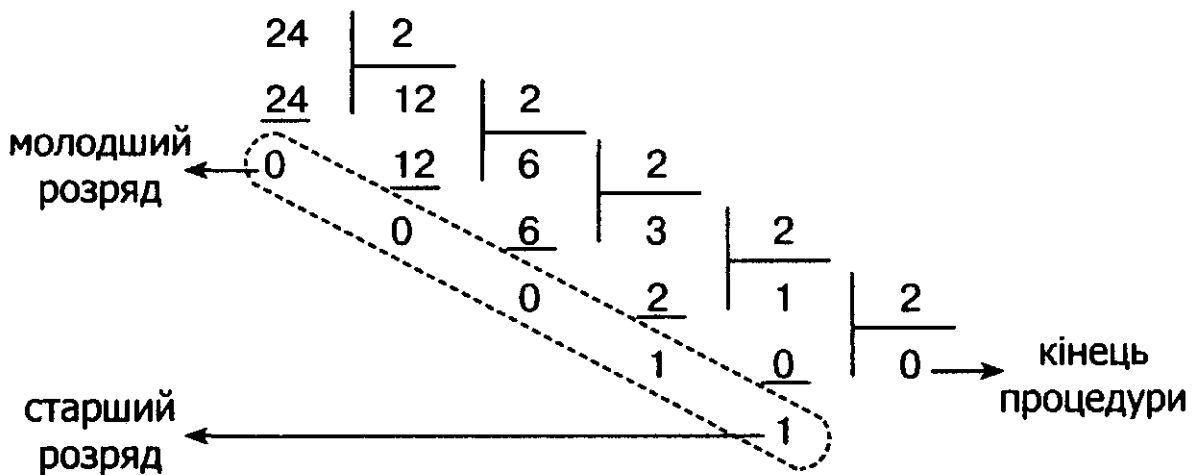
У цифровій техніці для спрощення записів шістнадцяткових чисел, двоцифровим числам 10, 11, 12, 13, 14, 15 присвоюють та* буквені позначення 10-А, 11-В, 12-С, 13-0, 14-Е, 15-Р.

Тоді шістнадцяткове число 10D125₍₁₆₎ можна записати скорочено 1AC5₍₁₆₎.

У практичній роботі часто буває потрібно перетворювати числа десяткової системи числення в числа будь-якої іншої системи. Для цього користуються правилом ділення десяткового числа на основу тієї системи числення, в яку треба перетворити дане число.

Продемонструємо це правило на прикладі перетворення десяткового числа в двійкове. Для цього ціле десяткове число поділимо на основу двійкової системи числення, тобто на 2. Остача від ділення на 2 може дорівнювати 0 або 1. Значення остачі присвоюємо молодшому розряду шуканого двійкового числа. Результат першого ділення знову ділимо на 2. Остачі (знову 0 або 1) присвоюємо наступний розряд двійкового числа. Подібну процедуру повторюють доти, поки результат ділення дорівнюватиме 0. Остача від останньої дії ділення є значенням старшого розряду двійкового числа.

Приклад:



Отже, результатом перетворення десяткового числа 24 в двійкову систему числення є число 11000.

Щоб перетворити десятковий дріб у двійкову систему числення, треба скористатися іншим правилом. У цьому разі дробову частину десяткового числа множать на основу двійкової системи числення, тобто на 2. Якщо результат буде менший від 1, то старшому розряду шуканої дробової частини двійкового числа присвоюють значення 0, а якщо більший від 1, то 1. Результат попередньої операції знову множать на 2, причому для множення беруть тільки його дробову частину. Аналогічно роблять з новим результатом. Описану проце-

дуру повторюють доти, поки результат наступного множення точно не дорівнюватиме 1 або поки не буде досягнуто потрібної точності.

Приклад: $0,625 \times 2 = 1,25$ — $\cdot 1$ - старший розряд дробової частини двійкового числа;

$0,25 \times 2 = 0,5$ — $\cdot 0$ - наступний розряд дробової частини двійкового числа;

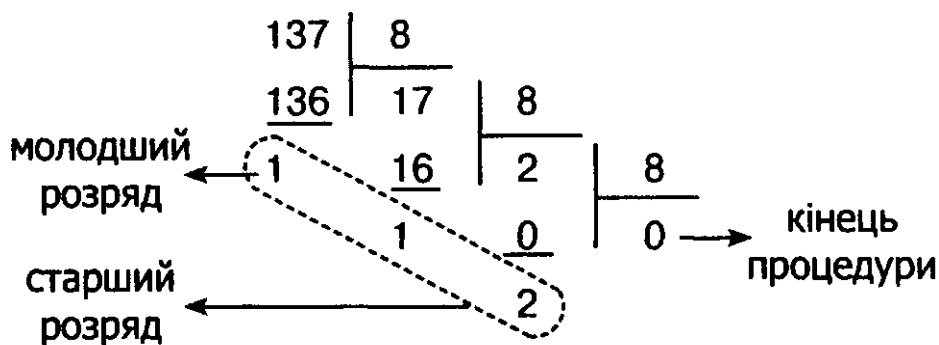
$0,5 \times 2 = 1$ — $\cdot 1$ - молодший розряд дробової частини двійкового числа;

$$0,625_{(10)} = 0,101_{(2)}$$

Отже, якщо десяткове число з дробовою частиною треба перетворити в двійкову систему числення, то цілу його частину перетворюють за першим правилом, а дробову - за другим і потім записують загальний результат.

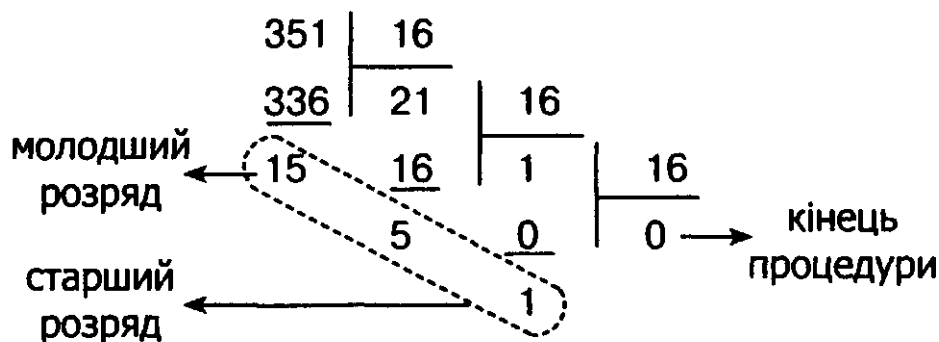
Розглянемо приклади перетворення десяткових чисел в інші системи числення:

1. Записати десяткове число 137 у вісімковій системі числення. Використаємо загальне правило:



Отже, $137_{(10)} = 211_{(8)}$.

2. Записати десяткове число 351 у шістнадцятковій системі числення. Процедура перетворення матиме такий вигляд:



У результаті дістаємо: $351_{(10)} = 1515_{(16)} = 15F_{(16)}$

1.3. Двійкова арифметика. Додавання, віднімання, множення і ділення двійкових чисел

Над двійковими числами, як і над числами, записаними в будь-якій іншій системі числення, можна виконувати арифметичні операції; додавання, віднімання, множення і ділення.

Додавання і віднімання двійкових чисел подібні до таких самих дій над десятковими числами.

Дію додавання розпочинають з додавання цифр молодших розрядів доданків. Якщо результат додавання більший від 1, то до наступного розряду переносять одиницю, а в молодшому розряді пишуть нуль. Потім додають цифри наступних розрядів з урахуванням одиниць, перенесених з попереднього розряду до одержання шуканої суми.

Таблиця додавання двійкових чисел має такий вигляд:

$$\begin{aligned}0 + 0 &= 0 \\0 + 1 &= 1 \\1 + 0 &= 1 \\1 + 1 &= 10\end{aligned}$$

Як видно з таблиці, додавання двох одиниць дає нуль у наймолодшому розряді, а одиниця переноситься в наступний старший розряд.

Приклад:

$$\begin{array}{r}1111 \quad - \text{перенесення} \\10001 \quad - \text{перший доданок} \\+ 10111 \quad - \text{другий доданок} \\ \hline10100 \quad - \text{сума}\end{array}$$

Дію віднімання розпочинають з наймолодших розрядів. Якщо який-небудь з розрядів двійкового числа зменшуваного дорівнює 0, а однойменний розряд від'ємника дорівнює 1, то позичають одиницю з сусіднього старшого розряду зменшуваного. Якщо позичено одиницю старшого розряду, то в сусідньому молодшому розряді матимемо дві одиниці.

Таблиця віднімання двійкових чисел має такий вигляд:

$$\begin{aligned}0 - 0 &= 0 \\1 - 0 &= 1 \\1 - 1 &= 0 \\10 - 1 &= 1\end{aligned}$$

Приклад;

$$\begin{array}{r} 1010 \\ \underline{101} \\ 0101 \end{array}$$

Множення двійкових чисел виконують за правилами, аналогічними для десяткових чисел, тобто визначають проміжні добутки, а потім їх додають.

Таблиця множення двійкових чисел має такий вигляд:

$$\begin{array}{l} 1 \times 1 = 1 \\ 0 \times 1 = 0 \\ 1 \times 0 = 0 \\ 0 \times 0 = 0 \end{array}$$

Приклад:

4

$$\begin{array}{r} \times \quad \underline{101} \\ \quad 101 \\ + \quad 000 \\ \quad \underline{101} \\ 11001 \end{array}$$

Отже, операція множення двійкових чисел зводиться до операцій зміщення і додавання. Тому в цифрових пристроях для множення використано схеми додавання і зміщення.

Двійкові числа, як і десяткові, ділять відповідно до правил множення і віднімання двійкових чисел.

Приклад:

$$\begin{array}{r} 1001 \quad \underline{[1]} \\ \quad 11 \quad \underline{[1]} \\ \quad 11 \\ \quad 11 \quad \underline{\quad} \\ \quad 0 \end{array}$$

1.4. Поняття про кодування. Передавання кодів на відстань

Позначення різної інформації відповідними цифрами називають *цифровим кодуванням*, а послідовність цифр для певної інформації - її кодом. Описану вище систему запису довільного десяткового числа за допомогою двох цифр 0 і 1 називають *натуральним двійковим кодом*.

Будь-яка нечислова інформація також може бути закодована за допомогою двох цифр: 0 і 1. Покажемо, як закодувати, наприклад, текст якого-небудь повідомлення, складеного українською мовою. Український телеграфний алфавіт містить 31 літеру (не розрізняються "і" та "ї"). Враховуючи ще пропуск між словами, маємо 32 символи, тобто 25. Отже, кожен символ можна позначити п'ятизначним двійковим числом. Наприклад:

А – 00000	В – 00010	Д – 00100	Є – 00110
Б – 00001	Г – 00011	Е – 00101	Ж – 00111
З – 01000	М – 01110	Т – 10100	Ш – 11010
И – 01001	Н – 01111	У – 10101	Щ – 11011
І, Ї – 01010	О – 10000	Ф – 10110	Ь – 11100
Й – 01011	П – 10001	Х – 10111	Ю – 11100
К – 01100	Р – 10010	Ц – 11000	Я – 11110
Л – 01101	С – 10011	Ч – 11001	Пропуск – 11111

Тоді речення "цифрова техніка" у такому коді має вигляд
11000 01001 10110 10010 10000 00010 00000 11 111 10100
00101 10111 01 111 01010 01 100 00000

За допомогою цифр 0 і 1 можна також закодувати інформацію, яка міститься в якому-небудь малюнку. Для цього малюнок розбивають на маленькі квадрати. Якщо в квадраті переважає чорний колір, його позначають одиницею, в противному разі - нулем. Потім, проходячи всі квадрати по рядках зліва направо, а рядки - зверху вниз, записують послідовність нулів і одиниць (рис. 1.).

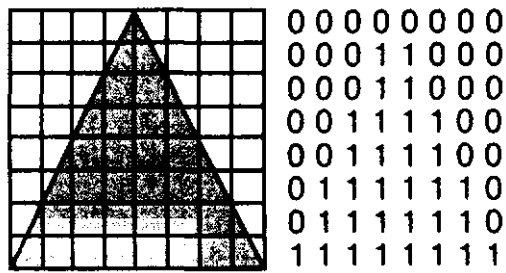


Рис. 1.

Щоб передати інформаційні повідомлення за допомогою цифрових пристроїв, ці повідомлення треба спочатку закодувати. Після цього інформацію, записану у вигляді нулів і одиниць, треба передати в лінію зв'язку. Під *лінією зв'язку* розуміють фізичне середовище, за допомогою якого передають інформацію. Таким середовищем можуть бути електричні проводи, оптичні середовища.

Для передавання інформаційного повідомлення вибирають *переносник інформації*, який добре поширюється в тій чи іншій лінії зв'язку. Такими переносниками найчастіше є електричні процеси, що відбуваються в колах постійного або змінного струмів. Крім того, переносник інформації повинен мати деякі якісні ознаки, за допомогою яких у закодованому повідомленні можна відрізнити нуль від одиниці. Якщо переносником буде електричний струм або напруга, то якісними ознаками можуть бути амплітуда, тривалість, частота або фаза електричного струму (напруги). Наприклад, за допомогою коду Морзе крапка (нуль) передається імпульсом струму меншої тривалості.

Закодоване повідомлення, яке передається в лінію зв'язку за допомогою різних фізичних носіїв, називають *сигналом*. У цифровій техніці здебільшого використовують електричні сигнали.

Структуру передавання інформаційних повідомлень зображено на рисунку 2.

Під час передавання електричних сигналів по лінії зв'язку на неї діють *завади*- сторонні електромагнітні збудження, які накладаються на корисний сигнал і спотворюють його. Сигнал може бути так спотворений, що одержувач інформації його не зрозуміє.

Щоб не фіксувати спотворену під час передаванні кодову комбінацію, використовують спеціальні коди, які дають можливість знайти помилку. Таких кодів у цифровій техніці багато. Розглянемо деякі з них.

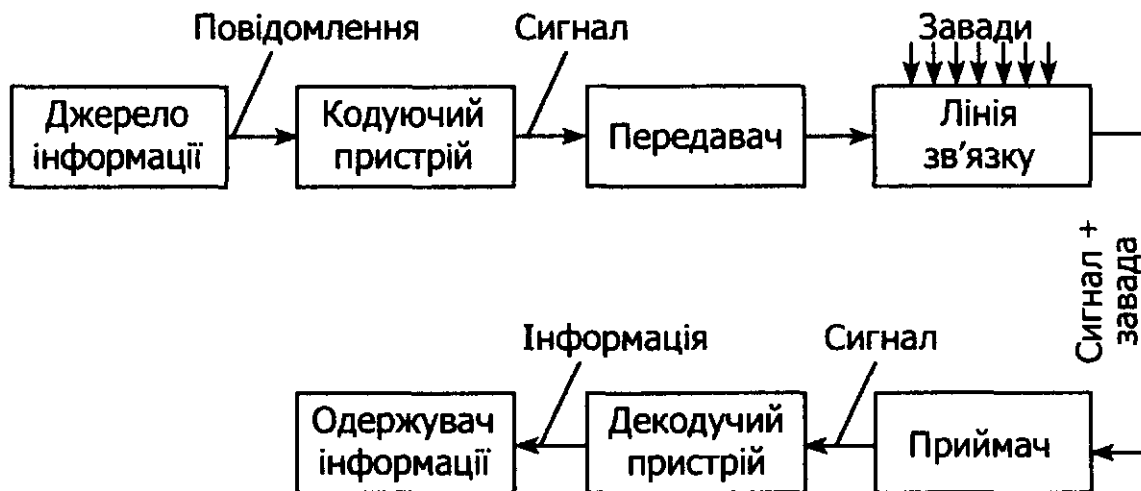


Рис. 2.

Дуже поширений код з перевіркою на парність. Його утворюють у такий спосіб. Вибирають потрібну для конкретного випадку кількість кодівих комбінацій і складають спеціальну таблицю. Кількість розрядів у кожній комбінації залежатиме від кількості комбінацій, і її визначають за формулою $2^p > r$. Тут r - кількість кодівих комбінацій, p - кількість розрядів. Розглянемо, як приклад, таблицю для випадку, коли $r = 7$, $p = 3$.

Таблиця 1.

№ пор.	Двійковий код	Додатковий символ	Передавана комбінація
1	001	1	0011
2	010	1	0101
3	011	0	0110
4	100	1	1001
5	101	0	1010
6	110	0	1100
7	111	1	1111

Як видно з цієї таблиці, для передавання інформації взято 7 кодівих комбінацій трирозрядного двійкового коду. До кожної з цих комбінацій вправа дописують один додатковий символ 0 або 1 так, щоб загальна кількість одиниць у кожній кодівій комбінації була парною. Тоді будь-яке спотворення одиничного символу порушує

парність, і за допомогою найпростіших логічних пристроїв похибку буде знайдено. Такий код виявляє помилки непарної кратності, тобто одиночні, потрійні і т. д.

Помилки парної кратності, тобто подвійні, в чотирьох символах і т. д. не будуть виявлені, бо парність числа в цілому не порушується.

Для знаходження ряду спотворених символів використовують й інші коди. Розглянемо один з таких кодів, який називають кореляційним. Його утворюють на основі звичайного двійкового коду за таким правилом. Кожний 0 двійкового коду перетворюють в 01, а кожен 1 - в 10. Наприклад, якщо вихідна комбінація двійкового коду дорівнює 01101, то комбінація кореляційного коду матиме вигляд 0110100110. У цьому коді можна знайти помилки будь-якої кратності. Для цього всі символи кодової комбінації розбивають на пари розрядів. Помилку знаходять, якщо в будь-якій парі розрядів будуть однакові символи - два нулі або дві одиниці. У такому коді не можна знайти помилок, якщо одночасно в будь-якій парі розрядів 1 і 0 будуть замінені відповідно на 0 і 1, або навпаки. Помилки такого змісту називають зміщеннями. Є й інші коди виявлення помилок.

Крім згаданих кодів, є також коди, за допомогою яких не тільки знаходять помилки, а й визначають місце неправильного символу, а потім виправляють його. До таких кодів належить код Хеммінга, циклічний та ін.

1.5. Основні поняття формальної логіки

У звичайній алгебрі вивчаються залежності типу $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де x_1, x_2, \dots, x_n - аргументи, y - функція. Аргументи й функція при цьому можуть набувати різних значень: додатних і від'ємних, цілих і дробових, дійсних і уявних. У математичній (формальній) логіці використовуються залежності аналогічного виду, але такі, в яких аргументи і функція можуть набувати тільки двох значень: 1 і 0.

Логічні функції вивчаються в теорії, розробленій в 1848 р. англійським математиком Дж. Булем. Цю теорію також часто називають алгеброю логіки.

Математична логіка використовується як система формальних позначень для різних міркувань не тільки в точних науках, але й в будь-яких сферах діяльності людини.

Будь-яка діяльність людини так чи інакше зв'язана з різними висловлюваннями. Вимовлена фраза, судження, зауваження, запис і т. ін. є певними висловлюваннями. В формальній логіці висловлювання є змінною, яка може набувати двох значень і над якою можна виконувати деякі дії. Аналогічно змінним звичайної алгебри висловлювання позначають буквами якого-небудь алфавіту, наприклад латинського: X, Y, T, \dots

За змістом висловлювання поділяють на прості і складні. Якщо висловлювання містить одне яке-небудь повідомлення або твердження про існуючий світ, воно називається простим. Це, наприклад, такі прості висловлювання з різних життєвих ситуацій: іде дощ, на вулиці сніг, коло замкнене, у колі протікає струм, діагноз - інфаркт міокарда, у пацієнта спостерігається порушення серцевого ритму. З простих висловлювань за допомогою зв'язків І, АБО, ЯКЩО - ТО та ін. утворюються складні висловлювання, які називають логічними функціями. Речення "на вулиці йде дощ або сніг"; "коло замкнене і в колі протікає струм"; "якщо діагноз інфаркт міокарда, то спостерігається порушення серцевого ритму" є складними висловлюваннями. Прості висловлювання, з яких утворюється складне, називаються логічними аргументами.

Будь-яке висловлювання може відповідати або не відповідати дійсності. У першому випадку воно називається істинним, у другому - хибним. Істинне висловлювання можна позначати символом 1, а хибне - символом 0 або навпаки. Таке позначення є умовним. Можна також використовувати інші символи. Таким чином, незважаючи на різноманітність висловлювань, усі вони в алгебрі логіки можуть набувати тільки двох значень: 1 або 0.

Існують висловлювання, які завжди істинні. Наприклад, "сніг - білий", "земля - куля", "цукор - солодкий". Позначивши наведені висловлювання через X, Y, Z , відповідно, можна записати

$$x = 1, y = 1, z = 1.$$

Існують висловлювання, які завжди хибні. Наприклад, "Земля лежить на трьох китах", "цукор - солодкий", "сніг - чорний". Позначивши їх через B, T, P , запишемо

$$B = 0, T = 0, P = 0.$$

Більшість висловлювань можуть бути істинними або хибними залежно від обставин. Висловлювання "йде дощ" істинне тільки в дощову погоду, в інших випадках воно хибне.

Використовуючи висловлювання та їхні логічні значення, можна аналізувати різні ситуації.

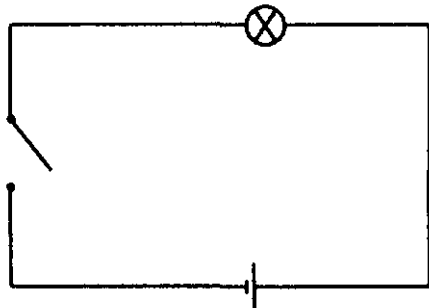


Рис. 3.

Наведемо приклад логічного аналізу найпростішого електричного кола (рис. 3), складеного з джерела живлення, лампочки та електричного ключа.

Позначимо висловлювання "лампочка горить" через X_1 , а висловлювання "ключ замкнений" - через X_2 . Якщо ключ замкнений, тобто $X_2 = 1$, в колі з'являється електричний струм і лампочка загоряється, отже, $X_1 = 1$. При розімкненому ключі висловлювання X_2 хибне ($X_2 = 0$), що тягне за собою хибність висловлювання X_1 , тобто $X_1 = 0$. Таким чином, дістаємо ланцюжок логічних міркувань за даною групою

$$\begin{aligned} X_2 = 1 &\longrightarrow X_1 = 1 \\ X_2 = 0 &\longrightarrow X_1 = 0 \end{aligned}$$

Цей ланцюжок можна зобразити у вигляді таблиці (табл. 2).

Таблиця 2.

X_1	X_2
0	0
1	1

Такі таблиці називають таблицями істинності. Аналогічно можна аналізувати будь-які ситуації.

1.6. Логічні операції над висловлюваннями. Функції "І", "АБО", "НЕ". Діаграми Венна.

Над висловлюваннями в алгебрі логіки виконуються певні дн, які називаються логічними операціями.

Найпростіша логічна операція - заперечення деякого висловлювання. Якщо дано висловлювання X ("у хворого виявлено пневмонію"), то його заперечення позначають \bar{X} ("у хворого не виявлено пневмонію"). У свою чергу, якщо висловлювання X було істинним ($X = 1$), то висловлювання \bar{X} буде хибним і навпаки. Таблиця істинності для операції заперечення має вигляд (табл. 3):

Таблиця 3.

X	\bar{X}
1	0
0	1

Операцію заперечення в алгебрі логіки називають ще *інверсією* або *операцією "НЕ"*.

Наступною елементарною логічною операцією є операція *кон'юнкції* або *логічне "І"*. Якщо дано два простих висловлювання X , Y , то, об'єднавши їх зв'язкою "І", дістанемо складне висловлювання " X і Y ". Операція "І" позначається в алгебрі логіки спеціальним символом \wedge . Позначивши через T утворене складне висловлювання, можна записати

$$Z = X \wedge Y$$

Нехай X - висловлювання "у хворого підвищена температура", а Y - "у хворого підвищений тиск". Тоді T буде висловлюванням "у хворого підвищена температура і підвищений тиск". Утворене висловлювання справедливе тільки тоді, коли справедливі обидва висловлювання, що входять в нього, тобто, якщо $X=1, Y=1$, то $T = 1$. У решті випадків твердження T хибне, тобто $T = 0$.

Складемо таблицю істинності даної операції, де врахуємо всі можливі значення, яких набувають змінні X, Y, T (табл. 4)

Таблиця 4

X	Y	$Z = X \wedge Y$
1	1	1
0	1	0
1	0	0
0	0	0

Наведена таблиця є таблицею множення двох чисел: 0 М. Тому операцію "І" називають ще логічним множенням і записують

$$Z = X \cdot Y.$$

Остання основна операція алгебри логіки - операція *диз'юнкції* або *логічне "АБО"*. Два простих висловлювання X, Y можуть бути об'єднані зв'язкою "АБО" в результаті чого матимемо складне висловлювання "X або Y". Для цієї операції є також спеціальний символ \vee . Отже, утворене складне висловлювання можна записати так:

$$Z = X \vee Y.$$

Якщо за X взяти висловлювання "передбачуваний діагноз - ангіна", а за Y взяти висловлювання "передбачуваний діагноз - катар верхніх дихальних шляхів", то Z є висловлюванням "передбачуваний діагноз - ангіна або катар верхніх дихальних шляхів".

Висловлювання Z буде хибним тільки тоді, коли обидва висловлювання X і Y будуть хибними:

$$X = 0, Y = 0 \rightarrow Z = 0,$$

у решті випадків Z буде істинним ($Z = 1$). Таблиця істинності для цієї операції з урахуванням наведених вище міркувань має вигляд (табл. 5).

Таблиця 5

X	Y	$Z = X \vee Y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Часто операцію "АБО" називають *логічною сумою* і записують: $Z = X + Y$. Пояснюється це тим, що перші три співвідношення таблиці є результатом додавання двох чисел: 0 і 1.

Розглянуті операції приводять до утворення складних висловлювань, які називають відповідно "логічними функціями" "І", "АБО" та "НЕ". Ці три функції є фундаментом алгебри логіки, на якому будується вся її теорія. Множину інших логічних функцій можна виразити через основні: "І", "АБО" та "НЕ".

Однією з важливих операцій логіки висловлювань є імплікація. Ця операція позначається "—" Імплікацією висловлювань А і В називається таке висловлювання, яке є хибним лише тоді, коли антецедент (перша частина імплікації - висловлювання А) є істинним, а консеквент (друга частина імплікації - висловлювання В) - хибним, в усіх інших випадках висловлювання $A \rightarrow B$ є істинним. Таблиця істинності імплікації подана в таблиці 6.

Введемо останню логічну операцію - еквівалентність Вона позначається знаком "«•" Складне висловлювання "А еквівалентно В" читається так: "А еквівалентно В". Еквівалентністю (подвійною імплікацією) висловлювань А і В називається таке висловлювання, яке є істинним тоді і тільки тоді, коли висловлювання А і В одночасно істинні або хибні. Таблиця істинності еквівалентності подана в таблиці 7.

Таблиця 6

A	B	$A \rightarrow B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Таблиця 7

A	B	$A \leftrightarrow B$
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	1

Діаграми Венна є графічним представленням всіх можливих об'єктів, які належать до деякого класу (рис. 3). Прямокутником в діаграмі Венна позначають область деякого класу об'єктів, а конкретний клас позначають кругом. Візьмемо для прикладу, клас тварин. Цей клас може візуалізуватися всіма об'єктами в межах прямокутника - плазуни, ссавці, риби, тощо. Якщо ми хочемо в межах класу представити, наприклад, ссавців, то подаємо всіх ссавців в межах круга, а інших тварин - зовні.

На рисунку 3 зображені діаграми Вена, для логічних операцій заперечення (випадок (а)), диз'юнкції (випадок (б)), кон'юнкції (випадок (с)).

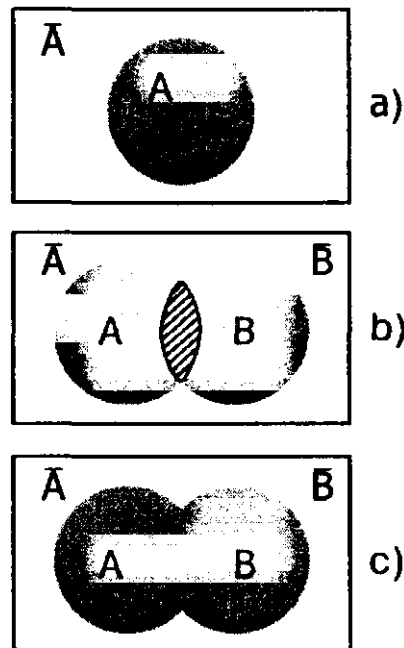


Рис. 3.

Випадок (а) ілюструє операцію заперечення: область висловлення A позначено кругом, тоді \bar{A} , за означенням - область зовні круга. Якщо висловлення A набуває значення ІСТИНА, то \bar{A} - ХИБА і навпаки

Заштрихована область випадку (б) вказує область висловлення $A \cup B$, а випадку (с) ілюструє дію операції $A \cap B$.

1.7. Закони алгебри логіки

1. Закон додавання з одиницею та з нулем:

$$X + 1 = 1, \quad X + 0 = X.$$

Під знаком "+" передбачається, природно, логічна сума - операція "АБО".

Справді, оскільки X може набувати тільки двох значень 1 і 0, то, використовуючи таблицю істинності операції "АБО", дістанемо для першого співвідношення

$$1 + 1 = 1, \quad 0 + 1 = 1,$$

тобто в обох випадках результатом є 1, що й треба було довести.

Для другого співвідношення

$$1 + 0 = 1, \quad 0 + 0 = 0.$$

Таким чином, результат повторює значення X .

2. Закони множення на одиницю та на нуль:

$$X \cdot 1 = X, \quad X \cdot 0 = 0.$$

Знак \cdot означає логічне множення - операцію "І".

Справді, скористаємося таблицею істинності операції "І". Враховуючи, що X , як і будь-яка інша логічна змінна, може набувати тільки двох значень 0 і 1, дістанемо для першого співвідношення

$$1 \cdot 1 = 1, \quad 1 \cdot 0 = 0.$$

Обидва результати повторюють значення X , отже,

$$X \cdot 1 = X.$$

Для другого співвідношення

$$1 \cdot 0 = 0, \quad 0 \cdot 0 = 0 \quad X \cdot 0 = 0.$$

3. Закон тавтології*:

$$X + X = X, \quad X \cdot X = X.$$

4. Закон доповнення:

$$X + \bar{X} = 1, \quad X \cdot \bar{X} = 0.$$

Для доведення цього та наступних законів необхідно використати таблиці істинності зазначених у законі операцій.

5. Закон дворазового заперечення:

$$\overline{\overline{X}} = X$$

6. Сполучні закони:

$$(X_1 + X_2) + X_3 = X_1 + (X_2 + X_3),$$

$$(X_1 \cdot X_2) \cdot X_3 = X_1 \cdot (X_2 \cdot X_3).$$

7. Переставні закони:

$$X_1 + X_2 = X_2 + X_1,$$

$$X_1 \cdot X_2 = X_2 \cdot X_1$$

8. Розподільчі закони:

$$(X_1 + X_2) \cdot X_3 = X_1 \cdot X_3 + X_2 \cdot X_3$$

$$X_1 \cdot (X_2 + X_3) = (X_1 \cdot X_2) + (X_1 \cdot X_3)$$

9. Закони де-Моргана:

$$\overline{X_1 + X_2} = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2}$$

$$\overline{X_1 \cdot X_2} = \overline{X_1} + \overline{X_2}$$

/ . 8. Способи задавання логічних функцій

Логічну функцію (складне висловлювання) можна задати трьома способами: словесним, табличним і аналітичним.

При словесному способі задавання функція означається словами, причому описування повинно однозначно визначати всі випадки, коли логічні аргументи набувають своїх можливих значень: 0 і 1. Наприклад, функція дорівнює 1, якщо будь-які два аргументи дорівнюють 1, а в решті випадків - 0.

Табличним способом задавання логічної функції є таблиця істинності. При цьому способі, користуючись словесним описуванням складають таблицю, в якій враховано всі можливі комбінації значень логічних аргументів і значення функції для кожної комбінації.

Аналітичний спосіб - це записування логічної функції у вигляді рівняння, яке дістають з таблиці істинності. Виведення логічного рівняння викликає особливий інтерес, оскільки електронні схеми, за

стосовні в обчислювальній техніці, будуються на основі заздалегідь складених логічних рівнянь.

1.8.1. Подання логічної функції в досконалій диз'юнктивній нормальній формі (ДДНФ).

Для складання логічного рівняння в ДДНФ виконують такі дії:

- 1) з таблиці істинності вибирають ті набори аргументів, на яких логічна функція дорівнює 1;
- 2) записують ряд добутків усіх аргументів і сполучають їх знаком логічної суми; кількість добутків повинна дорівнювати числу наборів, на яких функція дорівнює 1;
- 3) над тими аргументами, які у вибраних наборах дорівнюють 0, ставлять знак інверсії.

Приклад. Записати логічне рівняння в досконалій диз'юнктивній нормальній формі для логічної функції, заданої такою таблицею істинності (табл. 8).

Таблиця 8

X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Розв'язання. Вибираємо з таблиці набори, в яких $Y = 1$ (ці набори позначено стрілкою).

Оскільки цих наборів два, то записуємо суму двох добутків аргументів:

$$X_1 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2$$

У першому наборі $X_1 = 0$. Отже, в першому добутку над X_1 треба поставити знак інверсії. У другому наборі $X_2 = 0$, отже, другий добуток повинен містити інверсію \bar{X}_2 .

В результаті дістаємо

$$Y = X_1 \cdot X_2 + X_1 \cdot \bar{X}_2$$

7.8.2. Подання логічної функції в досконалій кон'юнктивній нормальній формі (ДКНФ).

Для складання логічного рівняння в ДКНФ виконують такі дії:

- 1) з таблиці істинності вибирають ті набори аргументів, на яких логічна функція дорівнює 0;
- 2) записують добуток логічних сум усіх аргументів з кількістю множників, яка дорівнює числу наборів, на яких функція дорівнює 0;
- 3) над тими аргументами, які дорівнюють 1 у вибраних наборах, ставлять знак інверсії.

Приклад. Записати логічне рівняння у ДКНФ для розглянутої в попередньому прикладі логічної функції, таблиця істинності якої має вигляд (табл. 9).

Розв'язання. Вибираємо набори, на яких функція дорівнює 0 (ці набори позначено стрілкою).

Таких наборів для даної функції два. Отже, запишемо добуток двох сум аргументів:

$$(X_1 + X_2) \cdot (\bar{X}_1 + \bar{X}_2).$$

Таблиця 9

X_1	X_2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

У першому наборі немає одиничних значень аргументів, тому перша сума залишається без змін. У другому наборі обидва аргументи дорівнюють 1. Отже, у другій сумі над ними ставлять знаки інверсії.

В результаті дістаємо

$$Y = (X_1 + X_2) \cdot (\bar{X}_1 + \bar{X}_2).$$

Як впливає з прикладів, логічні рівняння, записані в ДДНФ і ДКНФ, відрізняються за виглядом один від одного. Користуючись законами алгебри логіки, можна довести, що з однієї форми можна дістати другу:

$$Y = (X_1 + X_2) \cdot (X_1 + X_2) = X_1 \cdot X_1 + X_2 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 + X_2 \cdot X_1 = X_1 + X_2 + 2X_1X_2$$

При виборі методу, за яким виводять логічне рівняння, треба мати на увазі, що ДДНФ є більш доцільною, якщо число наборів, на яких функція дорівнює 0, більше від числа наборів, на яких функція дорівнює 1. У протилежному разі більш доцільною є форма ДКНФ.

Зазначимо, що в багатьох випадках рівняння, отримані в ДДНФ або ДКНФ, можна спростити. Задачу спрощення логічних рівнянь називають *мінімізацією*. Для мінімізації розроблено спеціальні методи, розгляд яких виходить за межі даного посібника.

1.9. Формальна логіка як підхід до діагностики захворювань

Будь-яке захворювання описується комплексом симптомів, характерних для нього, які дають змогу відкинути схожі захворювання. Згідно формальної логіки симптоми є простими висловлюваннями, наявність симптому позначається символом 1, відсутність - символом 0. Таким чином, симптоми відіграють роль логічних аргументів, а діагноз захворювань, який може набувати тільки двох значень (або бути істинним для даного комплексу симптомів, або бути хибним), є логічною функцією цих аргументів.

Найбільш простим діагностичним прийомом є пряме зіставлення значень симптомів у хворого і в еталоні захворювання. При повному збігу значень і здійснюється діагностика захворювання. Такий метод застосовується для захворювань, які розвиваються за класичною схемою. Проте досвідчений лікар знає, що дуже рідко патологічні процеси в організмі протікають в строгій відповідності з описами, даними в підручнику.

У такому випадку формальна логіка дозволяє, наприклад, виключити всі неможливі захворювання при даному симптомокомплексі і вибрати з тих, що залишились, найбільш ймовірні. Це може бути здійснено, наприклад, шляхом підрахунку кількості співпадань ознак для кожного з захворювань.

Більш складним логічним методом є порівняння всіх можливих комбінацій значень симптомів (наприклад, беруть усі комбінації зна-

чень у різних сполученнях з трьох симптомів) з даними, які містяться в перевірених історіях хвороби. При порівнянні кожна така комбінація характерна для певного числа випадків N1 якого-небудь захворювання B1 і певного числа випадків N2 усіх інших захворювань.

Якщо N1 » N2, то комбінація вважається інформаційною для діагностики захворювання B1. Суть даного логічного методу полягає у визначенні всіх інформаційних, взаємодоповнюючих комбінацій, за якими й ставиться діагноз.

2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Завдання № 1. Представлення числової інформації в різних системах числення.

1. Записати в розгорнутій формі такі десяткові та двійкові числа: 634, 1341, $Ю_{10} 0.10101^{\wedge}$

2. Перевести в натуральний двійковий код такі десяткові числа: 31, 72, 0.15

3. Запустити програму "Калькулятор", що входить до складу ОС Windows. Шлях пошуку: "Пуск" —• "Програми" —• "Стандартные" —>• "Калькулятор".

У вікні програми вибрати пункт "Вид" і встановити режим "Инженерный".

Ознайомитись з наступними позначками, що будуть використовуватись при роботі з програмою:

Hex - шістнадцяткова система числення;

Dec - десяткова система числення;

Oct - вісімкова система числення;

Bin - двійкова система числення.

Встановити режим Dec, якщо він не встановлений, і набрати будь-яке десяткове число без дробової частини.

Для перекладу цього числа у відповідну систему числення послідовно вибрати режими Hex, Oct і Bin.

Завдання № 2. Задання логічних функцій в аналітичному виді. Застосування законів алгебри логіки.

1. Записати в аналітичному виді (ДДНФ і ДКНФ) логічні функції, задані таким таблицями істинності

X_1	X_2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	0

X_1	X_2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

2. Розробники обчислювальної техніки часто використовують дві операції алгебри логіки, які називають операцією склеювання та поглинання:

$$X_1 \cdot X_2 + X_1 = X_1;$$
$$X_1 \cdot X_2 + X_1 \cdot X_2 = X_2.$$

Довести за допомогою законів алгебри логіки справедливність цих виразів.

Завдання № 3. Застосування формальної логіки до діагностики деяких гострих станів.

1. Переписати в протокол заняття нижченаведену таблицю, у якій представлено симптомокомплекси, що характерні для важкого шоку, прободного перитоніту, інфаркту міокарда, гострої недостатності кровообігу.

Таблиця 5.

Симптоматика деяких гострих захворювань

Інфаркт міокарда	Шок (третя ступінь)	Прободний перитоніт	Гостра недостатність кровообігу
Різкий біль в області серця	Різка блідість	Разлиті болі у всьому животі	Загальна слабкість, головокружіння
Блювота	Загальна загальмованість	Різка напруга черевної стінки	Почащення дихання, задишка
Підвищення температури в кінці 1-го дня	Температура тіла знижена	Вздуття живота	Почащення пульсу
Помірний лейкоцитоз (на 2-3-й день)	Пульс слабкий, тахикардия	Підвищення температури тіла	Біль в грудях
Порушення серцевого ритму	Артеріальний тиск знижений	Значне почащення пульсу	Розширення серця
Підвищення артеріального тиску в перші часи хвороби	Дихання часте, поверхневе	Зниження артеріального тиску	Приглушення тонів серця
Шум терття	Пригнічення рефлексів	Блідість обличчя	Зниження артеріального тиску
Зміна в електрокардіограмі	Зменшення еритроцитів і гемоглобіну крові	Лейкоцитоз	Блідість шкіри
Приглушення тонів серця		Загальна загальмованість	

2. Використовуючи позначення формальної логіки створити таблицю істинності у вигляді:

№ п/п	Симптоми	Діагнози			
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
	X_1				
	·				
	·				
	X_n				

3. Використовуючи логічний підхід до діагностики захворювань встановити найбільш ймовірний діагноз, якщо:

- у хворого А наявність наступних ознак: біль у серці, підвищення температури, підвищення артеріального тиску, порушення серцевого ритму, почащення пульсу, почащення дихання, приглушення тонів серця;
- у хворого В наявність наступних ознак: біль у серці, зниження температури тіла, порушення серцевого ритму, зниження артеріального тиску, почащення пульсу, почащення дихання, приглушення тонів серця.

Результати дослідження звести в таблицю:

Захворювання	Сума позитивних признаков для даного захворювання	
	Хворий А	Хворий В
Інфаркт міокарду		
Шок		
Прободний перитоніт		
Гостра недостатність кровообігу		

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Загальні поняття про системи числення. Десяткова система числення. Двійкова система числення.
2. Записування чисел у різних системах числення.
3. Двійкова арифметика.
4. Поняття про кодування. Передавання кодів на відстань.
5. Основні поняття формальної логіки.
6. Логічні операції "І", "АБО", "НЕ".
7. Діаграми Венна.
8. Закони алгебри логіки.
9. Способи задавання логічних функцій.
10. Формальна логіка як підхід до діагностики захворювань.

СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МЕДИЦИНІ. ОСНОВИ ЙМОВІРНОЇ ДІАГНОСТИКИ І ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕБІГУ ЗАХВОРЮВАНЬ

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Види медичних рішень та підходи до їх прийняття

Рішення - це вибір одного варіанту дій із багатьох. Рішення в медицині - це фіксований медичний акт, який спрямовує діяльність медичного трудового колективу або окремого лікаря у русло досягнення цілей, поставлених перед медичною організацією або лікарем.

До медичних рішень належать програмовані або непрограмовані. Програмовані ті, де визначена наперед послідовність кроків у прийнятті рішень. Непрограмовані ті, які виникають при нових ситуаціях або при невідомих факторах.

Залежно від виду проблем та підходів їх вирішення у процесі формування медичних рішень, їх розділяють на інтуїтивні, основані на судженнях та раціональні рішення.

Інтуїтивні медичні рішення - це вибір альтернативи чи варіанта на основі відчуття, що вона або він правильні. Рішення, засноване на судженнях - це вибір альтернативи на основі знань або досвіду. Раціональне медичне рішення - це вибір альтернативи за допомогою об'єктивного аналітичного процесу. До аналітичного процесу належать діагностика хвороб, формування критеріїв діагностики хвороб, скорочення числа альтернатив, оцінка альтернатив та вибір альтернатив.

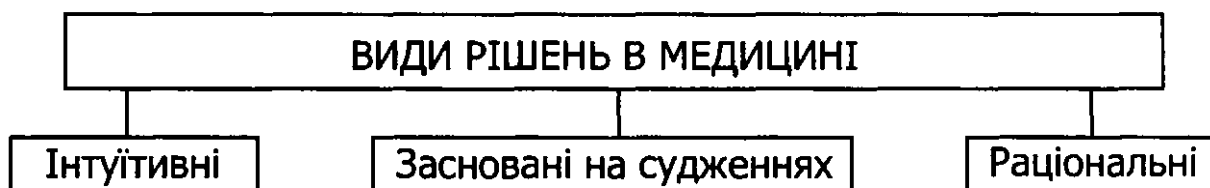


Рис. 1. Основні види медичних рішень

У процесі прийняття медичних рішень лікарю необхідно **відпові-**
сти на такі питання:

- що робити;
- як робити;
- кому доручити роботу;
- що це дає, тощо.

Процес прийняття медичних рішень досить складний і багато-,
гранний, а також залежить від кваліфікації лікаря, ситуації та ін.

Найбільш визнаним підходом до прийняття медичних рішень є
дотримання процедури виконання обов'язкових дій:

- розпізнавання проблеми;
- встановлення цілей розв'язання проблеми;
- вивчення проблеми за допомогою збирання та оброблення
інформації, результатів аналізів, огляду хворого, медичної картки;
- обґрунтування альтернативних дій;
- порівняння та відбір альтернатив;
- формулювання та видавання рішень.

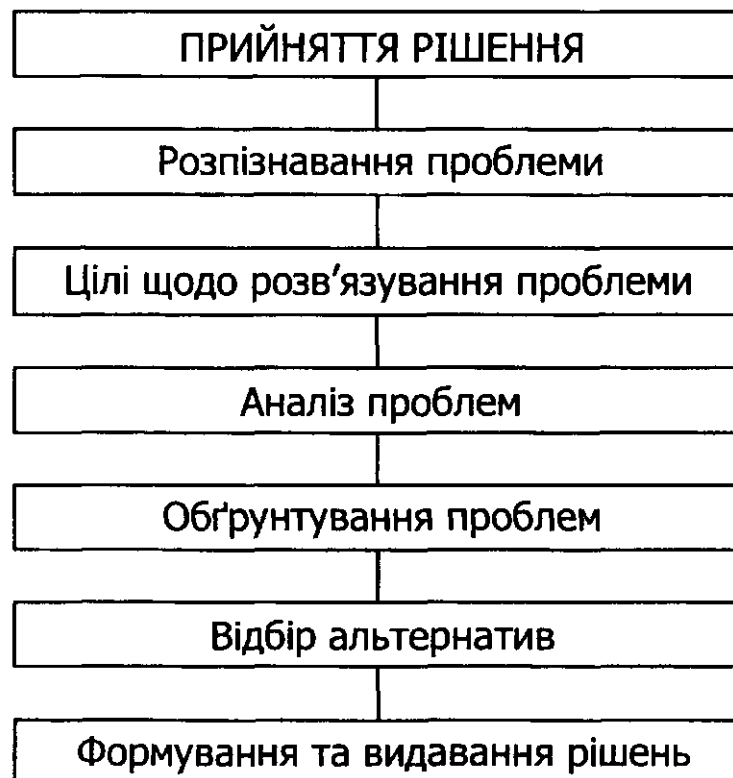


Рис. 2. Основні етапи процесу прийняття рішень

1.2. Методи прийняття рішень в медицині

До основних методів прийняття медичних рішень належать:

- матричний;
- теорії ігор;
- дерево рішень;
- аналітично-систематизаційний;
- ділових ігор;
- груповий тощо.

Матричний - це занесення до матриці (прямокутної таблиці чи, сел) усіх можливих наслідків реалізації рішення.

Теорії ігор - це розрахунки можливих наслідків хвороби, дій медичних препаратів, наслідків застосування інших методів лікування, які можуть бути використані у конкретній ситуації.

Дерево рішень - це з'ясування розгалуження медичної проблем і рішень шляхом теорії графів та ймовірностей.

Аналітично-систематизаційний - це сукупність трьох складових:

- аналізу ситуації;
- аналізу проблем;
- аналізу рішень.

Ділова гра - це імітаційна гра, яка моделює медичну діяльність і дає можливість передбачити причини, що змінюють процес лікування.

Груповий - це створення деякими медичними колективами груп для прийняття важливих рішень.



Рис. 3. Основні методи прийняття рішень

1.3. Фактори впливу на процес прийняття рішень та організація їх виконань

До факторів як позитивного, так і негативного впливу на процес прийняття медичних рішень відносять особисті оцінки лікаря, середовище прийняття рішень, інформаційні обмеження, негативні наслідки, взаємозалежність рішень, тощо.

Особисті оцінки лікаря - це суб'єктивна оцінка стосовно корисності, шкідливості, наслідків та інше. Середовище прийняття рішень - це обставини, при яких приймається рішення. Це може бути при обставинах визначеності, невизначеності або ризику. Інформаційні обмеження - це недоступність або дорожня інформації. Обмеження у поведінці - це перешкоди за рахунок можливих негативних наслідків у процесі прийняття рішень. Негативні наслідки - це компроміси при прийнятті рішень, коли знають наперед про можливість як позитивного, так і негативного результату лікування, застосування того або іншого медичного препарату. Взаємозалежність рішень - це взаємозв'язок головного рішення з другорядним, взаємовплив медичних препаратів, методів лікування, різних хвороб.



Рис. 4. Основні фактори впливу на процес прийняття рішень

Медичні рішення приймаються для того, щоб їх потім виконувати. Доки рішення не впроваджено на практиці, до того часу воно залишається лише рекомендацією, а для виконання його необхідна певна робота з боку лікаря.

Для організації впровадження рішень лікареві необхідно знати стан хворого, специфіку захворювання, потреби і наявність матеріальних засобів, методи виконання цілей тощо.

Основними операціями щодо організації виконання рішень в медицині є визначення термінів виконання рішень, призначення відповідального виконавця, доведення рішення до виконавця або до колективу виконавців, матеріально-технічне забезпечення процесу лікування, роз'яснення цілей і завдань на медичній нараді, координація дій виконавців, мотивація діяльності виконавців, контроль виконання рішення за допомогою зворотнього зв'язку, коригування раніше прийнятого рішення.

1.4. Системи підтримки прийняття рішень в діагностичних та прогностичних технологіях

Етично-правові аспекти практичної медицини не дають змоги повністю довірити лікувально-діагностичний процес комп'ютеру. Крім того, сьогодні не існує повноцінного програмно-математичного апарату, здатного повністю формалізувати цей процес. Однак використання різних комп'ютерних систем діагностики і прогнозування перебігу захворювань дає можливість суттєво підвищити якість діяльності лікаря-практика. Оскільки остаточне рішення про діагноз, прогноз, лікування буде приймати лікар, то такі комп'ютерні системи називають системами підтримки прийняття рішень (СППР)

Діагностичні технології можна класифікувати так, як це показано на рис. 5.

В основі *традиційної діагностичної технології* лежать складні процеси осмислення і зіставлення лікарем великої кількості фактів. Для розпізнавання захворювання потрібне вміння підсумовувати отримані при обстеженні хворого дані, згрупувати їх за спільністю причин, визначати їхній взаємний зв'язок і на основі всього цього зробити той висновок, що й називається діагнозом. Результати традиційного діагностичного процесу тією чи іншою мірою залежать від багатьох особистих якостей лікаря: рівня його знань, стану нервової системи в момент постановки діагнозу, накопиченого досвіду в даній клінічній галузі і багатьох інших факторів. Щоб встановити діагноз, лікарю потрібно оперувати величезними об'ємами медичної інформа-

ції, яка збільшується так швидко, що можливості в цьому відношенні використовуються далеко не повністю. Не є секретом велика кількість діагностичних помилок. М.М.Амосов, Є.І.Шкабара вказують такі об'єктивні причини діагностичних помилок при традиційних технологіях: відомості, закладені в пам'яті лікаря, забуваються, якщо їх нечасто повторювати; під час "вибірки" з пам'яті людини неможливо уникнути провалів; емоції та втома дуже змінюють сприйняття і споми. Крім цього додаються ще й суб'єктивні причини: не досить конструктивне мислення, установка на безпомилковість свого діагнозу; упередженість поглядів, самолюбство і пихатість; нелогічність висновків; нерішучість характеру; намагання ставити особливо "цікавий" діагноз; схильність до песимізму чи надмірний оптимізм.

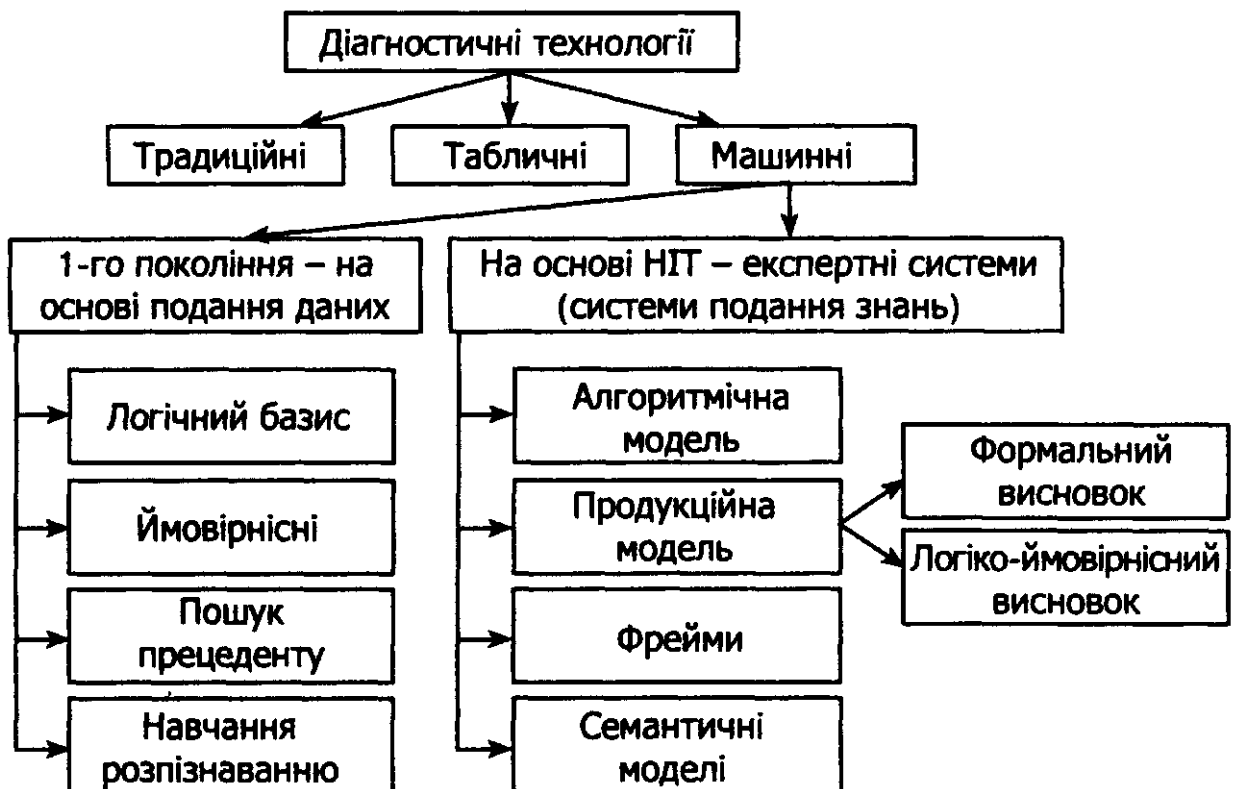


Рис. 5.

Таким чином, існують об'єктивні і суб'єктивні причини використання діагностичних технологій, основаних на математичних методах. Це різко підвищує ефективність використання діагностичної ін-

формації, внаслідок чого можна раніше і точніше поставити діагноз, а також прогнозувати перебіг захворювань і їхніх ускладнень.

Спробою впровадження таких технологій в "докомп'ютерну" епоху були *табличні методи діагностики і прогнозування*. Математичні методи, що лежать в їх основі, розглянуто нижче. Зупинимось на загальних моментах. У розроблених для розглядуваних технологій таблицях, вказувались найбільш інформаційні симптоми і їхні ваги, заздалегідь визначені (апріорні) для даного захворювання. Використовуючи табличну технологію, лікар з'ясовує, є чи немає у хворого симптоми, передбачені в таблиці, після чого, підсумовуючи ваги знайдених симптомів, ставить діагноз чи прогноз. Масового поширення описані технології не дістали з цілком зрозумілих причин: складність підготовки і використання таблиць (особливо для великої кількості ознак), вузька галузь застосування (частіше - для прогнозування захворювань, значно рідше - для диференційної діагностики).

Машинні технології 1-го покоління основані на певних методах подання медичних даних. Термін "1 -е покоління" не означає, що такі технології не можна використовувати в сучасних діагностичних системах.

У *методах логічного базису* (див. попередню тему) враховують лише симптоми, що завжди є або їх завжди немає при кожному з діагностованих захворювань. Наявність симптому позначають як 1, якщо його немає - 0. Розглядають різні комбінації симптомів для даного діагнозу. Далі складають матрицю "симптоми - хвороби". Діагноз ставлять методом вилучення зі списку захворювань, комплекс яких не збігається з комплексом ознак певного хворого. Недолік діагностичних систем, побудованих на основі такої моделі, полягає в роботі за жорсткою програмою. Логіка таких програм називається детерміністською і не дає можливості в багатьох випадках поставити достовірний діагноз, оскільки немає повного збігу заданих ознак з ознаками, що характеризують дане захворювання.

Значно ширше використовують діагностичні технології, основані на *ймовірнісних моделях*, найчастіше з застосуванням формули Байєса. Основи ймовірнісної діагностики і прогнозування захворювань буде розглянуто нижче.

У теорії розпізнавання образів основне завдання полягає в тому, щоб віднести об'єкт до одного із заздалегідь визначених класів. Під класом розуміють деяку підмножину з множини всіх об'єктів, члени якої мають певну спільність властивостей, інакше кажучи, члени якої подібні. Частина об'єктів, що належать до певних класів, називається вибіркою, що навчає. Слід визначити, до якого класу належить черговий розпізнаваний об'єкт на основі його опису та вибірки, що навчає. Для розв'язання цієї задачі можуть застосовуватися різні алгоритми детермінаційного аналізу. Взагалі, застосування такої моделі вимагає серйозної підготовчої дослідницької роботи. Потрібно здійснити перетворення неформального опису об'єктів у формальний таким чином: окреслити сукупність ознак чи властивостей об'єктів; для кожної ознаки встановити ті значення чи градації, які вона може приймати; ознаки розмістити в певному порядку; кожний об'єкт задати рядком значень ознак, розміщених у встановленому порядку (такий порядок є кодом чи формальним заданням об'єкта).

Після перетворення неформального опису у формальний треба скоригувати множини об'єктів, відібраних при розв'язанні задач перетворення. Розв'язуючи контрольні задачі розпізнавання, визначають, наскільки правильно відображено систему ознак, сформовано перелік класів і вибрані еталонні об'єкти.

Приклад роботи прогностичної системи, розробленої на основі такої моделі і призначеної для прогнозування можливості розвитку тих чи інших інфекційних ускладнень після оперативних втручань, наведено на рис. 6.

До машинних діагностичних технологій 1-го покоління можна також віднести технологи, що основані на пошукові прецеденту. Прецедентом при діагностиці називають випадок хвороби, що є в клінічному архіві, і збігається за всіма зареєстрованими показниками хворого, який надійшов. Програмно-технічна реалізація таких технологій полягає в порівнянні даних поточного пацієнта з даними, накопиченими в комп'ютерному архіві.

СТАТЬ: чоловіча; ВІК: < 60 років; ОСНОВНІ ЗАХВОРЮВАННЯ: панкреатит; УСКЛАДНЕННЯ: немає; СУПУТНІ ЗАХВОРЮВАННЯ: іхс.; ТРИВАЛІСТЬ ЗАХВОРЮВАННЯ: до 1-го року; ОПЕРАЦІЇ В АНАМНЕЗІ: немає; ЧАСТІ ГРВЗ В АНАМНЕЗІ: немає; АЛЕРГІЇ: немає; ІД-ВПЛИВИ: немає; ОЖИРІННЯ: немає; ВИСНАЖЕННЯ: немає; ЛИХОМАНКА: немає; ЖОВТЯНИЦЯ: немає; ГЕПАТОМЕГАЛІЯ: немає; СПЛЕНОМЕГАЛІЯ: немає; СВИЩ: немає; АНЕМІЯ: немає; ЛЕЙКОПЕНІЯ: немає; ЛЕЙКОЦИТОЗ: немає; ЕОЗИНОФІЛІЯ: немає; ЛІМФОЦИТО-ПЕНІЯ: немає; МОНОЦИТОПЕНІЯ: немає; ГІПОПРОТЕІНЕМІЯ: немає; ГІПЕРБІЛІРУБІНЕМІЯ: немає; ГІПЕРГЛІКЕМІЯ: немає; ЦИТОЛІЗ: немає; ПРОТЕЇНУРІЯ: немає; ГЛЮКОЗУРІЯ: немає; ЛЕЙКОЦИТУРІЯ: немає

ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ:

ХВОРИЙ ВІДНЕСЕНИЙ ДО ГРУПИ РИЗИКУ.

РЕКОМЕНДОВАНО ОБСТЕЖЕННЯ ІМУННОГО СТАТУСУ

ДОДАТКОВІ ДАНІ ЩОДО ІМУННОГО СТАТУСУ ПЕРЕД ОПЕРАЦІЄЮ:

ЛІМФОЦИТИ: вище за норму; Т-ЛІМФОЦИТИ ТОТАЛЬНІ: норма; Т-ЛІМФОЦИТИ АКТИВНІ: вище за норму; Т-ЛІМФОЦИТИ-ХЕЛПЕРИ: норма; Т-ЛІМФОЦИТИ-СУПРЕСОРИ: норма; В-ЛІМФОЦИТИ: вище за норму; ІМУНОГЛОБУЛІНИ А: норма; ІМУНОГЛОБУЛІНИ М: норма; ІМУНОГЛОБУЛІНИ G: норма; КОЕФІЦІЄНТИ А/Т: норма; КОЕФІЦІЄНТИ А/В: вище за норму; КОЕФІЦІЄНТИ S/Н : норма; КОЕФІЦІЄНТИ М/G: норма

ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ:

НАЯВНІСТЬ ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОЇ ІНФЕКЦІЇ.

ПОДАЛЬШИЙ ПРОГНОЗ СТАНУ ХВОРОГО ПОТРЕБУЄ

ВВЕДЕННЯ ДАНИХ ЩОДО ХАРАКТЕРУ ОПЕРАЦІЇ ТА

ІМУННОГО СТАТУСУ НА ТРЕТЮ ДОБУ ПІСЛЯ ОПЕРАЦІЇ

Рис. 6.

Машинну діагностику і прогнозування захворювань на основі технологій баз знань {експертні системи} буде розглянуто в наступних розділах.

1.5. Елементи теорії ймовірностей. Основи ймовірнісної діагностики і прогнозування перебігу захворювань

1.5.1. Загальні поняття теорії ймовірностей.

В оточуючому нас світі в кожний момент часу відбувається багато різних подій (явищ, процесів). Події можна класифікувати на достовірні, випадкові і неможливі.

Достовірні - це такі події, які за певних умов завжди відбуваються.

Випадковими називають події, що можуть відбутися або не відбутися за певних умов.

Неможливими називають події, котрі за певних умов ніколи не відбудуться.

Виконання певних умов, достатніх для реалізації події в кожному з перерахованих вище випадків, називають *випробуванням*.

Теорія ймовірностей- розділ математики, що вивчає закономірності, притаманні для випадкових подій масового характеру.

Масовими вважаються події, які внаслідок випробувань можуть трапитися необмежену кількість разів.

Основним (початковим) поняттям теорії ймовірностей є поняття про ймовірність.

Ймовірність випадкової події- це кількісна міра можливості (чи неможливості) її появи під час випробування.

1.5.2. Класичний метод визначення ймовірності.

Для певного класу випадкових подій ймовірність можна визначити теоретично (тобто апріорі, до дослідів). До такого класу випадкових подій належать події, що мають такі властивості:

- утворюють *повну групу подій*, тобто в кожному досліді одна (і тільки одна) з цих подій обов'язково відбувається;
- є *несумісними*, тобто поява у досліді однієї з них виключає можливість появи іншої з тих, що залишилися;
- є *рівноможливими*, тобто можливість появи кожної з них у досліді однакова.

У такому разі, ймовірністю випадкової події A , котра може відбутися внаслідок досліду з повною групою рівноможливих і несумісних подій, називається величина, що дорівнює відношенню кількості (гл) випадків, що "сприяють" появі такої події, до загальної кількості (n) всіх можливих випадків:

$$P(A_i) = \frac{m}{n}.$$

Приклад 1.

Визначити ймовірність випадання "орла" ("решки") у разі підкидання монети.

$$P(A_i) = \frac{m}{n} = \frac{1}{2} = 0,5.$$

Приклад 2.

Абонент, набираючи номер телефону, забув останню цифру і набрав її навмання. Яка ймовірність того, що він вгадав?

$$P(A_i) = \frac{m}{n} = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Приклад 3.

Абонент, набираючи номер телефону, забув дві останні цифри і набрав їх навмання. Яка ймовірність того, що він вгадав?

$$P(A_i) = \frac{m}{n} = \frac{1}{100} = 0,01.$$

Приклад 4.

Визначити ймовірність випадання будь-якої цифри у разі підкидання грального кубика.

$$P(A_i) = \frac{m}{n} = \frac{1}{6} = 0,166.$$

Приклад 5.

В урні є $n = 30$ куль, з них $t_1 = 10$ білих, $t_2 = 10$ чорних, $t_3 = 10$ червоних. Визначити ймовірність того, що під час випробування буде вийнята: а) чорна куля; б) біла куля.

$$P_1 = \frac{m_1}{n} = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{10}{30} \approx 0,33.$$

$$P_2 = \frac{m_2}{n} = \frac{m_2}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{10}{30} \approx 0,33.$$

1.5.3. Статистичний метод визначення ймовірності.

Застосовуючи такий метод визначення ймовірності, вводять поняття відносної частоти появи події - відношення кількості (m) випадків появи цієї події до загальної кількості (n) проведених випробувань:

$$v = \frac{m}{n}.$$

Досвід показує, що при багатократних випробуваннях відносна частота випадкової події має певну стійкість, тобто коливається біля деякого числа. Це число і є ймовірністю випадкової події:

$$v \rightarrow p \text{ при } n \rightarrow \infty$$

Різниця МІЖ класичним методом і статистичним полягає в тому, що в першому випадку ймовірність обчислюють до проведення дослідів - теоретично (апріорі), а в другому - після випробувань, тобто практично. Крім того, класична ймовірність накладає на події ряд обмежень, про які йшла мова вище.

Приклад.

У деякому регіоні серед 100000 випадків захворювань інфаркт міокарда трапляється в середньому 30 разів. Визначити ймовірність захворювання на інфаркт міокарда в цьому регіоні. Вважати $n = \dots$

$$P = v = \frac{m}{n} = \frac{30}{100000} = 0,0003.$$

1.5.4. Умовна ймовірність.

Умовною ймовірністю називається ймовірність появи події A за умови, що подія B вже відбулась. У нашому випадку умовна ймовірність позначається так: $P(A/B)$.

Обчислюється така ймовірність за допомогою методів, що описані вище.

Приклад 1.

Серед історій хвороб з перевіреним діагнозом "пневмонія" (подія В) симптом підвищення температури (подія Б) трапляється з ймовірністю 0,98. Таким чином, умовна ймовірність події "симптом Б при діагнозі В"

$$P(S/B) = 0,98.$$

приклад

В урні є $n = 30$ куль, з них $t_1 = 10$ білих, $t_2 = 10$ чорних, $t_3 = 10$ червоних. З урни вийняли чорну кулю. Визначити ймовірність того, що в наступному випробуванні виймуть білу кулю.

У цьому випадку обчислимо умовну ймовірність, деумовою є те, що чорна куля вже була вийнята попереднього разу, тобто загальна кількість можливих випадків стала $n-1$:

$$P(б/ч) = \frac{m_1}{n-1} = \frac{10}{29} = 0,345.$$

1.5.5. Основні теореми теорії ймовірностей.

Перш ніж говорити про основні теореми теорії ймовірностей, введемо поняття суми та добутку ймовірностей випадкових подій.

Сумою ймовірностей подій A , B називається ймовірність події "А або В" яка полягає в появі хоча б однієї з цих подій.

Приклад 1.

З двох гармат були зроблені постріли по мішені. Нехай подія A - попадання в ціль пострілом з першої гармати, а подія B - пострілом з другої гармати. Тоді подія "А або В" - попадання в ціль пострілом з першої або другої гармати.

Добутком ймовірностей подій A , B називається подія "А і В", яка полягає в одночасній появі обох цих подій.

Приклад 2,

Використовуючи умову попереднього прикладу, можна сказати, що подією "А і В" є попадання в ціль пострілами з обох гармат.

Події A і B вважаються незалежними, якщо ймовірність події A не залежить від того, відбулась чи не відбулась подія B . У протиположному разі події A і B вважаються залежними.

Сумісні - це такі події A, B, C, \dots спільна поява яких під час випробування можлива.

Теорема множення ймовірностей для незалежних подій, ймовірність спільної появи двох незалежних подій дорівнює добутку їх ймовірностей:

$$P(A \text{ і } B) = P(A) \cdot P(B).$$

Приклад.

Визначити ймовірність того, що у разі підкидання двох монет випадають два "орли" ("решки").

$$P(A \text{ і } B) = P(A) \cdot P(B) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

Теорема множення ймовірностей для залежних подій, ймовірність спільної появи двох залежних подій дорівнює добутку ймовірності однієї з них на умовну ймовірність іншої:

$$P(A \text{ і } B) = P(A) \cdot P(B/A).$$

Приклад:

Студент прийшов на екзамен, знаючи відповіді тільки на 20 із 25 питань. Екзаменатор задав студенту два запитання. Визначити ймовірність того, що студент відповість на ці запитання.

$$P(A \text{ і } B) = \frac{20}{25} \cdot \frac{19}{24} = 0,63.$$

Теорема додавання ймовірностей для несумісних подій, ймовірність появи однієї з несумісних подій дорівнює сумі їхніх ймовірностей:

$$P(A \text{ або } B) = P(A) + P(B).$$

Приклад.

Визначити ймовірність появи цифри 1 або 2 у разі підкидання грального кубика.

$$P(1 \text{ або } 2) = P(1) + P(2) = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}.$$

Теорема додавання ймовірностей для сумісних подій: ймовірність появи однієї з двох сумісних подій дорівнює сумі їхніх ймовірностей мінус ймовірність їх спільної появи:

$$P(A \text{ або } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ і } B).$$

Приклад.

Ймовірність лейкоцитозу при перитоніті 0,83 (подія A), а симптому прискорення дихання - 0,07 (подія B). Визначити ймовірність того, що під час обстеження хворого на перитоніт у нього знайдуть симптом лейкоцитозу або прискорення дихання.

$$P(A \text{ або } B) = 0,83 + 0,07 - (0,83 \cdot 0,07) = 0,842.$$

1.5.6. Формула повної ймовірності.

Нехай маємо випадкові події B_1, B_2, \dots, B_n , які попарно несумісні та утворюють повну групу подій. Припустимо, що подія A може трапитися тільки спільно з однією з цих подій (B_i і A). Тоді ймовірність події A визначається таким чином:

$$P(A) = P(B_i \text{ і } A) = \sum_{i=1}^n P(B_i)P(A/B_i),$$

де $P(B_i)$ - ймовірність будь-якої з подій B_i ; $P(A/B_i)$ - умовна ймовірність події A за умови, що подія B_i трапилася.

1.5.7. Формула Байєса (формула гіпотез).

Нехай подія A може здійснитися лише за умови появи однієї з несумісних подій B_1, B_2, \dots, B_n . Оскільки заздалегідь невідомо, яка з цих подій трапиться, їх називають гіпотезами. Припустимо, що нам відомі ймовірності гіпотез $P(B_i)$ та умовні ймовірності $P(A/B_i)$. Формула Байєса визначає умовну ймовірність гіпотези B_i за умови, що подія A трапилася:

$$P(B_i/A) = \frac{P(B_i)P(A/B_i)}{\sum_{i=1}^n P(B_i)P(A/B_i)}.$$

1.5.8. Основи ймовірнісної діагностики захворювань.

Формула Байєса дає змогу обчислити ймовірність кожного захворювання в певному класі, якщо у хворого виявлено набір симптомів (симптомокомплекс) і відомо апріорні ймовірності захворювань.

Для розроблення байєсовської технології складають матрицю (табл. 1).

Нехай B_1, B_2, \dots, B_n - хвороби певного класу, що мають подібні симптоми; S_1, S_2, \dots, S_n - ознаки (симптоми) захворювань; S_c - симптомомокомплекс.

Таблиця 1

Хвороби певного класу (захворювання)	Апріорні ймовірності захворювань	Апріорні ймовірності симптомів при захворюванні B_j			
		$P(S_1/B_j)$	$P(S_2/B_j)$...	$P(S_n/B_j)$
B_1	$P(B_1)$	$P(S_1/B_1)$	$P(S_2/B_1)$		$P(S_n/B_1)$
B_2	$P(B_2)$	$P(S_1/B_2)$	$P(S_2/B_2)$		$P(S_n/B_2)$
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
B_n	$P(B_n)$	$P(S_1/B_n)$	$P(S_2/B_n)$		$P(S_n/B_n)$

Задача діагностики полягає в тому, щоб на основі даних матриці (див. табл. 1), введеної в пам'ять машини, і даних про наявність симптомів у діагностованого пацієнта визначити ймовірність кожного з можливих захворювань B_1, B_2, \dots, B_n . Хвороба B_p що має найбільшу ймовірність, буде розглядатись як шуканий діагноз. Ці ймовірності визначимо за формулою Байєса, яка в даному випадку буде мати вигляд

$$P(B_j/S_c) = \frac{P(S_c/B_j)P(B_j)}{\sum_i P(S_c/B_i)P(B_i)}$$

де $P(B_j/S_c)$ - умовна ймовірність захворювання B_j за наявності симптомомокомплексу S_c ; $P(S_c/B_j)$ - умовна ймовірність симптомомокомплексу S_c при захворюванні B_j , яка визначається за результатами обстеження хворого (у випадку незалежних симптомів S_1, S_2, \dots, S_n):

$$P(S_1/B_j) = P(S_1/B_j) \cdot P(S_2/B_j) \cdot \dots \cdot P(S_n/B_j) = \\ = P(S_1/B_j)P(S_2/B_j)\dots P(S_n/B_j);$$

P^{\wedge}/B^{\wedge} - апіорна (визначена заздалегідь за історіями хвороби) умовна ймовірність симптомокомплексу S_c при захворюванні B_j ; $P(B_j)$ - апіорна ймовірність захворювання ξ_j в повній групі подій (захворювань одного класу B_1, B_2, \dots, B_n), яка визначається за історіями хвороб попередніх обстежень.

Приклад роботи системи підтримки прийняття рішень, побудовані на ґрунті байєвських технологій:

Введіть значення симптомів:			
Біль у грудині	1	Біль у животі:	0
Підвищена температура:	1	Лейкоцитоз:	1
Пониження АТ:	1	Зміни в ЕКГ:	0
Загальна слабкість:	1	Здуття живота:	0
ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ:			
Ймовірність інфаркту			- 0.3
Ймовірність перитоніту			- 0.01
Ймовірність пневмонії			- 0.68

1.5.9. Послідовна діагностична процедура (статистичний аналіз Вальда).

До ймовірнісних моделей представлення даних в машинних технологіях 1-го покоління можна віднести також моделі, побудовані на істосованні послідовного статистичного аналізу Вальда. Розроблені на їхній основі технології є машинним варіантом описаних вище абличних методів діагностики. Найчастіше їх використовують для ірогнозування перебігу і кінця захворювань. Модель подання даних з загальному вигляді показано в табл. 2.

На основі цієї моделі складають робочу таблицю - матрицю діагностики (прогнозування), що містить певну кількість класів і груп >знак, а також прогностичні коефіцієнти.

У разі використання такої машинної технології в діалоговому режимі виявляють характерні для кожного обстежуваного пацієнта ознаки всіх класів, визначають відповідні прогностичні коефіцієнти, їхню суму S . Порівнюючи отриману суму з деякими статистичними пороговими значеннями симптомів $S_{пор}^1$ - визначають належність пацієнта до однієї з груп: сприятливого прогнозу ($S > S_{пор}^1$); сумнівного прогнозу ($S_{пор}^2 < S < S_{пор}^1$); несприятливого прогнозу

Таблиця 2

Ознаки (симптоми)	Умовні ймовірності прогнозів		Ваги (діагностичні коефіцієнти)
	Захворювання А (прогноз)	Захворювання В (прогноз)	
S_1	$P(S_1/A)$	$P(S_1/B)$	$n \log \frac{P(S_1/A)}{P(S_1/B)}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
S_n	$P(S_n/A)$	$P(S_n/B)$	$n \log \frac{P(S_n/A)}{P(S_n/B)}$

Узагальнений алгоритм роботи подібних машинних діагностичних систем показано на рис. 7.

Машинні технології, що розроблені на базі розглянутих імовірнісних моделей, потребують серйозної статистичної обробки великих масивів медичної інформації. Чим більше статистичного матеріалу накопичено і оброблено, тим точнішими будуть результати діагностики.

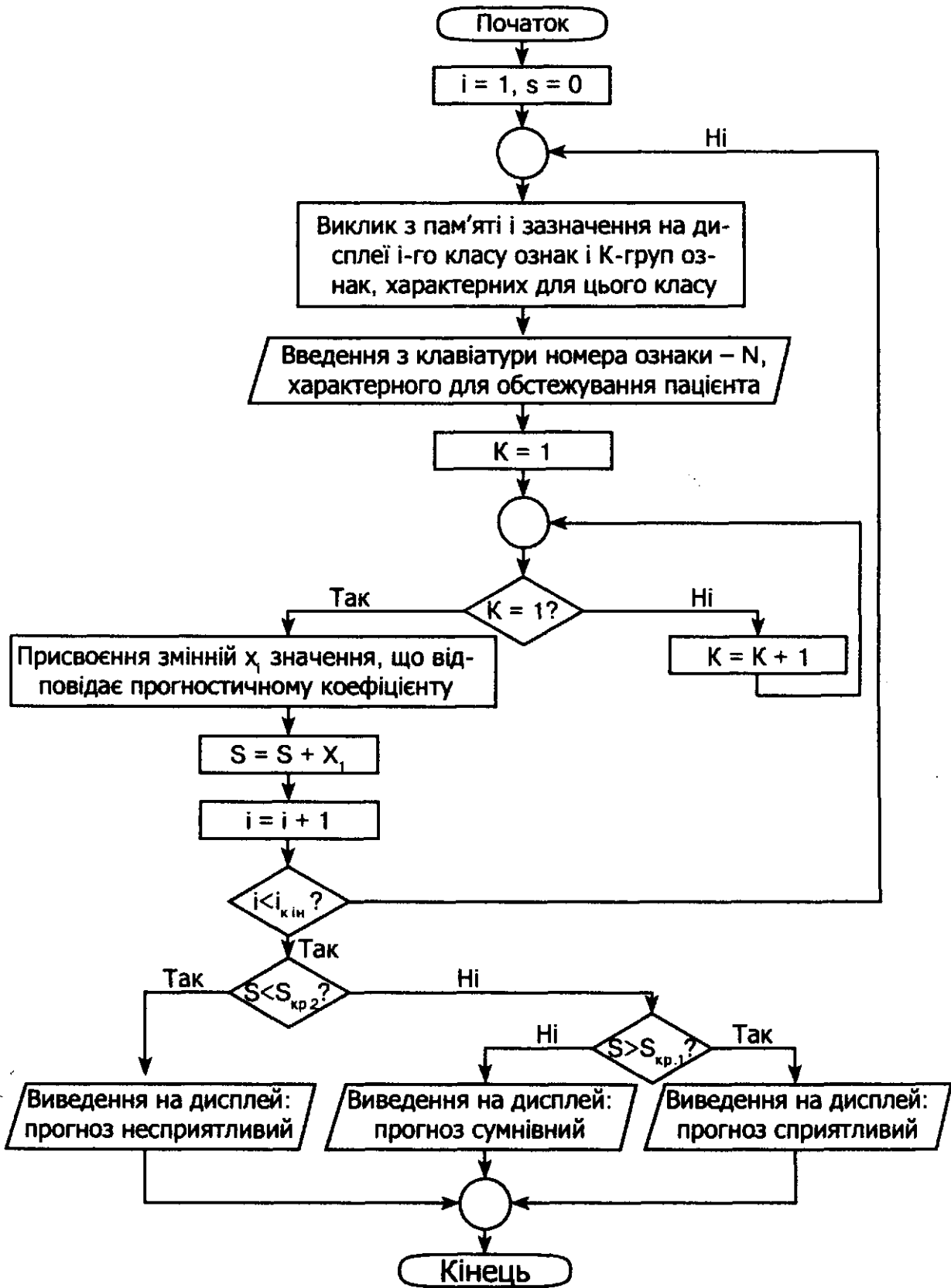


Рис. 8.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ЗАВДАННЯ № 1. Розроблення діагностичної матриці за байєсовською технологією.

1. Занести в протокол заняття діагностичну матрицю (табл. 3), що є спрощеним варіантом програми "гострий живіт", яка використовується в охороні здоров'я.

2. Використовуючи вказані нижче в цьому пункті результати статистичних досліджень в деякому регіоні, обчислити апріорні ймовірності захворювань B_1, B_2, B_3 і занести отримані дані у відповідні стовпці діагностичної матриці:

Таблиця 3.

Хвороби класу "гострий живіт"	Апріорні ймовірності захворювань	Апріорні ймовірності симптомів конкретного захворювання B_i				
		$P(S_1/B_i)$	$P(S_2/B_i)$	$P(S_3/B_i)$...	$P(S_n/B_i)$
B_1 (інфаркт міокарда)						
B_2 (перитоніт)						
B_3 (пневмонія)						

Статистика захворювань у регіоні за останній місяць така: інфаркт міокарда - 600 осіб, пневмонія - 100 осіб, перитоніт - 30 осіб. Загальна кількість захворювань - 100000 випадків.

3. Використовуючи вказані нижче дані, обчислити апріорні ймовірності симптомів для захворювань B_1 (інфаркт міокарда) і отримані значення внести у відповідні стовпці діагностичної матриці. Вважати:

$$P \ll \frac{\pi}{\Pi}$$

При статистичному дослідженні 100 історій хвороби з установленим діагнозом інфаркт міокарда виявлено:

- симптом S_1 (біль у грудній клітці) - 95 разів;
- симптом S_2 (біль у животі) - 30 разів;
- симптом S_3 (підвищена температура) - 95 разів;
- симптом S_4 (лейкоцитоз) - 95 разів;
- симптом S_5 (пониження артеріального тиску) - 10 разів;

симптом S_6 (зміни в кардіограмі) - 98 разів;
симптом S_7 (загальна загальмованість) - 8 разів;
симптом S_5 (загальна слабкість, запаморочення) - 50 разів;
симптом S_9 (розширення серця) - 10 разів;
симптом S_{r_0} (здуття живота) - 20 разів.

4. Використовуючи вказані нижче дані, обчислити подібно до п. 3 ймовірності симптомів для захворювання B_2 (перитоніт) і отримати значення внести у відповідні стовпці діагностичної матриці.

При статистичному дослідженні 100 історій хвороби з установленим діагнозом перитоніт виявлено:

симптом S_1 - 5 разів;
симптом B_2 - 95 разів;
симптом S_3 - 80 разів;
симптом S_4 - 83 разів;
симптом S_5 - 95 разів;
симптом S_6 - 17 разів;
симптом S_7 - 50 разів;
симптом S_8 - 88 разів;
симптом S_9 - 1 раз;
симптом S_{r_0} - 95 разів.

5. Використовуючи вказані нижче дані, обчислити подібно до пп. 3,4 ймовірності симптомів для захворювання B_3 (пневмонія) і отримати значення внести у відповідні стовпці діагностичної матриці.

При статистичному дослідженні 100 історій хвороби з установленим діагнозом пневмонія виявлено:

симптом S_1 - 90 разів;
симптом B_2 - 40 разів;
симптом S_5 - 90 разів;
симптом B_4 - 92 разів;
симптом B_5 - 78 разів;
симптом S_6 - 15 разів;
симптом S_7 - 30 разів;
симптом S_8 - 95 разів;
симптом S_9 - 10 разів;
симптом B_{r_0} - 13 разів.

Завдання № 2. Комп'ютерна діагностика захворювань за байєсовською технологією.

1. Запустити програму комп'ютерної діагностики за байєсовською технологією (ярлик \Л/его).

2. Ознайомитись з головним меню програми. Після запуску системи автоматично встановлюється режим "Введення даних", "Обчислити ймовірності", "Інфаркт міокарду". Також в програму передньо введені статистичні показники захворювань у регіоні за останній місяць і результати статистичного дослідження симптомів з історій хвороб з установленим діагнозом інфаркт міокарду.

3. Натиснути клавішу "Обчислити", при цьому будуть автоматично обчислені і занесені у діагностичну матрицю відповідні апрорні ймовірності симптомів при інфаркті міокарда.

4. Вибрати режим "Введення даних" і повернутись в головне меню.

5. Вибрати діагноз "Перитоніт" і ввести в програму відповідні значення статистичного дослідження симптомів з історій хвороб з установленим діагнозом перитоніт.

6. Для занесення результатів в діагностичну матрицю натиснути "Обчислити".

7. Повторити пп. 4-6 для діагнозу "Пневмонія".

8. Після того, як повністю сформовано діагностичну матрицю, вибрати з переліку симптомів ті, що відповідають наступній інформації: пацієнт А скаржиться на біль у грудній клітці, підвищену температуру, загальну слабкість і запаморочення. У пацієнта виявлено зміни в кардіограмі та лейкоцитоз.

9. Натиснути клавішу "Встановити діагноз" і отримати результати ймовірносної діагностики захворювань для даного випадку. На основі отриманих результатів встановити діагноз.

10. Заданий симптомокомплекс, результати роботи програми, встановлений діагноз занести в протокол заняття.

11. Так само поставити діагноз у випадку симптомокомплексу пацієнта Б, виходячи з такої інформації: пацієнт скаржиться на біль у животі, здуття живота, підвищену температуру, зниження артеріального тиску, загальну слабкість і запаморочення, загальну загальмованість. У пацієнта виявлено лейкоцитоз.

12. Закінчити роботу з програмою.

Завдання № 3. Обчислення діагностичних (прогностичних) коефіцієнтів при послідовній статистичній процедурі Вальда.

1. Використовуючи послідовну статистичну процедуру Вальда, обчислити і внести до протоколу значення діагностичного коефіцієнта для наведеної нижче кількості лейкоцитів в 1 мл крові хворих на інфаркт міокарда. При підрахунках вважати $n=10$ (див. табл. 2).

Розробляючи прогностичну систему, призначену для визначення прогнозу перебігу інфаркту міокарда за результатами аналізу крові, в результаті оброблення статистичного матеріалу з'ясовано, що в 6 випадках із 20 несприятливого прогнозу цього захворювання кількість лейкоцитів в 1 мл крові перевищувала 20 (в тис). Таку саму кількість лейкоцитів виявлено 28 разів із 160 випадків сприятливого прогнозу.

Завдання № 4. Робота з прогностичною системою.

1. Запустити програму inf.exe.

2. Виконати вказівки програми і зробити висновок про прогноз перебігу інфаркту міокарда, виходячи з таких результатів аналізу крові:

лейкоцити 3 (тис); еритроцити 4 (млн);

еозинофіли 1%; лімфоцити 2 (тис);

ШОЕ 20 (мм/год); повторність інфаркту - 1.

3. Внести в протокол початкові дані і результати роботи з програмою.

4. Повторити виконання програми, змінивши один з початкових параметрів (наприклад, лейкоцити 22 (тис.) або повторність інфаркту - 2).

5. Дані і результати роботи внести в протокол.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Види медичних рішень та підходи до їх прийняття.

2. Методи прийняття рішень в медицині.

3. Фактори впливу на процес прийняття рішень та організація їх виконань.

4. Системи підтримки прийняття рішень в Діагностичних та про-, гностичних технологіях.
5. Загальні поняття теорії ймовірностей.
6. Класичний метод визначення ймовірності.
7. Статистичний метод визначення ймовірності.
8. Умовна ймовірність.
9. Основні теореми теорії ймовірностей.
10. Формула повної ймовірності.
11. Формула Байєса (формула гіпотез).
12. Основи ймовірнісної діагностики захворювань.
13. Послідовна діагностична процедура (статистичний аналіз Вальда).

ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

/. /. Загальні поняття про системи знань

Люди мають запас "знань" про світ, у якому вони живуть. Деякі види знань загальновідомі; до них відносяться знання, пов'язані із прийомом їжі або водінням автомобіля. Інші знання більш спеціальні, наприклад ті, що використовуються експертами. Знання звичайно представляються у вигляді *фактів*, характерних для навколишнього світу (тобто класів об'єктів і взаємозв'язків між ними), процедур і правил маніпулювання фактами, а також у вигляді інформації про те, коли і як варто застосовувати правила й процедури.

Об'єкти групують за класами. Терапевт, окуліст, хірург, стоматолог, фельдшер, медсестра можуть означати об'єкти. Їх можна віднести до класу "медики". Крім того терапевт, окуліст, ендокринолог, можуть класифікуватися як "лікарі", а фельдшер, медсестра - як "середній мед-персонал". Перевага будь-якої класифікації в тому, що достатньо пам'ятати тільки характеристики класу, а не кожного окремого об'єкта. Ми можемо визначити також відношення між класами чи окремими об'єктами. Наприклад стоматолог - керівник медсестри; медсестра - асистент хірурга; Іван - підлеглий Марії. Знання про об'єкти та їх взаємовідношення дозволяють класифікувати ці об'єкти і співвідносити між собою.

Інший тип знання - *правила*. Вони дають можливість визначити, як вивести нові відмінності класу чи відношення для об'єктів, раніше не поділених на класи. Природно, що подання якого-небудь процесу обробки знань вимагає дуже складного набору правил і експерти схильні застосовувати правила й процедури, незрозумілі для неспеціалістів. Найчастіше сам експерт не в змозі по-справжньому усвідомити використовуваний ним процес обробки знань при формулюванні судження.

Отже, ми ввели дві складові - факти й правила. Третій необхідний компонент процесу обробки знань - керуюча структура; вона визначає спосіб застосування різноманітних правил. Будь-яка керуюча структура дозволяє вирішити, яке із правил повинне застосовуватися наступним. У більшості реальних ситуацій кількість необхід-

них правил дуже велика, і при цьому можливі різні форми керуючих структур. Правила можна вибирати послідовно, або ж деяка підмножина правил може бути застосована для вибору наступного правила (такі підмножини мисляться як правила більш високого рівня, або метаправила). Механізм застосування правил у тих ситуаціях, коли потрібно робити їх вибір, є прерогативою керуючої структури.

Для опису процесу обробки знань можна використати як декларативні знання (класи, відносини), так і процедурні знання (правила й керуючі структури). Границя між ними дуже розмита. Чим менше знань ми декларуємо, тим більше процедурних знань необхідно, і навпаки. У реальних умовах розходження між декларативними й процедурними знаннями не має істотного значення, оскільки визначення того або іншого правила може розглядатися як декларативне знання.

Людина, розуміючи мову, зображення, образи тощо для вирішення виникаючих задач використовує знання з конкретної предметної області. Для виконання тієї ж роботи комп'ютером необхідно знання представити в деякій стандартній формі і скласти програму їх обробки.

При використанні традиційних структурних мов програмування необхідні знання вміщуються безпосередньо в прикладну програму і складають з нею єдине ціле. Однак такий підхід утруднює розуміння того, яким чином використовуються знання і яка їх роль. Тобто знання, закладені в програму, і сама програма їх обробки жорстко пов'язані між собою і існує можливість отримати з наявних знань лише ті висновки, які передбачені програмою їх обробки.

В системах, що ґрунтуються на концепції штучного інтелекту та інженерії знань (системи знань), така проблема відсутня. В цих системах функції зберігання знань і функції вирішення задач розділені подібно до баз даних (БД), де СУБД забезпечує автономне зберігання даних і програм їх обробки (рис. 1).

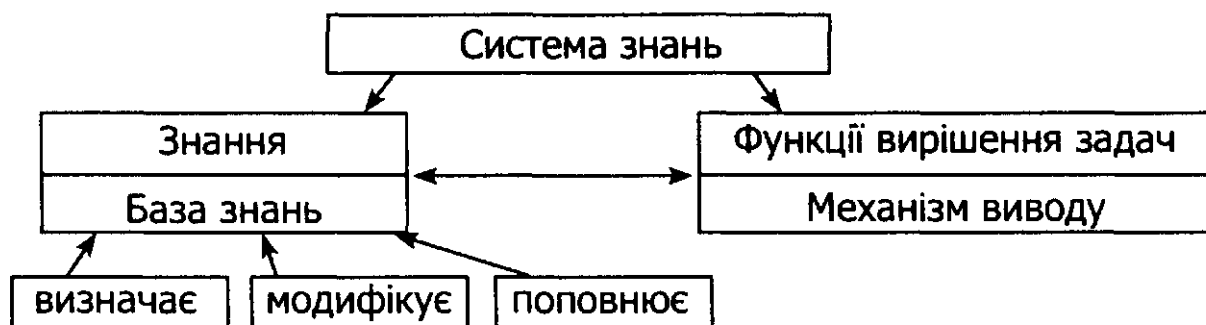


Рис. 1. Система знань

Система знань - це система програмного забезпечення, основними структурними елементами якої є база знань і механізм логічних висновків. В системах знань:

- знання представляються в конкретній формі в базі знань, яка дозволяє їх легко визначати, модифікувати і поповнювати;
- функції вирішення задач реалізуються автономним механізмом логічних висновків, зроблених на основі знань, що зберігаються в базі.

Знання у вигляді набору фактів (предметне знання) і евристичних прийомів (їх можна назвати емпіричними правилами) вводяться в комп'ютер. Програма застосовує ці евристичні прийоми для вироблення рішень. Хід міркувань системи може бути розкритий користувачеві для того, щоб показати, як вона прийшла до конкретного висновку.

Предметне знання - це сукупність відомостей про якісні й кількісні характеристики конкретних об'єктів. Із цією категорією знань прийнято зв'язувати терміни "інформація" й "дані". Обчислювальні машини в основному оперують даними. Сучасна форма нагромадження предметного знання представляється як база даних, що вображає ситуаційну модель релевантної сфери, тобто професійної сфери, для якої призначена конкретна експертна система. Експертні системи оперують не тільки даними, але й понятійними, концептуальними знаннями, вираженими природною мовою в термінах предметної області; знаннями щодо існуючих за цими термінами класів об'єктів і їхніх відношень. Здатність експертних систем у відповідь на запит користувача, виражений у термінах предметної області, будувати логічні висновки і на їх основі робити узагальнення й висновки, викликати асоціації - одна з головних їхніх особливостей. Понятійні знання виражаються у вигляді правил формальної логіки.

У системах штучного інтелекту, у тому числі й експертних системах, формою відображення понятійних знань служать бази знань, а самі понятійні знання називаються просто знаннями. Правила, що містяться в базі знань, еквівалентні деякій прикладній програмі й можуть бути різними за своїм форматом. Найуживанішим є формат правила продукції типу

"ЯКЩО (умова) ТО (дія)"

причому компонента "ТО" може представляти висновки, твердження, ймовірності, вказівки, тобто зміни вмісту бази даних. Пов'язана із правилом умова визначає, чи є те або інше правило потенційно справедливим стосовно поточного стану ситуаційної моделі, тобто до поточного вмісту бази даних. Правило продукції дозволяє виконувати дію, якщо всі задані для нього умови задовольняються.

Поряд з базою даних і базою знань невід'ємним елементом експертних систем є деяка керуюча структура. Керуюча структура означає, яке із правил повинне бути перевірене наступним, і тому її часто називають інтерпретатором правил.

Набута експертними системами популярність пояснюється їхньою здатністю сприймати знання від людини - експерта в певній предметній області й забезпечувати доступ до них, без чого стає важко обійтися при прийнятті рішень у складних ситуаціях, наприклад при діагностиці захворювань, проектуванні мікросхем, керуванні складними об'єктами (енергосистемами, атомними електростанціями тощо), ідентифікації несправностей в електронних схемах, при вирішенні завдань оптимального розміщення фінансових засобів. Група по експертних системах при комітеті British Computer Society визначила експертну систему як "втілення в ЕОМ компоненти досвіду експерта, заснованої на знанні, у такій формі, що машина може дати інтелектуальну пораду або прийняти інтелектуальне рішення щодо оброблюваної функції. Бажана додаткова властивість (яку багато хто вважає головною) - здатність системи на вимогу пояснювати хід своїх міркувань зрозумілим для користувача чином. Забезпечуються ці властивості в результаті програмування, заснованого на формальних правилах".

1.2. Спрощена структура експертних систем

Експертні системи (ЕС) - це комп'ютерні програми, створені для виконання тих видів діяльності, які може виконувати людина-експерт. Вони імітують спосіб дій людини-експерта і суттєво відрізняються від точних, добре аргументованих алгоритмів. Якщо при традиційному процедурному програмуванні комп'ютеру необхідно

точно повідомити, що і як він повинен робити, то загальним для ЕС є те, що вони мають справу зі складними проблемами, які не досить добре зрозумілі чи вивчені; для яких немає чітко заданих алгоритмічних рішень; які можуть бути досліджені з допомогою механізму символічних міркувань.

Основними вимогами до ЕС є:

1. використання знань пов'язане з конкретною предметною областю;
2. придбання знань від експерта;
3. визначення реальної і достатньо складної задачі;
4. наділення системи здатністю експерта.

Експерти - це кваліфіковані спеціалісти в конкретній області діяльності - лікарі, економісти, юристи тощо, які володіють спільними якостями:

- мають великий обсяг знань в конкретній предметній області;
- мають великий досвід роботи в даній галузі;
- вміють точно сформулювати і правильно розв'язати задачу.

Експертні системи мають на меті замінити спеціалістів у конкретній галузі, тобто дозволяють вирішити поставлену задачу без участі експерта.

Узагальнена структура експертних систем має вигляд (рис. 2), а модель представлення знань представлена на рис. 3.

Для функціонування експертної системи потрібно:

- механізм представлення знань в конкретній галузі і керування ними - база даних (БД) і база знань (БЗ);
- механізм, який на основі наявних в БЗ знань здатний робити висновки;
- інтерфейс для отримання і модифікації знань експерта, а також для правильної передачі відповідей користувачу;
- механізм отримання знань від експерта, підтримки БЗ і при необхідності її поповнення (модуль набуття знань);
- механізм, який не тільки здатен давати заключення, але і подавати різні коментарі до цього заключення, пояснюючи його мотиви (модуль порад і пояснень).

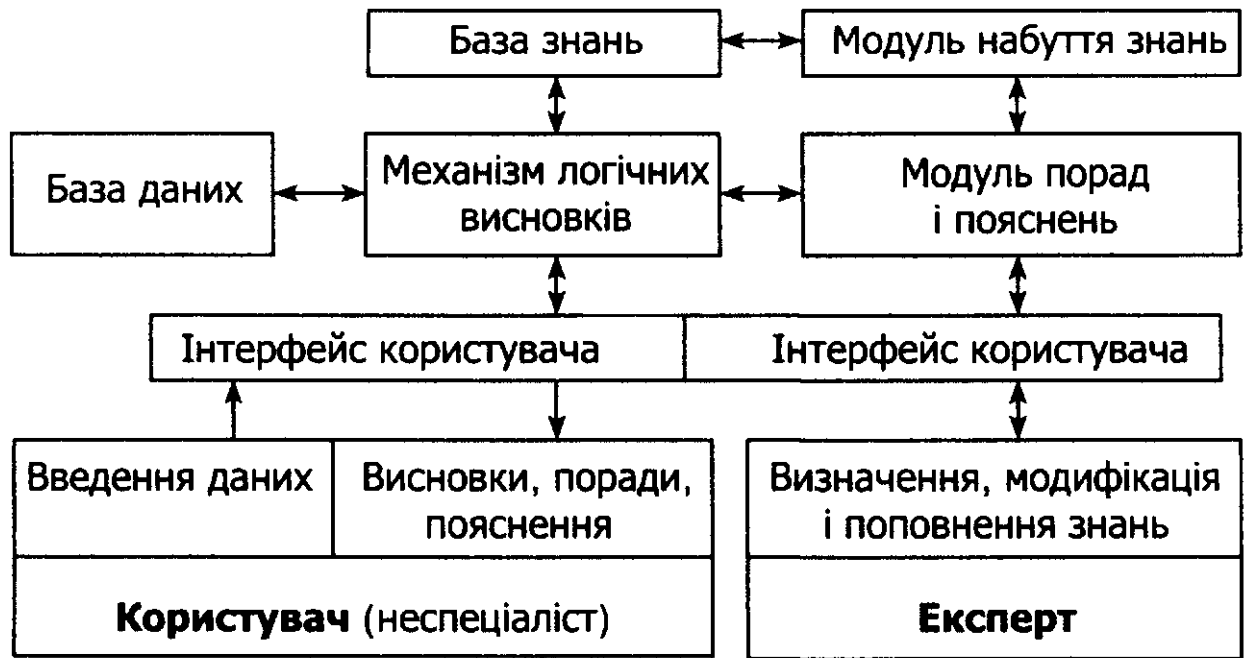


Рис. 2. Узагальнена структура експертної системи

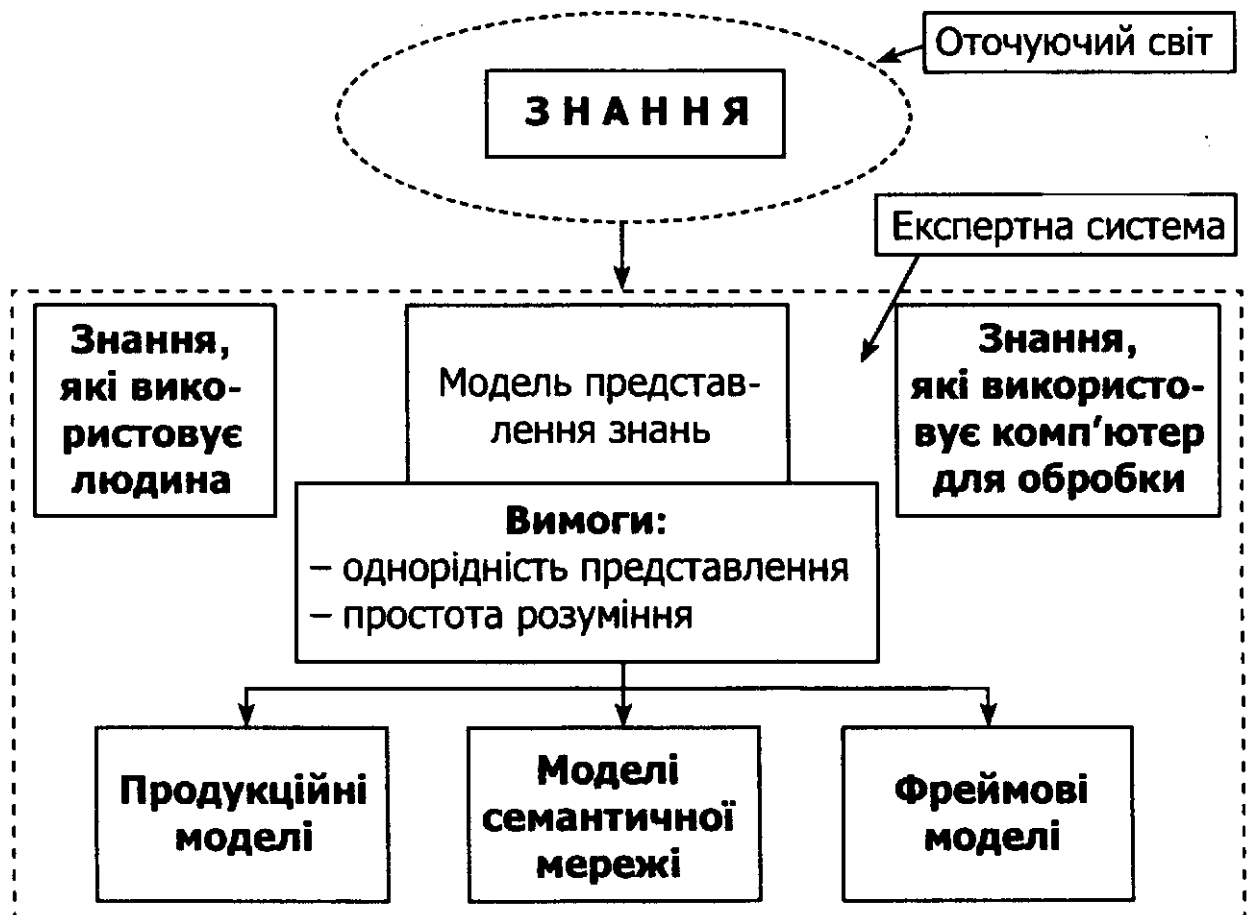


Рис. 3. Модель представлення знань

1.3. Продукційні моделі

Продукційні моделі - це найпоширеніші на даний період моделі, в яких знання представляються у вигляді правил вигляду:

"ЯКЩО умова, ТО дія"

Програмні засоби, які використовують знання у вигляді правил, отримали назву продукційних систем (або систем продукцій) і вперше були запропоновані математиком Постом у 1941 році.

Загальним для продукційних систем є те, що вони складаються з трьох компонент:

- набір правил, що використовуються в якості бази знань (правила продукцій);
- робоча пам'ять, де зберігаються попередні умови, що відносяться до окремих задач, а також результати висновків, отримуваних на основі цих попередніх умов (динамічна база даних - ДБД);
- механізм логічного висновку, що використовує правила у відповідності з вмістом робочої пам'яті (керуюча структура).

Конфігурацію систем продукції спрощено можна представити у вигляді рис. 4.

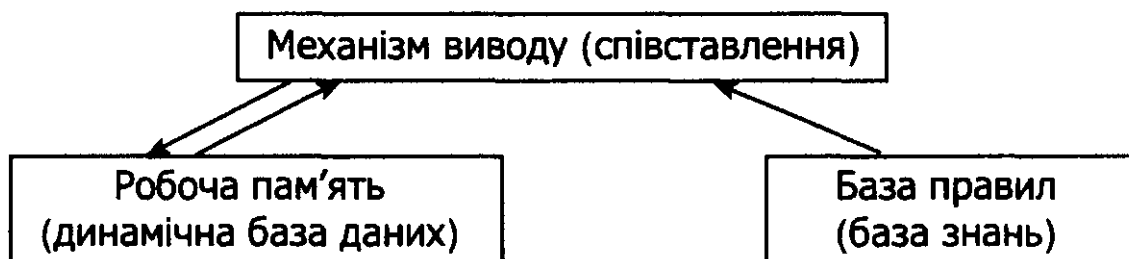


Рис. 4. Конфігурація продукційної системи

В основі правил продукцій лежить простий принцип: вони визначають набір дозволених перетворень, з допомогою яких відбувається просування від початкового стану до остаточного вирішення поставленої задачі. Поточний (проміжний) стан відображається з допомогою багатьох факторів, фіксованих в базі даних. В ході вирішення задачі відбувається співставлення однієї з частин правила з вмістом бази даних. В реальній системі можлива ситуація, коли можуть бути застосовані одночасно кілька правил. Тому виникає необхідність у керуючій структурі, яка повинна визначити, яке з правил застосовувати.

В медичних експертних системах знайшла застосування організація знань у вигляді статичних описів хвороб, що визначаються через відповідні симптоми. Задача діагностичних програм такого типу зводиться до пошуку найменшого набору хвороб, здатних бути причиною заданого поєднання симптомів (система INTERNIST, описана нижче).

1.4. Поняття семантичної моделі. Семантичні мережі

Поняття семантичної мережі засновано на древній і дуже простій ідеї про те, що "пам'ять" формується через асоціації між поняттями. Поняття "асоціативна пам'ять" з'явилося ще в часи Арістотеля й увійшло в інформатику у зв'язку з роботами по використанню простих асоціацій для подання значення слів у базі даних. З тих пір цей формалізм був всебічно розвинений для подання багатьох класів даних, використовуваних у різних предметних областях. До таких областей відносяться просторові зв'язки в простих фізичних системах, операції по керуванню механізмами, причинні й функціональні зв'язки в приладах і взаємозв'язки між симптомами в медицині.

Базовим функціональним елементом семантичної мережі служить структура із двох компонентів - "вузлів" і з'єднуючих їх "дуг". Кожен вузол представляє деяке поняття, а дуга - відношення між парами понять. Можна вважати, що кожна з таких пар відносин представляє простий факт. Вузли позначаються ім'ям відповідного відношення. Рис. 5, наприклад, представляє факт: "Петрук працює в поліклініці".



Рис. 5. Функціональний елемент семантичної мережі

Відзначимо, що дуга має напрям, завдяки чому між поняттями в рамках певного факту виражається відношення "суб'єкт/об'єкт". Більше того, будь-який з вузлів може бути з'єднаний з будь-яким числом інших вузлів; у результаті цього забезпечується формування мережі фактів.

Семантична мережа - це система знань, яка має структуру у вигляді цілісного образу мережі, вузли якої відповідають поняттям і об'єктам, а дуги - відношенням між об'єктами. Різноманітні мережі можна розглядати як мережі, які входять до складу загальної моделі семантичної мережі.

З позицій логіки базову структуру семантичної мережі можна розглядати як еквівалент предиката із двома аргументами (бінарний предикат); ці два аргументи представляються двома вузлами, а власне предикат - направленою дугою, що зв'язує ці вузли.

При розумному виборі позначень відносин можна виразити дуже складні сукупності фактів. При розробці семантичної мережі особливий практичний інтерес має зв'язок виду "є", який відображає приналежність до деякого класу об'єктів. Представлений на рис. 6 мережевий елемент, наприклад, виражає, що

"Петрук є членом класу лікарів"

або, говорячи простіше,

"Петрук є лікарем"



Рис. 6. Відношення типу "є"

До інших видів зв'язків, які відображають загальні уявлення про об'єкт відноситься зв'язок "має" (рис.7), що вказує на те, що одне поняття представляє частину іншого, на відміну від зв'язку "є", де вказується на те, що одне поняття служить атрибутом іншого.

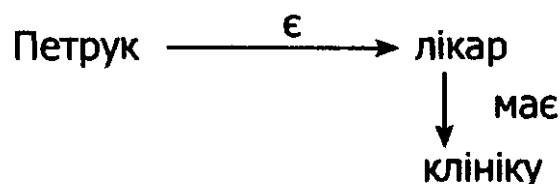


Рис. 7. Відношення типу "є" + "має"

Користуючись подібними відношеннями, можна представляти складні сукупності фактів. Рис. 8 ілюструє одне з можливих подань фактів, що відносяться до медичного працівника "Петрук". У число таких фактів увійшли:

"Петрук є лікарем"

"Петрук працює в поліклініці, розміщеній у корпусі №17"

"Петруку 47 років"

"У Петрука добре серце".

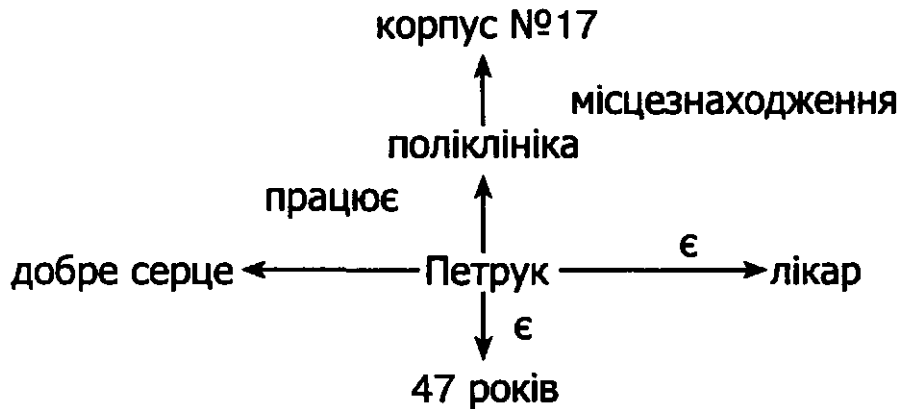


Рис. 8. Факти, що відносяться до людини з іменем "Петрук"

Вершини семантичної мережі зазвичай показують об'єкт проблемної області, ситуацію тощо, а дуги - це відношення між ними. З діаграми рис. 8. видно, що з допомогою мережевих елементів можна побудувати достатньо складні комбінації фактів. Зв'язок типу "є" відкриває широкі можливості для побудови ієрархій (підпорядкування) понять. Ієрархія забезпечує ефективний спосіб спрощення представлення знань і скорочення об'єму інформації, яку потрібно запам'ятовувати для кожного конкретного вузла. Це дає можливість в значній мірі прискорити процес обробки знань, а також вибирати інформацію з допомогою запитів загального характеру.

1.5. Фрейми

В складних семантичних мережах, які містять багато понять, процес відновлення вузлів і контроль зв'язків між ними стає складним. При цьому кількість опосередкованих родовидових зв'язків між поняттями різко зростає. Головна ідея фреймового підходу до представлення знань полягає в тому, що все, що відноситься до поняття чи ситуації не "розмазується" по мережі, а представляється у фреймі.

Фреймом називається структура для опису поняття чи ситуації, яка містить характеристики цієї ситуації і їх значення.

Фрейм можна розглядати як фрагмент семантичної мережі, призначений для опису понять зі всією сукупністю належних їм властивостей. В кожному з вузлів мережі поняття визначаються набором атрибутів і їх значеннями, які містяться в слотах фрейма.

Слот - це атрибут, пов'язаний з вузлом в системі, побудованій на фреймах.

Слот є складовою частиною фрейма. Ім'я слота відповідає типу атрибута. З кожним слотом може бути пов'язана одна чи декілька процедур, які виконуються, коли змінюються значення слотів. Найчастіше зі слотами пов'язуються процедури:

- ЯКЩО - ДОБАВЛЕНО (виконується, коли нова інформація вміщується у слот);
- ЯКЩО - ВИДАЛЕНО (виконується при видаленні інформації зі слота);
- ЯКЩО - ПОТРІБНО (виконується, якщо запрошується інформація зі слота, а він пустий).

Ці процедури можуть слідкувати за притоком інформації до даного вузла і перевіряти, чи при її зміні відбуваються відповідні дії.

Графічно фрейм можна представити, як на рис 9.

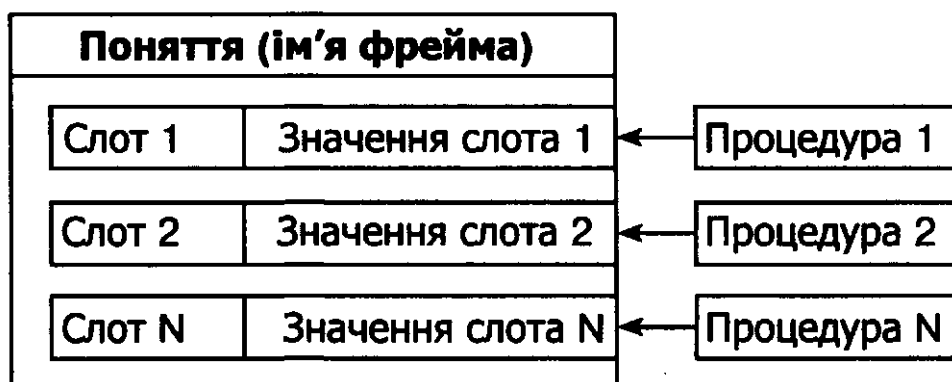


Рис. 9. Фрейм

1.6. Застосування експертних систем в медичній діагностиці

Ідея створення перших експертних систем виникла ще в шістдесятих-сімдесятих роках минулого століття (DENDRAL - для реконструкції складних органічних молекул за результатами спектрального аналізу, MYCIN - для діагностики інфекційних захворювань, PROSPECTOR - для прогнозування родовищ корисних копалин).

Розроблена вченими Стенфордського університету **система MYCIN** - це комп'ютерна система, яка діагностує бактеріальні ін-

фекції крові і дає поради відносно лікарської терапії. База знань цієї системи складає сотні продукційних правил типу

"ЯКЩО умова 1 і умова 2 ...і умова N, **ТО** дія".

Всі ці правила є імовірнісними. Шортліфф розробив схему, яка базується на використанні "коефіцієнтів упевненості" і дозволяє системі прийти, виходячи з ненадійних даних, до правдоподібних заключень. Крім того система MYCIN може пояснювати порядок своїх міркувань.

СИСТЕМА INTERNIST. Роботи зі створення системи INTERNIST були початі в Пітсбургському університеті (США). Розробка проводилася Поплом, фахівцем в області інформатики, і Майерсом, фахівцем із захворювань внутрішніх органів. Прототип системи, названої INTERNIST-I, був створений в 1974 р., і з тих пор постійно проводяться оцінки його клінічних можливостей й удосконалення. У зв'язку з тим, що такі перевірки дозволяли виявити недоліки системи, була почата розробка вдосконаленої системи INTERNIST-II (відомої також за назвою CADUCEUS), що має нові якості. У ній, наприклад, передбачена система одержання висновку щодо анатомічних структур і система, що дозволяє враховувати при постановці діагнозу знання про попереднє лікування.

Одна із властивостей системи INTERNIST полягає в тому, що вона при постановці діагнозу явно наближається до моделі людського розумового процесу. Такий процес дозволяє встановити взаємозв'язок між конкретними хворобами і їх "проявами" (наприклад, жовтуха, блювота або збільшена печінка). Процес має дві стадії:

- 1) обмеження простору діагностування, яке включає вибір правдоподібних гіпотез захворювань (у медичній літературі це відомо як "диференціальна модель діагностування");
- 2) застосування деякої стратегії (яка враховує особливості моделі) для вирішення завдання діагностування шляхом ідентифікації одного із захворювань (з окремого набору), що найбільш повно відповідає симптомам.

Наприклад, біль в області грудної клітки може бути симптомом двох взаємовиключних захворювань - ангіни й нетравлення. У цьому полягає суть "диференціальної моделі діагностування". Найменш дорога стратегія для рішення подібного завдання може включати призначення ліків у вигляді таблеток антацида.

Зараз система INTERNIST вирішує завдання, пов'язані тільки з постановкою діагнозу. Рекомендації з лікування хвороб вона не дає. Інші системи займалися головним чином рішенням властиво завдання диференціального діагнозу, а не завдання, пов'язаного з виявленням обмежень моделі. Система MYCIN, наприклад, починає роботу з деякого допущення про те, що захворювання по своїй природі інфекційне. Однак досвід клініцистів показує, що основні проблеми пов'язані з диференціальною постановкою діагнозу. Як тільки це досягається, сама структура завдання повинна внести обмеження на те, яким чином розглядати й поєднувати показання.

Спостереження за роботою експертів-клініцистів показали, що під час циклу діагностування спочатку ставиться одне або кілька діагностичних завдань. Ці завдання відіграють вирішальну роль при зборі даних і встановленні остаточного діапазону альтернативних захворювань. Було встановлено, що головна перевага "знання й досвіду" полягає в тім, щоб розрізнити захворювання, ідентифіковані в ході виконання таких завдань. Крім того, експерти-клініцисти формують завдання по диференціальному діагностуванню на самому початку циклу постановки діагнозу, навіть якщо вони не зовсім коректні через відсутність інформації.

Система INTERNIST-1 спочатку ідентифікує набір захворювань, що характеризуються деякими або всіма симптомами, наявними в пацієнта. Після цього вона намагається знайти в цьому наборі єдине захворювання, що найкраще пояснює ряд виявлених симптомів. Потім виробляється пошук набору захворювань, яким відповідають симптоми, що залишилися, і процес повторюється доти, поки не залишиться жодного непоясненого симптому.

СИСТЕМА CASNET. Семантичні мережі знайшли широке поширення при моделюванні каузальних знань. Вузли мережі представляють стан системи, а дуги - каузальні відносини. Отже, було природним застосування семантичних мереж як основної форми подання знань у системі CASNET (Causal Associational NETWORK), розробленої в першій половині 70-х років Куликовским і Вейссом з Рутгерського університету. Система створювалася з метою розробки й дослідження стратегій діагностування за допомогою комп'ютерних систем, в основу яких покладені психологічні й функціональні моделі хвороб.

У системі САЗІЧЕТ захворювання розглядається як процес, що включає переходи від одного патофізіологічного стану до іншого. У результаті цього діагноз визначається як ідентифікація взаємозв'язку між картиною каузальних маршрутів, властивих пацієнтові, і категорією захворювання.

У такого процесу опису хвороби є ряд переваг. По-перше, можна скористатися каузальною моделлю для передбачення можливого перебігу хвороби як при її лікуванні, так і при відсутності такого. Подібна інформація корисна при прийнятті рішень, що стосується лікування, зокрема рішення, коли лікування повинно бути застосовано. По-друге, систему можна використати для моделювання розвитку захворювання в часі. При розробці системи САБМЕТ предметною областю була обрана глаукома (хоча використовуваний у системі САБМЕТ підхід рівною мірою стосується й інших хвороб, якщо відомо, що можна буде дати їх повний каузальний опис). Захворювання глаукомою починається з підвищення очного тиску, і якщо не вживати відповідних заходів, то може наступити сліпота. Ця область виявилася особливо придатною для проведення дослідження каузальної моделі діагностування. Вплив глаукоми обмежується тільки очами й завдяки структурній простоті може бути описаний досить повно. Більше того, процеси, що протікають у ході захворювання глаукомою і її лікуваннями досить добре зрозумілі й результати можуть бути відносно точно оцінені.

2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

ЗАВДАННЯ № 1. Розроблення бази знань.

На основі діагностичної таблиці (див. табл. 1) розробити і внести до протоколу лабораторного заняття базу знань у вигляді набору з 8 продукційних правил (формально-логічна модель бази знань).

Примітка. Відмічені в табл. 1 зірочкою (*) ознаки на рентгенівському знімку є складовими лівої частини (ЯКЦО) продукційного правила, а відповідний їм діагноз - правою частиною (ТО) цього правила.

Підготовлену базу знань буде використано в лабораторній роботі для створення експертної системи під загальною назвою "РГ-легень" (рентгенографія легень).

Таблиця 1.

Ознаки на рентгенівському знімку	ДІАГНОСТИКА							
	Гостра пневмонія	Абсцес, що дренується не повністю	Абсцес, що повністю дренується	Рак, що розпадається	Кавернозний туберкульоз	Діафрагмальна грижа	Цироз легень	Ателектаз
Органи середостіння								
не зміщені	*	*	*	*	*			
зміщені від тіні						*		
зміщені до тіні							*	*
Тінь на знімку								
займає всі легені чи частину	*	*					*	*
має круглу форму			*	*	*			
має неправильну форму						*		
Структура тіні								
однорідна	*							
одне просвітлення в центрі		*	*	*	*			*
множинне просвітлення						*	*	
Зовнішні контури тіні								
різкі				*	*			
нерізкі	*	*	*			*	*	*
Порожнина								
з горизонтальним рівнем рідини		*						
має нерівні краї				*				
має товсті рівні краї			*		*			

* Означає наявність вказаної ознаки для даного діагнозу

ЗАВДАННЯ № 2. Вивчення головного меню експертної системи (ЕС).

Головне меню ЕС містить такі режими: вибір бази знань, діалог з базою знань, запис бази на диск, перегляд бази знань, створення бази знань, видалення бази знань, редагування бази знань, інформація щодо бази, вихід в ДОС, кінець роботи. Нижче подано опис можливостей цих режимів.

1. Режим "вибір бази знань" забезпечує вибір бази знань, що нас цікавить.

Примітка. Імена баз знань, які записано на дискові, та області діяльності їх вказано в табл. 2 (імена областей діяльності виділено курсивом).

Таблиця 2

Ім'я бази знань	Область діяльності
ACT.GNI	<i>ацетонурія</i> (діагностика захворювань і станів, які характеризуються наявністю ацетону в сечі)
PONOS.GNI	<i>пронос</i> (діагностика основних захворювань і станів, які можуть супроводжуватися проносом)
HEPATO.GNI	<i>гепатомегалія</i> (діагностика захворювань і станів, які супроводжуються збільшенням печінки)

2. У режимі "діалог з базою знань" здійснюється діалог користувача з вибраною базою знань, внаслідок якого вказується передбачуваний діагноз або повідомляється про те, що в базі немає потрібних знань. В останньому випадку користувачеві надається можливість доповнити базу знань продукційними правилами, яких не вистачає. Якщо виникають труднощі, як правильно відповісти на поставлене запитання, то можна звернутися до ЕС за додатковими роз'ясненнями.

3. Режим "запис бази на диск" використовують для зберігання на дискові заново створеної бази знань під певним іменем.

4. Режим "перегляд бази знань" дає змогу переглянути продукційні правила, з яких складається база знань, що використовується в даний момент.

5. Режим "створення бази знань" призначено для створення нових баз знань.

6. Режим "видалення бази знань" використовують для видалення з оперативної пам'яті бази знань перед вибором для роботи іншої бази.

7. У режимі "редагування бази знань" можна виправити виявлені в процесі роботи ЕС помилки.

8. У режимі "інформація щодо бази" можна отримати інформацію про всі режими головного меню ЕС, тобто відомості, що викладені в пунктах цього завдання.

9. Режим "вихід в ДОС" використовують для тимчасового виходу в ДОС і повернення в програму за командою exit, яка вводиться з клавіатури.

10. Режим "кінець роботи" призначено для закінчення роботи з програмою і виходу в файлову структуру Norton Commander.

ЗАВДАННЯ № 3. Освоєння технології роботи з експертними системами.

1. Запустити програму geni.exe, що міститься в каталозі EXPSYS. Результати запуску - поява на екрані дисплея головного меню режимів ЕС.

Примітка 1. Вибір того чи іншого режиму головного меню ЕС, баз знань, які є на дискові, здійснюється встановленням підсвічування на відповідні назви за допомогою клавіш *it*.

Примітка 2. Для запуску вибраного режиму, для введення в комп'ютер відповідей чи символу "?" під час діалогу треба натискати клавішу Enter.

Примітка 3. Перехід до російського алфавіту здійснюється натисканням правої клавіші Shift, зворотний перехід - натисканням лівої клавіші Shift.

Примітка 4. Вихід з будь-якого режиму і повернення в головне меню ЕС здійснюють натисканням клавіші Esc.

2. Провести діалог з базою знань під іменем ACT.GNI.

Для цього:

- у головному меню ЕС вибрати і запустити режим "вибір бази знань",
- у переліку файлів, що з'явився на екрані, вибрати базу знань під іменем ACT.GNI і натиснути клавішу Enter;

- у головному меню вибрати і запустити режим "діалог з базою знань";
- перейти на російський алфавіт натисканням правої клавіші Shift;
- набрати з клавіатури ім'я області діяльності, в якому, згідно з табл. 2, використовується ця база знань, а саме: ацетонурія. Після натискання Enter на екрані мають з'явитися питання і вікно відповідей;
- встановити підсвічування на потрібну відповідь, тобто "ТАК" чи "НІ", і натиснути Enter;
- після введення відповіді на перше запитання з'явиться наступне;

Примітка. У випадку, коли виникають труднощі під час вибору відповідей на поставлене запитання, слід звернутися за допомогою до експертної системи. Для цього:

 - а) вибрати у вікні відповідей і ввести символ "?";
 - б) після отримання додаткової інформації повернутися у вікно відповідей натисканням клавіші Esc і дати правильну відповідь.
- після закінчення діалогу (після відповідей на всі запитання) з'являється передбачуваний діагноз і запитання: "Вірно, чи не так?" або повідомлення, що в базі таких знань немає;
- записати в протокол зміст діалогу (питання-відповіді) і його результат;
- перейти на латинський алфавіт натисканням лівої клавіші Shift;
- ввести відповідь на запитання "Вірно, чи не так?" натисканням клавішею Y (YES) чи N (NO), після чого повернутися в головне меню;
- у режимі "видалення бази знань" видалити з оперативної пам'яті базу знань, з якою вівся діалог.

3. Провести діалог з іншими базами знань так, як у п. 2 (без запису в протокол).

Примітка 1. Потрібна інформація для виконання п. 3 міститься в табл. 1.

Примітка 2. Не забувати перед вибором для діалогу наступної бази знань вилучати з оперативної пам'яті ЕОМ попередню.

ЗАВДАННЯ № 4. Створення бази знань експертної системи.

Виконання цього завдання передбачає наявність заздалегідь розробленої бази знань, тобто виконання завдання 1, і складається

з послідовного введення в комп'ютер назви категорій, підкатегорій і відповідних умов.

Примітка 1. Категорія в усіх випадках буде мати назву: РГ-легень. Таку саму назву має область діяльності, в якій використовується створювана база знань.

Примітка 2. Назвою підкатегорії буде передбачуваний діагноз захворювань, тобто один з діагнозів, що містяться в правій частині продукційних правил.

Примітка 3. Як умови виступають ознаки, що є на рентгенівському знімку, тобто складові лівої частини продукційних правил.

1. Створити базу знань у такій послідовності:

- увійти в головне меню ЕС, якщо в цьому є потреба;
- видалити з оперативної пам'яті ЕОМ попередню базу знань;
- вибрати і запустити режим "створення бази знань"; •
- перейти на російський алфавіт;
- набрати з клавіатури і ввести назву категорії, а саме: РГ-легень;
- набрати з клавіатури і ввести назву підкатегорії відповідно до продукційного правила 1, тобто гостра пневмонія;
- набрати з клавіатури і ввести умови згідно з продукційним правилом 1, тобто: органи середостіння не зміщені; тінь на знімку займає всі легені; структура тіні однорідна; зовнішні контури тіні нерізкі;
- перейти до наступної підкатегорії натисканням клавіші Enter чи Esc і знову ввести назви категорії, підкатегорії і відповідних умов згідно з продукційним правилом 2;
- ввести так само потрібну інформацію для всіх продукційних правил, які складають розроблену базу знань;
- після введення всіх умов останньої підкатегорії увійти в головне меню ЕС натисканням клавіші Esc;
- вибрати і запустити режим "запис бази на диск";
- перейти на латинський алфавіт;
- зберегти на дискові створену базу знань під іменем RENTGEN.GNI;
- запустити режим "вибір бази знань" і в переліку файлів, що з'явився на екрані, вибрати базу знань під іменем RENTGEN.GNI;
- переглянути створену базу знань у вигляді продукційних правил за допомогою режиму "перегляд бази знань".

2. При виявленні помилок чи неточностей у створеній базі знань слід усунути їх, використовуючи режим "редагування бази знань". Редагування виконується в присутності викладача за таким алгоритмом:

- увійти в головне меню;
- вибрати і запустити режим "редагування бази знань";
- у переліку файлів, що з'явився на екрані, вибрати створену базу знань під іменем RENTGEN.GNI. Після цього на екрані з'явиться програма, складена на основі введених продукційних правил, що являє собою послідовність рядків "rule" (правило) з назвами категорії, підкатегорії і рядків "cond" (умова) із зазначенням умов. Отже, виявлені помилки в продукційних правилах слід шукати у відповідних рядках. Переміщення по тексту програми здійснюється натисканням клавіш Page Down чи Page Up;
- для збереження відредагованого тексту натиснути функціональну клавішу F2;
- набрати з клавіатури і ввести ім'я файла RENTGEN.GNI;
- на питання, яке з'явилося, "Зберегти базу знань" дати позитивну відповідь за допомогою клавіші Y (Yes).

3. Закінчити роботу з програмою.

ЗАВДАННЯ № 5. Робота з експертною системою по електрокардіографії?

1. Запустити програму ekg.exe, що знаходиться у папці ekg.
2. Ознайомитись з загальним Інтерфейсом програми.
3. Вибрати режим "аналіз ритма роботи серця".
4. Вибрати режим "підтвердить", не заповнюючи картку пацієнта.

Провести у довільному режимі діалог з експертною системою отримати консультацію і продукційні правила, за допомогою яких отримана дана консультація.

6. Закінчити роботу з експертною системою.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1. Загальна структура експертних систем.**
- 2. Представлення знань у вигляді продукційних правил.**
- 3. Моделі продукційних систем.**
- 4. Суть механізму логічного виведення в експертних системах.**
- 5. Режими головного меню експертної системи і їхні можливості.**
- 6. Основні етапи створення експертних систем.**
- 7. Технологія роботи з експертними системами.**

ТЕХНОЛОГІЇ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В МЕДИЦИНІ

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

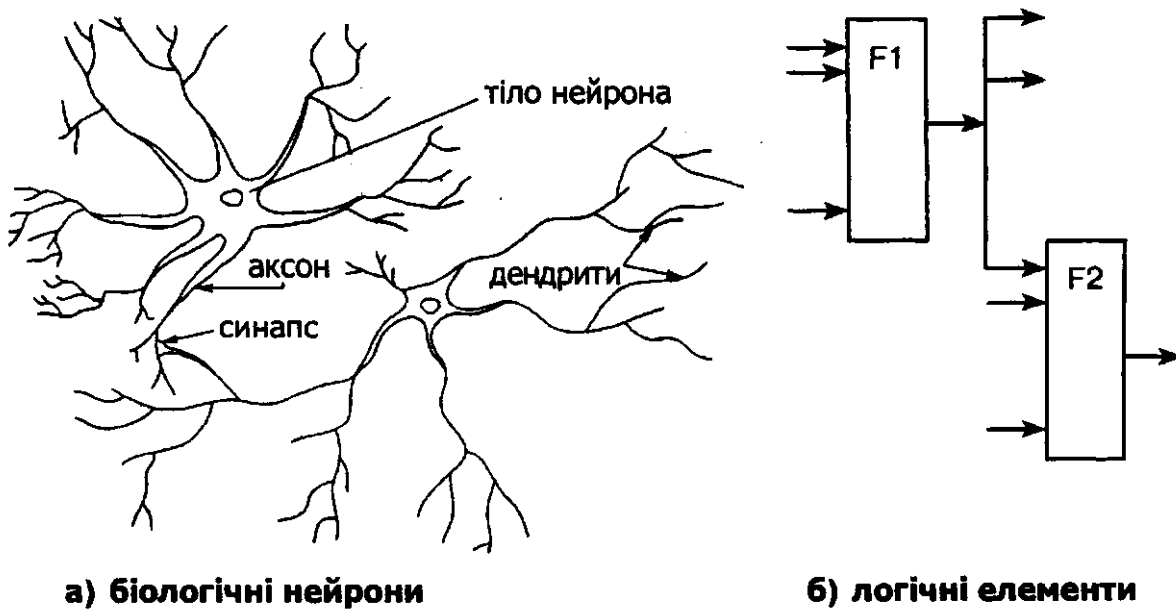
1.1. Нейронні мережі. Біологічні та технічні аналогії

Організація і еволюція інформаційних систем і технологій виявляють багато схожих рис з організацією і еволюцією біологічних систем, що виглядає природним, якщо прийняти до уваги універсальність і фундаментальність інформаційних процесів.

З цієї точки зору поява нейронних мереж виглядає цілком логічним етапом розвитку інформаційних технологій. Протягом усієї історії людства основним принципом створення технічних систем був принцип "Функція визначає структуру". Він чітко простежується в усіх технічних засобах від сокири та молотка до персонального комп'ютера. Технічні засоби звичайно є чітко функціонально орієнтованими, структурно вони складаються з послідовності спеціалізованих блоків, послідовна узгоджена робота яких реалізує виконання певної задачі; розширення їх функціональних можливостей та області призначення досягається за рахунок введення відповідних структурних змін та/або внесення деякого "зовнішнього інтелекту". Традиційний комп'ютер при усій універсальності застосувань (ігри, наукові розрахунки, бухгалтерський облік і т.д.) також відповідає цьому принципу: він являє собою тільки автомат, який виконує дії, призначені програмою, і, таким чином, може виконувати тільки алгоритмізовані і запрограмовані задачі. Універсальність його визначається множиною програмних засобів. В природі також є безліч прикладів більшою чи меншою мірою спеціалізованих рослин та тварин, причому найбільш вузько спеціалізованими є більш примітивні еволюційно старі організми. Більш високорозвинені організми, які з'явилися пізніше, характеризуються більш складною організацією і універсальністю відносно умов існування і множини, розв'язуваних проблем. Природа в

процесі еволюції прийшла до ідеї створення складно організованої системи, яка завдяки своїй структурній організації має можливість адаптуватись до умов середовища, самостійно визначати проблеми, виробляти способи їх розв'язання і активно взаємодіяти з середовищем - втіленням цієї ідеї є нервова система і мозок людини.

Природно, що основним джерелом натхнення при створенні нейронних мереж був біологічний прототип - мозок людини. Розглянемо у загальному вигляді структурні елементи біологічної нервової системи і традиційного комп'ютера та спрощену їх роботу.



Мал. 1.

На мал. 1а показана структура пари типових біологічних нейронів, а на мал. 1б - два логічних елементи, які є базовими структурно-функціональними елементами комп'ютера.

Біологічний нейрон має тіло, в якому відбуваються процеси, що обумовлюють перетворення інформації і генерацію сигналів (потенціалів збудження), один аксон (вихід), на якому з'являється вихідний сигнал, що передається на інші нейрони, дендрити (входи), які з'єднуються з аксонами інших нейронів. Дендрити йдуть від тіла нервової клітини до інших нейронів, де вони приймають сигнали в точках з'єднання, званих синапсами. Прийняті синапсом вхідні сигнали підводяться до тіла нейрона. Тут вони підсумовуються, причому одні входи прагнуть збудити нейрон (збуджувальні входи), інші - перешкодити його збудженню (гальмівні входи). Коли сумарне збудження

в тілі нейрона перевищує деякий поріг, нейрон збуджується, посиляючи по аксону сигнал іншим нейронам. Нейрон може перебувати в одному з станів - збуджений або загальмований.

Логічний елемент також має один вихід, ряд входів та "тіло" - електронну схему, яка реалізує деяку логічну функцію P , і може перебувати в одному з двох логічних станів. Стан виходу логічного елемента (вихідний сигнал) являє собою значення функції P при даній комбінації станів входів елемента. Входи кожного елемента з'єднуються з виходами інших елементів.

Очевидною є принципова аналогічність організації нервової системи і комп'ютера. Тим не менш є ряд принципових відмінностей. Мозок людини має приголомшуючу складність: він містить близько 10^{11} нейронів, які утворюють приблизно 10^{15} зв'язків, що мають довжину до 1 м і більше; нейрони можуть мати до 10000 входів; функції, які реалізуються нейронами складніші простих логічних функцій, сила зв'язків між нейронами може змінюватись. Основні функціональні елементи сучасного комп'ютера (процесор, пам'ять) містять тільки мільйони логічних елементів, число входів логічного елемента обмежується десятками; він реалізує тільки одну логічну функцію і не має ніяких властивостей адаптації.

Співставлення характеристик комп'ютера традиційної архітектури з біологічною нервовою системою наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Машина фон Неймана в порівнянні з біологічною нейронною системою.

	Машина фон Неймана	Біологічна нейронна система
Процесор	Складний	Простий
	Високошвидкісний	Низькошвидкісний
	Один або декілька	Велика кількість
Пам'ять	Відокремлена від процесора	Інтегрована в систему
	Локалізована	Розподілена
	Адресація не за вмістом	Адресація за вмістом

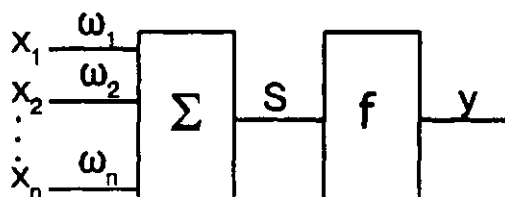
Обчислення (підрахунок)	Централізовані	Розподілені
	Послідовні	Паралельні
	Збережувані програми, введені іззовні	Самонавчання
Надійність	Висока уразливість	Висока живучість
Спеціалізація	Чисельні і символні операції	Проблеми сприйняття
Середовище (середина) функціонування	Строго визначене (детерміноване)	Погано визначене (недетерміноване)
	Строго обмежене	Без обмежень

1.2. Штучний нейрон і організація нейронних мереж

Основою штучної нейронної мережі є штучний нейрон, який моделює біологічний нейрон. Існує цілий ряд моделей нейронів, жодна з яких не є повністю адекватною біологічному прототипу. Нижче розглянуто організацію штучної нейронної мережі на основі найпростішої моделі нейрона, яка називається формальним нейроном..

Нейронна мережа являє собою масив однотипних елементів, пов'язаних між собою і з зовнішнім середовищем, кожен з яких містить суматор, який обчислює зважену суму станів входів нейрона (вхідних сигналів), і нелінійний елемент, який реалізує деяку порогову функцію Р (активаційна функція) над станом виходу суматора і таким чином формує вихідний сигнал нейрона. Схема такого нейрона показана на мал. 2.

На входи штучного нейрона (дендрити) надходять вхідні сигнали x_1, \dots, x_n (або вхідний вектор X), які є вихідними сигналами інших нейронів. Кожний вхідний сигнал множиться на відповідну вагу зв'язку $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ - аналог ефективності синапсу (сили синаптичного зв'язку). Вага зв'язку є скалярною величиною, позитивною для збуджувальних і негативною для гальмівних зв'язків. Зважені вагами зв'язків вхідні сигнали надходять на суматор (тіло клітини), де здійснюється їх алгебраїчне додавання і визначається рівень збудження нейрона елемента Б:



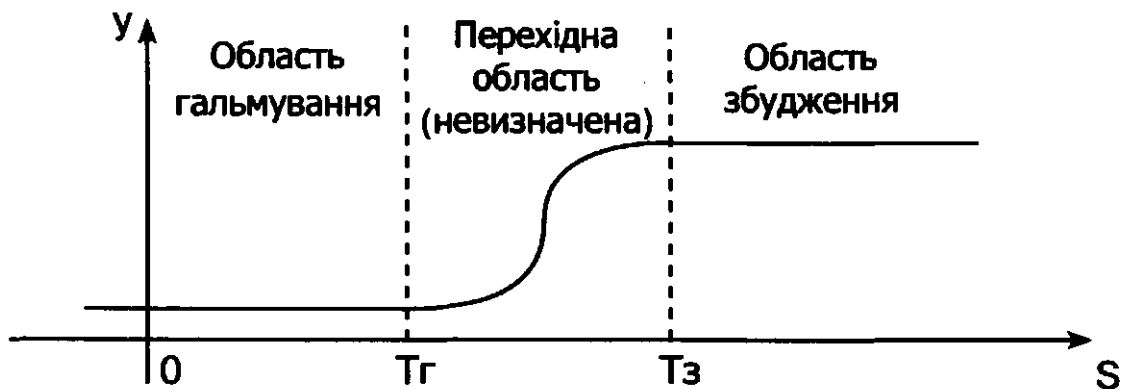
Мал. 2.

$$S = \sum_{i=1}^N w_i x_i$$

Вихідний сигнал нейрона y визначається шляхом пропускання рівня збудження S через нелінійну функцію f (функція активації нейрона):

$$y = f(S - \theta)$$

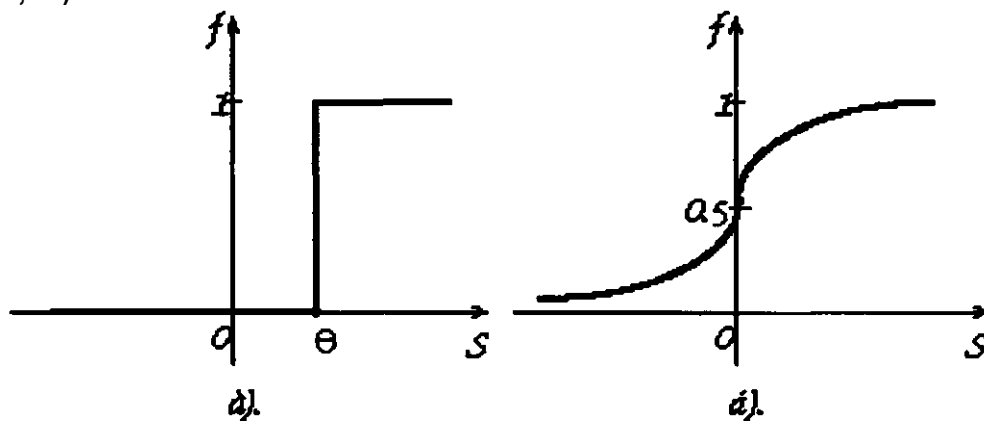
де θ - деяка константа зміщення (аналог порогу нейрона). Як правило, активаційна функція є S-функцією (має графік, схожий на літеру **S**). Типовий вигляд графіка активаційної S-функції показано на мал. 3.



Мал.3. Типова активаційна S-функція.

На графіку активаційної функції виділяються три характерні області: область гальмування, перехідна область, область збудження, розділені пороговими значеннями рівня збудження - гальмування T_g і збудження T_z .

Зазвичай використовуються прості нелінійні функції: бінарна (мал. 4, а)



Мал. 4.

або сигмоїдна (мал. 4 б)

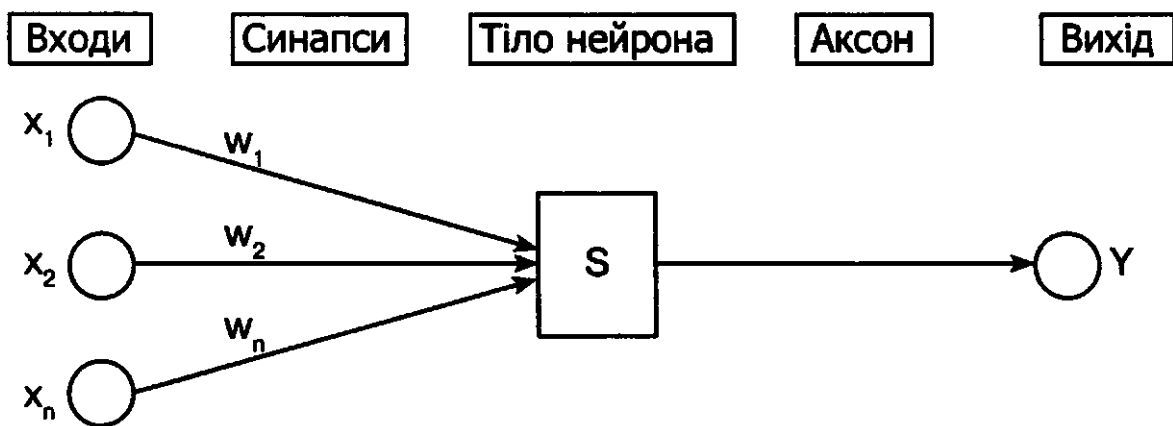
$$y = \begin{cases} 1 & \text{при } S > \theta \\ 0 & \text{при } S \leq \theta \end{cases}$$

$$y = f(S) = \frac{1}{\left(1 + e^{-k(S-q)}\right)}$$

а також функція гіперболічного тангенсу № (8), подібна до сигмоїда, але непарна, так що може приймати негативні значення.

Параметр k сигмоїдної функції визначає нахил кривої: при зменшенні k сигмоїд стає більш пологим, перетворюючись на пряму на рівні 0,5 при $k=0$, а при збільшенні k - наближається до одиничного стрибка (прямокутна сходінка висотою 1).

Зображуючи штучний нейрон, суматор 2 і функціональний елемент 1 заради спрощення об'єднують одним елементом (квадратом або колом), і зображення нейрона стає таким:



Мал.5. Спрощене зображення штучного нейрона.

У розглянутій моделі формального нейрона нехтують багатьма відомими характеристиками біологічного прототипу, які деякі дослідники вважають критичними. Наприклад, в ній не враховують не-лінійність просторово-часової сумації, різного роду часові затримки, ефекти синхронізації і частотної модуляції, рефрактерність нейрона і т.п. Не зважаючи на це нейроподібні мережі, побудовані на основі таких простих нейроподібних елементів, демонструють ряд властивостей, подібних до властивостей біологічних систем, і успішно застосовуються для розв'язання складних інформаційних задач.

ВЛАСТИВОСТІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ І ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

При створенні інтелекту (людського) природа відійшла від згаданого принципу "Функція визначає структуру" і прийшла до ідеї реалізації універсальної структури, яка мала б здатність автономно самостійно навчатися і виробляти здатність до формулювання і розв'язання різних задач, які відповідають потребам життєзабезпечення організму, групи організмів, виду. В результаті тривалої еволюції з'явився людський мозок, який має багато властивостей, які відсутні в сучасних комп'ютерах, як на основі традиційної архітектури фон Неймана, так і на основі інших архітектур (паралельні комп'ютери, трансп'ютери тощо). До таких властивостей належать зокрема такі:

- масовий паралелізм обробки інформації;
- розподілене подання інформації і розподілена її обробка;
- здатність до навчання і здатність до узагальнення;
- адаптивність;
- властивість контекстуальної обробки інформації;
- стійкість (толерантність) до помилок;
- низьке енергоспоживання.

На основі логічного припущення, що технічні пристрої, побудовані на тих самих принципах, що і біологічні нейрони і мозок, матимуть перераховані властивості, виникають нейронні мережі. Дійсно, штучні нейронні мережі виявляють цілий ряд властивостей дивно подібних до властивостей людського інтелекту.

Навчання. Штучні нейронні мережі можуть змінювати свою поведінку в залежності від зовнішнього середовища. Після подавання серії вхідних сигналів (можливо, разом з потрібними вихідними сигналами) вони самоналаштовуються таким чином, щоб забезпечити потрібну реакцію. Розроблено цілий ряд навчаючих алгоритмів, які характеризуються певними перевагами і недоліками. Властивість навчання є найбільш цікавою і цінною властивістю нейронних мереж.

Узагальнення. Відгук мережі після навчання може бути до певного ступеня нечутливим до невеликих змін вхідних сигналів. Ця внутрішньо притаманна властивість захищеності від шумів і спотворень дуже важлива для розпізнавання образів (в тому числі для медичної діагностики). Ця властивість звільняє від вимоги строгої

точності, характерної для традиційних комп'ютерів, і дозволяє працювати з нечіткими, неточними, неоднозначними даними. Узагальнення здійснюється нейронною мережею автоматично, завдяки її структурі, а не завдяки використанню деяких формальних правил, створених людиною.

Абстрагування. Деякі нейронні мережі демонструють здатність добувати сутність з множини вхідних сигналів. На основі послідовності реальних (випадкових, спотворених) образів об'єкта мережа здатна самостійно сформувати ідеальний образ об'єкта. Наприклад, на основі послідовності зображень спотвореної літери мережа може сформувати ідеальний образ цієї літери, який буде видаватись нею як вихід при пред'явленні наступних спотворених літер. Цей приклад ілюструє застосування нейронних мереж для розпізнавання рукописного тексту.

Паралелізм. Усі вхідні сигнали обробляються в нейронній мережі одночасно всіма її нейронами. Здійснюється єдиний інформаційний процес, в якому не можна виділити окремі етапи у часі або просторі.

Обмеження застосування. Нейронна мережа формує правило, за яким породжує вихідні сигнали (тобто розв'язання задачі) внутрішньо, неявно. Внутрішнє подання, яке утворюється в результаті навчання, як правило не піддається аналізу внаслідок надзвичайної складності, так що людина не може отримати пояснення розв'язання задачі і, відповідно проаналізувати і перевірити його, пересвідчитись у його правильності і надійності. Це залишає елемент непередбачуваності у поведінці мережі і породжує психологічні, юридичні та моральні фактори, які протидіють використанню нейронних мереж навіть для тих задач, де люди припускаються тих самих помилок з такою самою і навіть більшою ймовірністю.

Деякі проблеми, що вирішуються в контексті штучних нейронних мереж і становлять інтерес для науки і практики.

Класифікація образів. Задача полягає у визначенні приналежності вхідного образу (наприклад, мовного сигналу або рукописного символу, графічного або фото зображення, симптомокомплексу), представленого вектором ознак, одному або декільком заздалегідь відомим класам. До відомих застосувань відносяться розпізнавання літер, розпізнавання мови, класифікація сигналу електрокардіограми, класифікація клітин клітин крові.

Кластеризація/категоризація. При рішенні задачі кластеризації, яка відома також як класифікація образів "без вчителя", відсутня навчальна вибірка з мітками класів. Задача подібна до задачі класифікації, тільки класи наперед не задані, а визначаються системою в процесі навчання/роботи. Алгоритм кластеризації заснований на знаходженні подібності образів і розміщує близькі образи в один кластер. Відомі приклади застосування кластеризації для видобування знань, стиснення даних і дослідження властивостей даних.

Апроксимація функцій. Припустимо, що є навчальна вибірка $((x^1, y^1), (x^2, y^2), \dots, (x_n, y_n))$ (пари даних вхід-вихід), яка генерується невідомою функцією $t(x)$, спотвореною шумом. Задача апроксимації полягає в знаходженні оцінки невідомої функції $t(x)$. Апроксимація функцій необхідна при рішенні чисельних інженерних і наукових задач моделювання.

Передбачення/прогнозування. Нехай задані p дискретних відліків $\{y^1, y(t_2), \dots, y(t_n)\}$ в послідовні моменти часу $t_1, 1, \dots, t_n$. Задача полягає в знаходженні значення y^{t+1} в деякий майбутній момент часу t_{n+1} . Передбачення/прогноз мають значний вплив на прийняття рішень в бізнесі, медицині, науці і техніці. Прогноз цін на фондовій біржі і прогноз погоди є типовими застосуваннями техніки /прогнозування.

Оптимізація. Багаточисельні проблеми в математиці, статистиці, техніці, науці, медицині і економіці можуть розглядатися як проблеми оптимізації. Завданням алгоритму оптимізації є знаходження такого рішення, яке задовольняє системі обмежень і максимізує або мінімізує цільову функцію.

Пам'ять, що адресується за змістом. У моделі обчислень фон Неймана звернення до пам'яті можливе тільки за допомогою адреси, яка не залежить від вмісту пам'яті (тобто від даних). Якщо допущена помилка в обчисленні адреси, то може бути знайдена абсолютно інша інформація. Асоціативна пам'ять, або пам'ять, що адресується за змістом, доступна по вказівці заданого змісту. Вміст пам'яті може бути викликаний навіть по частковому входу або спотвореному змісту (зразку). Асоціативна пам'ять надзвичайно важлива, наприклад, при створенні мультимедійних та гіпермедійних інформаційних баз даних.

Управління. Розглянемо динамічну систему, задану сукупністю (ii(1), $y(t)$, де $u(t)$ є вхідною дією, що управляє, а $y(t)$ - виходом системи у момент часу t . У системах управління з еталонною моделлю метою управління є розрахунок такої вхідної дії $u^*(t)$, при якій система рухатиметься по бажаній траєкторії, диктованою еталонною моделлю. Прикладом є оптимальне управління двигуном.

1.4. Класифікація нейронних мереж.

Нейронні мережі класифікуються за багатьма ознаками: топологічною організацією, типом і способом навчання, за видом вхідної і внутрішньої інформації, за характером поширення інформації тощо.

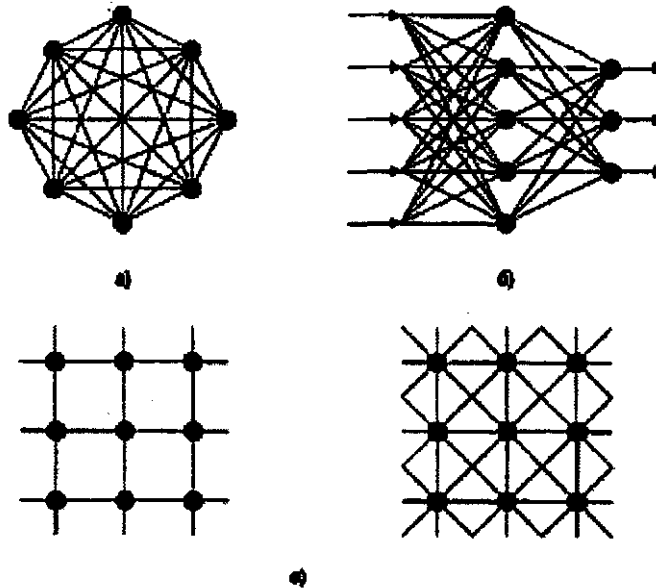
Залежно від функцій, що виконуються нейронами в мережі, можна виділити три їх типи:

- **вхідні нейрони**, на які подається вектор (набір сигналів x_1, \dots, x_n), що кодує вхідну інформацію; вони звичай не виконують обчислювальних процедур, а тільки виконують функцію розподілу інформації;
- **вихідні нейрони**, вихідні значення яких представляють виходи нейронної мережі;
- **проміжні нейрони**, які складають основу нейронної мережі, перетворення в них виконуються аналогічно вихідним.

У більшості нейронних моделей тип нейрона пов'язаний з його розташуванням в мережі. Якщо нейрон має тільки вихідні зв'язки, то це вхідний нейрон, якщо навпаки - вихідний нейрон. Проте можливо, що вихід топологічно внутрішнього нейрона розглядається як частина, на виходу мережі. В процесі функціонування мережі здійснюється перетворення вхідного вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ у вихідний $Y = (y_1, y_2, \dots, y_r)$. Конкретний вид виконуваного мережею перетворення даних зумовлюється не лише характеристиками нейроподібних елементів, але і особливостями її архітектури, а саме топологією міжнейронних зв'язків, вибором певних підмножин нейроподібних елементів для введення і виведення інформації, способами навчання мережі, наявністю або відсутністю конкуренції між нейронами, напрямом і способами управління і синхронізації передачі інформації між нейронами.

З погляду топології можна виділити три основні типи нейронних мереж:

- повнозв'язні (мал. 6, а);
- багат шарові або шаруваті (мал. 6, б);
- слабозв'язані (з локальними зв'язками) (мал. 6, в).



Мал. 6. Архітектура нейронних мереж:

а - повнозв'язна мережа, б - багат шарова мережа з послідовними зв'язками, в - слабозв'язані мережі.

У **повнозв'язних нейронних мережах** кожен нейрон передає свій вихідний сигнал решті нейронів, у тому числі і самому собі. Всі вхідні сигнали подаються всім нейронам. Вихідними сигналами мережі можуть бути всі або деякі вихідні сигнали нейронів після декількох тактів функціонування мережі.

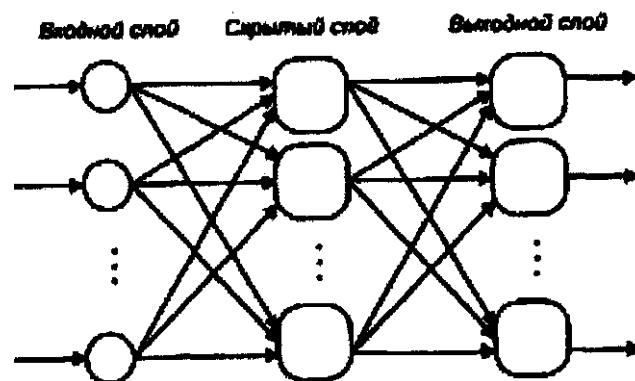
У **багат шарових нейронних мережах** нейрони об'єднуються в шари. Шар містить сукупність нейронів з єдиними вхідними сигналами. Число нейронів в шарі може бути будь-яким і не залежить від кількості нейронів в інших шарах. У загальному випадку мережа складається з O шарів, пронумерованих зліва направо. Зовнішні вхідні сигнали подаються на входи нейронів вхідного шару (його часто нумерують як нульовий), а виходами мережі є вихідні сигнали останнього шару. Окрім вхідного і вихідного шарів в багат шаровій нейронній мережі є один або декілька прихованих шарів. Зв'язки від виходів нейронів деякого шару d до входів нейронів наступного шару ($d+1$) називаються послідовними.

Серед багат шарових нейронних мереж виділяють такі типи.

1) Монотонні. Це окремий випадок шаруватих мереж з додатковими умовами на зв'язки і нейрони. Кожен шар крім останнього (вихідного) розбитий на два блоки: збуджувальний і гальмівний. Зв'язки між блоками також розділяються на гальмівні і збуджувальні. Якщо від нейронів блоку А до нейронів блоку В ведуть тільки збуджувальні зв'язки, то це означає, що будь-який вихідний сигнал блоку В є монотонною неспадною функцією будь-якого вихідного сигналу блоку А. Якщо ж ці зв'язки тільки гальмівні, то будь-який вихідний сигнал блоку В є незростаючою функцією будь-якого вихідного сигналу блоку А. Для нейронів монотонних мереж необхідна монотонна залежність вихідного сигналу нейрона від параметрів вхідних сигналів.

2) Мережі без зворотних зв'язків. У таких мережах нейрони вхідного шару отримують вхідні сигнали, перетворюють їх і передають нейронам першого прихованого шару, і так далі аж до вихідного, який видає сигнали для інтерпретатора і користувача. Якщо не обумовлене протилежне, то кожен вихідний сигнал q -го шару подається на вхід всіх нейронів $(q+1)$ -го шару; проте можливий варіант з'єднання q -го шару з довільним $(q+r)$ -м шаром.

Серед багат шарових мереж без зворотних зв'язків розрізняють повнозв'язані (вихід кожного нейрона q -го шару пов'язаний з входом кожного нейрона $(q+1)$ -го шару) і частково повнозв'язані. Класичним варіантом шаруватих мереж є повнозв'язані мережі прямого розповсюдження (мал. 7).



Мал. 7. Багат шарова (2-шарова) мережа прямого розповсюдження.

3) Мережі зі зворотними зв'язками. У мережах зворотними зв'язками інформація з наступних шарів передається на попередні. Серед них, у свою чергу, виділяють наступні:

- шарувато-циклічні - характеризуються тим, що шари замкнуті в кільце: останній шар передає свої вихідні сигнали першому; всі шари рівноправні і можуть як отримувати вхідні сигнали, так і виводити вихідні;
- шарувато-повнозв'язані - складаються з шарів, кожен з яких є повнозв'язною мережею, а сигнали передаються як від шару до шару, так і усередині шару; у кожному шарі цикл роботи розпадається на три частини: прийом сигналів з попереднього шару, обмін сигналами усередині шару, вироблення вихідного сигналу і передача до наступного шару;
- повнозв'язано-шаруваті, по своїй структурі аналогічні шарувато-повнозв'язаним, але функціонують по-іншому: у них не розділяються фази обміну усередині шару і передачі наступному, на кожному такті нейрони всіх шарів приймають сигнали від нейронів як свого шару, так і наступних.

У слабозв'язаних нейронних мережах нейрони розташовуються у вузлах прямокутної або гексагональної ґратки. Кожен нейрон пов'язаний з чотирма (околиця фон Неймана), шістьма (околиця Голлея) або вісьмома (околиця Мура) своїми найближчими сусідами.

Відомі нейронні мережі можна розділити за типами структур нейронів на гомогенні (однорідні) і гетерогенні. Гомогенні мережі складаються з нейронів одного типу з єдиною функцією активації, а в гетерогенна мережа містить нейрони з різними функціями активації.

Існують бінарні і аналогові мережі. Перші з них оперують тільки логічними (бінарними) сигналами, і вихід кожного нейрона може приймати значення або логічного нуля (загальмований стан) або логічної одиниці (збуджений стан).

Ще одна класифікація ділить нейронні мережі на синхронні і асинхронні. У першому випадку в кожен момент часу лише один нейрон змінює свій стан, в другому - стан міняється відразу у цілої групи нейронів, як правило, у всього шару. Алгоритмічно хід часу в нейронних мережах задається ітераційним виконанням однотипних

дій над нейронами. Синхронні мережі значно простіші асинхронних, саме вони добре реалізуються комп'ютерними моделями.

Мережі можна класифікувати також по числу шарів. Теоретично число шарів і число нейронів в кожному шарі може бути довільним, проте фактично воно обмежене ресурсами комп'ютера або спеціалізованих мікросхем, на яких зазвичай реалізується нейронна мережа. Чим складніше мережа, тим більше складні задачі вона може вирішувати.

1.5. Навчання нейронних мереж

Здатність до навчання є фундаментальною властивістю мозку. У контексті ШНМ процес навчання може розглядатися як налаштування архітектури мережі і ваг зв'язків для ефективного виконання конкретного завдання. Зазвичай нейронна мережа повинна налаштувати ваги зв'язків по наявній навчальній вибірці. Функціонування мережі поліпшується у міру ітеративного налаштування (тобто поступового наближення) вагових коефіцієнтів. Властивість мережі навчатися на прикладах робить їх привабливішими в порівнянні з системами, які слідують певній системі правил функціонування, сформульованій експертами.

Для конструювання процесу навчання, перш за все, необхідно мати модель зовнішнього середовища, в якому функціонує нейронна мережа, - знати доступну для мережі інформацію. Ця модель визначає парадигму навчання. По-друге, необхідно зрозуміти, як модифікувати вагові параметри мережі - які правила навчання керують процесом налаштування. Алгоритм навчання означає процедуру, в якій використовуються правила навчання для налаштування ваг. Існують три парадигми навчання: "з вчителем", "без вчителя" (самонавчання) і змішана. У першому випадку нейронна мережа має в своєму розпорядженні правильні відповіді (виходи мережі) на кожен вхідний приклад. Ваги налаштовуються так, щоб мережа давала відповіді якомога ближчі до відомих правильних відповідей. По-силеній варіант навчання з вчителем припускає, що відома тільки критична оцінка правильності виходу нейронної мережі, але не самі

правильні значення виходу. Навчання без вчителя не вимагає знання правильних відповідей на кожен приклад навчальної вибірки. В цьому випадку розкривається внутрішня структура даних або кореляції між зразками в системі даних, що дозволяє розподілити зразки по категоріях. При змішаному навчанні частина ваг визначається за допомогою навчання з вчителем, тоді як решта утворюється за допомогою самонавчання.

Теорія навчання розглядає три фундаментальні властивості, пов'язаних з навчанням по прикладах: ємність, складність зразків і обчислювальна складність. Під ємністю розуміють, скільки зразків може запам'ятати мережа, і які функції і межі прийняття рішень можуть бути на ній сформовані. Складність зразків визначає число навчальних прикладів, необхідних для досягнення здатності мережі до узагальнення. Дуже мале число прикладів при великому числі їх повторів може спричинити "перенавченість" мережі, коли вона добре функціонує на прикладах навчальної вибірки, але погано - на тестових прикладах (і, відповідно, на практичних задачах), які підпорядковуються тому ж статистичному розподілу. Суть ефекту перенавчання полягає у погіршенні здатності до узагальнення внаслідок занадто тривалого навчання (занадто великої навчальної вибірки). Для практики краще допустити невелике недовчання мережі, ніж її перенавчання.

Відомі чотири основних типу правил навчання: корекція по помилці, машина Больцмана, правило Хебба і навчання методом змагання.

Правило корекції за помилкою. При навчанні з вчителем для кожного вхідного прикладу заданий бажаний вихід s_i . Реальний вихід мережі u_i може не співпадати з бажаним. Принцип корекції по помилці при навчанні полягає у використанні сигналу $(s_i - u_i)$ для модифікації ваг, що забезпечує поступове зменшення помилки за рахунок оптимізації ваг зв'язків. Навчання має місце тільки у разі, коли мережа помиляється. Відомі різні модифікації цього принципу навчання. Навчання за помилкою є одним з найбільш ефективних принципів навчання мереж, воно лежить в основі роботи мереж зворотного розповсюдження, в яких має місце не тільки прямий потік інформації від входу до виходу (від даних до рішення), але і зворот-

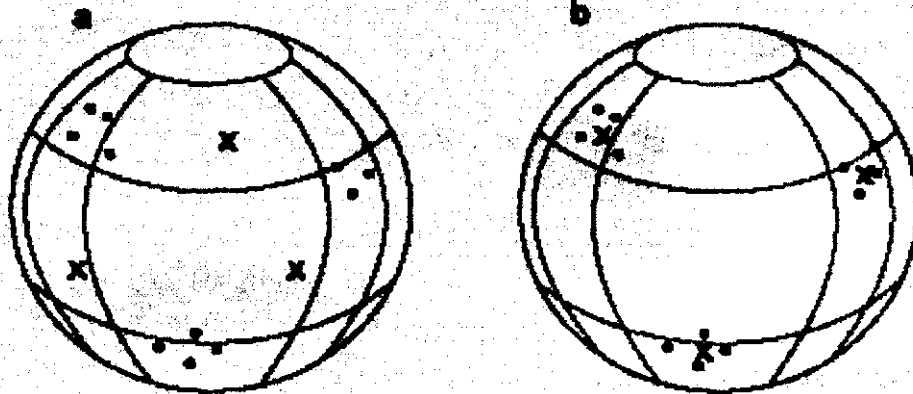
ній - від виходу до входу - потік інформації про поточну помилку, який обумовлює зміну вагових коефіцієнтів.

Навчання Больцмана. Є стохастичним правилом навчання, яке виходить з теоретико-інформаційних і термодинамічних принципів. Метою навчання Больцмана є таке налаштування вагових коефіцієнтів, при якому стани видимих нейронів задовольняють бажаному розподілу ймовірності. Навчання Больцмана може розглядатися як спеціальний випадок корекції по помилці, в якому під помилкою розуміється розбіжність кореляцій станів в двох режимах .

Правило Хебба. Найстарішим навчальним правилом є постулат навчання Хебба. Цей принцип базується на наступних нейрофізіологічних спостереженнях: якщо нейрони з обох боків синапсу активізуються одночасно і регулярно, то сила синаптичного зв'язку зростає. Важливою особливістю цього правила є те, що зміна синаптичної ваги залежить тільки від активності нейронів, які зв'язані даним синапсом. Це істотно спрощує ланцюги навчання в апаратурній реалізації на основі мікросхем надвисокого рівня інтеграції.

Навчання методом змагання. На відміну від навчання Хебба, в якому множина вихідних нейронів може збуджуватися одночасно, при навчанні методом змагання вихідні нейрони змагаються між собою за активізацію. Це явище відоме як правило "переможець бере все". Подібне навчання має місце в біологічних нейронних мережах. Навчання за допомогою змагання дозволяє кластеризувати вхідні дані: подібні (схожі) приклади групуються мережею відповідно до кореляцій і представляються одним елементом.

При навчанні модифікуються тільки ваги нейрона, що "перемиг". Ефект цього правила досягається за рахунок такої зміни збереженого в мережі зразка (вектора вагів зв'язків нейрона, що перемиг), при якому він стає трохи ближчим до вхідного прикладу. На мал. 8 дана геометрична ілюстрація навчання методом змагання. Вхідні вектори нормалізовані і представлені крапками на поверхні сфери. Вектори ваг для трьох нейронів ініціалізували випадковими значеннями. Їх початкові і кінцеві значення після навчання відмічені X на мал. 8a і 8б відповідно. Кожна з трьох груп прикладів виявлена одним з вихідних нейронів, чий ваговий вектор настроївся на центр тяжіння виявленої групи.



Малюнок 8.

Приклад навчання методом змагання: (а) перед навчанням; (б) після навчання.

Можна зазначити, що мережа ніколи не перестане навчатися якщо параметр швидкості навчання не рівний 0. Деякий вхідний зразок може активізувати інший вихідний нейрон на подальших ітераціях в процесі навчання. Це ставить питання про стійкість навчальної системи. Система вважається стійкою, якщо жоден з прикладів навчальної вибірки не змінює своєї приналежності до категорії після числа ітерацій навчального процесу. Один із способів досягнення стабільності полягає в поступовому зменшенні до 0 параметре швидкості навчання. Проте це штучне гальмування навчання інша проблема, звану пластичністю і пов'язану із здатністю до адаптації до нових даних. Ці особливості навчання методом змагання відомі під назвою дилеми стабільності-пластичності Гроссберга.

У таблиці 2 представлені деякі алгоритми навчання і пов'язані з ними архітектури мереж (список не є вичерпним), а також перераховані задачі, для яких може бути застосований кожен алгоритм. Кожен алгоритм навчання орієнтований на мережу певної архітектури і призначений для обмеженого класу.

Таблиця 2.

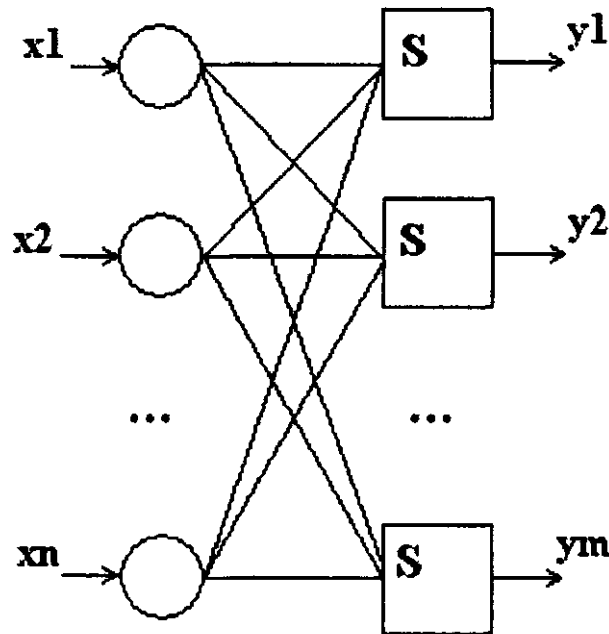
Деякі алгоритми навчання.

Парадигма	Навчальне правило	Архітектура	Алгоритм навчання	Задача
З вчителем	Корекція помилки	Одношаровий і багатошаровий перцептрон	Алгоритми навчання перцептрона Зворотне розповсюдження Adaline і Madaline	Класифікація образів Апроксимація функцій Передбачення, управління
	Больцман	Рекурентна	Алгоритм навчання Больцмана	Класифікація образів
	Хебб	Багатошарова прямого розповсюдження	Лінійний аналіз дискримінанта	Аналіз даних Класифікація образів
	Змагання	Змагання	Векторне квантування	Категоризація усередині класу Стиснення даних
		Мережа ART	ARTMap	Класифікація образів
Без вчителя	Корекція помилки	Багатошарова прямого розповсюдження	Проекція Саммона	Категоризація усередині класу Аналіз даних
	Хебб	Прямого розповсюдження або змагання	Аналіз головних компонентів	Аналіз даних Стиснення даних
		Мережа Хопфілда	Навчання асоціативної пам'яті	Асоціативна пам'ять
	Змагання	Змагання	Векторне квантування	Категоризація Стиснення даних
		SOM Кохонена	SOM Кохонена	Категоризація Аналіз даних
		Мережі ART	ART1, ART2	Категоризація
Змішана	Корекція помилки і змагання	Мережа RBF	Алгоритм навчання RBF	Класифікація образів Апроксимація функцій Передбачення, управління

1.6. Моделі нейронних мереж

1.6.1. Одношаровий перцептрон

Одношаровий перцептрон історично був першою практично реалізованою моделлю нейронної мережі. Він містить тільки один шар нейронів, кожний з яких пов'язаний з усіма рецептивними елементами (мал.9). Вихід перцептрона утворюється виходами усіх нейронів.



Мал.9. Одношаровий перцептрон.

На цій моделі були продемонстровані і досліджені деякі фундаментальні властивості нейронних мереж, такі як здатність до навчання та асоціативність. В результаті досліджень були виявлені принципові обмеження даної моделі, нездатність розв'язувати цілий ряд досить простих задач, через що увесь напрям нейромережових моделей зазнав серйозної критики і на деякий час (до 80-років ХХ ст.) був залишений.

1.6.2. Багатошарові мережі прямого розповсюдження

Стандартна L-шарова мережа прямого розповсюдження складається з шару вхідних рецептивних вузлів (він не включається в ме-

режу як самостійний шар), (L-1) прихованих шарів і вихідного шару, послідовно в прямому напрямі, які не містять зв'язків між елементами шару і зворотних зв'язків між шарами (відсутність цих зв'язків визначає однонаправлене розповсюдження інформації - від входу до виходу).

1.6.3. Багатошаровий перцептрон (MLP - multi-layer perceptron).

Найбільш популярний клас багатошарових мереж прямого розповсюдження утворюють багатошарові перцептрони, в яких кожен обчислювальний елемент використовує порогову або сигмоїдальну функцію активації.

В задачі класифікації виходи перцептрона реалізують дискримінантну функцію в багатовимірному просторі, яка розділяє простір на кілька областей, кожна з яких відповідає одному класу. Бінарна дискримінантна функція приймає значення 1 у тій області простору, до класу якої належить вхідний об'єкт, і значення 0 в інших областях. У багатошаровому перцептроні локальні функції відгуку комбінуються між собою шляхом утворення їх лінійних комбінацій і наступного застосування нелінійної активаційної функції. Доведено, що багатошаровий перцептрон може апроксимувати будь-яку багатовимірну функцію з якою завгодно точністю (теорема Колмогорова). Межам між областями відповідають перехідні ділянки нелінійної функції активації.

Перед початком навчання мережі вагам і порогам випадковим чином присвоюються невеликі початкові значення - в результаті початкові відгуки окремих елементів мають випадкову орієнтацію і малий нахил. В процесі навчання поверхні відгуку елементів набувають потрібних положення і орієнтації, а їх нахил збільшується. Для точок, розташованих на схилах дискримінантної функції завжди лишається невизначеність щодо приналежності їх до певного класу. Стандартний вихід полягає у тому, щоб для граничних значень встановити дві які вірогідні межі, що мають бути досягнуті, щоб вважати, що даний елемент прийняв рішення. Наприклад, якщо прийняти пороги прийняття/відкидання 0,95/0,05, то при рівні вихідного сигналу більше 0,95 елемент вважається активним, при рівні нижче 0,05 - неактивним, а в проміжку - невизначеним. Інший підхід полягає в тому, щоб інтерпретувати рівні вихідного сигналу як оцінки ймовірності.

1.6.4. Ймовірнісна нейронна мережа в задачах класифікації.

Виходи мережі можна інтерпретувати, як оцінки імовірності приналежності елемента до певного класу. Ймовірнісна мережа (Probabilistic Neural Network - PNN) вчиться оцінювати функцію густини розподілу імовірності, її вихідний сигнал розглядається як очікуване значення характеристики моделі у даній точці простору входів. Це значення пов'язано із густиною розподілу імовірності спільного розподілу вхідних і вихідних даних.

Задача оцінки густини імовірності відноситься до області байєсовської статистики. Звичайна статистика по заданій моделі показує, яка імовірність того або іншого виходу. Байєсівська статистика інтерпретує по-іншому: правильність моделі оцінюється по наявним достовірним даним, тобто дає можливість оцінювати густину імовірності розподілу параметрів моделі по наявним даним. При вирішенні задачі класифікації можна оцінити густину імовірності для кожного класу, порівняти між собою імовірності приналежності до різних класів і вибрати найбільш ймовірний. Традиційний підхід до задачі полягає в тому, щоб побудувати оцінку для густини імовірності за наявними даними. Звичайно при цьому передбачається, що щільність має деякий відомий розподіл (найчастіше - нормальний розподіл). Після цього оцінюються параметри моделі.

Інший підхід до оцінки густини імовірності оснований на ядерних оцінках. Можна міркувати так: той факт, що результат спостереження розташований в даній точці простору, свідчить про те, що в цій точці є деяка густина імовірності. Кластери з близько лежачих точок вказують на те, що у цьому місці густина імовірності велика. Поблизу спостереження є більша довіра до рівня густини, а по мірі віддалення від нього довіра зменшується і прямує до нуля. У методі «ядерних оцінок» у точці, що відповідає кожному спостереженню, розміщується деяка проста функція, потім усі вони додаються й в результаті отримується оцінка для загальної густини імовірності. Найчастіше у якості «ядерних функцій» беруться гаусові функції (дзвоноподібної форми). Якщо навчальних прикладів достатня кількість, то такий метод дає досить гарне наближення до істинної густини імовірності.

Ця мережа має вхідний, радіальний (схований) і вихідний шари. Радіальні елементи прихованого шару беруться по одному на кожне

навчальне спостереження. Кожен з них представляє гаусову функцію з центром у цьому спостереженні. Кожному класу відповідає один вихідний елемент. Кожен такий елемент з'єднаний із усіма радіальними елементами, що належать до його класу, а із усіма іншими радіальними елементами він має нульове з'єднання. Таким чином, вихідний елемент просто додає відгуки всіх елементів, що належать до його класу. Значення вихідних сигналів виявляються пропорційними «ядерним оцінкам» імовірності (належності до відповідних класів) і, пронормувавши їх на одиницю, ми дістаємо остаточні оцінки імовірності приналежності класам.

Базова модель мережі може мати дві модифікації. У першому випадку припускається, що пропорції класів у навчальній множині відповідають їх пропорціям у всій досліджуваній популяції (або так званим апіорним імовірностям). Наприклад, якщо серед усіх людей хворими є 2%, то в навчальній множині для мережі, що діагностує захворювання, хворих повинно бути 2%. Якщо ж апіорні імовірності будуть відрізнятися від пропорцій у навчальній вибірці, то мережа буде видавати неправильний результат. Це можна згодом врахувати (якщо стали відомими апіорні імовірності), вводячи поправочні коефіцієнти для різних класів.

Другий варіант модифікації заснований на наступній ідеї. Будь-яка оцінка, що видається мережею, ґрунтується на зашумлених даних і неминуче буде приводити до окремих помилок у класифікації (наприклад, у деяких хворих результати аналізів можуть бути цілком нормальними). Різні помилки призводять до різних за значущістю наслідків, тому їм приписують чисельну оцінку-"ціну" (наприклад, якщо здорова людина буде діагностована як хвора, то це викличе зайві витрати на його обстеження, але не створить загрози для життя; якщо ж не буде виявлений дійсно хворий, то це може привести до емертального результату). Такі "ціни" виступають як вагові коефіцієнти виходів мережі: ті імовірності, що видає мережа, множаться на вагові коефіцієнти, які відбивають відносну ціну помилок класифікації.

Найбільш важливі переваги розглянутих мереж полягають у тому, що вихідне значення має ймовірнісний зміст і тому його легше інтерпретувати, і у тім, що мережа швидко навчається, і навчання такої мережі час витрачається практично тільки на те, щоб подава-

ти їй на вхід навчальні спостереження, і мережа працює настільки швидко, наскільки це взагалі можливо.

Істотним недоліком таких мереж є їхній обсяг у порівнянні з MLP моделями, що вирішують аналогічні задачі. Нейронна мережа фактично вміщує в себе всі навчальні дані, тому а вимагає багато пам'яті і може повільно працювати.

RBF-мережі. Мережі, що використовують радіальні базисні функції (RBF-мережі), є окремим випадком двошарової мережі прямого розповсюдження. Кожен елемент прихованого шару використовує як активаційну функцію радіальну базисну функцію типу гауссової. Радіальна базисна функція (функція ядра) центрується в точці, яка визначається ваговим вектором, пов'язаним з нейроном. Як позиція, так і ширина функції ядра повинні бути навчені по вибіркових зразках. Зазвичай ядер значно менше, чим навчальних прикладів. Кожен вихідний елемент обчислює лінійну комбінацію цих радіальних базисних функцій. З погляду апроксимації приховані елементи формують сукупність функцій, які утворюють базисну систему для представлення вхідних прикладів в побудованому на ній просторі.

Існують різні алгоритми навчання RBF-мереж. Основний алгоритм використовує двокрокову стратегію навчання, або змішане навчання. Він оцінює позицію і ширину ядра з використанням алгоритму кластеризації "без вчителя", а потім алгоритм мінімізації середньоквадратичної помилки "з вчителем" для визначення ваг зв'язків між прихованим і вихідним шарами. Оскільки вихідні елементи лінійні, застосовується неітераційний алгоритм. Після отримання цього початкового наближення використовується градієнтний спуск для уточнення параметрів мережі.

Цей змішаний алгоритм навчання RBF-мережі сходиться набагато швидше, ніж алгоритм зворотного розповсюдження для навчання багатошарових перцептронів. Проте RBF-мережа часто містить велике число прихованих елементів. Це повільніше функціонування RBF-мережі, ніж багатошарового перцептрона.

Карти Кохонена, що самоорганізуються. Карти Кохонена (SOM - self-organizing map), що самоорганізуються, характеризуються специфічною корисною властивістю збереження топології, яка відтворює важливий аспект карт ознак в корі головного мозку високоорганізованих тварин.

Карта Кохонена являє собою двошарову структуру, в якій вихідний шар є двовимірним масивом радіальних елементів (матрицею нейронів), в якому кожен вхідний елемент пов'язаний зі всіма п вхідними вузлами і з сусідніми вихідними елементами. Вихідний шар називають шаром топологічної карти, його елементи розміщуються у деякому просторі, зазвичай 2-вимірному.

На відміну від інших НМ, орієнтованих на кероване навчання, в мережі Кохонена має місце некероване навчання. Навчальні дані містять тільки значення вхідних змінних, а мережа в процесі навчання сама виконує кластеризацію даних. Така мережа є спеціальним випадком мережі, що навчається методом змагання, в якій визначається просторова околиця для кожного вихідного елементу. Локальна околиця може бути квадратом, прямокутником або колом. Початковий розмір околиці часто встановлюється в межах від $1/2$ до $2/3$ розміру мережі і скорочується згідно певному закону (наприклад, по експоненціально спадаючій залежності). Під час навчання модифікуються всі ваги, пов'язані з переможцем і його сусідніми елементами.

Карти Кохонена, що самоорганізуються, можуть бути використані для проектування багатовимірних даних, апроксимації густини і кластеризації, дослідницького аналізу даних. Ця мережа успішно застосовувалася для розпізнавання мови, обробки зображень, в робототехніці і в задачах управління. Параметри мережі включають розмірність масиву нейронів, число нейронів в кожному, форму околиці, закон стиснення околиці і швидкість навчання.

1.6.5. Моделі теорії адаптивного резонансу.

Моделі нейронних мереж на основі теорії адаптивного резонансу (ART1, ART2 і ARTMAP) мають на меті розв'язання дилеми стабільності-пластичності, яка є важливою особливістю навчання методом змагання. Як навчати новим явищам (пластичність) і в той же час зберегти стабільність, щоб існуючі знання не були стерті або зруйновані?

Мережа має достатнє число вихідних елементів, але вони не використовуються до тих пір, поки не виникне в цьому необхідність. Елемент називається розподіленим (нерозподіленим), якщо він вико-

ристовується (не використовується). Навчальний алгоритм коректує наявний прототип категорії, тільки якщо вхідний вектор достатньою мірою до нього подібний. В цьому випадку вони резонують. Ступінь подібності контролюється параметром схожості k , $0 < k < 1$, який пов'язаний також з числом категорій. Коли вхідний вектор є недостатньо подібним до кожного існуючого прототипу мережі, щоб бути ототожненим з ним, створюється нова категорія, і з нею зв'язується нерозподілений елемент з вхідним вектором як початкове значення прототипу. Якщо не знаходиться нерозподіленого елемента, то новий вектор не викликає реакції мережі.

Мережа Хопфілда. Хопфілд використовував функцію енергії як інструмент для побудови рекурентних мереж для розуміння **їх динаміки**. Формалізація Хопфілда зробила ясным принцип зберігання інформації як динамічно стійких аттракторів і популяризувала використання рекурентних мереж для асоціативної пам'яті і для вирішення комбінаторних задач оптимізації.

Динамічна зміна станів мережі може бути виконана принаймні двома способами: синхронно і асинхронно. У першому випадку всі елементи модифікуються одночасно на кожному часовому кроці, в другому - в кожен момент часу вибирається і піддається обробці один елемент. Цей елемент може вибиратися випадково. Головна властивість енергетичної функції полягає в тому, що в процесі еволюції станів мережі згідно рівнянню вона зменшується і досягає локального мінімуму (аттрактора), в якому вона зберігає постійну енергію. Мережа Хопфілда еволюціонує у напрямі зменшення своєї енергії. Це дозволяє вирішувати комбінаторні задачі оптимізації, якщо вони можуть бути сформульовані як мінімізації енергії.

Асоціативна пам'ять. Якщо зразки, що зберігаються в мережі, є аттракторами, вона може використовуватися як асоціативна пам'ять. Будь-який приклад, що знаходиться в області тяжіння зразка, що зберігається в мережі, може бути використаний як показчик для його відновлення.

Асоціативна пам'ять зазвичай працює в двох режимах: зберігання і відновлення. У режимі зберігання ваги зв'язків в мережі визначаються так, щоб аттрактори запам'ятали набір з p -вимірних зразків $\{x_1, x_2, \dots, x_p\}$, які повинні бути збережені. У другому режимі вхідний

зразок використовується як початковий стан мережі, і далі мережа еволюціонує згідно своїй динаміці. Вихідний зразок встановлюється, коли мережа досягає рівноваги.

Скільки прикладів можуть бути збережені в мережі з p бінарними елементами? Іншими словами, яка ємкість пам'яті мережі? Асоціативна пам'ять з p бінарними елементами має максимально $2p$ різних станів, і не всі з них є аттракторами. Більш того, не всі аттрактори можуть зберігати корисні зразки. Помилкові аттрактори можуть також зберігати зразки, але вони відрізняються від прикладів повчальної вибірки. Показано, що максимальне число випадкових зразків, які може зберігати мережа Хопфілда, складає $R_{\text{max}} < 0,15 p$. Коли число зразків p , що зберігаються $< 0,15 p$, досягається найбільш успішний виклик даних з пам'яті. Якщо зразки, що запам'ятовуються, представлені ортогональними векторами (на відміну від випадкових), то кількість збережених в пам'яті зразків збільшуватиметься. Число помилкових аттракторів зростає, коли p досягає ємності мережі. Декілька правил навчання запропоновано для збільшення ємності пам'яті мережі Хопфілда.

1.7. Вибір нейронної мережі

Взагалі кажучи, нейронна мережа являє собою універсальну структуру, яка за умови достатньої розвиненості (достатньо великого числа нейронів і складної системи зв'язків) може бути налаштована шляхом відповідного навчання для розв'язання будь-якої задачі. Практична реалізація таких мереж, як апаратна, так і програмна, виявляється надто складною або ж і неможливою. Тому для кожної конкретної задачі доводиться вибирати модель нейронної мережі, яка найкраще відповідає цій задачі, а при відсутності такої моделі - розробляти її. Вибір структури нейронної мережі здійснюється відповідно до особливостей і складності задачі. Для вирішення окремих типів завдань вже існують оптимальні конфігурації нейронних мереж і алгоритми їх адаптації та навчання. Якщо ж завдання не може бути зведене ні до одного з відомих типів, доводиться вирішувати складну проблему синтезу нової конфігурації. При цьому необхідно керуватися наступними основними загальними правилами:

- можливості мережі зростають із збільшенням числа нейронів мережі, густини зв'язків між ними і числа шарів;
- введення зворотних зв'язків значно підвищує можливості мережі;
- введення зворотних зв'язків разом із збільшенням можливостей мережі піднімає питання про динамічну стійкість мережі;
- складність алгоритмів функціонування мережі, введення декількох типів синапсів сприяє посиленню потужності нейронної мережі.

Питання про необхідні і достатні властивості мережі для вирішення завдань того або іншого роду є цілим напрямом нейрокомп'ютерної науки. Оскільки проблема синтезу нейронної мережі сильно залежить від вирішуваної задачі, дати загальні докладні рекомендації складно. В більшості випадків оптимальний варіант виходить на основі інтуїтивного підбору, хоча існує чимало моделей і прикладів практичного застосування нейронних мереж, і в літературі приведені докази того, що для будь-якого алгоритму існує нейронна мережа, яка може його реалізувати.

1.8. Алгоритм побудови нейронних мереж

При побудові нейромережових моделей дуже важливим є питання оцінки їхньої якості. Для якісної моделі потрібне мінімальне значення помилки моделі.

Як міра помилки в моделях регресії може розглядатися стандартна середньоквадратична помилка, коефіцієнт множинної кореляції, доля природної дисперсії прогнозованої ознаки, що не дістала пояснення в рамках моделі.

У моделях класифікації, асоціативної пам'яті як міра помилки може бути обрана доля випадків, неправильно класифікованих моделлю.

У зв'язку з високими потенційними можливостями навчання нейромережових моделей важливу роль при оцінці адекватності моделі грають питання «перенавчання» моделі. У зв'язку з цим розглянемо процес побудови моделі докладніше.

Отже, потрібно, щоб на підставі кінцевого набору параметрів X , названих навчальною множиною, була побудована модель Mod деякого об'єкта O_i . Процес одержання Mod з наявних уривчастих експериментальних відомостей про систему O_i може розглядатися,

як навчання моделі поведінці O_i відповідно до заданого критерію, настільки близько, наскільки це можливо. Алгоритмічно, навчання означає підстроювання внутрішніх параметрів моделі (ваг синаптичних зв'язків у випадку нейронної мережі) з метою мінімізації помилки моделі, що описує деяким чином відхилення поведінки моделі від системи: $E = |O_i - M_{oc} I|$

Прямий вимір зазначеної помилки моделі на практиці не можливий, оскільки функція $O_i = P^i$ довільних значеннях аргументу невідома. Однак можливе одержання її оцінки. При використанні бази даних спостережень за системою, для навчання може приділятися деяка її частина, названа в цьому випадку навчальною вибіркою. Для навчальних прикладів X відгуки системи O_i відомі.

У додатках користувача звичайно цікавлять передбачувальні властивості моделі. При цьому головним є питання, яким буде відгук системи на новий вплив, приклад якого відсутній у базі даних спостережень. Невідома помилка, що допускається моделлю M_{oc} на даних, що не використовувалися при навчанні, називається помилкою узагальнення моделі EM .

Основною метою при побудові інформаційної моделі є зменшення саме помилки узагальнення, оскільки мала помилка навчання гарантує адекватність моделі лише в заздалегідь обраних точках (а в них значення відгуку системи відомі і без усякої моделі). Проводячи аналогії з навчанням у біології, можна сказати, що мала помилка навчання відповідає прямому запам'ятовуванню навчальної інформації, а мала помилка узагальнення - формуванню понять і навичок, що дозволяють поширити отриманий з навчання досвід на нові умови. Останнє значно більш цінне при проектуванні нейромережових систем, тому що для безпосереднього запам'ятовування інформації краще пристосовані інші, ненеуронні пристрої комп'ютерної пам'яті.

Важливо відзначити, що мала помилка навчання не гарантує малу помилку узагальнення. Класичним прикладом є побудова моделі функції (апроксимація функції) по декількох заданих точках поліномом високого порядку. Значення полінома (моделі) при досить високому його ступені є точними у навчальних точках, тобто помилка навчання дорівнює нулеві. Однак значення в проміжних точках можуть значно відрізнятись від апроксимуючої функції, отже помилка узагальнення такої моделі може бути неприйнятно великою.

Оскільки істинне значення помилки узагальнення недоступно, на практиці використовується її оцінка. Для її одержання аналізується частина прикладів з наявної бази даних, для яких відомі відгуки системи, але які не використовувалися при навчанні. Ця вибірка прикладів називається тестовою вибіркою. Помилка узагальнення оцінюється, як відхилення моделі на множині прикладів з тестової вибірки.

Оцінка помилки узагальнення є принциповим моментом при побудові моделі. На перший погляд може здатися, що свідоме невикористання частини прикладів при навчанні може тільки погіршити підсумкову модель. Однак без етапу тестування єдиною оцінкою якості моделі буде лише помилка навчання, що, як уже відзначалося, мало пов'язано з передбачуваними здатностями моделі. У професійних дослідженнях можуть використовуватися кілька незалежних тестових вибірок, етапи навчання і тестування повторюються багаторазово з варіацією початкового розподілу ваг нейромережі, її топології і параметрів навчання. Остаточний вибір "найкращої" нейромережі робиться з урахуванням наявного обсягу і якості даних, специфіки задачі, з метою мінімізації ризику великої помилки узагальнення при експлуатації моделі.

Побудова нейронної мережі (після вибору вхідних змінних) складається з наступних кроків:

1. Вибір початкової конфігурації мережі.

Проведення експериментів із різними конфігураціями мереж. Для кожної конфігурації проводиться кілька експериментів, щоб не одержати помилковий результат через те, що процес навчання потрапив у локальний мінімум. Якщо в черговому експерименті спостерігається недонавчання (мережа не видає результат прийнятної якості), необхідно додати додаткові нейрони в проміжний шар. Якщо це не допомагає, спробувати додати новий проміжний шар. Якщо має місце перенавчання (контрольна помилка стала зростати), необхідно видалити кілька прихованих елементів.

2. Добір даних.

Для одержання якісних результатів навчальна, контрольна і тестова множини повинні бути репрезентативними (представницькими) з погляду суті задачі (більш того, ці множини повинні бути репрезентативними кожна окремо). Якщо навчальні дані не репре-

зентативні, то модель, як мінімум, буде не дуже гарною, а в гіршому випадку - непридатною.

3. Навчання мережі.

Навчання мережі краще розглянути на прикладі багатошарового персептрона. Рівнем активації елемента називається зважена сума його входів із доданим до неї граничним значенням. Таким чином, рівень активації являє собою просту лінійну функцію входів. Ця активація потім перетвориться на вихідний сигнал нейрона функцією активації.

Комбінація лінійної функції декількох змінних і скалярної сигма-видної функції приводить до характерного профілю "сигмавидного схилу", що видає елемент першого проміжного шару мережі. При зміні ваг і порогів змінюється і поверхня відгуку. При цьому може змінюватися як орієнтація всієї поверхні, так і крутість схилу. Більшим значенням ваг відповідає більш крупні схил. Якщо збільшити усі ваги в два рази, то орієнтація не зміниться, а нахил буде більш крутим.

У багатошаровій мережі подібні функції відгуку комбінуються одна з одною за допомогою побудови їхніх лінійних комбінацій і застосування нелінійних функцій активації. Перед початком навчання мережі вагам і порогам випадковим образом присвоюються невеликі по величині початкові значення. Тим самим відгуки окремих елементів мережі мають малий нахил і орієнтовані хаотично - фактично вони не зв'язані один з одним. У міру того, як відбувається навчання, поверхні відгуку елементів мережі повертаються і зміщуються у потрібне положення, а значення ваг збільшуються, оскільки вони повинні моделювати окремі ділянки цільової поверхні відгуку.

У задачах класифікації вихідний елемент повинен видавати сильний сигнал у випадку, якщо дане спостереження належить до класу, що нас цікавить, і слабкий - у протилежному випадку. Інакше кажучи, цей елемент повинен прагнути змоделювати функцію, рівну одиниці в тій області простору об'єктів, де розташовуються об'єкти з потрібного класу, і рівну нулеві поза цією областю. Така конструкція відома як дискримінанта функція в задачах розпізнавання. "Ідеальна" дискримінанта функція повинна мати плоску структуру, так щоб точки відповідної поверхні розташовувалися або на високому, або на нульовому рівні.

Якщо мережа не містить прихованих елементів, то на виході вона може моделювати тільки один Б-схил: точки по один бік його розташовуються низько, по інший - високо. При цьому завжди існує

перехідна область, де висота приймає проміжні значення, причому в процесі збільшення ваги внаслідок навчання ця область звужується.

Теоретично, для моделювання будь-якої задачі достатньо багато-, шарового персептрона з двома проміжними шарами (теорема Колмогорова). Може виявитись, що для деякої конкретної задачі більш зручною і ефективною буде мережа з більшим числом шарів, хоча практично в більшості випадків достатньо всього одного проміжного шару.

Загальну схему навчання нейромережі можна подати наступною послідовністю кроків.

1. З навчальної вибірки береться поточний приклад (спочатку - перший) і його вхідні параметри (що представляють в сукупності вектор вхідних сигналів) подаються на вхідні синапси нейромережі, що навчається. Зазвичай кожен вхідний параметр прикладу подається на один відповідний вхідний синапс.
2. Нейромережа виконує задану кількість тактів функціонування, при цьому вектор вхідних сигналів розповсюджується по зв'язках між нейронами (пряме функціонування).
3. Вимірюються сигнали, видані тими нейронами, які вважаються вихідними.
4. Проводиться інтерпретація виданих сигналів, і обчислюється оцінка, що характеризує відмінність між виданою мережею відповіддю і необхідною відповіддю, наявною в прикладі. Оцінка обчислюється за допомогою відповідної функції оцінки. Чим менше оцінка, тим краще розпізнаний приклад, тим ближче видана мережею відповідь до потрібної. Оцінка, рівна нулю, означає що необхідна відповідність обчисленої і відомої відповідей досягнута. Відмітимо, що тільки що ініціалізована нейромережа (ненавчена), може видати правильну відповідь тільки абсолютно випадково.
5. Якщо оцінка прикладу рівна нулю, нічого не робиться. Інакше на підставі оцінки обчислюються поправочні коефіцієнти для кожної синаптичної ваги матриці зв'язків, після чого проводиться підстроювання синаптичних ваг (зворотне функціонування). У корекції ваг синапсів і полягає навчання.
6. Здійснюється перехід до наступного прикладу задачника і перелічені вище операції повторюються. Прохід по всіх прикладах навчальної вибірки з першого по останній вважається одним циклом навчання.

При проходженні циклу кожен приклад має свою оцінку. Обчислюється, крім того, сумарна оцінка множини всіх прикладів навчальної вибірки. Якщо після проходження декількох циклів вона рівна нулю, навчання вважається закінченим, інакше цикли повторюються. Кількість циклів навчання, як і час, потрібний для повного навчання, залежать від багатьох чинників - величини навчальної вибірки, кількості вхідних параметрів, виду завдання, типу і параметрів нейромережі і навіть від випадкового розкладу вагів синапсів при ініціалізації мережі.

1.9. Представлення вхідних даних

Основна відмінність нейронних мереж полягає в тому, що в них всі вхідні і вихідні параметри представлені у вигляді чисел з плаваючою крапкою зазвичай в діапазоні [0..1]. В той же час дані проблемної області часто мають інше кодування. Так, це можуть бути числа в довільному діапазоні, дати, символічні рядки. Таким чином дані про проблему можуть бути як кількісними, так і якісними. Розглянемо спочатку перетворення якісних даних в числові, а потім розглянемо спосіб перетворення вхідних даних в необхідний діапазон.

Якісні дані ми можемо розділити на дві групи: впорядковані (ординальні) і неупорядковані. Для розгляду способів кодування цих даних ми розглянемо завдання по прогнозуванню успішності лікування якого-небудь захворювання. Прикладом впорядкованих даних можуть бути дані про додаткові чинники ризику при даному захворюванні:

немає	ожиріння	алкоголь	Паління	гіпертонія
А також можливим прикладом може бути вік хворого:				
до 25 років	25-39 років	40-49 років	50-59 років	60 і більше

Небезпека (вагомість для прогнозу) кожного чинника зростає в таблицях при русі зліва направо.

У першому випадку ми бачимо, що у хворого може бути декілька чинників ризику одночасно. У такому разі нам необхідно використовувати таке кодування, при якому відсутня ситуація, коли різним комбінаціям чинників відповідає одне і те ж значення. Найбільш

поширений спосіб кодування, коли кожному чиннику ставиться у відповідність розряд двійкового числа: 1 в цьому розряді говорить про наявність чинника, а 0 про його відсутність. Значенню фактору "немає" можна поставити у відповідності число 0. Таким чином для представлення всіх чинників досить 4-розрядного двійкового числа. Таким чином, двійкове число $10102 = 1010$ означає наявність у хворого гіпертонії і вживання алкоголю, а числу 00002 відповідає відсутність у хворого чинників ризику. В такий спосіб усі фактори ризику будуть разом представлені цілими числами в діапазоні $[0..15]$.

У другому випадку також можна кодувати всі значення двійковими вагами, але це буде недоцільно, оскільки набір можливих значень буде дуже нерівномірним. В цьому випадку правильніше буде поставити у відповідність кожному значенню своєї ваги, що відрізняється на 1 від ваги сусіднього значення. Так, число 3 відповідатиме віку 50 - 59 років. Таким чином вік буде закодований числами в діапазоні $[0..4]$.

Для більшої деталізації картини у кожному конкретному випадку кожному фактору може бути приписана вага, яка відображає його важливість або вираженість і являє собою число з проміжку $[0;1]$. Тоді вхідні дані являтимуть собою вектор, число компонентів якого дорівнює числу факторів, причому компоненти нормовані на 1. Так, у першому прикладі для пацієнта, який має ожиріння середнього ступеня (відносна оцінка - 0,48), не зловживає алкоголем (відносна оцінка - 0,1), багато палить (оцінка - 0,8) і має гіпертонію II ступеня (оцінка 0,54) вхідні дані можуть бути подані вектором $X=(0,48; 0,1; 0,8; 0,54)$. Для отримання чисельних значень вхідних даних (факторів) необхідно мати відповідні засоби їх об'єктивної оцінки - спеціальні шкали тощо.

В принципі аналогічно можна поступати і для невпорядкованих даних, поставивши у відповідність кожному значенню яке-небудь число. Проте це вводить небажану впорядкованість, яка може спотворити дані, і сильно ускладнити процес навчання. Як один із способів вирішення цієї проблеми можна запропонувати поставити у відповідність кожному значенню одного з входів НС. В цьому випадку за наявності цього значення відповідний йому вхід встановлюється в 1 або в 0 при осоружному випадку. На жаль, даний спосіб не є панацеєю, бо при великій кількості варіантів вхідного значення число вхо-

дів нейронної мережі розростається до величезної кількості. Це різко збільшить витрати часу на навчання. Як варіант обходу цієї проблеми можна використовувати дещо інше рішення. У відповідність кожному значенню вхідного параметра ставиться бінарний вектор, кожен розряд якого відповідає окремому входу нейронної мережі. Наприклад, якщо число можливих значень параметра 128, то можна використовувати 7-розрядний код і мережу з сімома входами.

1.10. Прикладні програмні засоби нейромережевих технологій.

1.10.1. Пакет Neuro Office.

Пакет Neuro Office містить програмні засоби для створення і дослідження нейронних мереж з ядерною організацією: NeuroView - програма для візуального проектування структури і топології ядерних нейронних мереж, NeuroEmulator - програма для навчання і тестових випробувань ядерних нейронних мереж, а також для редагування синоптичних карт і функцій активації нейронів; Active-X елемент Neuro Control - нейронна мережа для вмонтовування до аплікацій користувача.

/ 10.2. Нейронні мережі з ядерною організацією.

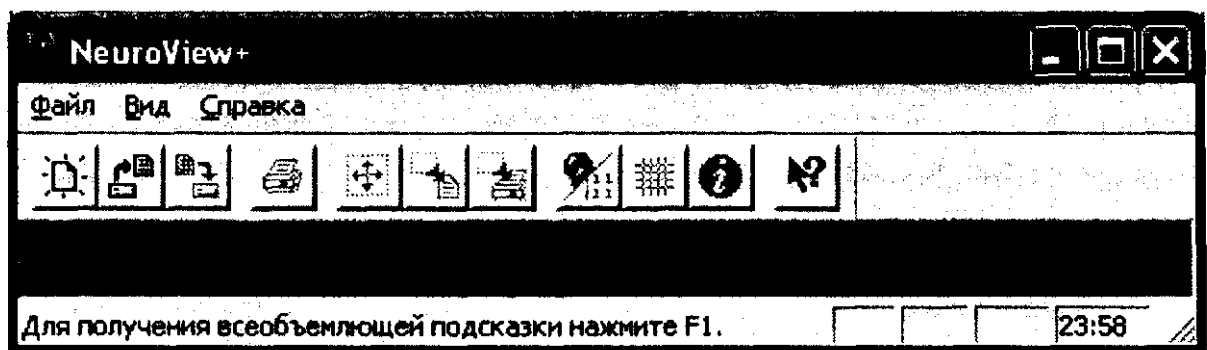
Згідно результатів нейрофізіологічних досліджень біологічні нейронні мережі є модульні розподілені структури, тобто існують **КОН-**гломерати нейронів (нейронні модулі) що відповідають за окремі функції головного мозку (наприклад за рухові або зорові). Слідуючи біологічним нейронним мережам можна і в техніці створювати структурно організовані мережі, де структурним елементом виступає не окремий формальний нейрон, а нейронний модуль який утворений групою нейронів, що мають рецепторне поле. У простому випадку нейронний модуль є одношаровий перцептрон малої розмірності - таке називається **нейронним ядром**. Нейронну мережу з ядерною організацією можна представити у вигляді графа де вершинами будуть нейронні ядра, а дугами - міжядерні зв'язки. На множині вершин і множині дуг визначені вагові функції - для вершини - це пара

чисел, перше з яких визначає розмірність рецепторного поля ядра, а друге - число нейронів в ядрі; для дуг вага дуги - це ранг оператора міжядерного зв'язку. Таке графічне називається структурною моделлю нейронної мережі.

/ 10.3. Програма NeuroView.

Програма **NeuroView+** призначена для візуального проектування структури і топології нейронної мережі. Програма підтримує багатівіконний інтерфейс, що дозволяє одночасно редагувати декілька нейронних мереж. Розміри нейронної мережі програмно не обмежені. Побудована нейронна мережа може бути збережена на диску у файлі типу NET (спеціальний формат файлу). Разом з базовою інформацією про структуру і топологію нейронної мережі в цьому ж файлі зберігається текстовий коментар проектувальника, а також зведення про графічне нейронної мережі на екрані дисплея.

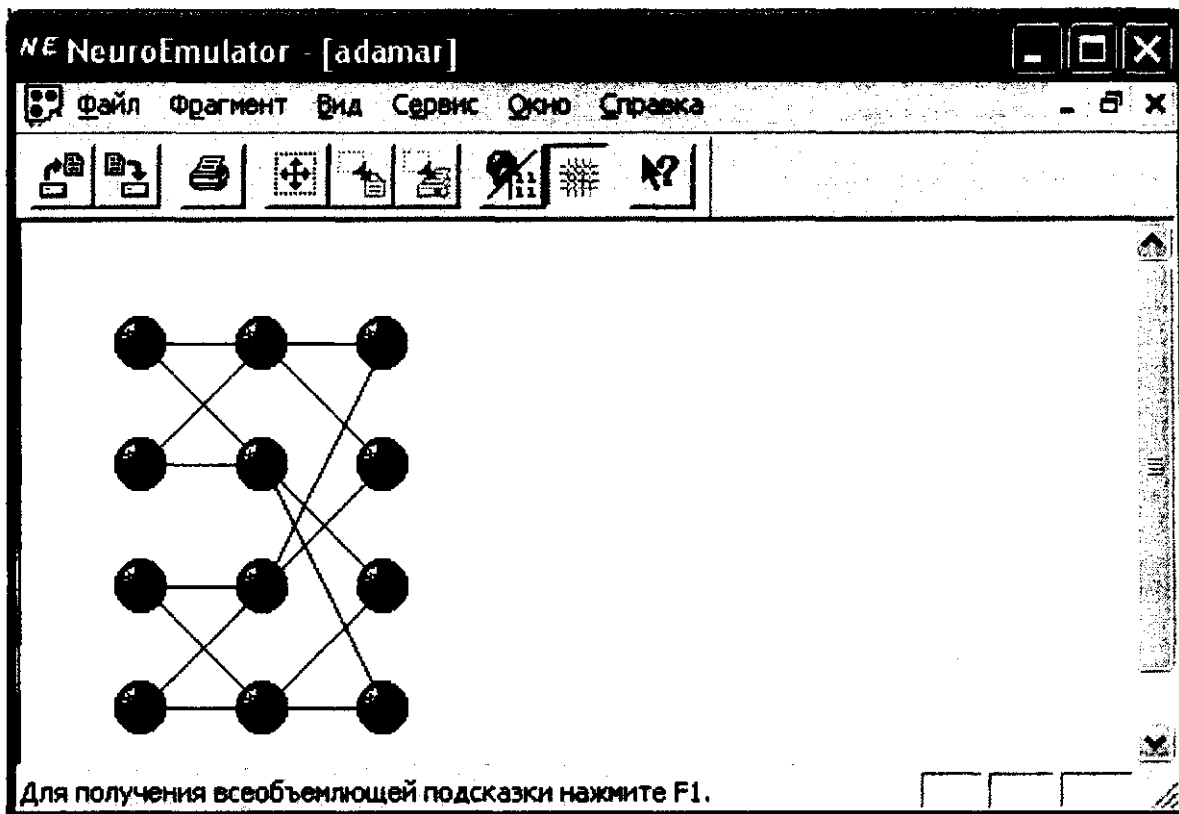
Вид головного меню після запуску програми.



Додаткову інформацію про програму можна отримати, вибравши в головному меню пункт "Справка". Нижній рядок вікна (рядок стану) може бути заборонений вибором в головному меню пункту "Вид/Строка" состояния.

1.10.4. Завантаження і збереження нейронної мережі

Завантаження. Для завантаження нейронної мережі виберіть в меню "Файл/Открыть" (або натисніть клавішу Ctrl/O). У вікні, що відкрилося, виберіть директорій і виділіть файл з розширенням NET. Натисніть клавішу Open. Після завантаження структурна модель нейронної мережі відразу ж відображається в робочому вікні.

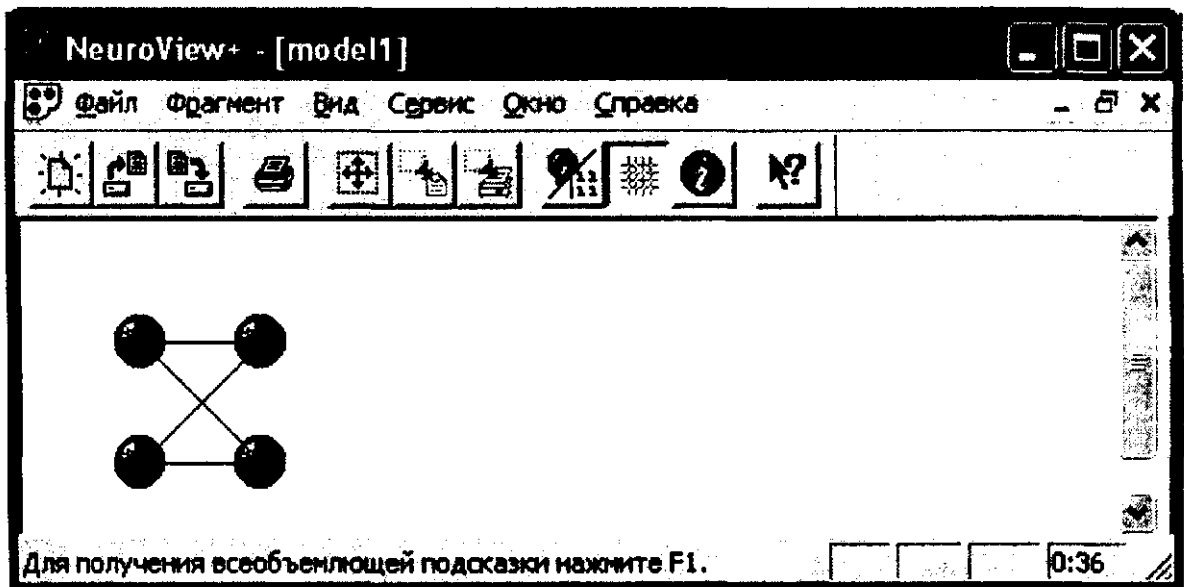


При цьому до меню додаються додаткові рубрики: "Фрагмент", "Сервис", "Окно".

У файлі формату NET в бінарному вигляді зберігається структурна модель, топологія і синаптичні ваги нейронної мережі (топологія і синаптичні ваги можуть бути відсутніми). Крім того в цьому файлі зберігаються налаштування екрану і в текстовому вигляді коментар проектувальника. Наявність тих або інших інформаційних полів у файлі *.net визначається набором прапорців.

Другим допустимим форматом для завантаження нейронної мережі є формат STR. У цьому форматі може бути представлена тільки структурна модель нейронної мережі, топологія, синаптичні ваги, прапорці і коментар в даному форматі не підтримуються. Файл з розширенням str може бути підготовлений в будь-якому текстовому редакторі.

Приклад str файлу для двошарової структурної моделі:



; Файл структурного опису формат STR

[nukes]

3 3 ; розмірності рецепторних полів першого шару

3 2 ; розмірності аксонових полів останнього шару

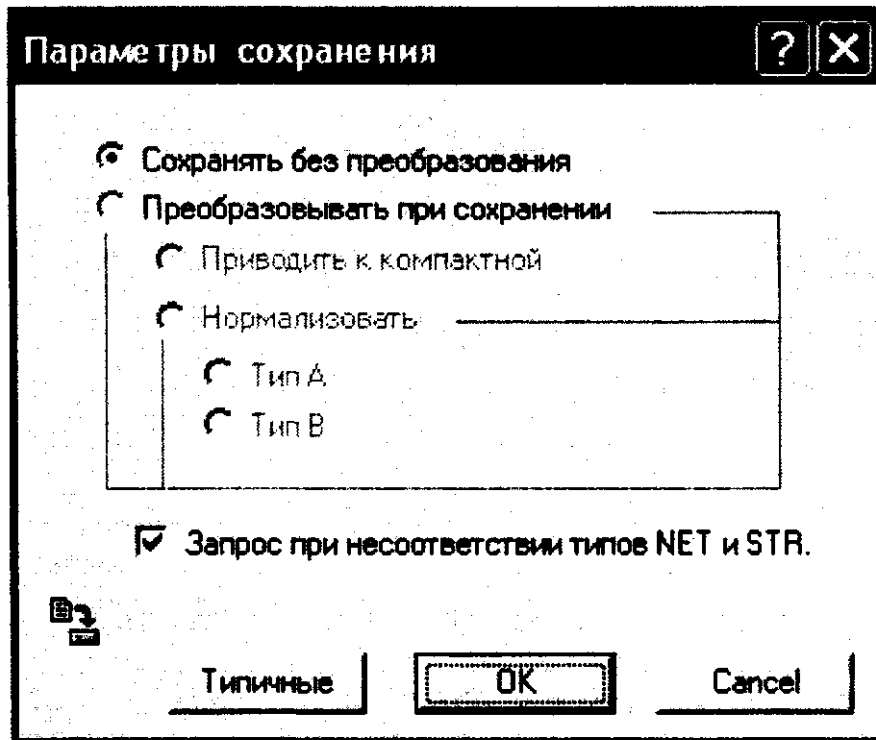
[linkl] ; рангова матриця першого міжшарового переходу

2 1

1 2

Збереження. Для того, щоб зберегти файл виберіть в меню "Файл/Сохранить". Якщо ви створили новий файл, то при збереженні буде запропоновано призначити йому ім'я. Якщо ви хочете зберегти існуючий файл зновим ім'ям виберіть в меню "Файл/Сохранить как....". Перед збереженням ви можете додати до файлу текстовий коментар, для цього необхідно вибрати в меню пункт "Сервис/Комментарий" і заповнити вікно, що відкрилося, довільним текстом.

Перед збереженням топологія нейронної мережі може бути приведена до нормалізованої форми або до компактної топології, що зменшує об'єм інформації, що зберігається. Для установки режиму збереження виберіть в меню пункт "Сервис/Сохранение" при цьому відображається вікно наступного вигляду.

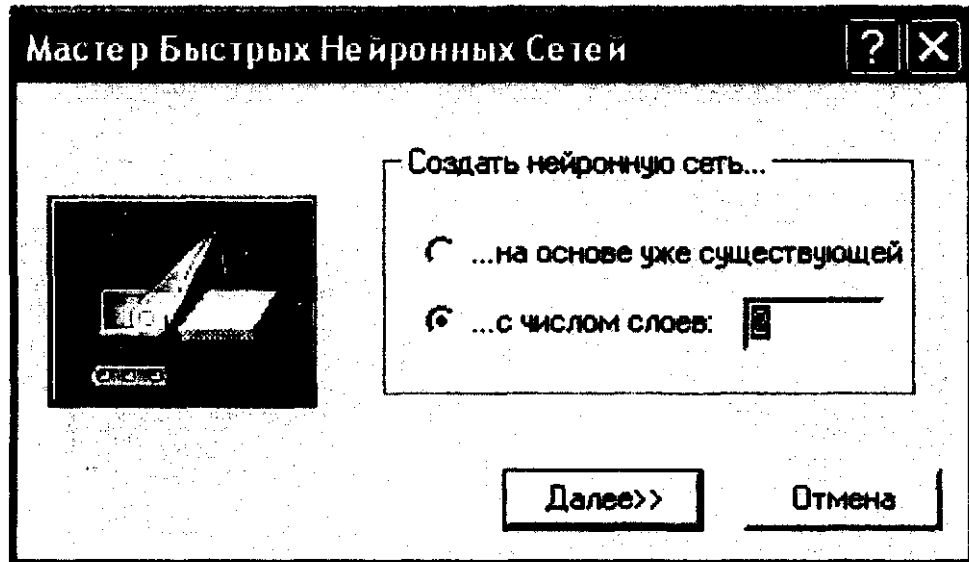


Якщо вам необхідна повна топологічна інформація встановіть прапорець "Сохранять без преобразования" (зазвичай це потрібно тільки коли передбачається апаратна реалізація нейронної мережі). При програмній реалізації нейронної мережі в більшості випадків допустиме приведення до компактної топології. Цей режим реалізується якщо встановлений прапорець "Приводить к компактной". Проміжним за об'ємом топологічної інформації, що зберігається, є режим з нормалізацією топології. У режимі "Нормализовать" можливі два варіанти Тип А і Тип В. У першому випадку зберігається топологія аксонів і коректується топологія рецепторів наступного шару, в другому випадку зберігається топологія рецепторів, але коректується топологія аксонів попереднього шару. Процедури нормалізація є також засобами проектування топології нейронної мережі.

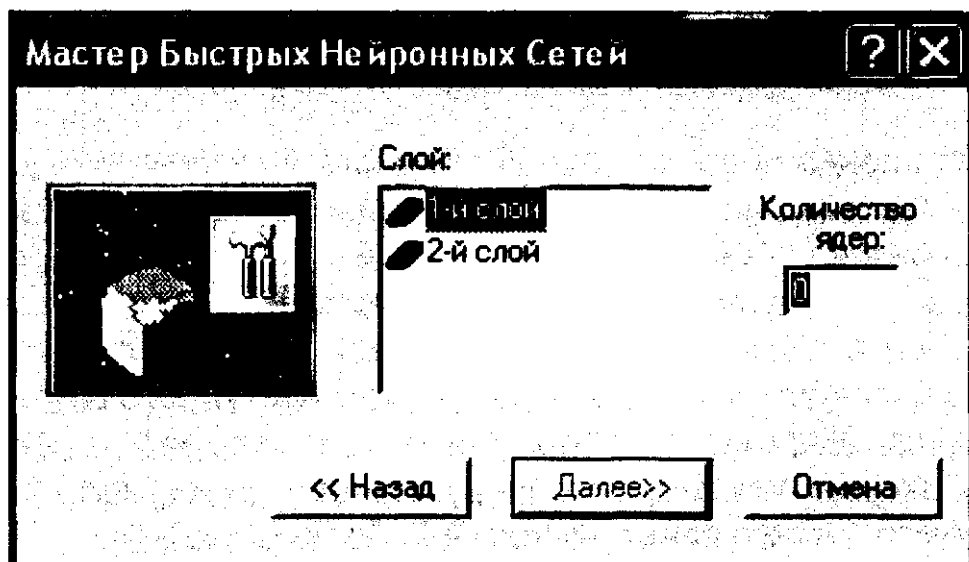
Збереження нейронної мережі у форматі STR в програмі не підтримується.

/ . 10.5. Створення нової нейронної мережі

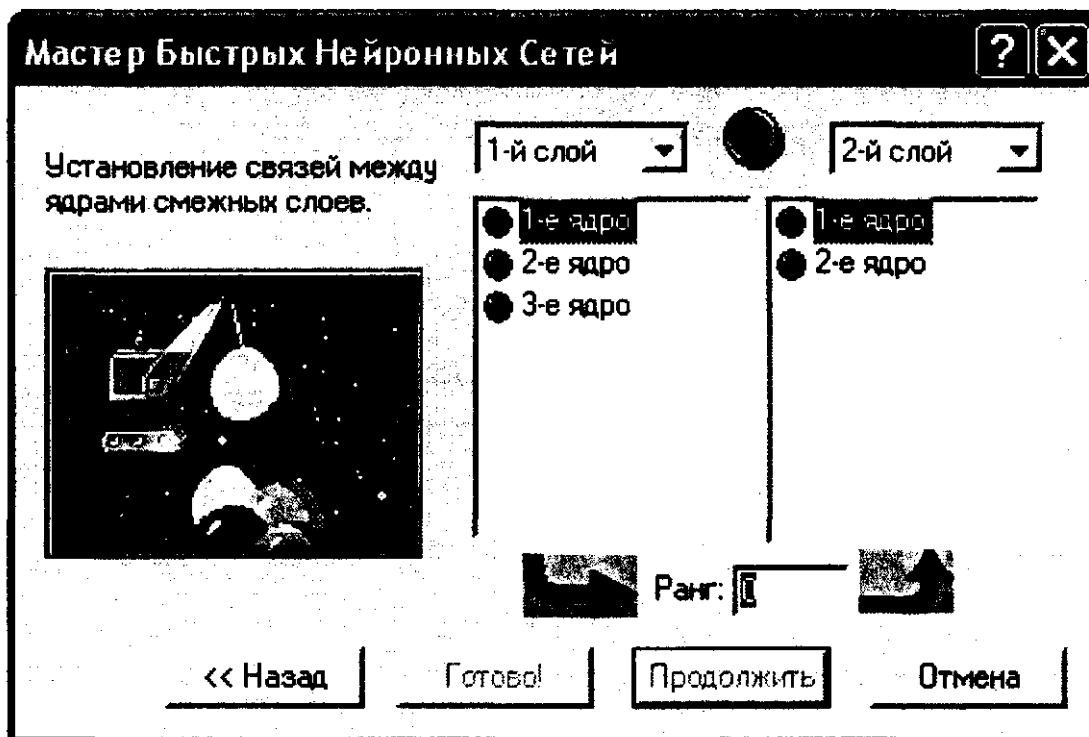
У меню файл виберіть пункт "Файл/новый". В результаті з'явиться вікно МАЙСТРА нейронної мережі



При створенні нової мережі встановіть прапорець "с числом слоев..." і встановіть в суміжному полі необхідну кількість шарів (мінімальне допустиме число шарів рівно двом, максимальне значення не обмежене). Натисніть кнопку "Далее»", МАЙСТЕР запропонує виконати проектування шарів:



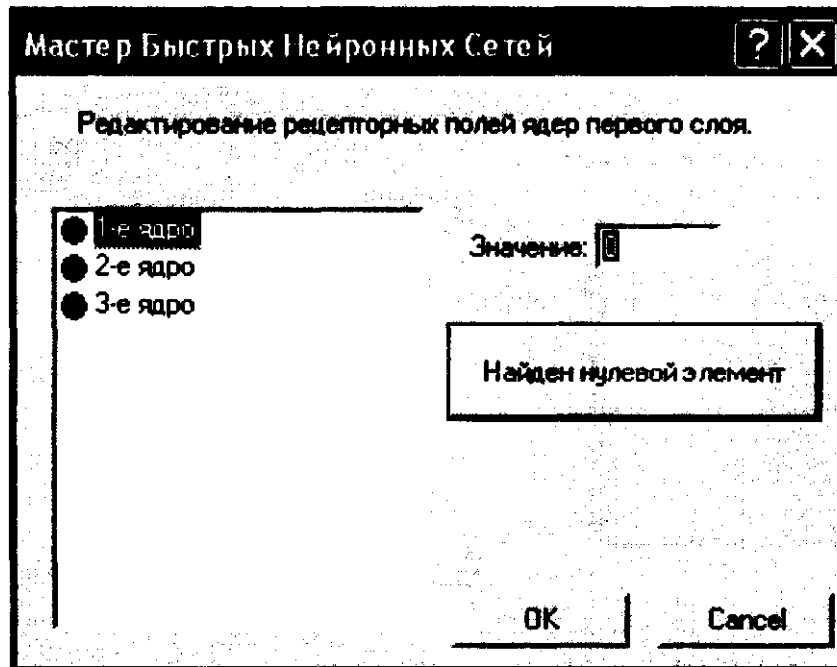
Виділіть у вікні, що відкрилося, перший шар нейронної мережі встановіть для нього кількість ядер. Цю ж операцію виконайте для другого шару. Застережливе повідомлення "Обнаружен нуль" з'являється, якщо для якого-небудь шару не визначена кількість ядер. При повному завершенні вибір натисніть клавішу "Далее»". На наступному кроці здійснюється вибір рангів міжядерних зв'язків



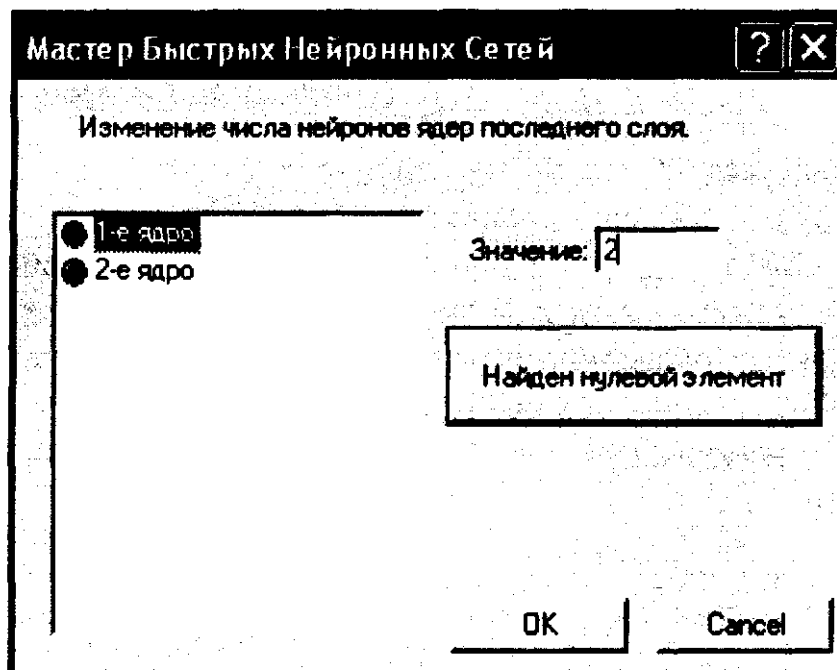
Тепер потрібно у вікнах, що відкрилися, виділити суміжні ядра і встановити для них значення рангу. Якщо мережа містить більше двох шарів, то вибір пари суміжних шарів можна виконати у верхніх вікнах МАЙСТРА. Якщо ядра не зв'язані, то значення рангу слід вибрати рівним нулю. Процедура вибору рангів зв'язків необхідно виконати для всіх міжшарових переходів. Після того, як вибір зв'язків завершений, МАЙСТЕР, активізує дві кнопки "Готово!" і "Продолжить".

Якщо вибрати "Готово!" то на цьому робота МАЙСТРА буде завершена, але в мережі залишаться невизначеними розмірності рецепторних полів вхідного шару і розмірності аксонових полів вихідного шару. Довизначити дані поля можна буде пізніше, використовуючи редактор структурної моделі. Для повної побудови структурної моделі натисніть кнопку "Продолжить".

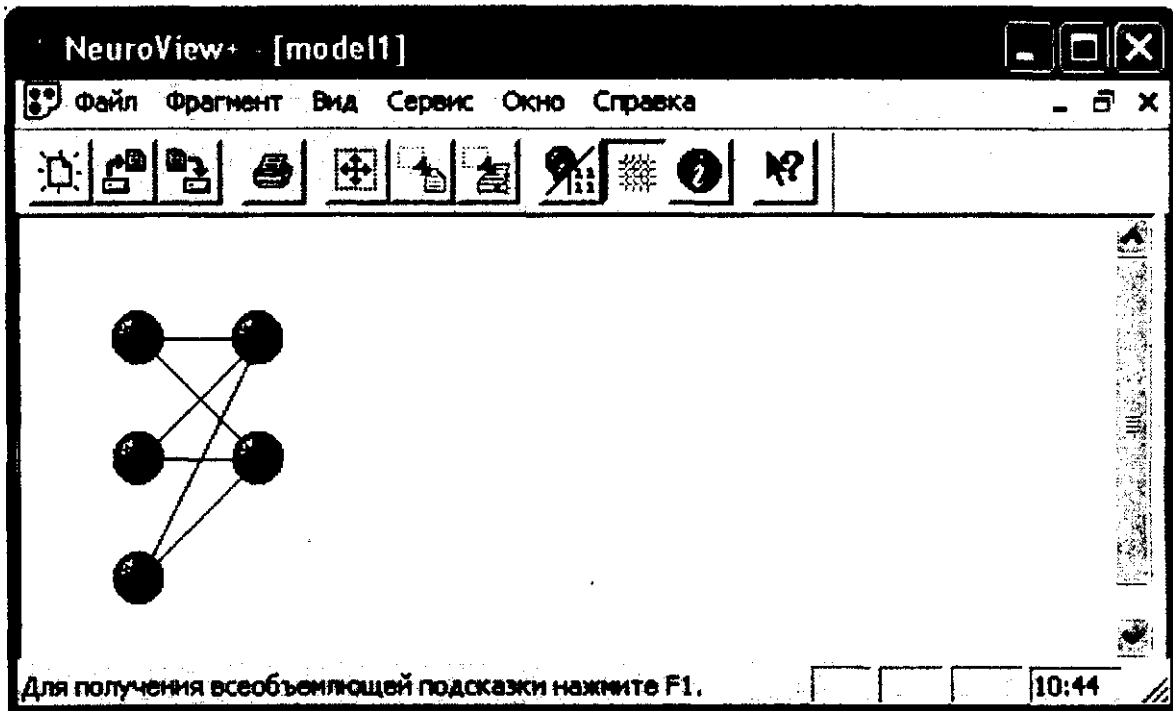
МАЙСТЕР запропонує задати розмірності рецепторних полів вхідного шару.



Виділіть у вікні, що відкрилося, перше ядро і встановите в полі "Значение:" розмірність рецепторного поля. Подібну процедуру слід виконати для всіх ядер і натиснути кнопку "OK". Застережливеповідомлення "Обнаружен нулевой элемент" вказує, що вибір полів не завершений. На наступному кроці МАЙСТЕР запропонує вибрати розмірності аксонових полів ядер останнього шару.



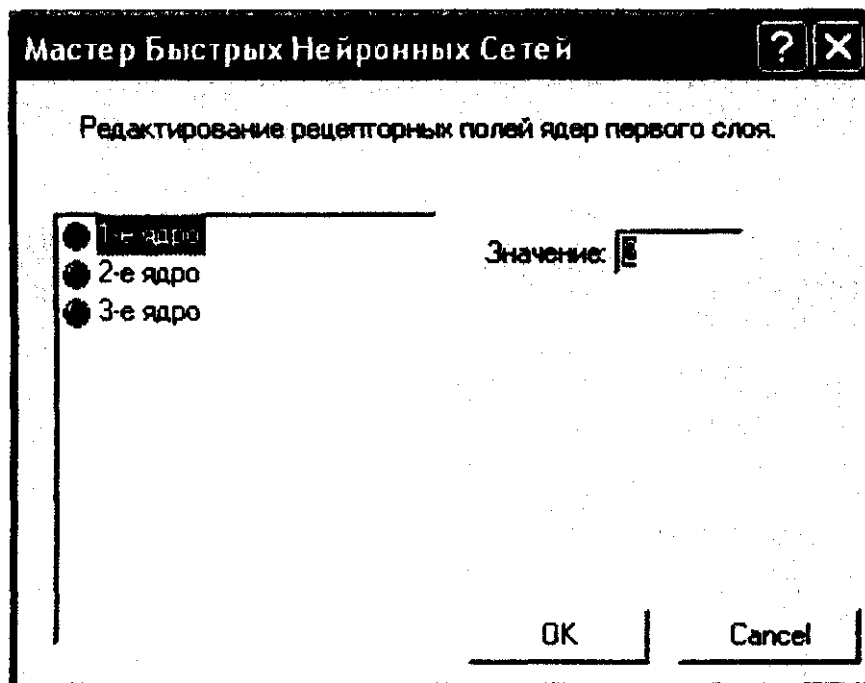
Процедура вибору аксонових полів повністю подібна до процедури вибору розмірностей рецепторних полів. Після завершення роботи МАЙСТРА побудована структурна модель відображається в головному вікні програми.



Для перевірки структурних характеристик ядер розмістіть графічний вказівник на будь-якому ядрі графічного образу і натисніть ліву клавішу миші.

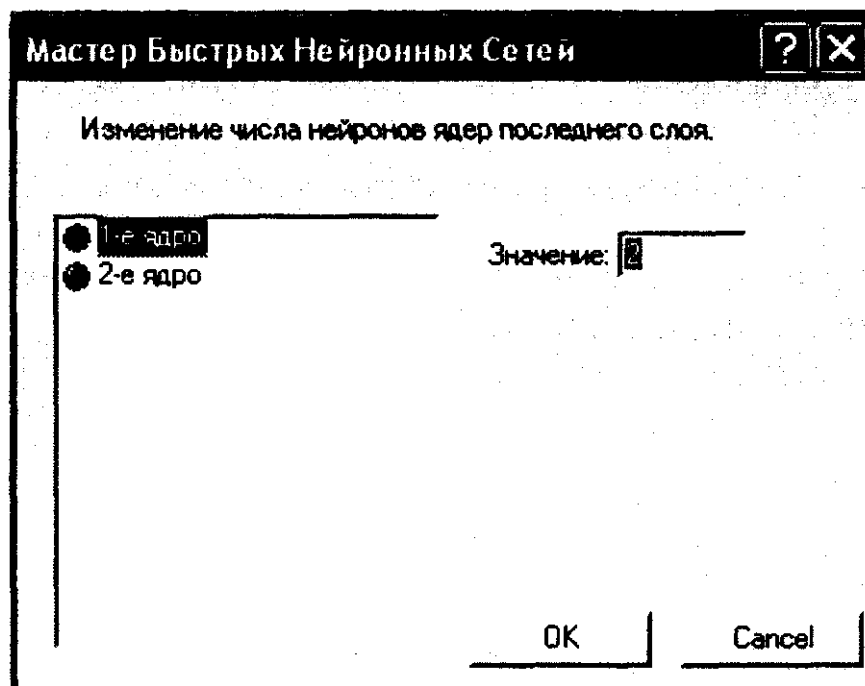
/ . 10.6. Редагування структурної моделі

Редагування рецепторних полів першого шару. Виберіть в меню пункт "Сервис/Добавить/Изменить/Рецепторные поля". Програма викликає МАЙСТЕР нейронної мережі:



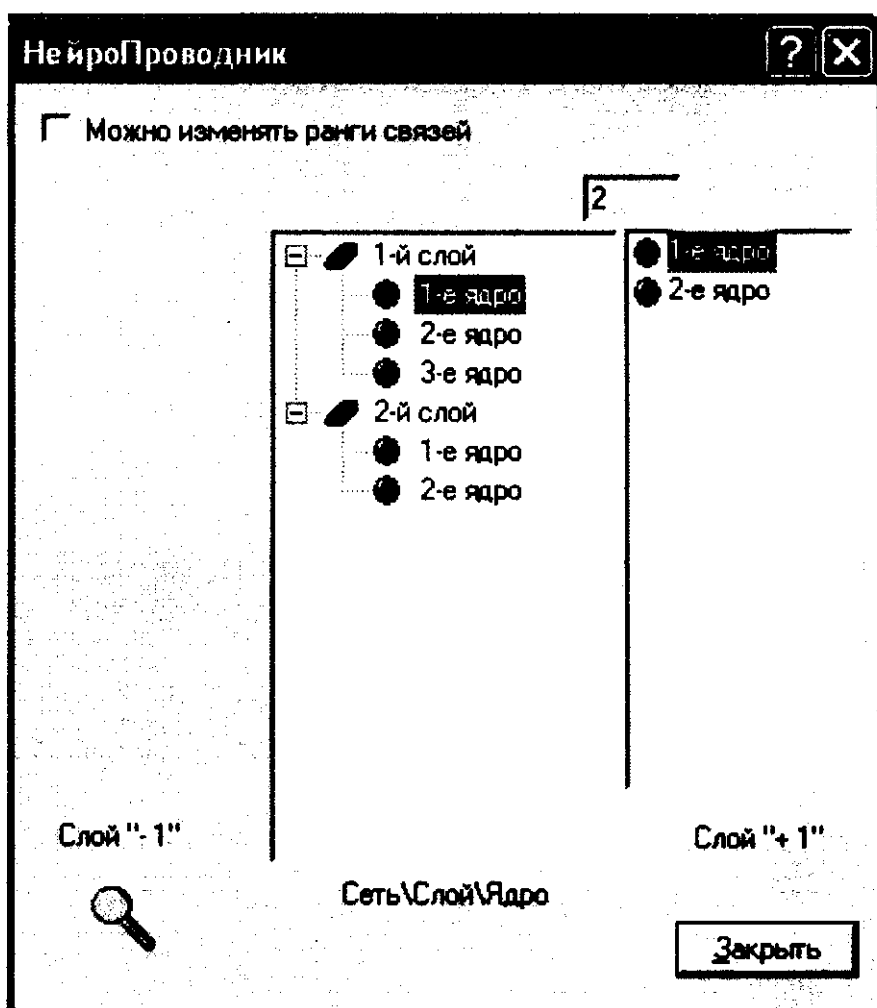
Виберіть редаговане ядро і встановіть нове значення розмірності рецепторного поля.

Редагування аксонових полів останнього шару нейронної мережі. Виберіть в меню пункт "Сервис/Добавить/Изменить/Нейроны". Програма викликає МАЙСТЕР нейронної мережі:



Виберіть редаговане ядро і встановіть нове значення розмірнос-» ті аксонового поля.

Редагування зв'язків. Виберіть в меню "Сервіс/Добавить/Ядра". Програма викличе вікно "Нейро-проводник".

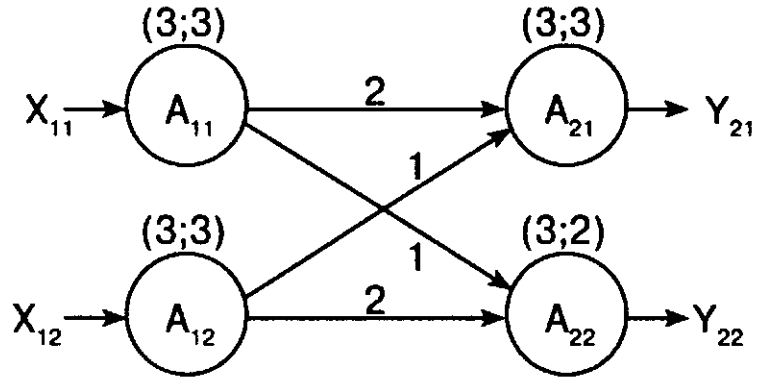


Встановіть прапорець "Можно изменять ранги связей" і виберіть в шарі 1 довільне ядро. Нейро-проводник відобразить в суміжному полі "Шар +1" ядра другого шару, а у верхньому полі значення рангу зв'язку між виділеними ядрами. Це значення може бути відкоректоване. Ядра суміжних шарів, які не пов'язані з вибраним ядром (ранг зв'язку рівний нулю) відображаються жовтим кольором.

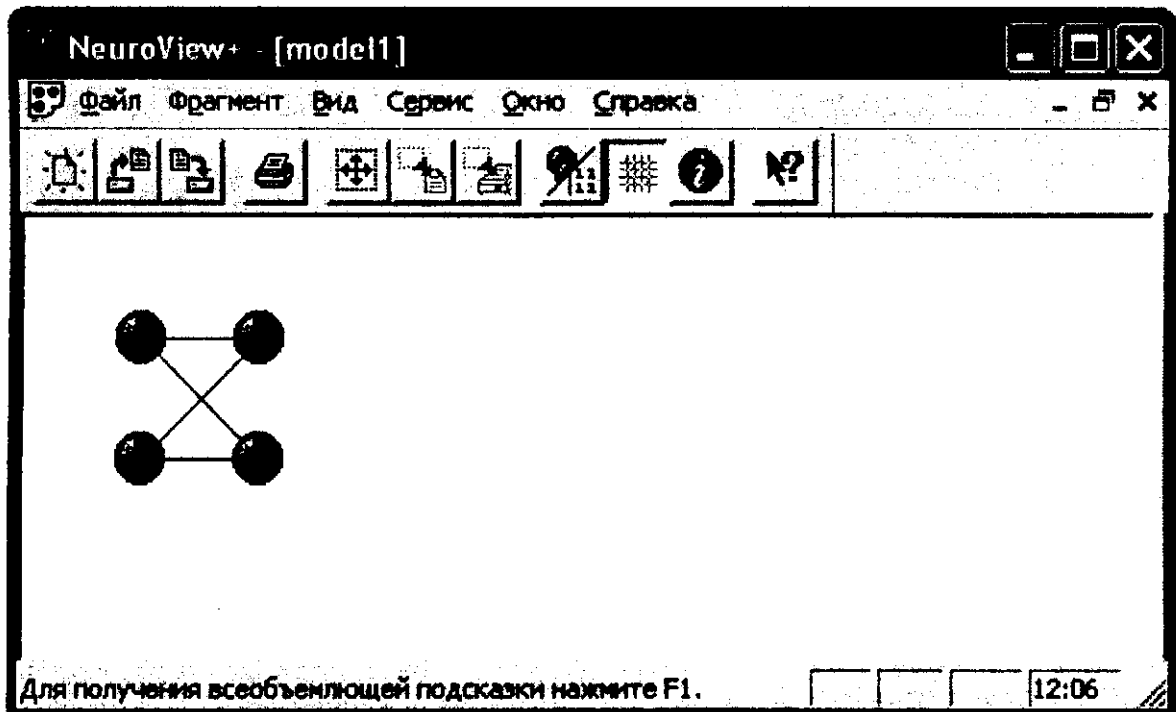
Якщо Ви змінюєте ранги зв'язків в нейронній мережі, для якої побудована топологія і синаптичні ваги, то ця інформація буде безповоротно втрачена.

/ 10.7. Проектування топології

Розглянемо проектування топології на прикладі нейронної мережі, показаної на мал. 1. На мал. 2 зображений графічний образ структурної моделі мережі в програмі NeuroView

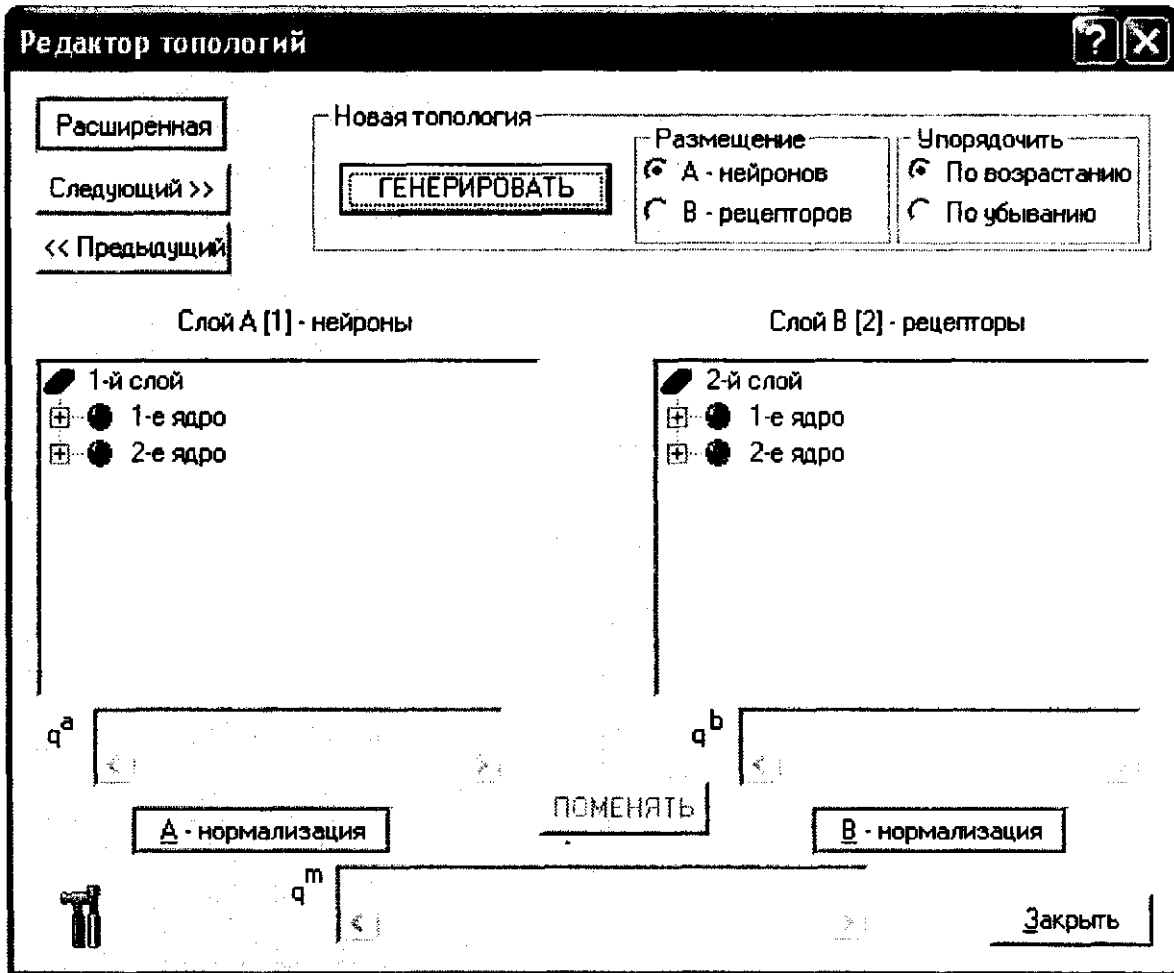


Мал. 1



Мал. 2

Для проектування топології виберіть в меню пункт "Сервис/Редактор топологий". Програма відобразить наступне вікно

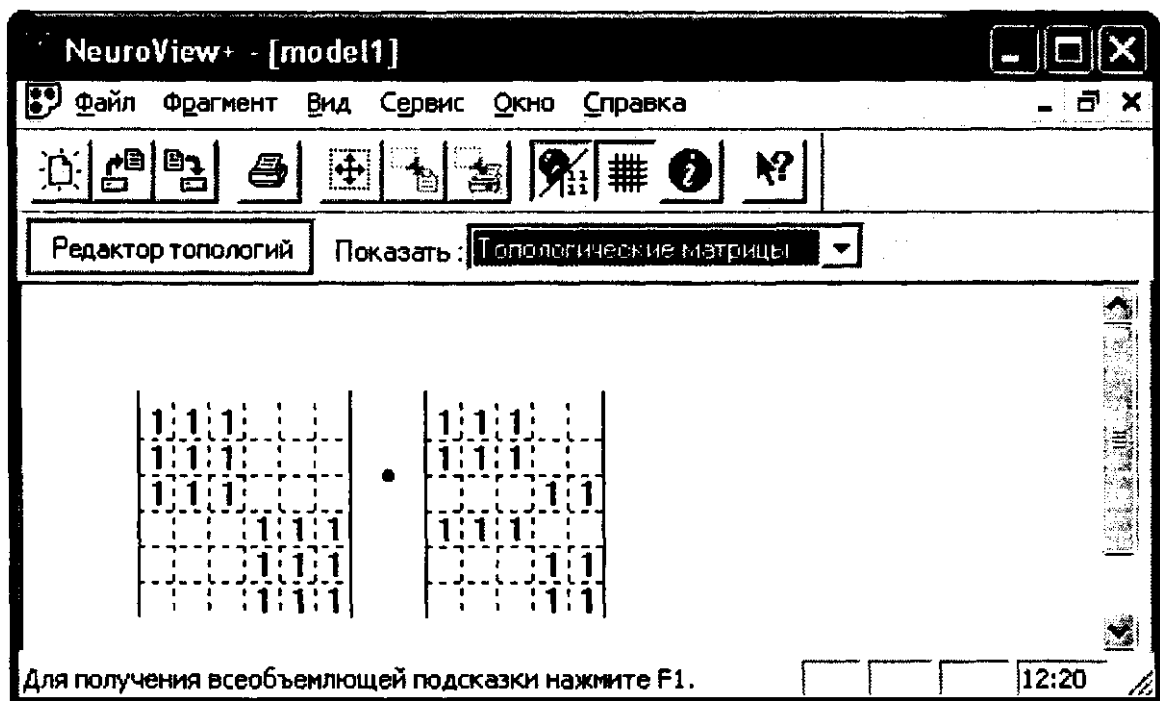


У вікні редактора представлені два суміжні шари, що визначають міжшаровий перехід. Символом "А" завжди позначається попередній шар, а символом "В" - наступний шар. Проектування топологій виконується незалежно для кожного міжшарового переходу. Для переміщення по міжшарових переходах служать клавіші "Следующий» Предыдущий»". При переміщенні в крайні позиції в редакторі відображається тільки один граничний шар. Кнопка Расширенная/компактная дозволяє вибрати тип топології.

Ініціалізація топології. Задання топології еквівалентне призначенню глобальних номерів нейронам і рецепторам міжшарового переходу. Редактор надає тільки чотири варіанти початкової ініціалізації топології. Перемикач "Размещение" дозволяє вибрати об'єкт початкової ініціалізації, яким може бути або аксонове поле попереднього шару (А-нейрони) або рецепторне поле наступного шару (В-

рецептори). Перемикач "Упорядочить" дозволяє вибрати відношення порядку на вибраному об'єкті. У положенні "По возрастанию" елементи об'єкту упорядковуються так, що ядра з великими номерами містять і великі глобальні номери елементів. У положенні "По убыванию" - навпаки ядра з великими номерами містять елементи об'єкту з меншими номерами. Після вибору перемикачів активізується кнопка "Генерувати", яку слід натиснути для ініціалізації топології. Ініціалізація приводить до того, що елементи об'єкту нумеруються відповідно до вибраного варіанту впорядкування, міжшарова перестановка встановлюється рівною тотожній, а впорядкування елементів суміжного шару підпорядковується зв'язкам структурної моделі.

Візуалізація топології. Після того, як топологія ініціалізована для всіх міжшарових переходів, включаючи граничні, закрийте вікно редактора топології і в головному меню виберіть пункт "Вид/Топологія". При цьому відображаються топологічні матриці нейронних шарів:



Крім того можна окремо подивитися перестановочні матриці або топологію нейронної мережі в цілому.

Кнопка \square дозволяє або забороняє відображення сітки в полі топологічних матриць. Кнопка \square дозволяє оперативно перемика-тися між відображеннями топології і структурної моделі. Можливо

також одночасне відображення топології і структури при розділенні головного вікна на дві частини, в цьому випадку підтримується синхронізація між графічними поданнями при виділенні нейронних ядер.

Якщо в нейронній мережі визначені значення синаптичних ваг, то при відображенні топологічних матриць використовується кольорне кодування елементів синаптичної карти: позитивні ваги відображаються червоним кольором, негативні - синім, а ваги з нульовим значенням, але потенційно здатні до зміни - чорним.

Редагування топології. Редагування полягає в зміні відношення порядку на множинах А-нейронів або В-рецепторів міжшарового переходу. Розкрийте для прикладу два ядра в шарі А і виділіть будь-які два нейрони. При цьому активізується кнопка Поменять, при натисненні на яку відбувається обмін номерами між вибраними елементами. Якщо вибраний режим компактної топології, то зміна топології в шарі А приводить до підлеглої зміни топології в шарі В так, що міжшарова перестановка дт зберігається тотожною. При розширеній топології зміни в шарах А і В незалежні, але при редагуванні змінюється міжшарова перестановка, яка підкоряється між-ядерним зв'язкам структурної моделі.

Нормалізація топології. При редагуванні розширеної топології, введені зміни для елементів шару А і елементів шару В незалежно представляються перестановками d_A і d_B , добуток яких утворює межслойную перестановку d_{gl} . Операція нормалізації дозволяє привести один із співмножників до тотожної перестановки, що економить оперативну і дискову пам'ять. Операція нормалізації може бути проведена над навченою нейронною мережею на алгоритм нейрообробки ця операція не впливає.

Перехід від розширеної топології до компактної. При переході до компактної топології втрачається інформація про перестановки d_{gl} , d_A і d_B . Для навченої мережі такий перехід некоректний і може привести до необхідності повторного навчання мережі. Зворотний перехід від компактної топології до розширеної не порушує алгоритму нейрообробки, проте будь-яке редагування нової розширеної топології некоректне для навченої нейронної мережі і може привести до необхідності повторного навчання.

7.10.8. Програма *NeuroEmul*.

Програма призначена для навчання і тестових випробувань ядерних нейронних мереж, а також для ініціалізації і редагування синаптичної карти і функцій активації нейронів.

Для представлення нейронної мережі використовується формат NET, а для представлення даних формат CSV (один з можливих форматів електронних таблиць Microsoft Excel). У програмі допускається одночасна робота з декількома нейронними мережами. Розмірність нейронних мереж і їх число не обмежено.

Навчання нейронної мережі виконується методом Error Backpropagation (Зворотне розповсюдження помилки). Можливе індивідуальне навчання до вибраного прикладу або навчання нейронної мережі на множині прикладів. Стратегія навчання визначається користувачем. Процес навчання супроводжується колірною анімацією на графічному образі нейронної мережі. Синаптичну карту нейронної мережі можна контролювати і редагувати на будь-якому етапі навчання.

Для початкової ініціалізації синаптичної карти мережі може бути використана одна з наступних можливостей:

- випадковий вибір синаптичних вагів
- ініціалізація синаптичної карти довільними константами
- статичне навчання, нейронній мережі.

Для контролю функціонування нейронної мережі передбачений режим емуляції нейрообробки на вхідному наборі даних. Результати обробки можуть бути представлені в табличному і графічному вигляді. Можливі режими нейрообробки множини прикладів або одного окремого прикладу, в останньому випадку можливий контроль перетворення даних по шарах нейронної мережі.

У програмі реалізовані широкі можливості по редагуванню даних в табличній формі.

1.10.9. Завантаження і збереження нейронної мережі

Завантаження і збереження нейронної мережі у програмі *NeuroEmul* повністю аналогічні цим операціям у програмі *NeuroView* (див. вище).

1.10.11. Ініціалізація карти синапсів

Для ініціалізація синаптичної карти виберіть в головному меню пункт "Сервіс/Реініціалізація", програма відобразить наступне діалогове вікно.

Внимание!

Данная операция уничтожит все настройки весовых коэффициентов и активационных функций. Если нет уверенности в своих действиях, кнопка ОТМЕНА находится ниже.

Заполнить значениями

Функции активации нейронов	Поля
<input checked="" type="radio"/> Сигмоидная	<input checked="" type="checkbox"/> Случайным образом
<input type="radio"/> Гиперболический тангенс	Синапсы: <input type="text" value="0"/>
<input type="radio"/> Синусоидальная	Смещения: <input type="text" value="0"/>
<input type="radio"/> Линейная	
<input type="radio"/> Логическая -1,+1	
<input type="radio"/> Логическая 0,+1	

OK Отмена

У полі "Заполнить значениями" виберіть варіант ініціалізації. Якщо встановлений прапорець "Случайным образом", то всі синаптичні ваги, включаючи зсуви встановлюються випадковим чином в діапазоні $-0.5 + 0.5$. При скинутому прапорці активізуються діалогові поля "Синапсы" і "Смещения", в яких можна задати конкретне числове значення одночасно для всіх синапсів і зсувів нейронної мережі. У діалоговому полі "Функцій активации нейронов" для всіх нейронів мережі вибирається одна з можливих функцій активації з наступного набору:

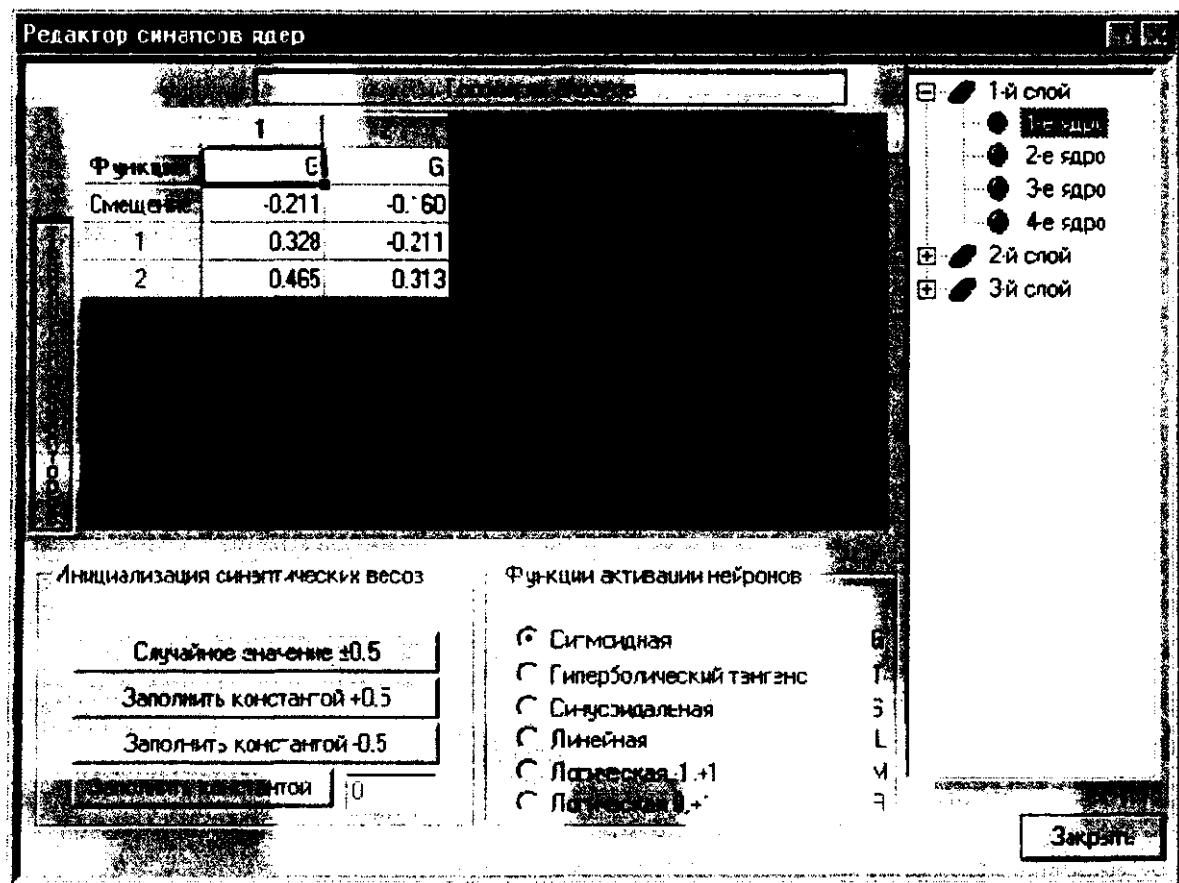
- сигмоїдна функція (параметр $X = 4$, значення похідної в точці перегину рівне 1)
- гіперболічний тангенс (параметр $X = 1$, значення похідної в точці перегину рівне 1)

- лінійна функція (тангенс кута нахилу рівний 1)
- синусоїдальна (значення похідної в точці перегину рівне 1)
- логічна 0,+1 - апроксимується сигмоїдною функцією із значенням параметра $X = 20$
- логічна - апроксимується гіперболічним тангенсом із значенням параметра $X = 5$

У режимі редагування синаптичної карти функції активації можна встановити індивідуально для кожного нейрона мережі.

/ 10.12. Редагування карти синапов

Вікно редактора синапсів є потужним і зручним засобом для перегляду і ручного редагування синаптичної карти нейронних ядер. Виклик редактора синапсів здійснюється через пункт головного меню "Сервіс/Редактор синапсов".



У правій частині вікна представлена вся мережа з шарами і ядрами. Виділяючи конкретне нейронне ядро, можна здійснити па-

аметричну зміну синапсів безпосередньо в синаптичній карті ядра, аблиця, що є синоптичною картою, має широкі можливості по ро-
хоті з виділеними областями синапсів, можливі такі операції як за-
ювнення, видалення, копіювання в буфер обміну (у форматі CSV
умісному з Microsoft Excel), друк вмісту таблиці. Виділення області
і таблиці здійснюється по лівій клавіші миші. Права клавіша активі-,
ує меню для виконання сервісних функцій над виділеною областю.
)крім редагування синапсів окремого ядра можливі операції запо-,
»нення константою синаптичної карти цілого шару. Для цього досить
іділити в деревовидному списку справа, необхідний шар. Вид кон-
танти вибирається в полі "Инициализация синаптических весов".
аналогічно для всього шару можна змінювати вид функції активації.

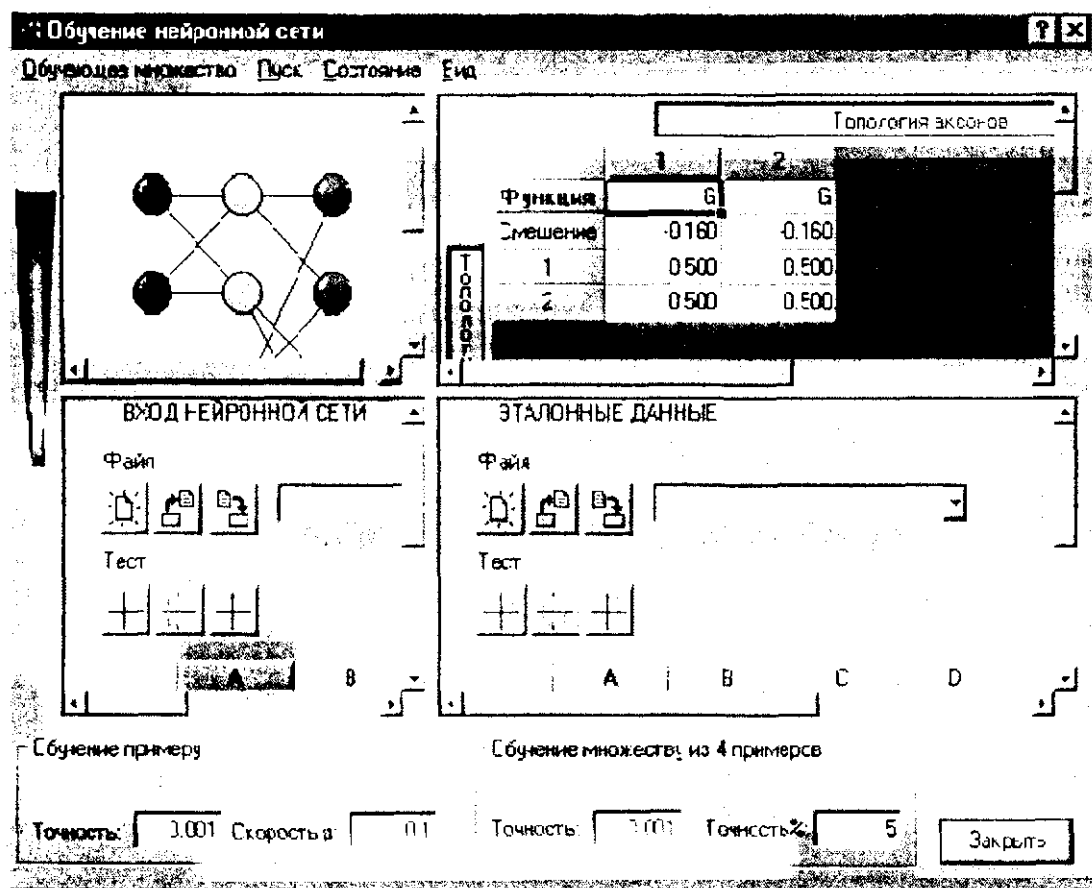
Процес перегляду і редагування може здійснюватися тільки над
мережею, що має синапси, тому якщо відбувається виклик редак-
ора синапсів для мережі що не має в своєму складі вагових коефі-
дієнтів, з'являється діалогове вікно, в якому пропонується вибрати
початкову ініціалізацію синаптичних карт нейронних ядер. У цьому
зікні можна встановити режим випадкового вибору синаптичних ваг
або використовувати довільну константу для цієї мети. Також можна
зібрати тип активаційної функції для всіх нейронів мережі. Діалог
початкової ініціалізації можна викликати і для мережі що вже має в
своєму складі сформовані синаптичні ваги. Це можна здійснити за
допомогою пункту головного меню Сервіс/Реініціалізація.

1.10.13. Навчання нейронної мережі

Вікно навчання є інструментом по настройці синапсів нейронної
мережі Виклик вікна здійснюється через пункт головного меню "Сер-
вис/Обучение" сети.

Вікно реалізоване у вигляді чотирьох панелей розділених сплі-
терами.

У верхньому лівому кутку розташована панель із зображенням
структурної моделі нейронної мережі. Колір ядер залежить від нор-
ми ядра, при цьому максимальній нормі відповідає бордовий колір,
а мінімальній - темно синій. При навчанні нейронної мережі можна
спостерігати графічну картину зміни норм нейронних ядер.



Панель, розташована вгорі справа, є редактором синапсів, але на час навчання його функції міняються - воно працює в режимі "тільки читання", тобто зміни значень у вікні не впливають на стан синапсів нейронної мережі. За допомогою цієї панелі можна спостерігати процес параметричної настройки синапсів.

Зліва внизу розташована панель для відображення вхідних даних, а справа панель для вихідних даних. Конструктивно це електронні таблиці в які можна завантажити файли CSV-формату Microsoft Excel. Крім того, вхідними даними можуть бути набори тестових функцій. Для цього існують кнопки "Синус", "Радемахер" і "Унарный код". Натиснення на одну з них заповнює таблицю значеннями відповідних функцій. Для синуса і функції Радемахера це будуть гармоніки зростаючої частоти. Крім того, над таблицями можна проводити ряд операцій таких як додавання комірок, рядків або стовпців з зсувом, і відповіднооперації по їх видаленню.

Настроювання нейронної мережі на вибраний приклад ведеться до досягнення критерію точності, який можна змінити в діалоговій

групі "Обучение примеру". Там же можна змінити коефіцієнт швидкості навчання. Причому його можна міняти і динамічно під час процесу навчання.

Група параметрів "Обучение множеству" дозволяє задати критерії зупинки процесу навчання для множини векторів. Для цього використовуються два показники абсолютної і відносної точності. Досягши будь-якого з них, процес навчання закінчується. Абсолютна точність вводиться в поле "Точность:", тоді як відносна в полі "Точность%".

Процес навчання починається з того, що користувач завантажує вхідні і еталонні дані. Потім множини, що підлягають навчанню, необхідно виділити. Якщо немає виділеної області, (а такою областю вважається дві і більш виділені комірки), то виділеною вважається вся таблиця. Процедура навчання запускається при виборі пункту "Обучение множеству" в меню "Пуск". У цьому меню також міститься пункт "Статическое обучение", який дозволяє провести попереднє статичне навчання нейронної мережі.

Вибір в меню пункту "Одиночный урок" приводить до виконання проходу алгоритму Error Backpropagation для одного прикладу. Процес навчання можна зупинити за допомогою пункту "Остановка обучения" того ж меню "Пуск" або закриттям вікна навчання.

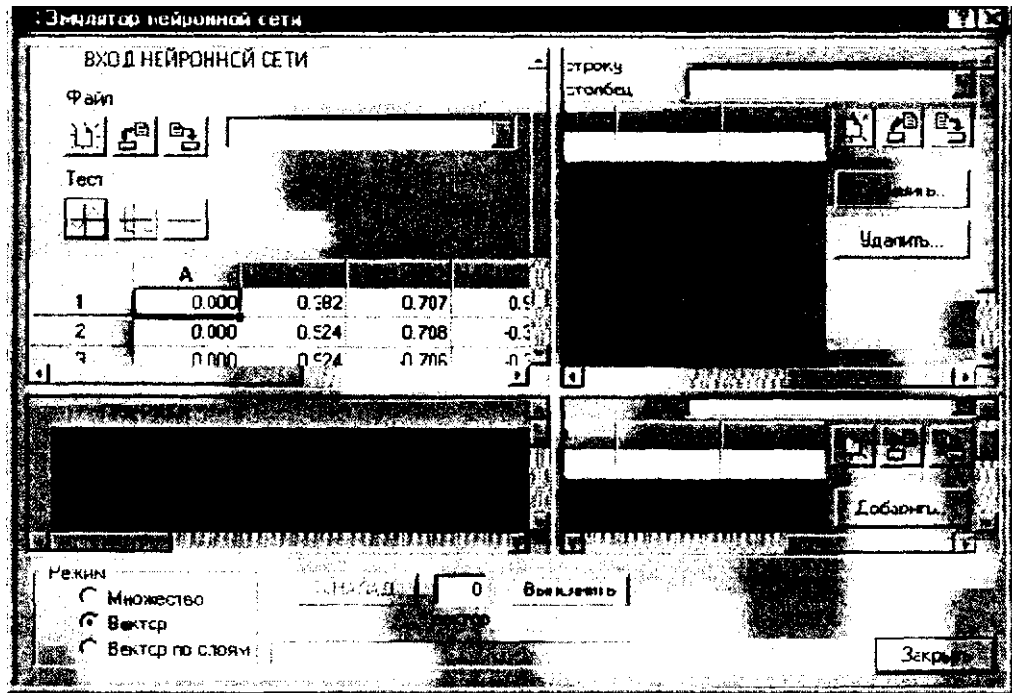
/. 10.14. Емуляція нейрообробки даних

Вікно емулятора надає сервіс по аналізу результатів роботи нейронної мережі.

У цьому діалоговому вікні знаходяться чотири панелі, що позиціонуються. Верхня ліва призначена для роботи з вхідними даними. Конструктивно це електронна таблиця в яку можна завантажити файли CSV-формату (допустимий формат Microsoft Excel). Крім того, вхідними даними можуть бути функції з набору тестових функцій, для вибору тестового набору існують кнопки "Синус" "Радемахер" і "Унарный код". Натиснення на одну з них заповнює таблицю значеннями відповідних функцій. Для синуса і функції Радемахера це будуть гармоніки зростаючої частоти.

Крім того, над таблицею можна виконувати ряд операцій, таких як добавка комірок, рядків або стовпців із зсувом, і відповідно опе-

рації по їх видаленню. Такими ж можливостями володіють таблиці для вихідних даних (розташована у верхньому правому кутку) і таблиця еталонних даних (розташована в нижньому правому кутку). У нижньому лівому кутку розташована панель для графічного подання вхідних і вихідних векторів в режимі емуляції.



Після того, як таблиця вхідних даних заповнена, слід виділити™ дані, які будуть піддані обробці. Виділеною областю вважається дві більше комірок. Якщо область не виділена, то виділеною вважається вся таблиця. Для запуску процесу нейроеммуляції необхідно натиснути кнопку "Выполнить" в нижній частині вікна. При цьому якщо в групі радіокнопок "Режим" вибрана кнопка "Множество", то всі вхідні дані будуть оброблені без візуалізації, а результати поміщені в таблицю вихідних даних. Такий режим зручний, коли користувач не цікавиться графічним представленням результатів, а йому необхідно отримати тільки табличні значення.

При виборі радіокнопки "Вектор" виконується обробка тільки одного вектора з таблиці вхідних даних. Порядковий номер вектора відображається тут же - між кнопками "Выполнить" та "Назад". При цьому результати нейроеммуляції у вихідну таблицю не заносяться, а відображаються тільки в графічному вигляді. Для того, щоб занести

їх у вихідну таблицю необхідно натиснути кнопку "Трафики в таблицю". При цьому, якщо в таблиці вихідних даних є вільний рядок або стовпець (залежно від вибраного режиму вставки), дані вставляються в порожню позицію, якщо ж порожні позиції відсутні, то таблиця автоматично розширюється. При натисненні на кнопку "Назад" в цьому режимі виконується повернення до попереднього вхідного вектора який одночасно відображається в графічному вікні.

Радіокнопка "Вектор по слоям" дозволяє проглянути результат нейрообробки вхідного вектора на черговому нейронному шарі. При натисненні на кнопку "Выполнить" в панелі графіків відображаються вихідний вектор чергового шару. Кнопка "Назад" дозволяє повернутися до вектора попереднього шару.

Графіки автоматично масштабуються при включеному прапорці "Всегда автоподстройка". Діапазон представлення чисел можна збільшити або зменшити вручну за допомогою кнопок "Увеличить" і "Уменьшить" в панелі графіків.

Таблиця "Эталонные данные" у вікні емуляції ніякого смислового навантаження не несе - вона може використовуватися для порівняння результатів нейроеммуляції з еталонними зовнішніми даними.

При виході з вікна емулятора користувачеві пропонується зберегти значення якщо в одній з таблиць були зроблені зміни.

2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1. Побудувати структурну модель нейтронної мережі з ядерною організацією, зображеної на малюнку.

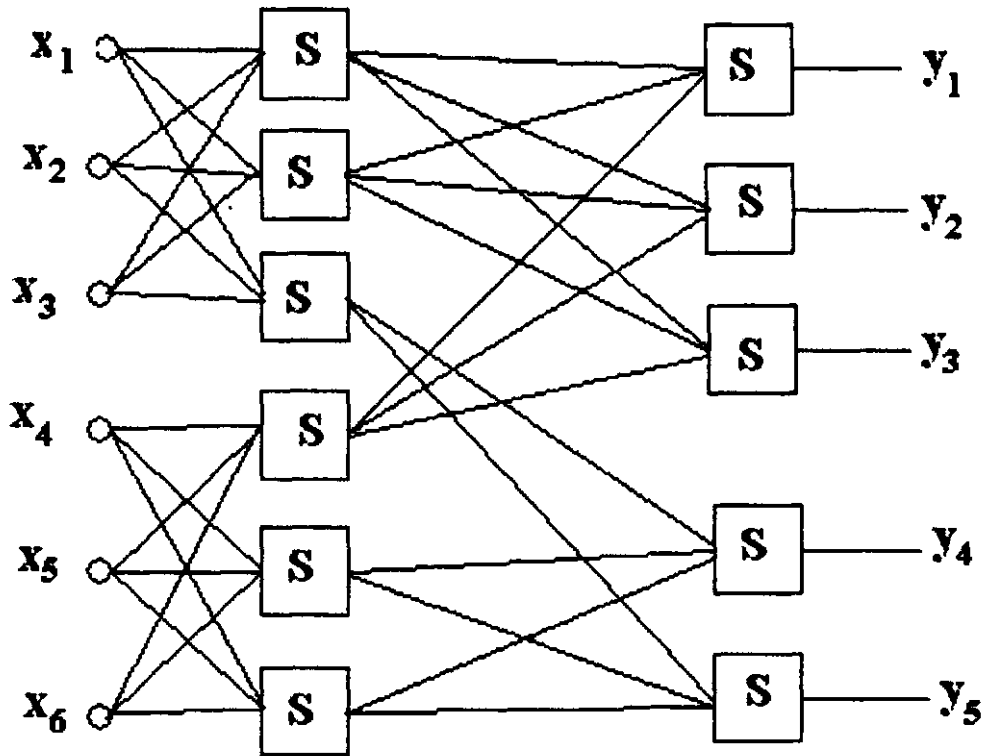
2. Побудувати топологічну матрицю нейтронної мережі.

3. За допомогою програми `Meigo\ie\l/` створити модель даної нейтронної мережі. Занести до протоколу зображення структурної моделі зі структурними характеристиками ядер.

4. За допомогою програми `Meigo\Le\l/` виконати проектування топології нейтронної мережі з заданими викладачем параметрами. Занести до протоколу перестановочні і топологічні матриці мережі.

5. Записати побудовану модель нейтронної мережі у файл на жорсткому диску комп'ютера.

6. Завантажити модель нейронної мережі програму ЧеїгоЕтшл.



7. За допомогою програми МеїгоЕтшл виконати ініціалізацію карти синапсів нейронної мережі за виданим викладачем зразком.

8. За допомогою програми МеїгоЕтшл виконати навчання нейронної мережі за виданими викладачем прикладами.

9. За допомогою програми МеїгоЕтшл виконати емуляцію обробки даних створеною нейронною мережею. Занести до протоколу результати емуляції і зробити висновок про адекватність створеної моделі.

Питання для самостійної роботи.

1. Пояснити, що являє собою штучна нейронна мережа.
2. Назвати і пояснити основні властивості штучних нейронних мереж.
3. Два типи інформаційних задач, їх характеристика і відмінності.

4. Характеристика медичної Інформації і медико-біологічних ін-формаційних задач.

5. Порівняльна характеристика комп'ютерів на основі традицій-ної архітектури фон Неймана і нейронних мереж (біологічних і штуч-них).

6. Що являє собою формальний нейрон?

7. Функція активації нейрона і властивості штучного нейрона.

8. Порівняти властивості штучного і біологічного нейронів.

9. Основні типи задач, для яких застосовуються штучні нейрон-ні мережі. Навести приклади.

10. Застосування штучних нейронних мереж в медицині.

11. Класифікація штучних нейронних мереж.

12. Технічна реалізація штучних нейронних мереж.

13. Основні архітектури нейронних мереж та їх загальна харак-теристика.

14. Пояснити, у чому полягає навчання нейронної мережі.

15. Штучні нейронні мережі прямого поширення.

16. Одношаровий перцептрон. Загальна характеристика.

17. Багатошаровий перцептрон. Загальна характеристика.

18. Три парадигми навчання нейронних мереж, пояснити їх суть.

19. Основні правила навчання нейронних мереж та їх характе-ристика.

20. Описати подання даних для нейронних мереж.

21. У чому полягає перенавчання нейронної мережі?

22. Характеристика імовірнісної нейронної мережі.

23. Нейроїна мережа Кохонена. Архітектура та характери-стика.

24. Пояснити, що собою являє асоціативна пам'ять. Характерне-тика та застосування.

25. Назвати і пояснити основні етапи побудови нейронної ме-режі.

26. Які міркуваннями слід керуватися при виборі типу нейрон-ної мережі для прикладної задачі.

27. Нейронні мережі з ядерною організацією.

ДОКАЗОВА МЕДИЦИНА

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Принципи доказової медицини

Глобалізація інформаційних процесів у всіх сферах знань і, зокрема, в медицині призвела до якісно нових підходів при виборі рішення лікарем, організатором охорони здоров'я і в кінці кінців пацієнтом. Навіть в нових керівництвах часто приводять застарілі відомості, а рекомендації експертів у підручниках і оглядах не підтверджуються доказами. Потік медичної інформації все зростає - у світі видається близько 40000 медико-біологічних журналів, в яких публікується приблизно 2 мільйона статей щорічно. Практичні лікарі та керівники системи охорони здоров'я гостро потребують критичної оцінки інформації.

Виникає проблема - яку медицину обрати: традиційну чи альтернативну, "університетську" чи народну, вітчизняну чи західну. А при прийнятті будь-якого рішення в медицині (лікувального, діагностичного, управлінського) виникає проблема вибору, котрий базується на практиці, досвіді, інтуїції, на логіці наукових уявлень чи на доказах ефективності та безпеки, отриманих в процесі надійних експериментів.

Вирішити ці проблеми може медицина, що базується на доказах (evidence-based medicine), або доказова медицина, яка знаходиться в центрі уваги клініцистів, керівників системи охорони здоров'я, юристів, пацієнтів та громадськості. Доказова медицина передбачає добросовісне, з'ясовне та засноване на здоровому глузді використання найкращих сучасних доказів для лікування кожного пацієнта. Згідно іншого визначення, доказова медицина - це розділ медицини, котрий базується на доказах, що передбачають пошук, порівняння, узагальнення та розповсюдження отриманих доказів для використання в інтересах хворих.

Практика доказової медицини передбачає об'єднання індивідуального клінічного практичного досвіду з найкращими доступними незалежними клінічними доказами, отриманими при систематизованих дослідженнях. Під індивідуальним клінічним практичним досвідом розуміють професіоналізм і судження, котрі були отримані окремим клініцистом засобами його клінічної практики. Під найкращими незалежними клінічними доказами розуміють дані клінічно релевантних досліджень, часто в фундаментальних галузях медицини, які виконано із збереженням валідності та надійності діагностичних тестів (включаючи клінічні обстеження пацієнтів); оцінки адекватності прогностичних маркерів, а також ефективності та безпечності терапевтичних, реабілітаційних та профілактичних заходів. Лікарі використовують як індивідуальний клінічний практичний досвід, так і найкращі доступні клінічні докази, а не тільки щось одне. Без індивідуального практичного клінічного досвіду на прийняття практичних рішень значно впливають докази, отримані хоч і при бездоганно проведених дослідженнях, але які можуть виявитися неадекватними для окремо взятого пацієнта. З іншої сторони, прийняття практичних рішень, не беручи до уваги незалежні практичні рішення, можуть також нанести шкоду пацієнту.

1.2. Визначення доказовості

Лікар, який використовує у своїй практичній роботі принципи доказової медицини, завжди зіставляє індивідуальні клінічні знання й власний досвід з доказами ефективності методів лікування і лікарських засобів, отриманими іншими клініцистами в системних дослідженнях, і сумлінно, точно й осмислено використовує кращі результати для вибору плану лікування конкретного хворого.

Методологічною основою доказової медицини є системні дослідження. Системні дослідження - це науково обґрунтовані, добре організовані клінічні дослідження з визначенням кінцевих "точок" - смерті, розвитку ускладнень.

Стандартом якості наукових досліджень по ефективності лікування є рандомізовані контрольовані клінічні випробування.

Усі рандомізовані клінічні випробування (РКВ) базуються на су часному рівні:

- клінічних уявлень з діагностики захворювань і фундаментальна досліджень з їхнього патогенезу;
- експериментальних досліджень з вивчення фармакологічних властивостей і механізмів дії препаратів.

Контрольоване дослідження передбачає строгий добір хворих за критеріями "включення / не включення" відповідно до протоколу дослідження.

Рандомізація (англ. random - випадково, навмання) - випадковий, тобто незалежний від бажання лікаря-дослідника і хворого поділ пацієнтів на експериментальну і контрольну групи. Ціль рандомізації - уникнути селекції хворих і створити умови для порівняння ефекту лікарського препарату з плацебо або іншим лікарським препаратом.

Подвійний сліпий метод - дослідження, коли ні лікар, ні хворий не знають, який препарат приймає пацієнт згідно рандомізації.

Простий (одиначний) сліпий метод - лише хворий не інформований про препарат, а лікар знає, які ліки приймає його пацієнт.

Відкрите дослідження - і лікареві, і хворому відомо, яким препаратом здійснюється лікування.

Клінічні дослідження повинні бути контрольованими, рандомізованими і найчастіше подвійними сліпими, оскільки вони є найбільш надійними. Ці масштабні, нерідко міжнародні, дослідження побудовані на певних жорстких принципах, послідовність яких відслідковується на протязі всього дослідження.

1. На етапі планування дослідження:

- формулюються чіткі наукові питання, наприклад:
 - Чи відрізняється ефективність методу лікування, що вивчається, від плацебо або пустишки (плацебо-контрольовані дослідження).
 - Чи відрізняється ефективність методу лікування, що вивчається від раніше існуючого (порівняльні дослідження).
 - Наскільки безпечний метод діагностики або лікування.
 - Наскільки метод діагностики ефективний і точний у визначенні ознаки, що вивчається.

- чітко прописується план майбутнього дослідження. "Золотий стандарт" для дослідження нового методу лікування, без чого в розвинених країнах (США та Західної Європи) ні один препарат не потрапляє на ринок, є подвійне сліпе плацебо-контрольоване клінічне дослідження. Таке дослідження дозволяє отримати результати, котрі можуть трактуватися тільки в одному напрямі, без "розходжень", тобто трактування результатів не залежить від переваг (або користі) дослідження.
- дослідники отримують згоду етичного комітету. Суть цього полягає в тому, щоб наукові дослідження ні в якому разі не порушували інтереси людей, які в них приймають участь. Пацієнти не повинні бути залишені без найбільш ефективних із відомих засобів. Засіб, що випробовується не повинен бути токсичним, канцерогенним, викликати небажані реакції та ефекти, котрі погіршують здоров'я пацієнта і т.д.

2. Після того, як дослідження сплановано і ухвалено, починається його безпосереднє проведення. В проведенні таких досліджень, як правило, беруть участь десятки медичних центрів з різних країн, діяльність яких чітко контролюється незалежними комісіями. Порушення правил, встановлених на етапі планування, може сильно дискредитувати лікувальний заклад, тому працівники закладу дотримуються цих правил. Кількість пацієнтів, що беруть участь у дослідженні, може становити від декількох десятків до мільйона.

3. Отримані результати піддаються ретельній математико-статистичній обробці та аналізу, що дозволяє виявити та оцінити достовірність отриманих розбіжностей.

4. Висновки та рекомендації для лікарів та пацієнтів, а також впровадження в стандарти надання медичної допомоги відбувається лише на основі достовірних і перевірених результатів дослідження. Стандарти надання медичної допомоги створюються погоджувальними комісіями ті комітетами експертів на основі цих достовірних досліджень

Таким чином, сучасні дослідження найвищого рівня доказовості здатні продукувати надійні факти, котрі вкладаються в основу клінічної практики. Вони створюють фундамент доказової медицини, котра на відміну від емпіричної, дозволяє здійснювати діагностику та

лікування з найвищою ефективністю та безпечністю і найменшими витратами.

1.3. Аспекти доказової медицини

Позитивний вплив доказової медицини слід розглядати з точки зору наступних аспектів.

Медичний та етичний аспект. Лікарі призначають тільки ті діагностичні процедури, що дають реальну інформацію про стан пацієнта, не наносять шкоди здоров'ю і дозволяють підібрати найефективне лікування. Лікарі призначають тільки ті методи лікування, що раніше довели свою ефективність у коректних дослідженнях на тисячах подібних пацієнтів. Пацієнт інформований про те, що з ним відбувається, бере участь у прийнятті рішень щодо свого здоров'я і може завжди перевірити правильність призначень. Доказова медицина робить спілкування лікаря і хворого чесним, відкритим і прозорим.

Економічний аспект. Оплата медичних послуг може здійснюватися з різних джерел:

- державний бюджет;
- фонди обов'язкового або добровільного медичного страхування;
- особисті кошти громадян.

Ці чотири джерела поєднує, насамперед, небажання платити за зайве обстеження і необгрунтоване і неефективне лікування. З іншого боку, бажання одержати максимальний ефект від тих коштів, що витрачаються. Доказова медицина перешкоджає витраті зайвих коштів і допомагає використовувати їх ефективно.

Юридичний аспект. У громадян, страхових компаній, держави, громадських організацій є єдиний інструмент у вигляді стандартів надання максимально адекватних медичних послуг. Доказова медицина дозволяє контролювати будь-яку діяльність у сфері медицини.

Освітній аспект. Всебічне використання стандартів доказової медицини дозволило б ефективно і професійно навчати медичні кадри і вчасно підвищувати їхню кваліфікацію. При цьому не буде настільки різючих відмінностей між дипломами і сертифікатами, отриманими в різних медичних установах і, відповідно, у кваліфікації лікарів. Доказова медицина дозволяє лікувати хворих відповідно з єдиними

найбільш ефективними підходами, при цьому самі лікарі краще розуміють один одного.

1.4. Умови ефективного функціонування доказової медицини

Впровадження принципів доказової медицини у практичну діяльність лікаря вимагає:

- проведення наукових досліджень з високим рівнем доказовості;
- наявність наукових журналів так званого "високого рівня цитування", у яких публікують роботи лише високої наукової значущості;
- лікарів, які знають, що, в яких журналах і як потрібно читати;
- можливості застосування знань на практиці;
- потреба самих пацієнтів у реалізації принципів доказової медицини;
- зацікавленості держави у розповсюдженні достовірних наукових знань серед лікарів, фармакологів та пацієнтів;
- зацікавленості лікарів у розповсюдженні доказової медицини, що виражається у створення потужних лікарських асоціацій, які займаються створенням стандартів медичної допомоги та контролюють їх виконання.

1.5. Робота за принципами доказової медицини

Робота в доказовій медицині складається з чотирьох основних етапів:

- Формулювання чіткої клінічної проблеми, виходячи зі специфіки пацієнта.
- Пошук літератури з поставленої проблеми.
- Оцінка (критичний підхід) досліджень на предмет валідності та корисності.
- Застосування корисних знахідок у клінічній практиці.

Відповідь на поставлену проблему можна знайти в монографіях, журналах, збірниках праць, тезисах, загальнонаукових та науково популярних виданнях, базах даних, електронних публікаціях.

Монографія - одне з основних джерел інформації, але швидко застаріває і не надає інформації про повноцінні обґрунтовані дії. Можливо використовувати для пошуку бібліографічних вказівників.

Журнали - основне джерело первинної наукової інформації, відображають сучасні тенденції в науці та практиці, але мають часте вузькоспеціалізовану тематику. Відсутність великої кількості міждисциплінарних журналів.

Медичні журнали необхідно читати для того, щоб бути в курсі своєї професійної області; знати, як працюють з хворими кваліфіковані спеціалісти, як використовувати методи діагностики та клінічні особливості і протікання захворювання; розуміти етіологію та патогенез хвороб; відрізнити корисне лікування від марного та шкідливого втручання; орієнтуватися в повідомленнях про необхідність, користь, вигоду та економічність методів лікування і профілактики.

Систематичні огляди - традиційні описові огляди, які часто містять зсунені оцінки кінцевих результатів через неможливість прийняття наукового підходу. Альтернативним підходом, який набуває все більшої популярності, є складання систематичних оглядів, що включають відповідне статистичне узагальнення фактів (мета-аналіз). Основана на доказах клінічна медицина залежить від доступності якісних узагальнень, які можуть бути отримані з ретельно складених систематичних оглядів.

У систематичних оглядах збираються, критично оцінюються й узагальнюються результати первинних досліджень по визначеній темі або проблемі. При підготовці систематичних оглядів використовуються підходи, що зменшують можливість систематичних і випадкових помилок. Систематичні огляди допомагають лікарям бути в курсі сучасної інформації, незважаючи на величезну кількість медичних публікацій, можуть допомогти обґрунтувати клінічні рішення результатами досліджень, хоча самі по собі вони не дозволяють приймати рішення і не замінюють клінічного досвіду.

Перевагами систематичних оглядів - сумарно достовірний результат, виявлення проблем індивідуальної чутливості та утворення колаборативних інформаційних мереж і розширення професійного спілкування.

1.6. Співставлений доказів. Мета-аналіз.

Традиційний описовий аналіз медичної інформації часто призводить до її викривлення. Альтернативним підходом, котрий набуває все більшої популярності, є систематизований аналіз із статистичним узагальненням даних (мета-аналіз).

Мета-аналіз включає визначення основної цілі аналізу, вибір способів оцінки результатів, систематизований пошук інформації, узагальнення кількісної інформації, аналіз її за допомогою статистичних методів, інтерпретація результатів.

Пошук інформації для мета-аналізу вимагає досвіду. При відсутності систематизованого підходу багато важливих досліджень можуть бути не врахованими. Навіть при ретельному комп'ютерному пошуку не завжди вдається виявити потрібні дослідження через погане індексування. З цієї причини комп'ютерний відбір потрібно доповнювати "ручним" пошуком досліджень, вивченням **списків літератури** в статтях і запитами дослідників і виробників лікарських препаратів, що працюють у відповідній сфері.

Найвищий рівень достовірності забезпечують рандомізовані контрольовані дослідження, але в певних умовах, наприклад, при аналізі небажаних ефектів більш інформативними є ретроспективні (випадок-контроль) або проспективні дослідження, тобто дослідження-спостереження. Проте, багато аналітиків вважає, що в якості доказів можна використовувати лише результати рандомізованих контрольованих досліджень.

При узагальненні даних обов'язковою є критична оцінка досліджень, що порівнюються. Іноді узагальнення результатів виявляється неможливим через малу чисельності досліджень, їх неспівставленість одне з одним або подібного викладу. В деяких випадках окремі досить надійні випробування можуть якісно відрізнитися від багатьох інших, що не дозволяє об'єднати їхні результати для статистичного аналізу. В цьому випадку альтернативою мета-аналізу може бути "синтез найкращого доказу", котрий використовується при відсутності надійних досліджень. В таких випадках проводять ретельний аналіз доступних досліджень та визначають, чи достатньо неусувної інформації для висновків. Далі висновки повинні бути перевірені в рандомізованому контрольованому дослідженні.

При наявності достатньо однорідних досліджень їх статистичне об'єднання виправдане і дозволяє більш об'єктивно оцінити ефект. Статистичні методи об'єднання даних багато чисельні та різноманітні, а їхній вибір залежить від характеристик доступних показників. Існують методи об'єднання даних про виживання, залежності доза-ефект, інформативність діагностичних тестів.

Мета-аналіз проводять для того, щоб узагальнити існуючу інформацію і розповсюдити її в зрозумілому для читачів вигляді.

1.6.1. Види мета-аналізу

Кумулятивний мета-аналіз дозволяє побудувати кумулятивну криву накопичення оцінок при отриманні нових даних.

Проспективний мета-аналіз - спроба розробки мета-аналізу досліджень, що плануються. Такий підхід може виявитися прийнятним в галузях медицини, де вже існує мережа обміну інформацією та спільних програм.

На практиці замість проспективного мета-аналізу часто застосовують проспективно-ретроспективний мета-аналіз, об'єднуючи нові результати з раніше опублікованими.

Мета-аналіз індивідуальних даних базується на вивченні результатів лікування окремих хворих. Найближчим часом мета-аналіз індивідуальних даних, скоріше за все, буде обмежуватися вивченням основних захворювань, лікування яких вимагає масштабних централізованих капіталовкладень.

1.6.2. Переваги мета-аналізу

Мета-аналіз дозволяє узагальнити інформацію, отриману з різних джерел, науково обґрунтованим і відтвореним способом, що дає ряд переваг. У тому числі, об'єднання досліджень, дані яких статистично недостовірні, може забезпечити достовірний сумарний результат. При узагальненні може проявитися неоднорідність результатів, вивчення причин яких дозволяє виявити інші клінічні проблеми. Наприклад, ефективність методу лікування залежить від індивідуальних особливостей організму. Відповідно, можна прогно-

зувати результати терапії в окремих групах хворих при наявності у них цих особливостей і перевірити цю гіпотезу в майбутніх дослідженнях. Під час мета-аналізу автори постійно спілкуються зі своїми колегами, котрі проводили дослідження, для з'ясування тих чи інших аспектів опублікованих ними повідомлень або пошуку інших досліджень. В результаті формуються інформаційні мережі, котрі в майбутньому полегшать проведення індивідуального і перспективного мета-аналізу.

1.6.3. Проблеми мета-аналізу

Зсув оцінки. Існує декілька причин зсуву оцінок при мета-аналізі. В тому числі, він пов'язан з прагненнями авторів публікувати позитивні, а не негативні результати. Запропонований статистичний метод, що дозволяє виявити подібний зсув та виправити його при аналізі. Більше того, при аналізі чутливості сумарної оцінки прийнято враховувати кількість досліджень з негативним результатом (індекс надійності), котрі були би потрібні для попередження будь-якого позитивного результату, що спостерігається. Іншими можливими причинами зсуву можуть бути:

- незакінченість інформаційного пошуку;
- невдалі критерії відбору джерел;
- невдалий виклад в оригінальних повідомленнях.

При традиційному описовому аналізі причин для помилок значно більше.

Об'єднання різнорідних досліджень. Критики мета-аналізу вважають, що в ньому "яблука змішуються з апельсинами", а інтерпретація результатів неможлива. Проте грамотно виконаний мета-аналіз далекий від подібних критичних зауважень, оскільки передбачає наявність строгих критеріїв відбору досліджень та ретельний аналіз наявної неоднорідності.

Включення неопублікованих даних. При мета-аналізі автори намагаються виявити всі дослідження в певній області - опубліковані або неопубліковані. Останні можуть бути методологічно слабкими, проте ретельна оцінка якості досліджень перед включенням їх в мета-аналіз усуває цей недолік.

"Золотий стандарт". Таким стандартом зазвичай вважають добре проведене клінічне дослідження, що має адекватний дизайн та розмір обробки. При наявності декількох схожих досліджень мета-аналіз дозволяє отримати беззаперечні факти. Проблеми виникають при розбіжності результатів одного масштабного та декількох невеликих досліджень. Причини розбіжності необхідно з'ясувати, не піддаючись спокусі орієнтуватися на результати масштабного дослідження. Ретельність необхідна навіть при використанні "золотого стандарту". Не існує загального "золотого стандарту", може бути тільки специфічний.

Оцінка якості. Запропоновано різні методи оцінки окремих досліджень. Деякі з них виключно складні і передбачають використання більше 30 критеріїв, що робить неоднозначною корисність таких методів. Рекомендують перевіряти залежність оцінки результатів мета-аналізу від якості дослідження. При наявності будь-якої залежності необхідна її інтерпретація.

/ . 7. Кокранівське співробітництво

У своїй програмній книзі відомий англійський епідеміолог Арчі Кокран звернув увагу на те, що суспільство перебуває в темряві відносно істинної ефективності лікарських втручань (1972р.). Прийняття рішень на основі достовірної інформації неможливе у зв'язку з недоступністю узагальнених даних про ефективність лікарських втручань. А.Кокран писав: "Соромно, що медики до цього часу не створили системи аналітичного узагальнення всіх актуальних рандомізованих клінічних випробувань зі всіх дисциплін та спеціальностей з періодичним оновленням оглядів" (1979р.).

В 1987 році Кокран видав перший систематичний огляд РКВ, присвячений питанням вагітності та перинатального періоду, і запропонував лікарям інших спеціальностей скористатися цим досвідом. Він підкреслював, що наукові медичні огляди потрібно створювати на основі систематизованого збору та аналізу фактів, а потім регулярно поповнювати їх новими.

Без цього не можливо судити про переваги або недоліки того чи іншого методу втручання, оперативно приймати рішення та під-

тримувати якість медичної допомоги на гідному рівні. Крім того, без систематично оновлюючих оглядів наукових досліджень важко планувати нові. Дослідники та організації, що їх фінансують, часто не звертають уваги на перспективні теми.

Мрія Арчі Кокрана про систематичні оновлюючі огляди, які б охоплювали всі актуальні випробування лікарських втручань, втілювалася в Кокранівському Співробітництві - міжнародній організації, мета якої - пошук, узагальнення найдостовірнішої інформації про результати лікарських втручань. Як і пропонував А.Кокран, методологію складання і оновлення оглядів контрольованих випробувань в акушерстві та перинатології було взято до уваги Програмою наукових досліджень та розвитку Національної служби охорони здоров'я Великобританії. Було виділено кошти для організації Кокранівського центру з метою координації її зусиль, як у Великобританії, так і за її межами, а також для створення і оновлення систематичних оглядів зі всіх областей медицини.

1.7.1. Принципи Кокранівського Співробітництва

За роки, що пройшли з моменту створення, Кокранівське Співробітництво пережило значних змін, не відступивши при цьому від проголошених завдань та принципів. Головне завдання цієї міжнародної організації - створення, оновлення та розповсюдження систематичних оглядів результатів лікарських втручань, які повинні полегшити зацікавленим особам у прийнятті рішення в різних областях медицини.

Кокранівське Співробітництво базується на восьми принципах:

- дух співробітництва;
- ентузіазм учасників;
- відсутність дублювання в роботі;
- мінімізація упереджень та систематичних помилок;
- постійне оновлення даних;
- актуальність оглядів;
- доступність оглядів;
- постійне підвищення якості роботи.

1.7.2. Проблемні групи зі створення систематичних оглядів

Систематичні огляди - головний результат діяльності Кокранівського Співробітництва - регулярно публікуються в електронному вигляді під назвою "Cochrane Database of Systematic Reviews" (Кокранівська база даних систематичних оглядів). Складанням та оновленням Кокранівських оглядів займаються міжнародні проблемні групи. В роботі групи приймають участь дослідники, лікарі, представники організації споживачів - всі, хто зацікавлений в отриманні надійної, сучасної й актуальної інформації у сфері профілактики, лікування та реабілітації при різних захворюваннях (рис. 1).



Рис. 1.

В оглядах висвітлені найрізноманітніші питання, наприклад, як скласти систематичний огляд (рис. 2).

Кожна проблемна група повинна представити план роботи, який складається за участю співробітників одного чи декількох Кокранівських центрів, відповідальних за координацію підрозділів Кокранівського Співробітництва, обговорюється на попередніх нарадах проблемної групи, в якій приймають участь всі бажаючі. В плані визначена сфера інтересів групи і відповідні теми оглядів, вказані особи, відповідальні за загальний напрям, координацію та контроль

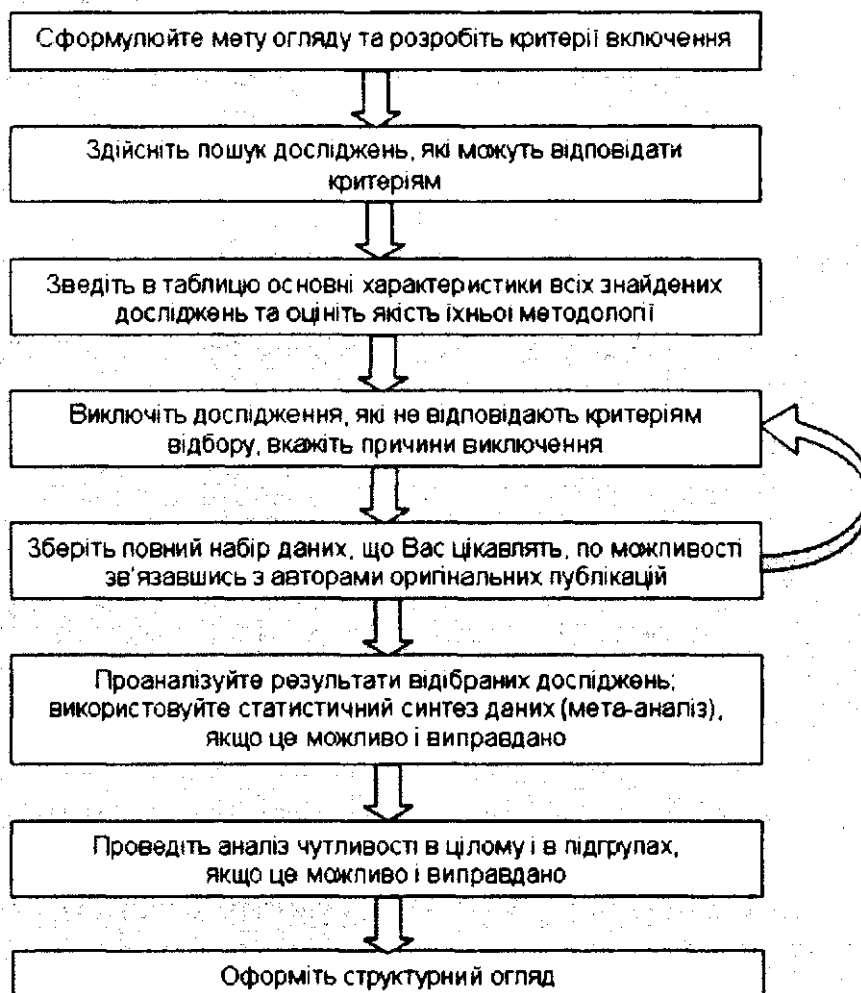


Рис. 2.

роботи групи (редактор-координатор і його помічники). Описані методи створення спеціалізованого реєстру публікацій, який повинен включати максимальну кількість досліджень, що відповідають спеціалізації групи; розподілені обов'язки між користувачами реєстру зі створення та оновлення окремих оглядів. Кожна група призначає адміністратора, відповідального за поточну роботу, який працює разом к редактором-координатором.

Кокранівське Співробітництво готує навчальні матеріали для членів проблемних груп, а Кокранівські центри і, в окремих випадках, самі проблемні групи проводять семінари. В процесі навчання осіб, які беруть участь в проведенні Кокранівських оглядів, по мож-

ливості використовують приклади реально проведених досліджень. Розробкою засобів критичної оцінки та узагальнення публікацій займаються Кокранівські робочі групи з методології оглядів.

1.7.3. Кокранівські робочі групи з методології оглядів

В процесі складання оглядів застосовують спеціальні методи компіляції, оцінки та узагальнення результатів дослідження. Ці методи розробляють у Кокранівських робочих групах з методології оглядів, мета яких полягає у підтримці гідного рівні доказовості та точності систематичних оглядів. Наприклад, в одній з методологічних груп була розроблена високоефективна уніфікована стратегія ручного пошуку публікацій в журналах, яка використовується проблемними групами зі складання оглядів. Зусиллями методологів з різних робочих груп створена і постійно удосконалюється комп'ютерна програма Review Manager (RevMan) для планування, підготовки, аналізу та представлення результатів систематичних оглядів.

1.7.4. Кокранівські спеціалізовані групи

Спеціалізовані групи - це Кокранівські підрозділи, об'єднанні не за нозологічними (юрмами, а за такими аспектами медицини, як умови надання медичної допомоги (наприклад, до госпітальної), надання допомоги певним групам хворих (наприклад, пенсійного віку), різні рівні медичної допомоги (наприклад, сестринський догляд) або за певним типом втручань (наприклад, з фізіотерапії).

Співробітники спеціалізованих груп займаються ручним пошуком публікацій в спеціалізованих журналах, слідкуючи за тим, щоб основні проблеми та перспективи розвитку їхньої спеціалізації були враховані при складанні систематичних оглядів. Крім того, вони формують спеціалізовані бази даних оглядів з відповідних спеціалізацій, взаємодіють з іншими організаціями, готують коментарі до систематичних оглядів зі своєї спеціалізації.

1.7.5. Кокранівські центри

Діяльність перерахованих підрозділів Кокранівського Співробітництва підтримується Кокранівськими центрами. Конкретний профіль кожного центру визначається інтересами його учасників та рівнем фінансування, але вони всі повинні допомагати координувати зусилля та надавати підтримку Кокранівському Співробітництву.

Кокранівські центри повинні:

- вести облік учасників організації, що містить інформацію про розподіл обов'язків та професійних інтересів;
- надавати допомогу у формуванні проблемних груп зі складання систематичних оглядів, налагоджувати міжнародні контакти за спеціалізаціями, брати участь в обговоренні та організаційних нарадах, допомагати організовувати та проводити семінари та інші заходи, які сприяють ефективному співробітництву;
- координувати у своєму регіоні діяльність учасників, які здійснюють ручний пошук публікацій у загально-медичних та спеціальних виданнях, допомагати проблемним групам зі складання оглядів у пошуці публікацій на національній мові центру;
- координувати роботу Співпраці зі складання та поповненню міжнародного реєстру закінчених РКВ та тих, що тривають, тим самим полегшуючи авторам збір первинної інформації;
- допомагати систематизувати матеріали, полегшуючи підготовку та оновлення систематичних оглядів, розповсюджуючи Кокранівські рекомендації та програмне забезпечення;
- розповсюджувати інформацію серед населення, в медичних організаціях і серед споживачів їхніх послуг, політиків, представників преси проте, як можна використовувати Кокранівські огляди;
- організовувати конференції, семінари та колоквиуми з метою підтримки й розвитку Кокранівського Співробітництва.

Кокранівські центри безпосередньо не займаються складанням та оновленням систематичних оглядів. Ці задачі входять до компетенції проблемних груп, які також складають і підтримують реєстри вже підготовлених та запланованих систематичних оглядів. Таким чином вдається уникнути дублювання обов'язків та оптимізувати взаємодію різних підрозділів організації.

1.7.6. Кокранівська мережа споживачів

Споживачі медичних послуг приймають участь у роботі більшості підрозділів організації. Здійснення зворотного зв'язку проблемних груп, спеціалізованих груп і Кокранівських центрів з споживачами медичних послуг вважається найголовнішим завданням Кокранівського Співробітництва.

Інтереси споживачів у Кокранівському Співробітництві представлені в Кокранівській мережі споживачів, яка була організована, виходячи з представлення про важливість співробітництва між споживачами медичних послуг та всіма підрозділами організації.

Завданням Кокранівської мережі споживачів є:

- нагляд за діяльністю Співробітництва;
- забезпечення обміну інформацією між споживачами медичних послуг, які приймають участь у роботі Кокранівського Співробітництва;
- залучення споживачів медичних послуг до всіх видів діяльності організації;
- укріплення зв'язків між групами споживачів у різних країнах;
- залучення нових споживачів до участі в Кокранівському Співробітництві та використовувати результати його роботи.

Членство у Кокранівській мережі споживачів добровільне і, як і у всіх підрозділах організації, безкоштовне.

1.7.7. Кокранівська електронна бібліотека

Для забезпечення єдиної методологічної основи та єдиного електронного формату Кокранівських оглядів, розроблено спеціальне програмне забезпечення. Програма RevMan використовується при укладанні та оновленні оглядів. Програма Module Manager (ModMan) дозволяє редакційній команді проблемної групи готувати інформаційні блоки, куди входять закінчені огляди та протоколи оглядів, складені учасниками цієї групи. До інформаційного блоку також включають дані про саму проблемну групу, наприклад, її спеціалізація та стратегія, що використовується для поповнення та оновлення спеціалізованого реєстру досліджень. Цей реєстр поповнюється самими учасниками групи, а також інформацією, яка поступає з центрального Кокранівського реєстру контрольованих ви-

пробувань. Останній, в свою чергу, також поповнюється учасниками проблемних груп (рис. 3).

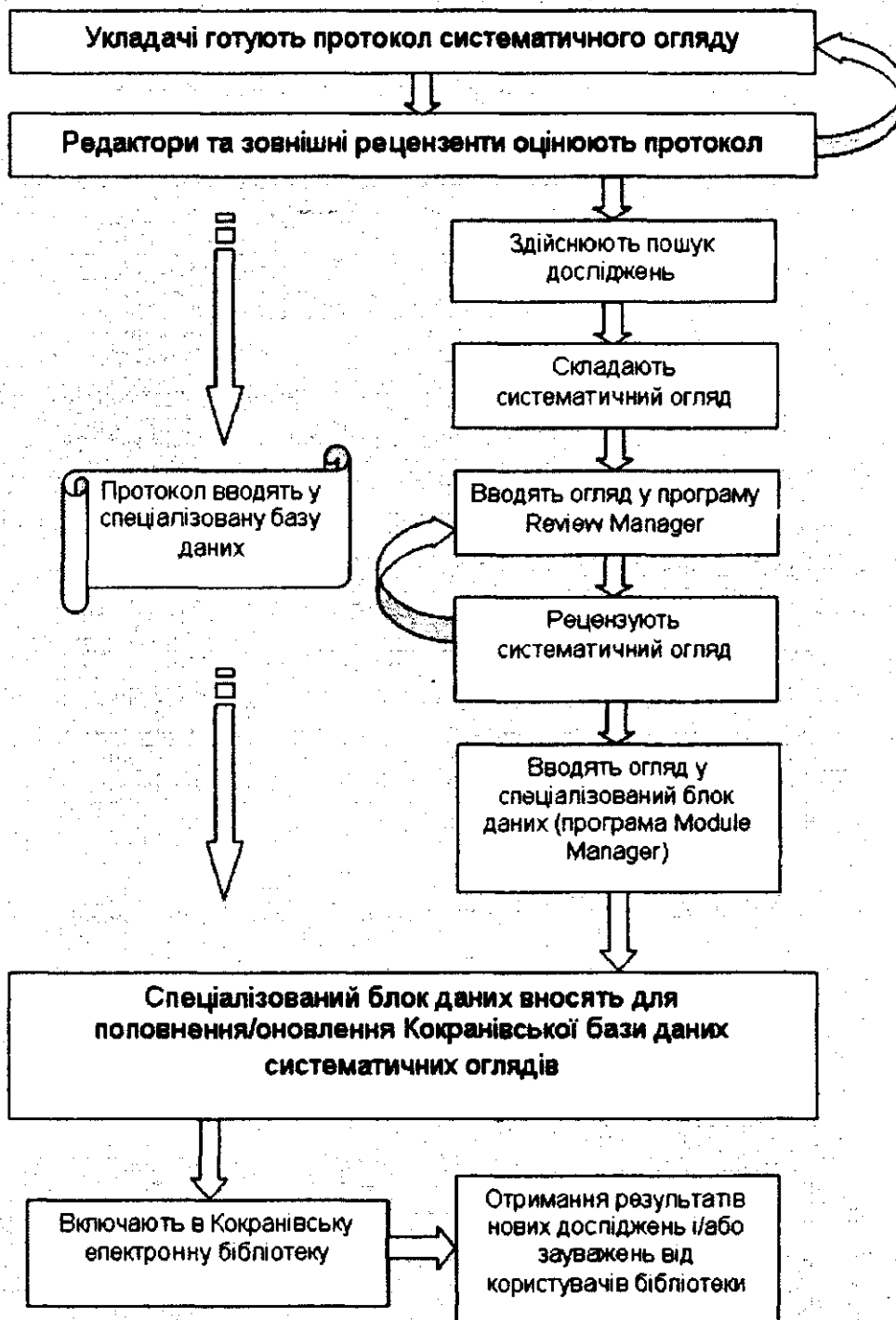


Рис. 3.

Ці інформаційні блоки, а також інформація, отримана від решти підрозділів Співробітництва (центрів, спеціалізованих груп, робочих груп з методологи оглядів і Кокранівської мережі споживачів), регулярно пересилаються до головної бази даних Кокранівського Співробітництва. Саме з цієї, неперервно обновлюваної бази даних, відбираються Кокранівські огляди й інформація про діяльність Кокранівської Асоціації для публікації в Кокранівській електронній бібліотеці.

Кокранівська електронна бібліотека складається з чотирьох окремих баз даних. Кокранівська база даних систематичних оглядів містить кінцеві огляди та протоколи оглядів, що готуються. Кокранівський реєстр контрольованих випробувань являє собою бібліографічну базу даних всіх виявлених публікацій контрольованих випробувань. Реферативна база даних оглядів з ефективності медичних втручань містить структуровані реферати тих систематичних оглядів, які пройшли критичну оцінку співробітниками Йоркського Центру з складання та розповсюдження оглядів (Великобританія). Кокранівська база даних з методології оглядів представляє собою бібліографію статей, присвячених методам синтезу та аналізу результатів клінічних досліджень. В Кокранівську електронну бібліотеку також включені: навчальні посібники з методології складання систематичних оглядів, словник методологічних та специфічних термінів, прийнятих в організації, адреси проблемних груп й інших підрозділів Кокранівського Співробітництва.

1.7.8. Кокранівська база даних систематичних оглядів

Ніхто не володіє ексклюзивними авторськими правами на систематичні огляди, що містяться в Кокранівській електронній бібліотеці. Це дозволяє авторам забезпечити максимально широке розповсюдження результатів своєї роботи.

Кожний огляд, розміщений в базі даних, складається з:

- титульного листа, на якому вказані назва огляду, бібліографічний опис, імена всіх авторів й адреса першого автора, редакційна команда проблемної групи, до якої належать всі автори, джерела фінансування огляду;
- реферату;

- структурованого тексту огляду (вступ, мета дослідження, матеріали та методи, результати та їх обговорення);
- обговорення результатів аналізу;
- висновки про значення для практичної медицини та подальших досліджень;
- повного бібліографічного списку включених в огляд досліджень і тих робіт, які були виключені (з вказаною причиною);
- звідних таблиць з характеристикою кожного включеного дослідження та оцінкою якості їх методології;
- звідних таблиць з результатами огляду, включаючи результати мета-аналізу (коли це можливо і доречно).

Електронний формат Кокранівської бібліотеки має очевидні переваги як з точки зору пошуку та розповсюдження інформації, так і її поповнення, оновлення та виправлення помилок, Кокранівська бібліотека розповсюджується на дискетах, компакт-дисках та через Інтернет. Крім того, планується розповсюджувати спеціалізовані бази даних меншого об'єму, що є фрагментами основної бази (рис. 4).

**Кокранівська база систематичних оглядів
(у складі Кокранівської електронної бібліотеки)**



РИС. 4.

Дуже важливо створити ефективний механізм обліку критичних зауважень для внесення виправлень в систематичні огляди. Можливості критичної оцінки оглядів перед їх публікацією в друкарні обмежені кількістю та компетентністю рецензентів, яких вибирає

редактор. В Кокранівській електронній бібліотеці введена система, що дозволяє в кожному наступному огляді вносити поправки, які враховують не лише нові дані, але й корисні критичні зауваження. При цьому в базі даних будуть зберігатися всі версії огляду разом з критичними зауваженнями.

1.7.9. Кокранівський реєстр контрольованих випробувань

Кокранівський реєстр контрольованих випробувань - це бібліографічна база даних публікацій контрольованих випробувань, виявлених учасниками Кокранівської Асоціації та іншими організаціями. Процес створення бази відображає зусилля, які здійснюються у міжнародному масштабі з систематичного вивчення всіх журналів й інших медичних видань у всьому світі для створення універсального і неупередженого джерела даних для систематичних оглядів. Оскільки жодну із існуючих бібліографічних баз даних не можна вважати повною, проект здійснюється спільно з Національною медичною бібліотекою США (PubMed) та видавництвом Reed Elsevier, Амстердам, Нідерланди (яке випускає Embase).

1.7.10. Прийняття оптимальних рішень в охороні здоров'я

Прийняття оптимальних рішень в охороні здоров'я не може базуватися виключно на результатах ретельно складених оглядах. Кокранівська Співробітництво прямує до максимально широкого розповсюдження результатів своєї роботи. Та все ж таки, надійна інформація про ефективність тих чи інших медичних втручань необхідна, але не достатня для прийняття оптимальних рішень (рис. 5).

Оптимальні рішення повинні призводити до підвищення якості надання медичної допомоги, тому особливо важливі дієві механізми їх реалізації. Необхідно заохочувати застосування ефективних методів лікування та відмовлятися від марних і шкідливих. Методи лікування, ефективність яких точно не встановлено, слід використовувати, по можливості, тільки в дослідницьких цілях, поки до кінця не з'ясується їхня цінність.

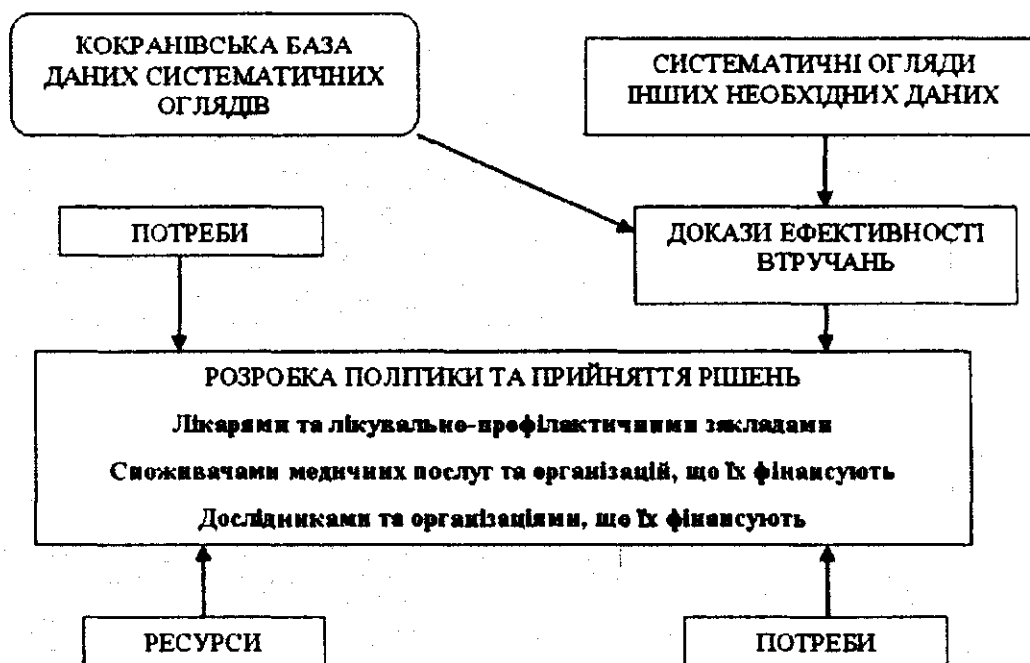


Рис. 5. Систематичні, постійно оновлювані огляди досліджень медичних втручань

Для забезпечення гідного рівня медичної допомоги, всім, хто приймає участь у прийнятті відповідних рішень - від міністра охорони здоров'я до лікарів, - слід враховувати як потреби хворих, так і пріоритети та ресурси всієї системи охорони здоров'я. Так, лікар, приймаючи рішення, повинен в кожному конкретному випадку співвідносити результати систематичних оглядів зі своїми навичками та досвідом роботи.

Співробітництво лікаря та пацієнта, досвід кожного з них допоможе більш точно встановити причину захворювання, зрозуміти переживання, права та врахувати побажання кожного хворого.

/ . 7. / . Тенденції розвитку Кокранівського Співробітництва

Більшість досягнень Кокранівського Співробітництва базується на добровільному вкладі учасників, які жертвували і продовжують жертвувати своїм часом та енергією. В інших випадках учасники отримують фінансування, розміри якого різні і залежать від країни та організацій, що здійснюють підтримку.

Кокранівська Співробітництво вибирає Керуючу групу, яка очолює роботу і визначає стратегію розвитку організації. Розроблено генеральний план розвитку Кокранівського Співробітництва за яким визначено чотири основні задачі:

- створити високоякісні систематичні огляди, що стосуються широкого спектру медичних питань;
- забезпечити максимально широкий доступ до цих оглядів;
- досягти стабільного фінансування;
- розробити ефективну та чітку структуру організації й систему її управління.

Ключовий момент стратегії Кокранівського Співробітництва - розвиток партнерських відносин з відповідними організаціями на регіональному, державному та міжнародному рівнях. Є багато прикладів такого партнерства. Це і спільна робота над систематичними оглядами проблемних груп, широкомасштабна кооперація на національному рівні між Кокранівськими центрами та укладачами практичних рекомендацій. Програма Європейської комісії "Biomed 2" фінансувала проект, у якому Кокранівські центри Австралії та Канади спільно організували переклад Кокранівських матеріалів з англійської на інші мови, підготовку інструкторів із складання оглядів, а також допомогли в організації нових проблемних груп і центрів Кокранівського Співробітництва.

Кокранівський підхід є основою розвитку ідей доказової медицини. На даний момент органи управління системи охорони здоров'я та страхові організації промислово розвинених країн, приймаючи більшість своїх рішень, керуються висновками та рекомендаціями Кокранівського Співробітництва.

1.8. Доказова медицина. Довідник

Clinical Evidence concise (Доказова медицина. Довідник) - регулярно оновлювана база даних про методи лікування, які широко застосовуються при поширених захворюваннях. Англійською мовою довідник видається два рази на рік видавничою групою BMJ (Biomedical Journal), російською - 1 раз видавництвом "Медиасфера". В довіднику коротко представлені отримані в процесі вичерпного пошуку медичної літератури сучасні дані про медичні та профілактич-

ні втручання. На основі цих даних втручання класифікують на такі, ефективність або шкода яких доведені, очікуються, не встановлені або малоімовірні. Довідник - не підручник і не клінічні рекомендації. У ньому зібрані в єдине ціле найнадійніші з існуючих доказів, або вказано, що таких не має або недостатньо для остаточних висновків.

Ідея створення довідника виникла у 1995 році. До видавничої групи BMJ зателефонував Т.Мапп та його колеги з міністерства охорони здоров'я, які хотіли знати наскільки реальна підготовка довідника з доказової медицини. Це прохання вони обґрунтували постійно зростаючими вимогами до якості роботи лікарів, які повинні використовувати у своїй клінічній практиці сучасні науково обґрунтовані дані, але зазвичай не мають часу або відповідних навичок для регулярно, го оновлення своїх знань. На думку Т.Мапп та його колег виникла необхідність у створення довідника кишенькового формату, в якому міститься коротка, періодично оновлювана інформація про результати оцінки ефективності різних профілактичних і медичних втручань.

З тих пір проект створення довідника суттєво змінився. Спільно з Американською колегією лікарів та Американським товариством спеціалістів з внутрішніх хвороб (American College of Physicians-American Society of Internal Medicine; ACP—ASIM) видавнича група BMJ сформувала міжнародну консультативну раду, групу лікарів з великим досвідом роботи в певних галузях медицини та відповідні групи хворих. Щоб довідник був максимально корисним, укладачі намагались забезпечити високий ступінь надійності наведених даних відповідних клінічних питань, високий рівень достовірності цих даних, а також звести до мінімуму затрати часу та сили читача.

Довідник став одним із багатьох джерел науково обґрунтованої інформації для лікарів-спеціалістів, лікарів загальної практики, інтернів та клінічних ординаторів, студентів-медиків, фармацевтів і фармакологів, медичних сестер, медиків іншого профілю, менеджерів амбулаторної ланки, адміністраторів стаціонарів, інших адміністраторів, які працюють в системі охорони здоров'я та медичному страхуванні, юристів, державних чиновників, міністерства охорони здоров'я, хворих, споживачів медичних послуг.

При цьому, як вважають укладачі, ряд ознак роблять його унікальним виданням:

- зміст довідника визначається перш за все клінічними питаннями, що розглядаються, а не наявністю даних, отриманих в процесі досліджень з тієї чи іншої тематики. Підготовка розділів починається не з пошуку, оцінки та узагальнення існуючих доказів, а з формулювання важливих клінічних питань, на які потім дають відповіді з використанням достовірної інформації, доступної на момент підготовки чергового випуску;
- укладачі довідника виявляють важливі для клінічної практики прогалини в наявних даних, але не намагаються заповнити їх самостійно. Укладачі вважають, що лікарям буде корисно знати, в яких випадках їх невпевненість у власних вчинках обумовлена не прогалинами в знаннях, а відсутністю доказів;
- довідник оновлюється кожні 6 місяців (російською мовою він виходить один раз на рік); електронна версія оновлюється щомісячно. Це дозволяє читачу регулярно отримувати найсучаснішу інформацію в різних областях медицини.

Слід зазначити, що укладачі довідника прагнуть утриматися від будь-яких рекомендацій. Вважається, що просте додавання існуючих доказів забезпечить їх широке застосування. Досвід розробки та впровадження клінічних рекомендацій свідчить про те, що практично неможливо давати поради, які були б корисні в будь-яких ситуаціях (завжди існує проблема доступності певних методів профілактики або лікування в різних регіонах). Тому підхід до інтерпретації існуючих доказів повинен бути не шаблонним, а індивідуальним, з урахуванням конкретної клінічної ситуації. На основі наведених у довіднику матеріалів можна розробляти клінічні рекомендації, які застосовують в певному регіоні (країні), а лікарі чи хворі можуть скласти власну думку про найкращі втручання. В довіднику лише викладено існуючі докази, остаточне рішення лікар або хворий приймає самостійно.

1.8.1. Принципи створення довідника

В тематичних розділах довідника міститься інформація, отримана в процесі строгого відбору достовірних даних, актуальних для медичної практики.

Вибір основних тем. В окремих розділах довідника розглядаються захворювання (стани), які або частіше всього зустрічаються в умовах амбулаторної та стаціонарної медичної допомоги, або мають важливе клінічне та соціальне значення. Коли вирішувалося питання щодо вибору тих або інших тем для перших випусків довідника, були проаналізовані дані про частоту звернень до спеціалістів, захворюваності та смертності у Великобританії; при цьому також враховувались поради лікарів загальної практики та відповідних груп хворих. На сайті www.clinicalevidence.com представлено перелік розділів, що будуть включені у наступні випуски довідника.

Вибір клінічних питань. Клінічні питання, що розглядаються в довіднику, стосуються переваг та недоліків профілактичних або медичних втручань, причому найбільше уваги приділено клінічним результатам, що мають вирішальне значення для хворих. Вибір питань з урахуванням актуальності для медичної практики здійснювали консультанти та укладачі розділі за активної участі лікарів загальної практики та відповідних груп хворих. В кожному наступному випуску довідника з'являються нові клінічні питання та оновлюються вже існуючі. Читачі мають змогу пропонувати нові питання, заповнивши та відіславши форму для коментарів та пропозицій, яка знаходиться на сайті www.clinicalevidence.com, або звернутися безпосередньо до редакції довідника.

Пошук та оцінка даних. Відповідь на кожне поставлене питання автори знаходять в процесі пошуку відповідної інформації в електронних базах даних Cochrane Library, Medline, EMBASE та деяких інших.

До джерел інформації відносять: систематичні огляди, рандомізовані контрольовані випробування, когортні дослідження, Інтернет.

Систематичні огляди як джерело доказів - це Кокранівська електронна бібліотека та Medline и Embase. Кокранівські огляди визнані одними з найкращих систематичних оглядів, які базуються на ретельному строго спланованому пошуку літератури, включаючи маловідомі джерела, а також електронні бази даних і друковані медичні журнали. При пошуці використовуються апробовані стратегії пошуку. Для виявлення систематичних оглядів, які не увійшли в Кокранівську електронну бібліотеку, проводиться пошук статей, опублікованих у базі даних Medline, починаючи з 1966 року, і в базі

даних Embase, починаючи з 1988 року. При необхідності здійснюють пошук і в інших базах даних.

Після того, як був знайдений високоякісний систематичний огляд, в якому міститься відповідь на поставлене питання, здійснюється пошук рандомізованих контрольованих випробувань, опублікованих після дати пошуку інформації для огляду, або починаючи за три роки до опублікування огляду, якщо вона не була вказана.

Якщо систематичних оглядів не знайдено, здійснюють пошук у:

- Кокранівському реєстрі контрольованих випробувань з відповідної тематики, в ньому міститься більше посилань, ніж в базі даних Medline;
- базі даних на компакт-диску Best Evidence, в якому містяться реферати РКВ, які пройшли контроль якості, та коментарі до них.
- пошук за останні три роки в базах даних Medline та Embase, який дозволяє виявити РКВ, ще не включені в Кокранівську електронну бібліотеку та базу даних Best Evidence.

Звіти про дослідження, присвячені побічним ефектам і ускладненням втручань, можна знайти в Кокранівській електронній бібліотеці та в базі даних Best Evidence. Після пошуку в них переходять до бази даних Medline, використовуючи термін "adverse effects" (ae) з Медичних предметних рубрик (MeSH) Національної медичної бібліотеки США.

При використанні терміну MeSH ae.fs. (adverse effects - floating subheading) виявляють всі статті, один або декілька розділів яких присвячені побічним ефектам і ускладненням втручань. Для звуження кола пошуку, вказані слова можна комбінувати (словозв'язка AND) іншими ключовими словами (наприклад, systematic review on hypertension, cohort studies on asthma).

Для подальшого аналізу відбирають лише невелику частину досліджень, знайдених в процесі пошуку. При цьому два експерта незалежно один від одного здійснюють критичну оцінку рефератів, використовуючи обґрунтовані критерії включення. Якщо в процесі пошуку знайдено декілька якісних систематичних оглядів або звітів про РКВ, то вивчають повні тексти публікацій, щоб відібрати найдостовірніші та актуальні серед них. Якщо виявлено один систематичний огляд або звіт про РКВ або таких не знайдено взагалі, то використовують дані, отримані в процесі досліджень з іншою структурою,

обов'язково вказавши на їхні недоліки. Потім всі відібрані матеріали аналізуються експертами, які мають великий досвід у відповідній області медицини чи епідеміологи; ці експерти повинні обґрунтувати всі необхідні на їх думку доповнення та виключення.

Укладачі сумують дані по кожному з розглядуваних клінічних питань. Наступне рецензування кожного розділу здійснює консультант відповідної частини та по крайній мірі три досвідчених лікаря, які практикують. Потім текст поступає до редакторів, які мають необхідні клінічні та епідеміологічні знання; при цьому всі дані ще раз звіряються з оригінальними публікаціями.

1.8.2. Особливості викладу матеріалу

Кожен розділ довідника починається з вступної частини, в якій представлено список клінічних питань, що розглядаються, короткий виклад деяких відповідей на ці питання ("Основні положення"), а також перелік профілактичних і медичних втручань, які класифіковані в залежності від їх ефективності, неефективності чи шкоди. Основні категорії даної класифікації розглядають в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1.

Класифікація втручань

Ефективність доказана	Втручання, ефективність яких переконливо доказана в процесі РКВ; при цьому очікувана шкода втручань мала у порівнянні з користю
Ефективність передбачається	Втручання, ефективність яких доказана менш переконливо, ніж для вищевказаних втручань
Переваги та недоліки порівнянні	Перед використанням таких втручань лікар і хворий повинні зважити відношення очікуваної користі та шкоди з урахуванням конкретної ситуації
Ефективність не встановлена	Доказів ефективності втручань недостатньо або вони не зовсім надійні
Ефективність малоімовірна	Докази ефективності втручань менш переконливі, ніж докази неефективності
Неефективність або шкода доказані	Втручання, неефективність або шкода яких переконливо доведені

Втручання не завжди цілком відповідають тій або іншій категорії. По-перше, кожна з цих категорій відображає відразу кілька різних параметрів: ступінь користі (або шкоди) втручання, рівень доказовості існуючих даних (отриманих у процесі РКВ або оглядових досліджень) і ступінь їхньої невизначеності. По-друге, багато доказів, що мають найбільшу практичну цінність, отримані в процесі порівняння різних втручань одне з одним, а не з плацебо або з відсутністю втручання. При необхідності особливості порівнянь, що проводилися, зазначені в дужках. По-третє, деякі втручання застосовувалися лише у певних групах хворих (наприклад, у хворих з високою імовірністю розвитку конкретного клінічного результату). По можливості це також відзначено в тексті. Проте, складно використовувати дану класифікацію у всіх розділах довідника. На даний час ведеться робота з удосконалення критеріїв, на підставі яких втручання відносять до тієї або іншої категорії.

Іноді до певної категорії віднесені втручання, ефективність яких неможливо оцінити в ході РКВ з етичної точки зору або з інших причин; такі втручання завжди позначені зірочкою .

У довіднику основна увага приділена клінічним результатам, важливим для хворого, таким як прояв симптомів, якість життя, виживаність, ризик розвитку інвалідності або покращення функціональних можливостей, антенатальна і інтранатальна смерть плоду. Менше уваги приділяється непрямим критеріям оцінки (наприклад, концентрація ліпідів у крові, рівень артеріального тиску, частота овуляцій). Кожний розділ містить перелік клінічних результатів по можливості опис способів їхньої оцінки. На даний час поки не обговорюється спірне питання про те, що слід розуміти під клінічно значимими змінами того чи іншого результату.

Основна мета укладачів довідника — порівняти переваги та недоліки (користь та шкоду) різних втручань. Тому в кожному розділі йде мова не просто про "ефективність", а про різні ефекти втручань (як сприятливих, так і несприятливих); дані про переваги та недоліки кожного втручання представлені у відповідних частинах.

Під терміном "недоліки" мають на увазі не лише побічні ефекти втручання, але й незручності, які відчуває хворий при його застосуванні. Знайти переконливі докази недоліків лікування непросто.

В ідеалі такі дані повинні приводитися у звітах про РКВ, проте багато, то випробувань занадто малі або короткотривалі, щоб виявити рідкі або віддалені наслідки лікування; у багатьох звітах дані про побічні ефекти представлені недостатньо повно. Укладачі окремих розділів довідника повинні постійно пам'ятати про можливість несприятливих ефектів будь-яких втручань. При наявності переконливих доказів вказується частота розвитку побічних ефектів. Проте, враховуючи той факт, що РКВ не можна розглядати в якості надійних джерел ви-, черпної інформації про недоліки різних втручань, а також керуючись основним принципом медицини "не нашкодь", укладачі включають в довідник і менш переконливі дані про виявлені недоліки.

Довідник не містить систематизованих свідчень про дози та лікарські форми окремих препаратів, про показання та протипоказання до їх застосування. Таку інформацію читач може знайти в національних довідниках лікарських препаратів. Дані про дози наводяться лише в тих випадках, коли клінічне питання стосується порівняльної ефективності або безпеки застосування окремих препаратів у різних дозах.

Укладачі довідника дотримуються міжнародного підходу до представлення інформації про ефекти медичних втручань. Так, в довідник включені препарати, заборонені до застосування в деяких країнах. Крім того, враховані особливості медичної допомоги в економічно розвинених країнах і країнах, що розвиваються, тому поряд з більш ефективними, але дорогими втручаннями приводяться і менш ефективні, але відносно дешеві втручання.

Матеріали, представлені в довіднику, регулярно оновлюються і редагуються. Суттєві зміни, внесені з моменту публікації попереднього випуску, перераховані в відповідній частині в кінці кожного розділу. До таких змін можуть відноситися включення додаткових даних (що підтверджують або заперечують попередні висновки), переоцінка даних, що наводилися, і виправлення виявлених помилок.

Характер матеріалів, представлених у довіднику, робить його необхідним, але не вичерпним посібником по наданню ефективної високоякісної медичної допомоги. Довідник повинен допомагати лікарям при прийнятті клінічних рішень, але його слід використовувати у поєднанні з іншою важливою інформацією. Наприклад, інформацію щодо індивідуального вихідного ризику розвитку певного захво-

рювання або конкретного результату (за даними анамнезу, результатами огляду, лабораторних і інструментальних досліджень) треба використовувати з урахуванням пріоритетів хворого, економічних аспектів і доступності лікування, а також місцевих особливостей.

Питання для самостійної роботи

1. Як називається медицина, котра базується на доказах?
2. Що передбачає доказова медицина?
3. Що розуміють під індивідуальним клінічним практичним досвідом?
4. Що розуміють під незалежними клінічними доказами?
5. Як називається метод випадкового поділу пацієнтів на експериментальну і контрольну групи ?
6. Яка ціль рандомізації?
7. Які ви знаєте методи доказового дослідження?
8. Які існують аспекти доказової медицини?
9. Що таке мета-аналіз?
10. Які ви знаєте проблеми мета-аналізу?
11. Що таке Кокранівське співробітництво?
12. Які основні тенденції розвитку Кокранівського співробітництва?
13. Які ви знаєте принципи створення довідника?

Література

1. Handbook of Médical Informatics. Editors: J.H. van Bemmel, M.A. Musen. - <http://www.mieur.nl/mihandbook>; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
2. Герасевич В.А. Компьютер для врача. Самоучитель. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 512с.
3. Д.Уоттерман. Руководство по экспертным системам. - М.: Мир, 1989.
4. Лопоч С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистичні методи в медико-біологічних дослідженнях з використанням EXCEL. - К.: Моріон, 2001. - 408 с.
5. Долженков В., Колесников Ю. Excel 2003. Библия пользователя. - М.: Издательский дом «Вильяме», 2004. - 768 с.
6. Тимошок Т.В. Microsoft Access 2003. Краткое руководство.: - М.: Издательский дом «Вильяме», 2005. - 320 с.
7. Інформаційні системи і технологи: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл./ С.Г.Карпенко, В.В.Попов, Ю.А.Тарнавський, Г.А.Шпортюк. - К.: МАУП, 2004. - 192 с.
8. Гельман В.Я. Медицинская информатика: практикум. - СПб: Питер, 2001. - 480 с.
9. Г.Харт-Дэвис. Microsoft Windows XP Professional. Полное руководство./ Пер. с англ. - М.: СП ЭКОМ, 2004. - 816 с.
- Ю.Габрусев В. Вивчаємо комп'ютерні мережі. - К.: Вид. дім "Шкіл. світ": Вид. Л.Галіцина, 2005. - 128 с.
11. Чалий О., Дяков В., Хаїмзон І. Основи інформатики. - К.: Вища школа, 1995.
12. Хаїмзон І., Желіба В. Основи медичної інформатики. К.: Вища школа, 1998.

ЗМІСТ

ТЕМА 1. Формалізація та алгоритмізація медичних задач.....	3
ТЕМА 2. Системи числення. Кодування числової та нечислової інформації. Формальна логіка у вирішенні медико-біологічних задач.....	16
ТЕМА 3. Системи підтримки прийняття рішень у медицині. Основи ймовірнісної діагностики і прогнозування перебігу захворювань.....	45
ТЕМА 4. Експертні системи.....	69
ТЕМА 5. Технології нейронних мереж та їх застосування в медицині.....	90
ТЕМА 6. Доказова медицина.....	148