



О. В. Зайцева, М. А. Бондаренко, А. С. Солодовніков

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ СТАНДАРТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАМОТНОСТІ

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
Харківський національний медичний університет

О. В. Зайцева, М. А. Бондаренко, А. С. Солодовніков

**ЄВРОПЕЙСЬКИЙ СТАНДАРТ
КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАМОТНОСТІ**

Підручник

**Харків
ХНМУ
2026**

Затверджено Вченою радою ХНМУ.

Протокол № 6 від 29.06.2026.

Рецензенти:

Погорєлов С. В. – д-р фіз.-мат. наук, проф., Національний технічний університет
«Харківський політехнічний університет»

Шейкіна Н. В. – канд. біол. наук, доц., Національний фармацевтичний університет.

31 Зайцева О. В., Бондаренко М. А., Солодовніков А. С.

Європейський стандарт комп'ютерної грамотності : підручник. Харків : ХНМУ, 2026. 232 с.

Підручник призначено студентам вищих навчальних медичних закладів IV рівня акредитації, які вивчають дисципліну «Європейський стандарт комп'ютерної грамотності», галузь знань І «Охорона здоров'я та соціальне забезпечення», спеціальності ІІ «Стоматологія», І2 «Медицина», І6 «Технології медичної діагностики і лікування» (зокрема спеціалізація І6.01 «Лабораторна діагностика», І6.02 «Протезування-ортезування») другого (магістерського) рівня вищої освіти; спеціальність С4 «Психологія» першого (бакалаврського) рівня.

Підручник охоплює широке коло тем, спрямованих на формування у майбутніх фахівців сучасних цифрових компетентностей, необхідних для професійної діяльності в умовах електронної трансформації системи охорони здоров'я, відповідно до міжнародних стандартів.

У підручнику розглянуто основні поняття медичної інформатики; апаратну і програмну архітектуру сучасних комп'ютерних систем; мережеві технології та принципи доступу до медичних інтернет-ресурсів; теоретичні засади стандартизації, кодування і класифікації медичних даних; створення та ведення медичної документації із застосуванням текстових процесорів; основи побудови й проєктування баз даних та систем управління ними; структуру й функціонування медичних інформаційних систем різних рівнів; технології опрацювання даних у середовищі табличного процесора; методи біостатистичного аналізу медико-біологічних даних, кластерного аналізу; використання формальної логіки та експертних систем у задачах діагностики; математичні методи підтримки прийняття лікарських рішень; моделювання медико-біологічних процесів; мультимедійні технології у медицині та основи інформаційної безпеки й захисту медичної інформації.

Підручник адресовано студентам і викладачам закладів вищої медичної освіти, а також усім, хто цікавиться питаннями підвищення комп'ютерної грамотності та застосування інформаційно-комунікаційних технологій у системі охорони здоров'я.

Усі права захищено. Жодна частина цього видання не може бути відтворена або використана в будь-якій формі чи будь-якими засобами, зокрема шляхом фотокопіювання, запису або збереження на електронних носіях інформації, без попереднього письмового дозволу видавця.

УДК 004:61(075.8)

© Харківський національний
медичний університет, 2026

© О. В. Зайцева, М. А. Бондаренко,
А. С. Солодовніков, 2026

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Основні поняття медичної інформатики. Архітектура сучасних комп'ютерних систем	6
2. Мережеві технології. Медичні інтернет-ресурси	20
3. Стандартизація медичних даних. Кодування та класифікація	32
4. Створення та ведення медичної документації	48
5. Бази даних. Системи управління базами даних	55
6. Медичні інформаційні системи. Електронна система охорони здоров'я. Електронні медичні картки	66
7. Опрацювання даних у середовищі табличного процесора	96
8. Статистичний аналіз медико-біологічних даних	105
9. Кластерний аналіз у медичних дослідженнях	125
10. Формальна логіка у вирішенні задач діагностики і профілактики захворювань	131
11. Математичні методи в системі підтримки прийняття лікарських рішень	145
12. Моделювання медико-біологічних об'єктів	159
13. Мультимедійні технології в медицині	178
14. Основи інформаційної безпеки. Захист медичної інформації	200
Список рекомендованої літератури	228

ВСТУП

Дисципліна «Європейський стандарт комп'ютерної грамотності» викладається з метою ознайомлення здобувачів вищої медичної освіти з можливостями використання інформаційно-комунікаційних технологій у сфері охорони здоров'я та формування у майбутніх лікарів сучасних інформаційних компетентностей.

Предметом вивчення освітнього компонента є інформаційні процеси, що відбуваються в умовах впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у систему охорони здоров'я. Дисципліна охоплює теоретичні основи коректного збирання, зберігання, опрацювання, аналізу та передавання медичної інформації з використанням сучасних комп'ютерних і телекомунікаційних засобів. Окрема увага приділяється медичним інформаційним системам, електронній системі охорони здоров'я, стандартизації медичних даних, захисту персональних даних пацієнтів, а також системам підтримки клінічних рішень. У підручнику також розглядаються основні поняття і підходи до моделювання медико-біологічних процесів, наведено приклади застосування математичного апарату при створенні відомих математичних моделей у медицині.

Засвоєння ключових понять і практичних навичок дисципліни «Європейський стандарт комп'ютерної грамотності» сприятиме формуванню у майбутніх фахівців стійких цифрових компетентностей, необхідних для ефективного використання інформаційно-комунікаційних технологій у системі охорони здоров'я на рівні міжнародних стандартів. Опанування змісту дисципліни забезпечує здатність працювати з електронними медичними записами, медичними інформаційними системами, системами підтримки клінічних рішень, використовувати цифрові інструменти для аналізу даних та доказової медицини, а також дотримуватися принципів інформаційної безпеки й захисту персональних даних пацієнтів.

В умовах електронної трансформації системи охорони здоров'я сучасний лікар має не лише володіти клінічними знаннями, а й упевнено орієнтуватися в цифровому середовищі, ефективно використовувати електронні ресурси, телемедичні сервіси та інструменти аналітики. Саме тому опанування цієї дисципліни є важливою складовою професійної підготовки конкурентоспроможного фахівця.

Вивчення курсу дозволить студентам підвищити власну цифрову грамотність відповідно до європейських стандартів, сформуванати навички раціональної організації інформаційних потоків у клінічній практиці, покращити якість прийняття клінічних рішень завдяки використанню сучасних інформаційних технологій

та підготуватися до роботи в умовах електронної системи охорони здоров'я. Крім того, дисципліна сприяє розвитку критичного мислення щодо використання медичних даних, навичок ефективної комунікації у цифровому середовищі та адаптивності до швидко змінюваних технологічних процесів у медицині.

В Україні впровадження цифрових технологій у медичній сфері відкриває нові можливості для підвищення ефективності медичної допомоги, дистанційного консультування та інтеграції національних систем охорони здоров'я з міжнародними платформами. Використання електронних медичних записів, телемедицини та аналітичних інструментів дозволяє забезпечити більш точну діагностику, оптимізувати роботу медичних закладів і покращити координацію між фахівцями. Освоєння цієї дисципліни готує студентів до активної участі у цифровій трансформації охорони здоров'я в Україні та підвищує їх професійну мобільність на міжнародному рівні.

Таким чином, дисципліна «Європейський стандарт комп'ютерної грамотності» не лише розширює професійний світогляд майбутнього лікаря, а й створює підґрунтя для успішної адаптації до сучасних вимог медичної практики, підвищення якості медичної допомоги, оптимізації управлінських процесів у закладах охорони здоров'я та забезпечення безпеки і конфіденційності медичної інформації. Освоєння цього курсу формує у студента комплексну підготовку, яка є необхідною для професійного росту та інтеграції у міжнародний медичний простір.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАТИКИ. АРХІТЕКТУРА СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

1.1 Основні поняття медичної інформатики

Медична інформатика (МІ) – це наукова дисципліна, що вивчає закономірності та методи отримання, передачі, обробки, зберігання, поширення й візуалізації медичної інформації з використанням сучасних інформаційних технологій та комп'ютерної техніки.

Інформатика є важливою складовою сучасної медицини й охорони здоров'я, оскільки забезпечує інформаційну підтримку клінічної практики, медичних досліджень, управління закладами охорони здоров'я та системи громадського здоров'я.

Медична інформатика сприяє підвищенню якості діагностики й лікування, оптимізації роботи медичного персоналу, впровадженню електронної медичної документації, телемедицини, медичних інформаційних систем та систем підтримки прийняття клінічних рішень. Для майбутніх лікарів знання з МІ є необхідними для ефективної професійної діяльності в умовах цифрової медицини.

Основною метою медичної інформатики є оптимізація інформаційних процесів у медицині шляхом використання комп'ютерних та інформаційних технологій. Це сприяє підвищенню якості, ефективності й доступності медичної допомоги населенню в системі охорони здоров'я.

Одним із базових понять медичної інформатики є поняття інформації. **Інформація** – це фундаментальна категорія інформатики, подібна за значущістю до таких понять, як «матерія» та «енергія» у фізиці або «множина» і «точка» в математиці.

У науковій літературі існує велика кількість визначень інформації, однак у строгому науковому сенсі це поняття не має єдиного чіткого формалізованого визначення. Тому його розуміння здебільшого формується інтуїтивно, на основі ключових властивостей інформації, зокрема:

- інформація надає *нові знання* про навколишній світ, яких не існувало до моменту її отримання;
- інформація завжди *пов'язана з матеріальним носієм*;
- символи, знаки та сигнали набувають інформаційного змісту *лише для отримувача*, здатного їх правильно інтерпретувати;
- кількість інформації *може бути виміряна* за допомогою спеціальних методів і одиниць вимірювання.

Таке розуміння інформації є основою для вивчення процесів збору, обробки та використання медичних даних у практичній діяльності лікаря. Відштовхуючись від наведених властивостей, можна зробити висновок, що інформація – це сукупність *нових* відомостей, над якими можуть здійснюватися різні операції, зокрема передача, перетворення, зберігання, безпосереднє використання та інші види обробки.

З поняттям інформації тісно пов'язані такі базові терміни, як дані, сигнал, повідомлення, канал зв'язку.

Дані – це інформація, подана у формалізованому вигляді та призначена для автоматизованої обробки технічними засобами, зокрема комп'ютерними системами.

Сигнал – це будь-який фізичний процес або явище, яке впливає на сенсорні системи та може слугувати носієм інформації.

Повідомлення – це впорядкована сукупність сигналів, за допомогою яких передається інформація від джерела до отримувача.

Канал зв'язку – це середовище, через яке передаються сигнали.

Наприклад, під час усного спілкування сигналом є звук, а каналом зв'язку – повітря; у нервовій системі людини сигналами є нервові імпульси, а каналами їх передавання – нервові волокна.



Такі поняття формують теоретичну основу медичної інформатики та є необхідними для розуміння принципів функціонування медичних інформаційних систем.

Сигнали поділяються на **дискретні** та **безперервні**. Прикладом дискретного сигналу є передавання числової інформації за допомогою електричних імпульсів струму. При цьому два стабільні стани – «наявність струму (імпульсу)» та «відсутність струму (імпульсу)» – використовуються для кодування чисел. Прикладом безперервного сигналу є зміна напруги в колі змінного струму, що має форму синусоїдального сигналу.

Будь-яке повідомлення складається з комбінації обмеженої кількості простих сигналів певної фізичної природи. Повний набір таких сигналів називається **алфавітом**, а окремий сигнал із цього набору – буквою алфавіту.

Процес подання повідомлення за допомогою певного алфавіту називається **кодуванням**. Переклад повідомлення з одного алфавіту на інший називається **перекодуванням**, а процес відновлення початкового змісту повідомлення – **декодуванням**.

Будь-яку інформацію можна закодувати за допомогою алфавіту, що складається лише з двох символів (0 і 1). Такий спосіб подання інформації називається **двійковим кодуванням** і є найпоширенішим у сучасних інформаційних та комп'ютерних системах.

Двійкове число	Запис двійкового числа у вигляді суми	Десятькове значення
0	$0 \cdot 2^0$	0
1	$1 \cdot 2^0$	1
10	$1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	2
11	$1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	3
100	$1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	4
101	$1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	5
110	$1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	6
111	$1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	7
1000	$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$	8
1001	$1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$	9

Окрім штучних способів кодування, існують і **природні системи кодування** інформації. Однією з найяскравіших є генетична система живих організмів, у якій елементарною структурною одиницею є *нуклеотид* – молекула, що складається з азотистої основи, цукру (дезоксирибози) та фосфатної групи. Наприклад, у клітинах живих організмів інформація в молекулі ДНК кодується за допомогою чотирьох «букв» алфавіту (**A, G, T, C**) – азотистих основ: аденіну (A), гуаніну (G), тиміну (T) та цитозину (C). Інформаційне значення має послідовність їх розташування.

У первинній структурі білків інформація кодується послідовністю 20 стандартних амінокислот. Кожна амінокислота визначається трьома послідовними нуклеотидами молекули ДНК – триплетом (або кодоном). Таким чином, для кодування амінокислот використовується *триплетний генетичний код*. Наприклад, триплет нуклеотидів **GCA** кодує амінокислоту аланін (**Ala**), триплет **AGA** кодує аргінін (**Arg**), триплет **GAT** кодує аспартат (**Asp**) тощо.



Такі приклади демонструють *універсальність принципів кодування інформації* як у технічних, так і в біологічних системах.

1.2 Кількість інформації

Одним із основних понять теорії інформації є **кількість інформації (I)**. Чим більшою є кількість можливих варіантів розвитку події, тим більшу кількість інформації містить повідомлення про її результат.

Кількість інформації, яку несе повідомлення про подію A , змінюється у зворотному відношенні до **ймовірності** $P(A)$ цієї події. Тобто, чим вища ймовірність події, тим менше нової інформації міститься в повідомленні про те, що вона відбулася, і навпаки – малоімовірна подія несе більше інформації.

Залежність кількості інформації від імовірності події описується **формулою Хартлі**, запропонованою американським ученим Ральфом Хартлі у 1928 р.:

$$I(A) = -\log_2 P(A).$$

Ця формула є важливою для розуміння принципів обробки та оцінювання медичної інформації в інформаційних системах.

Кількість інформації є додатною величиною. Оскільки ймовірність будь-якої події задовольняє умову $0 \leq P(A) \leq 1$, значення $\log_2 P(A)$ завжди є від'ємним, тому у формулі Хартлі використовується знак «мінус».

Якщо ймовірність події $P(A) = 1$, тобто подія є достовірною й обов'язково відбувається, повідомлення про неї не несе нової інформації, а кількість інформації дорівнює нулю: $I(A) = 0$.

Якщо ж імовірність події дуже мала, тобто $P(A) \rightarrow 0$, то кількість інформації, яку несе повідомлення про її настання, зростає та теоретично наближається до нескінченності: $I(A) \rightarrow \infty$.

Одиницею вимірювання кількості інформації є **біт**.

1 біт – це кількість інформації, що міститься в повідомленні про подію, імовірність якої дорівнює $\frac{1}{2}$ (наприклад, при підкиданні монети – орел або решка; під час очікування немовля – хлопчик або дівчинка тощо).

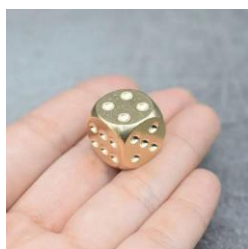


Один біт – це наявність або відсутність електричного сигналу, або включена/вимкнена лампочка, 1 біт символізує два стани (так/ні, +/-, істина/хиба). Тумблер – фізичний еквівалент одного біта:



Відповідно до формули Хартлі, **1 біт** – це інформація, яка міститься в повідомленні про те, що відбулася одна з двох рівноймовірних подій:

$$I(A) = -\log_2 \frac{1}{2} = -(\log_2 1 - \log_2 2) = -(0 - 1) = 1 \text{ (біт)}.$$



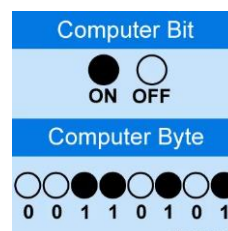
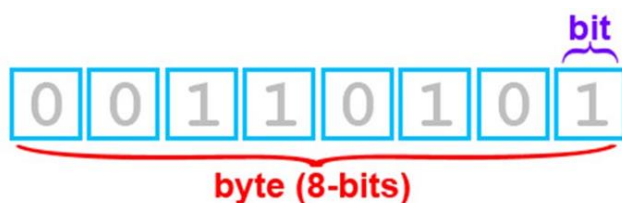
Приклад. Наведемо приклад обчислення кількості інформації, що міститься в повідомленні про подію. Знайдемо кількість інформації в повідомленні про те, що при киданні грального кубика випала цифра 4. Імовірність цієї події $P(4) = \frac{1}{6}$.

Відповідно кількість інформації про цю подію дорівнює:

$$I(5) = -\log_2 \frac{1}{6} = -(\log_2 1 - \log_2 6) = \log_2 6 = \frac{\ln 6}{\ln 2} \approx 2,58 \text{ (біт)}.$$

Основними одиницями вимірювання кількості інформації є біт (найменша одиниця) та **байт**:

$$1 \text{ байт} = 8 \text{ біт}.$$



Для вимірювання великих обсягів інформації використовують префікси кіло-, мега-, гіга-, тера- та ін.

Наприклад, кілобайт, мегабайт, гігабайт, терабайт:

$$1 \text{ кбайт} = 2^{10} \text{ байт} = 1\,024 \text{ байт}.$$

$$1 \text{ Мбайт} = 1\,024 \text{ кбайт}.$$

$$1 \text{ Гбайт} = 1\,024 \text{ Мбайт}.$$

$$1 \text{ Тбайт} = 1\,024 \text{ Гбайт}.$$



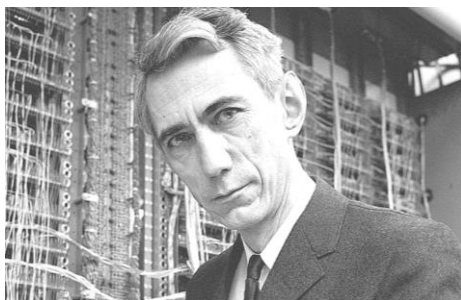
Якщо події не є рівномірними, важливо знати **середню кількість інформації** ($\bar{I}$), що припадає на одне повідомлення. Ця величина є математичним сподіванням величини $I(A)$ й обчислюється за **формулою Шеннона** (формула запропонована американським математиком Клодом Шенноном у 1948 р.):

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

де n – число всіх можливих подій, про які приходять повідомлення,
 P_i – імовірність i -ї події ($i = 1, 2, \dots, n$).

Клод Шеннон запропонував нове концептуальне математичне визначення інформації. На його думку: *«Інформація знімає невизначеність, тобто зменшує міру невизначеності»*.

У своїй праці «Математична теорія зв'язку» (1948) Клод Шеннон вводить поняття **інформаційної ентропії** як кількісної міри невизначеності. Це фундаментальна робота, яка заклала основи всієї сучасної **цифрової епохи**.



Шеннон математично довів, що чим менш імовірно є подія, тим більше інформації вона несе. Його формула ентропії дозволила: вимірювати обсяг даних у бітах, визначати межі стиснення інформації без втрат, обчислювати максимальну пропускну здатність каналів зв'язку за наявності шуму.

Отже, середня кількість інформації також називається інформаційною ентропією (H), яка показує *міру невизначеності* системи до отримання повідомлення. Цікаво, що термін «ентропія» Клод Шеннон обрав за порадою Джона

фон Неймана – іншого видатного вченого, засновника сучасної архітектури комп'ютерів (відомої як архітектура фон Неймана) та теорії ігор – частково через математичну схожість із термодинамікою.

Приклад. У кошику лежать дві білі і п'ять чорних куль. Знайти середню кількість інформації в повідомленні про колір вийнятої навмання кулі.

Імовірність навмання вийняти білу кулю $P(A) = \frac{2}{7}$, чорну кулю $P(B) = \frac{5}{7}$.

Застосовуючи формулу Шеннона, отримуємо середню кількість інформації про колір вийнятої навмання кулі:

$$\bar{I} = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i = -\left(\frac{2}{7} \log_2 \frac{2}{7} + \frac{5}{7} \log_2 \frac{5}{7}\right) = 0,863 \text{ (біт)}.$$

1.3 Інформаційні технології. Архітектура сучасних комп'ютерних систем

Інформаційні технології (ІТ) – це сукупність методів, програмних і технічних засобів, а також організаційних підходів, які забезпечують збирання, зберігання, обробку, передачу та використання інформації в електронному вигляді. Вони охоплюють як апаратні ресурси (комп'ютери, сервери, мережеве обладнання, мобільні пристрої), так і програмні продукти (операційні системи, прикладні програми, бази даних, інформаційні системи), а також правила й стандарти роботи з даними.

У медицині інформаційні технології відіграють особливо важливу роль, оскільки полегшують і оптимізують роботу з великими обсягами медичних даних, що потребують точності, надійності та захисту.

У практичній діяльності лікаря інформаційні технології використовуються для ведення електронної медичної документації, обробки результатів лабораторних та інструментальних досліджень, підтримки клінічних рішень, телемедицини, дистанційного моніторингу стану пацієнтів, а також для наукових досліджень і медичної освіти. Застосування ІТ сприяє підвищенню якості медичної допомоги, зменшенню ймовірності лікарських помилок та оптимізації роботи закладів охорони здоров'я.

Сукупність технічних засобів, призначених для автоматичної або автоматизованої обробки даних, називається **обчислювальною технікою**. До неї належать персональні комп'ютери, сервери, мобільні пристрої, мережеве обладнання, спеціалізовані медичні прилади із вбудованими процесорами тощо.

Конкретний набір взаємопов'язаних апаратних пристроїв і програмного забезпечення, які функціонують як єдине ціле для розв'язання певних задач, називається **обчислювальною системою**.

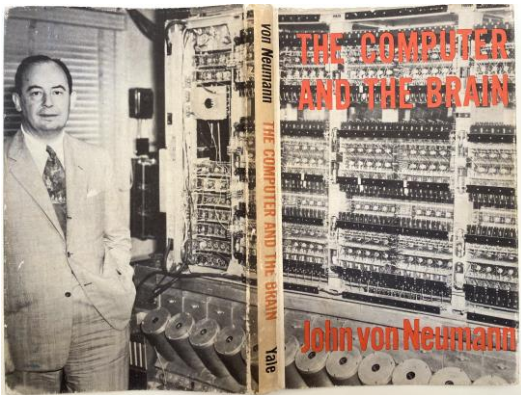
Архітектура сучасних комп'ютерних систем. Комп'ютер є основним технічним засобом реалізації інформаційних технологій та центральним пристроєм більшості обчислювальних систем, інформаційних комплексів, мереж тощо. Розуміння структури комп'ютера є необхідною теоретичною основою для ефективного використання інформаційних технологій у майбутній лікарській практиці.

Архітектура комп'ютера – це сукупність принципів побудови, організації та взаємодії його апаратних і програмних компонентів.

Традиційно архітектуру комп'ютерних систем поділяють на:

- **апаратну архітектуру** (*hardware architecture*);
- **програмну архітектуру** (*software architecture*).

Апаратна архітектура більшості сучасних комп'ютерів базується на принципах, запропонованих у 40-х роках минулого століття Джоном фон Нейманом, видатним математиком і фізиком, теоретиком обчислювальної техніки і винахідником.



У своїй книзі «Комп'ютер і мозок» (1958) він аналізує подібності та відмінності між штучними обчислювальними пристроями та людським мозком. Фон Нейман розглядає обидва об'єкти як системи обробки інформації з використанням логічних операцій. При цьому він зазначає, що мозок повільніший за електронні машини, але має величезну перевагу в паралельній обробці даних і надійності завдяки статистичній природі нейронних сигналів. Книга заклала основу для розвитку кібернетики та сучасних досліджень штучного інтелекту.

Сучасники часто називали фон Неймана «найшвидшим розумом епохи». Його IQ оцінюється приблизно в 190, що робить його одним із найрозумніших людей в історії. Він володів ейдетичною (фотографічною) пам'яттю: міг цитувати сторінки книг, прочитаних багато років тому. Він робив найскладніші математичні розрахунки у розумі швидше, ніж перші комп'ютери того часу.

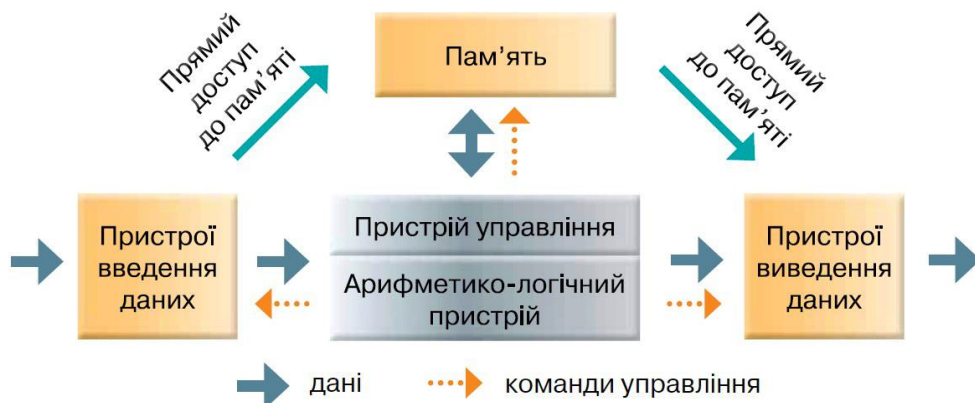
Архітектура фон Неймана – це архітектура електронних обчислювальних машин (ЕОМ), основною відмінністю якої від інших подібних архітектур є спільне зберігання даних та машинних команд у комірках однієї й тієї ж пам'яті, що унеможливлює їх розрізнення за способом представлення або кодування. До цього дня ця апаратна архітектура залишається домінуючою схемою організації ЕОМ загального призначення.

Ідеї Джона фон Неймана стали фундаментом для створення штучного інтелекту (ШІ) ще до того, як з'явився сам термін. Його вплив проявляється у трьох ключових площинах: архітектурній, математичній та концептуальній. Сучасний ШІ, включаючи нейромережі (*ChatGPT, Midjourney*), працює на «залізі», побудованому за архітектурою фон Неймана. Фон Нейман розробив математичний апарат, який став основою для сучасних алгоритмів ШІ. У книзі «Комп'ютер і мозок» він висунув ідеї, які сьогодні реалізовані у глибокому навчанні (*Deep Learning*)

Апаратна складова комп'ютера (*hardware*) містить наступні пристрої:

- *арифметико-логічний пристрій*, що виконує арифметичні й логічні операції;
- *пристрій управління*, який організує процес виконання програм;
- *запам'ятовувальні пристрої* для зберігання програм і даних;
- *зовнішні (периферійні) пристрої* для введення – виведення інформації.

У сучасних комп'ютерах арифметико-логічний пристрій і пристрій управління об'єднані в один пристрій – **центральный процесор** (*central processing unit – CPU*), який виконує обчислення та керує роботою всіх компонентів системи.



Запам'ятовувальні пристрої (пам'ять) комп'ютера підрозділяється на кілька видів: оперативну пам'ять, довгочасну (зовнішню) пам'ять, кеш-пам'ять, постійну пам'ять, CMOS-пам'ять, відеопам'ять тощо.

1. Оперативна пам'ять (оперативний запам'ятовувальний пристрій – ОЗП, *random access memory – RAM*). Зберігає дані й програми, з якими працює комп'ютер у поточний момент часу. Має невеликий обсяг і високу швидкість. При вимиканні комп'ютера інформація, що перебуває в ОЗП, стирається.

2. Кеш-пам'ять (*Cache Memory*) – спеціальна надшвидка оперативна пам'ять, яка зберігає копії найбільше часто використовуваних ділянок оперативної пам'яті. У сучасних комп'ютерах звичайно знаходиться у складі центрального процесора.

3. Постійна пам'ять (постійний запам'ятовувальний пристрій – ПЗП, *read only memory – ROM*), у яку внесені дані при виготовленні комп'ютера, причому ці дані не можуть бути змінені стандартними способами.

4. CMOS-пам'ять (за назвою структури застосовуваних мікросхем CMOS, *complementary metal-oxide-semiconductor*), призначена для зберігання параметрів конфігурації комп'ютера. Для зберігання інформації звичайно використовує незалежне живлення – батарею або акумулятор.

5. Довгочасна (зовнішня) пам'ять. Має *невисоку швидкість* порівняно з ОЗП та Кеш-пам'яттю, але більшу ємність. Та інформація, що зберігається в ній, не стирається при вимиканні комп'ютера. До цього виду пам'яті належать жорсткі диски (HDD), твердотільні накопичувачі (SDD), компакт-диски (CD, DVD), флеш-накопичувачі і т. ін.

6. Інші види пам'яті (наприклад, відеопам'ять).



Периферійні пристрої (пристрої введення – виведення) призначені для введення й виведення інформації.

Основними пристроями **введення** даних у комп'ютер є *клавіатура й миша*. Пристроями введення також є *сканер, відеокамера, мікрофон* та ін. До пристроїв **виведення** належать *аналого-цифрові перетворювачі (АЦП)* – для введення інформації у вигляді електричних сигналів, наприклад, для запису звуку за допомогою мікрофона або для одержання інформації з датчиків.



Основні пристрої **виведення** – *монітор і принтер*. Комп'ютер також здатний виводити інформацію у вигляді електричних сигналів на які-небудь виконавчі пристрої через *цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП)*. Виведення звуку також здійснюється за допомогою ЦАП.



До пристроїв **уведення–виведення** належать також *мережні пристрої* (мережні адаптери, модеми, пристрої бездротового зв'язку Wi-Fi тощо). Вони використовуються для обміну інформацією між комп'ютерами по різних каналах зв'язку.

Архітектура фон Неймана



1.4 Програмне забезпечення. Файлова система

Програмне забезпечення (ПЗ) (software) – це сукупність програм, що забезпечують функціонування апаратної складової комп'ютера (*hardware*) та дозволяють фахівцям розв'язувати різноманітні наукові та клінічні завдання.

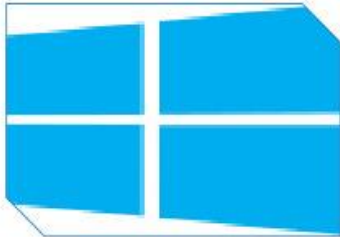
Програмне забезпечення комп'ютера поділяється на три основні види, кожен з яких виконує свою роль у реалізації інформаційних технологій, зокрема в медицині: системне ПЗ, прикладне ПЗ загального призначення і прикладне ПЗ спеціального призначення.

1. Системне ПЗ. До цього виду належать:

- *операційні системи (Windows, macOS, Linux, Android)*, які керують ресурсами комп'ютера та забезпечують запуск програм;

- *програмні оболонки* – інтерфейси (графічні або командні), що спрощують роботу користувача з операційною системою (основні приклади: графічні середовища для *Linux* (*GNOME*, *KDE*, *Xfce*, *Cinnamon*), командні інтерпретатори (*Bash*, *PowerShell*) та класичні файлові менеджери, як-от *Norton Commander* / *Total Commander*);
- *утиліти* – допоміжні програми для налаштування, діагностики, захисту та обслуговування системи (антивірусні програми, засоби резервного копіювання даних).

Windows – одна з найпоширеніших ОС для персональних комп'ютерів.



Linux – відкрита операційна система з різними дистрибутивами.



macOS – операційна система від Apple для комп'ютерів Mac.



Android та iOS – операційні системи для мобільних пристроїв.



У медичних закладах системне ПЗ забезпечує стабільну роботу медичних інформаційних систем, лабораторного обладнання, томографів, моніторів пацієнта тощо.

2. Прикладне ПЗ загального призначення. Це програмні засоби широкого використання, які застосовуються в різних галузях, у тому числі в медичній практиці та освіті. До цього виду належать:

- *текстові редактори та видавничі системи* – для підготовки медичної документації, звітів, історій хвороб;
- *електронні таблиці* – для аналізу результатів досліджень, статистичних розрахунків;
- *системи управління базами даних (СУБД)* – для зберігання та обробки медичних даних;



- *універсальні офісні пакети* (наприклад, для створення презентацій лекцій, навчальних матеріалів);



- *системи програмування* – використовуються у наукових дослідженнях та розробці медичних програм.

Таке ПЗ активно використовується, зокрема лікарями, медичними сестрами, адміністративним персоналом, викладачами і студентами.

3. Прикладне ПЗ спеціального призначення. До цієї групи належать програми, створені для розв'язання специфічних професійних завдань у певній галузі, зокрема в медицині. Прикладами такого ПЗ є:

- медичні інформаційні системи (**МІС**) та електронні медичні картки пацієнтів;
- лабораторні інформаційні системи (**ЛІС**);
- радіологічні інформаційні системи (**РІС**) та системи обробки медичних зображень (КТ, МРТ, УЗД);
- статистичні програми для медико-біологічних досліджень;
- експертні системи та системи підтримки прийняття клінічних рішень;
- телемедичні платформи та системи дистанційного моніторингу пацієнтів.



Таке програмне забезпечення безпосередньо впливає на якість діагностики, лікування та управління медичними процесами.

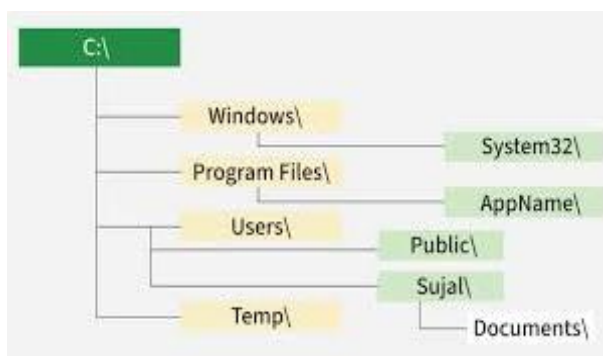
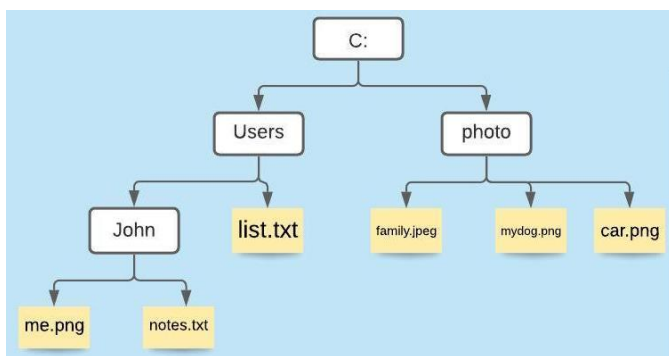
Файлова система

На сучасних комп'ютерах інформація, як правило, зберігається у вигляді файлів.

Файл – це *основна одиниця зберігання даних* довільного обсягу, яка має власне *унікальне ім'я* та, як правило, розширення, що вказує на тип даних. Файли забезпечують збереження інформації на носіях даних і можливість її багаторазового зчитування та використання. При цьому для користувача приховані технічні деталі, пов'язані зі способом і фізичним місцем зберігання інформації на диску.

Для організації та керування файлами використовується **файлова система**, яка призначена для зберігання даних на дисках або інших носіях та забезпечення зручного доступу до них. Вона визначає спосіб організації інформації на носії, правила іменування файлів, структуру каталогів та механізми доступу до даних.

Під час роботи з файлами широко застосовуються механізми структурування інформації, які зазвичай мають *ієрархічний характер*. Для цього вводиться поняття **каталогу** (*directory*), який у повсякденному використанні часто називають **папкою** (*folder*). Каталог містить відомості про файли та інші каталоги, що в ньому зберігаються. Всередині одного каталогу можуть розміщуватися інші каталоги, які називають **підкаталогами** (*subdirectory*). Завдяки цьому користувач може створювати складну багаторівневу ієрархічну структуру для впорядкування інформації.



Наприклад, на комп'ютері лікаря може бути створена папка «*Медична документація*», в якій розміщені підкаталоги «*Історії хвороб*», «*Результати аналізів*», «*Рентген-знімки*».

У папці «*Історії хвороб*» можуть бути підкаталоги з прізвищами пацієнтів, а в кожному з них – файли з електронними медичними картками, виписками та протоколами обстежень.

2. МЕРЕЖЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ. МЕДИЧНІ ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ

2.1 Мережеві технології і доступ до них

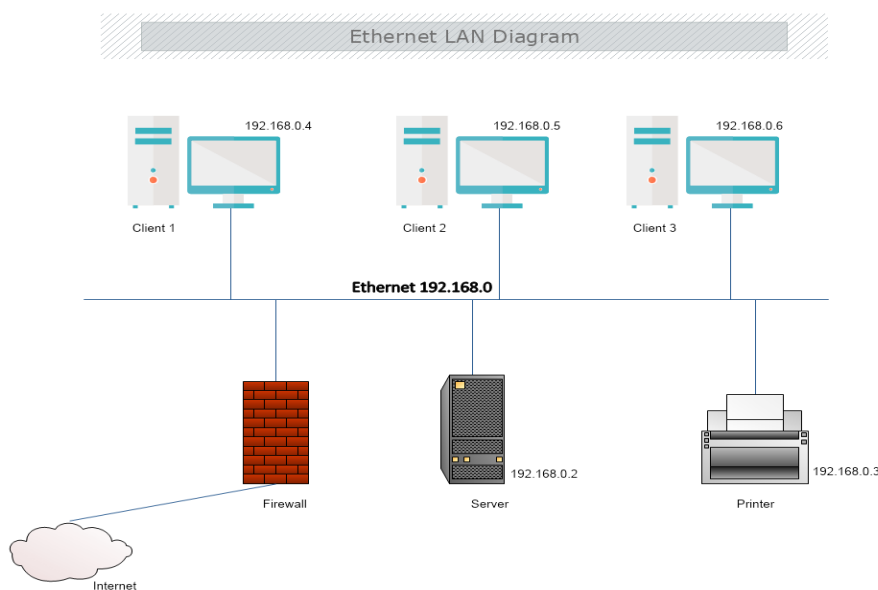
Доступ до основних інформаційних сервісів мережі Інтернет здійснюється за допомогою мережевих технологій. **Мережеві технології** – це комплекс апаратних і програмних засобів, протоколів та стандартів, що забезпечують з'єднання комп'ютерів та пристроїв у мережі для обміну даними та спільного використання ресурсів. Вони лежать в основі роботи локальних мереж, Інтернету, хмарних сервісів та забезпечують роботу систем комунікації.

Основні компоненти та поняття мережевих технологій:

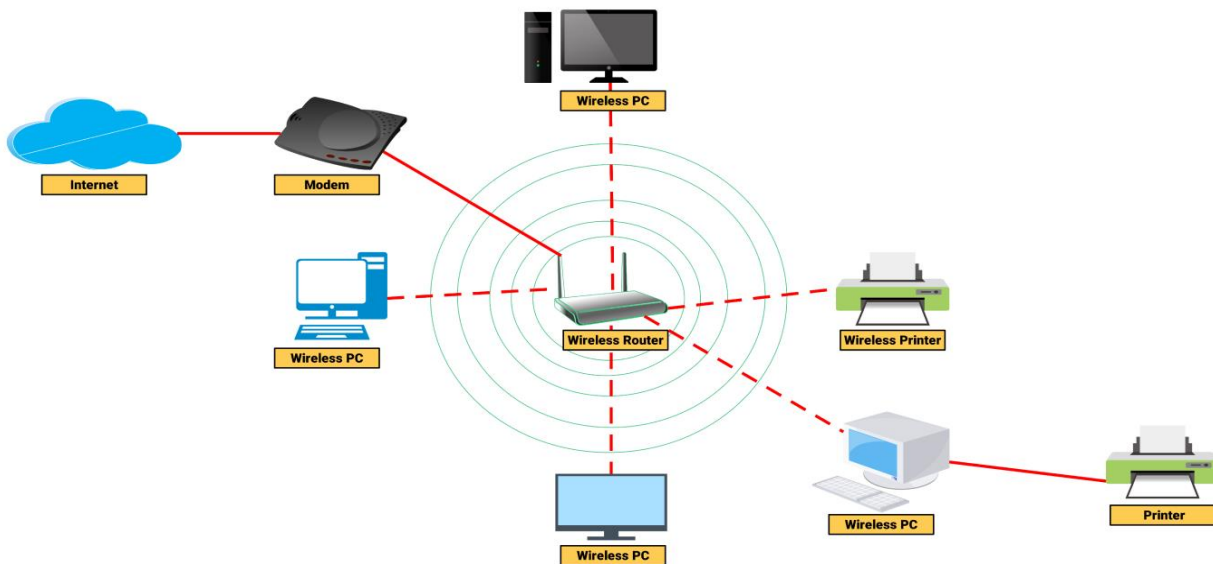
- **протоколи:** набір правил для передачі даних (наприклад, TCP/IP, HTTP, FTP), що гарантують коректність обміну інформацією;
- **апаратне забезпечення:** фізичні пристрої – кабелі, мережеві карти, комутатори (*switches*), маршрутизатори (*routers*), точки доступу *Wi-Fi*;
- **мережеві сервіси:** електронна пошта (*e-mail*), системи обміну файлами, відеоконференції, веб-ресурси.

Типи мереж

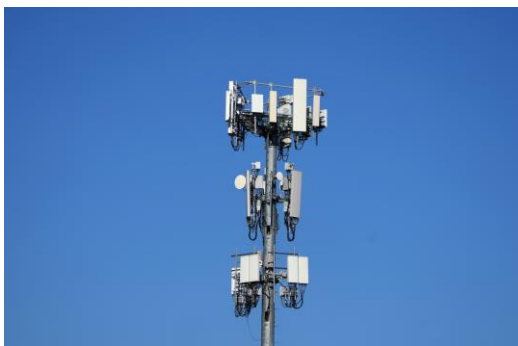
1. Дротові локальні мережі (LAN, Local Area Network). Найпоширеніша технологія локальних мереж – Ethernet – використовує кабельне з'єднання (вита пара, оптоволокно) і забезпечує високу швидкість та стабільність передачі даних. Працює на фізичному та канальному рівнях моделі OSI.



2. Бездротові локальні мережі (WLAN/Wi-Fi). **Wi-Fi** – це технологія бездротового доступу до локальної мережі, яка дозволяє підключати мобільні пристрої без використання кабелів. Використовує мережеві протоколи (TCP/IP, HTTP тощо), але через радіоканал.



3. Мобільні мережі (3G, 4G, 5G). Мобільні технології забезпечують доступ до Інтернету через мережі операторів стільникового зв'язку. Вони використовують власні стандарти передачі сигналу, але для роботи із сервісами Інтернету також застосовують транспортні протоколи TCP/IP.



4. Глобальні мережі (WAN, Wide Area Network). Наймасштабнішим прикладом глобальної мережі є **Інтернет**.

Всі мережі працюють за певними правилами і стандартами – мережевими протоколами. Саме мережеві протоколи є тим «фундаментом», на якому тримається весь цифровий світ. Без цих чітких алгоритмів та стандартів взаємодія між різними пристроями була б неможливою – це був би цифровий хаос замість глобальної мережі. Важливо мати на увазі, що навіть якщо два пристрої мають абсолютно різне «залізо» (наприклад, iPhone та сервер на Linux), вони легко розуміють один одного саме завдяки тому, що обидва суворо дотримуються однакових відкритих стандартів і протоколів.

Мережеві протоколи – це набір правил і стандартів, які визначають те, як пристрої в мережі (комп'ютери, смартфони, сервери тощо) обмінюються даними, забезпечуючи їх коректну передачу, маршрутизацію та обробку. Протокол – це своєрідна «мова», необхідна машинам для взаємодії («спілкування»).

Мережеві протоколи організовані в рівні, як у моделі OSI. **Мережева модель OSI** (*Open Systems Interconnection*) – це *семирівнева концептуальна модель* для опису та стандартизації функцій мережевих протоколів, що дозволяє різним системам взаємодіяти, розділяючи процес передачі даних на логічні шари (рівні): фізичний, канальний, мережевий, транспортний, сеансовий, представлення та прикладний. Вона допомагає зрозуміти, як дані рухаються мережею, від фізичних сигналів до програмних інтерфейсів користувача.

Основні функції протоколів: форматування та кодування даних (визначають структуру пакетів даних), адресація та маршрутизація (відповідають за доставку даних до правильного місця призначення (IP-адреси, MAC-адреси), керування помилками (перевіряють цілісність даних та запитують повторну передачу в разі помилок), контроль потоку та послідовності (забезпечують правильний порядок отримання компонентів повідомлення).

Мережеві протоколи включають такі ключові протоколи, як TCP/IP (основні правила передавання даних), HTTP/HTTPS (для веб-сторінок), FTP (для передавання файлів), SMTP/POP3/IMAP (для роботи електронної пошти), DNS (перетворює імена доменів у IP-адреси) та інші, що забезпечують безпеку та функціональність сучасних мереж.

Наприклад, **TCP/IP** (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) – це ключовий протокол транспортного рівня в Інтернеті, який забезпечує надійну, впорядковану і безпомилкову доставку даних між пристроями.

Для передавання файлів між комп'ютерами використовується протокол **FTP** (*File Transfer Protocol* – протокол передавання файлів), який застосовується у випадках завантаження або передавання файлів на віддалений сервер.

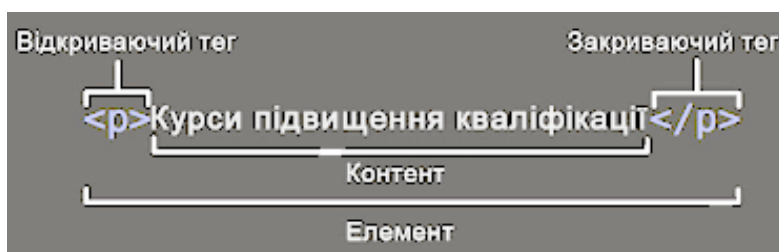
Якщо обмін даними відбувається у вигляді веб-сторінок, використовується протокол **HTTP** (*Hypertext Transfer Protocol* – протокол передавання гіпертексту). Для забезпечення захищеного обміну інформацією, особливо під час роботи з персональними та медичними даними, застосовується протокол **HTTPS** (*HyperText Transfer Protocol Secure* – захищений протокол передавання гіпертексту), який гарантує конфіденційність і цілісність переданих даних.

Гіпертекст на відміну від звичайного тексту містить систему гіперпосилань і спеціальних тегів, які дозволяють зручно та інтуїтивно зрозуміло структурувати великі за обсягом масиви інформації і полегшують навігацію та впорядкування інформації.

Гіперпосилання – це активні (виділені кольором, підкреслені) елементи тексту (слова, фрази або зображення), натискання на які дозволяє швидко перейти на іншу сторінку, на якій він перебуває.



Теги – це спеціальні службові позначки, які використовуються для структурування та форматування тексту, визначення заголовків, абзаців, списків, посилань та інших елементів документа.



Саме завдяки гіпертексту інформаційні ресурси в мережі Інтернет можуть бути представлені у вигляді сукупності **Web-сторінок**, що зберігаються на **Web-серверах** та пов'язані між собою гіперпосиланнями.

Web-сторінка – це електронний документ, створений за допомогою мов розмітки (найчастіше HTML), який відображається у Web-браузері та є складовою частиною сайту в мережі Інтернет. Сукупність взаємопов'язаних Web-сторінок, що належать одній особі, установі або організації, називається **Web-сайтом**.

Web-браузер (браузер, від англ. *browser* – оглядач, пошуковик) – це прикладна програма, призначена для перегляду вебсайтів, вебсторінок та взаємодії користувача з контентом в інтернеті (діє як посередник між користувачем та інтернетом).

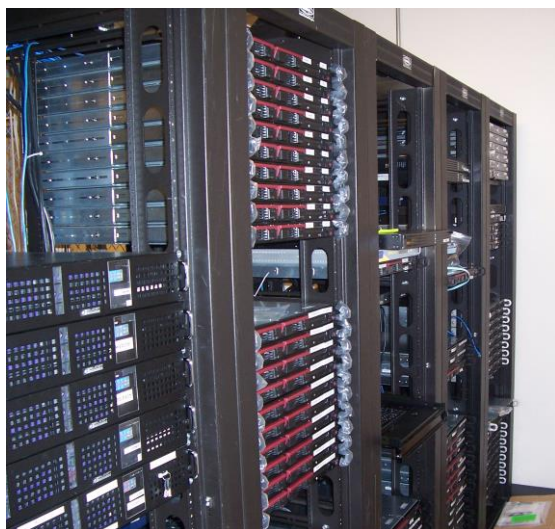
Найпопулярніші приклади браузерів (станом на 2026 р.):

- **Google Chrome** – лідер ринку, відомий швидкістю та величезною кількістю розширень;
- **Safari** – стандартний браузер для пристроїв Apple (iPhone, Mac), оптимізований для енергозощадження;
- **Microsoft Edge** – сучасний браузер від Microsoft, вбудований у Windows, з глибокою інтеграцією штучного інтелекту;
- **Mozilla Firefox** – вибір тих, хто цінує приватність та відкритий вихідний код;

- **Opera** – має вбудований VPN, блокувальник реклами та зручну бічну панель для месенджерів;
- **Brave** – орієнтований на повну конфіденційність та автоматичне блокування трекерів стеження;
- **Tor Browser** – спеціалізовані рішення, як-от для максимальної анонімності.



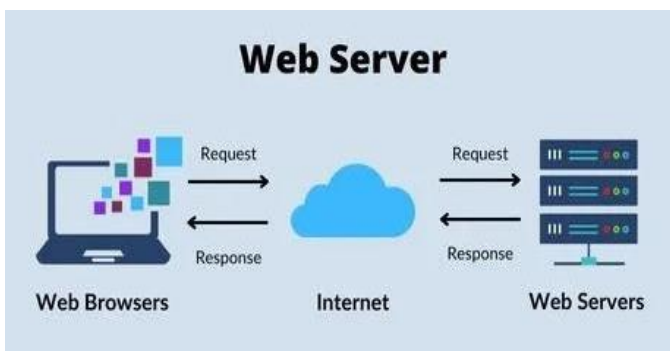
Веб-браузер надсилає запити до серверів, обробляє код (HTML, CSS, JS) і відображає його у вигляді сторінок із текстом, відео та зображеннями, дозволяючи користувачеві взаємодіяти з контентом, переходити за посиланнями та завантажувати файли.



Веб-сервер

У світі існують мільйони Web-серверів, на кожному з яких може розміщуватися один або декілька сайтів. Більшість Web-серверів працюють під керуванням операційних систем *Linux* або *Unix*, а одним із найпоширеніших і відносно простих у налаштуванні Web-серверів є *Apache*.

Web-сервер – це комп'ютер (сервер) або програмне забезпечення на цьому комп'ютері (веб-сервер), яке приймає запити клієнтів, обробляє їх та відповідає на них через мережу Інтернет за протоколами HTTP або HTTPS. Отже, веб-сервером називають як програмне забезпечення, що виконує функції веб-сервера, так і комп'ютер, на якому це програмне забезпечення працює. Веб-сервер найчастіше працює цілодобово чи у час роботи групи його користувачів.



Файли сайтів і Web-сторінок зберігаються у спеціальних папках на комп'ютері з установленим Web-сервером. Коли користувач вводить адресу Web-сторінки в адресному рядку браузера, фактично відбувається звернення (*Request*) до відповідного файлу на Web-сервері, який передається та відображається (*Response*) на екрані користувача.

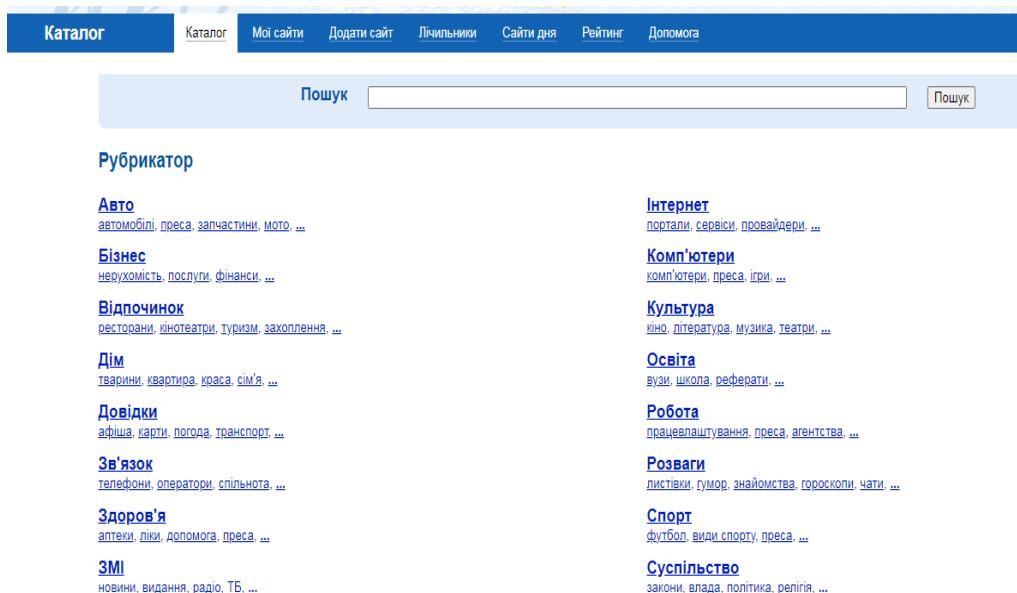
Технології пошуку інформації в мережі Інтернет

Проблема забезпечення зручного та ефективного пошуку інформації для користувачів мережі Інтернет вирішується переважно у двох основних напрямках. Перший напрямок полягає у створенні Інтернет-каталогів, другий – у розробці пошукових машин (пошукових систем).

Каталог Інтернет-ресурсів – це ієрархічно впорядкований перелік посилань на різноманітні інформаційні ресурси, який постійно оновлюється та поповнюється. Такий каталог містить велику кількість Web-сторінок, Web-сайтів або їх тематичних груп, кожна з яких супроводжується коротким описом змісту.

Інтернет-каталоги є простими та інтуїтивно зрозумілими у використанні. Пошук інформації в каталозі здійснюється за принципом поступового уточнення, тобто шляхом переходу від загальних тематичних категорій до більш конкретних підрозділів. На головній сторінці каталогу зазвичай розміщений *тематичний рубрикатор* (див. *рисунок нижче*). Натискаючи на назву відповідної рубрики, користувач переходить до переліку підкатегорій обраної теми, а далі – до списку сайтів із короткою характеристикою їх вмісту.

Такий спосіб пошуку інформації є особливо зручним у випадках, коли користувач не може чітко сформулювати запит або прагне отримати загальне уявлення про певну тему, наприклад, під час первинного ознайомлення з медичною проблематикою чи навчальним матеріалом.



Інтерфейс каталогу Інтернет-Ресурсів i.ua (catalog.i.ua).

Однією з основних переваг тематичних каталогів є те, що описи посилань у них, як правило, надаються самими авторами сайтів або адміністраторами каталогу й достатньо точно відображають зміст відповідних ресурсів. Це дає користувачеві змогу заздалегідь оцінити, наскільки інформація на сайті відповідає меті пошуку.

Разом із тим тематичні каталоги мають і суттєвий недолік. До них зазвичай заносяться посилання лише на сервери, цілі сайти або великі розділи сайтів. Окремі Web-сторінки, на яких може міститися потрібна користувачеві інформація, до каталогу, як правило, не включаються. Тому для детального, вузькоспеціалізованого пошуку інформації тематичні каталоги малопридатні.

Пошукові системи (*пошукові машини* або *системи Web-пошуку*) – це спеціалізовані сервери, що містять великі бази даних Інтернет-адрес. Вони автоматично відвідують Web-сторінки за цими адресами, аналізують і *індексують* їх зміст. Крім того, пошукові системи переходять за гіперпосиланнями, розміщеними на знайдених сторінках, і також включають їх до своєї індексної бази.

Оскільки більшість Web-сторінок містить велику кількість посилань на інші ресурси, у результаті такої роботи пошукові системи теоретично можуть охопити практично весь простір мережі Інтернет. Саме тому пошукові машини є найбільш ефективним інструментом для *детального пошуку інформації за ключовими словами*.

Найпопулярнішою пошуковою системою на сьогодні є **Google** (www.google.com). Також широко відомими є **Bing** (www.bing.com) та **Yahoo!** (www.yahoo.com).



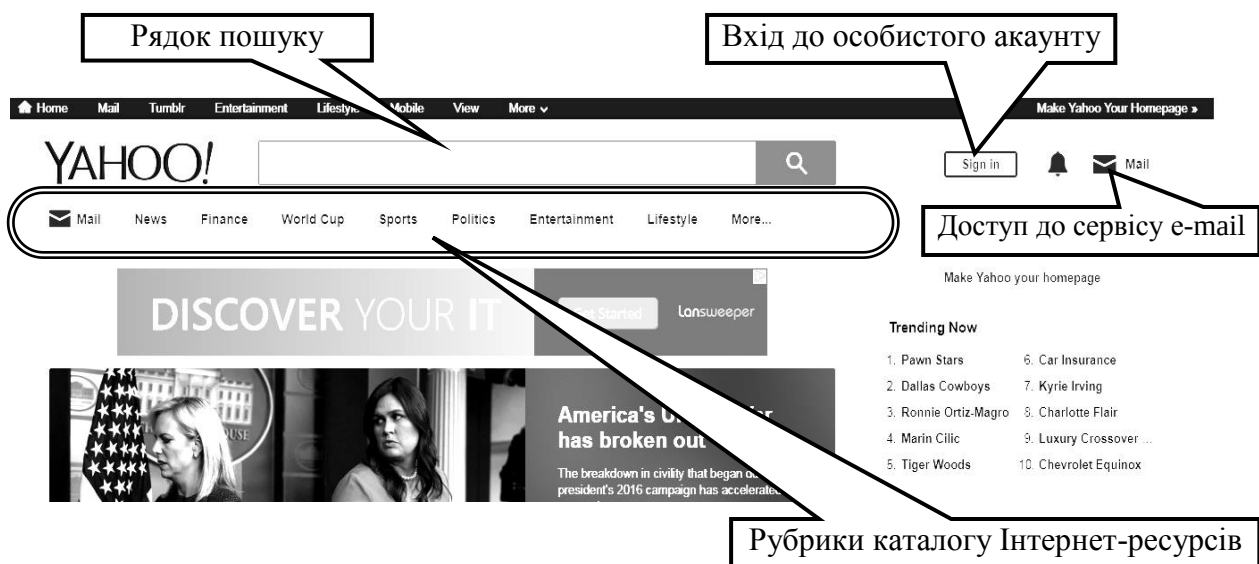
Технологія використання пошукових систем є досить простою. Користувач вводить ключове слово або фразу в пошуковий рядок та запускає процес пошуку, у результаті чого отримує список документів, що відповідають

сформульованому запиту. Цей список *ранжується* пошуковою системою за спеціальними алгоритмами, і на початку списку відображаються ті документи, які, на думку системи, найбільше відповідають запиту користувача.

Кожна пошукова система використовує власні критерії ранжування як під час формування індексної бази Web-сторінок, так і під час аналізу результатів пошуку. Тому однаковий запит, введений у різні пошукові системи, може дати різні результати.

Основним недоліком пошукових систем є *відносно невисокий відсоток точності результатів*. Не кожна сторінка зі списку знайдених ресурсів повністю відповідає запиту користувача. Крім того, у разі занадто загального формулювання запиту результати пошуку можуть бути надто численними й складними для перегляду.

Багато сучасних сайтів поєднують у собі функції пошукової системи та тематичного каталогу, а також надають доступ до інших сервісів Інтернету: електронної пошти, соціальних мереж, обміну повідомленнями, віддалених (хмарних) сховищ даних тощо (*рисунок*). Такі комплексні ресурси називаються **Web-порталами**.



Інтерфейс Web-Порталу Yahoo (www.yahoo.com)

2.2 Медичні Інтернет-ресурси

Інформаційні ресурси – це сукупність даних, упорядкованих і організованих таким чином, щоб забезпечити ефективне отримання достовірної та актуальної інформації. До інформаційних ресурсів належать *масиви документів і даних*, що зберігаються в різних інформаційних системах, зокрема в бібліотеках, архівах, банках даних, базах даних, мережах та інших електронних сховищах інформації.

На сьогодні найпоширенішим способом доступу до інформаційних ресурсів є використання сервісів мережі Інтернет. **Інформаційні сервіси (служби) Інтернету** надають користувачам можливість отримувати доступ до різноманітних інформаційних ресурсів, розміщених у глобальній мережі. Такими ресурсами можуть бути файли стандартних форматів або електронні документи, які можна переглядати, зберігати на власному комп'ютері або друкувати.

Питання, пов'язані з охороною здоров'я, знаходять своє відображення на великій кількості сайтів. У мережі Інтернет можна знайти матеріали, що представляють інтерес для різних категорій користувачів – як для пацієнтів, так і для практикуючих лікарів, організаторів охорони здоров'я, науковців та студентів медичних спеціальностей. Отже, існують спеціалізовані ресурси, орієнтовані як на кожную окрему групу, так і такі, що необхідні широкому колу користувачів.

Щодо класифікації медичних ресурсів мережі Інтернет, то можна виділити два основні напрямки:

- ресурси за типом відвідувачів;
- ресурси за метою відвідування.

Класифікація медичних Інтернет-ресурсів

За типом очікуваних відвідувачів можна виділити такі групи ресурсів:

- *для пацієнтів* – ресурси, що пропонують довідкову медичну інформацію про різні захворювання, їх симптоми, способи профілактики, загальні підходи до лікування, а також відомості про лікарів і заклади охорони здоров'я, що надають відповідну медичну допомогу;
- *для лікарів* – спеціалізована медична інформація для фахівців практичної охорони здоров'я й науковців, зокрема клінічні рекомендації, протоколи лікування, результати досліджень, професійні медичні видання;
- *для фахівців з організації охорони здоров'я* – законодавчі й нормативні акти, довідкові матеріали, необхідні для організації роботи та підготовки звітності; ресурси з управління медичними закладами, аутсорсингові сервіси – медичні послуги, надані іншими установами й комерційними фірмами за договорами;
- *для фахівців фінансово-господарських служб і підприємців*, діяльність яких пов'язана з охороною здоров'я – інформація про устаткування, медикаменти, витратні матеріали, інструментарій, засоби зв'язку, транспорт та інші ресурси для матеріально-технічного забезпечення медичних закладів;
- *для фахівців кадрових служб і пошуку роботи* – сервіси, що дозволяють переглядати резюме фахівців-медиків, здійснювати пошук вакансій, аналізувати потреби ринку праці в медичній галузі тощо.

За метою відвідування виділяють такі групи ресурсів:

- для пошуку спеціалізованої медичної інформації (наукові статті, довідники, бази даних);
- для пошуку медичних послуг (клініки, лікарі, діагностичні центри);
- для пошуку лікувальних і профілактичних засобів (лікарські препарати, вакцини, медичні вироби);
- для навчання (освітні платформи, електронні підручники, дистанційні курси, ресурси для самопідготовки студентів);
- для бізнесу й забезпечення діяльності лікувально-профілактичних установ;
- для пошуку роботи й співробітників;
- для професійного та наукового спілкування (форуми, професійні спільноти, конференції).

Приклади спеціалізованих медичних сайтів:

- <http://www.moz.gov.ua> – офіційний сайт Міністерства охорони здоров'я України (нормативна база, накази, стандарти медичної допомоги);
- <http://www.medicusamicus.com> – «Medicus Amicus» – сайт для лікарів і фармацевтів;
- <http://www.morion.ua> – сайт компанії «МОРІОН», що спеціалізується у сфері розвитку й впровадження комп'ютерних технологій у медицині та фармації, видавничого бізнесу, дослідження й аналізу фармацевтичного ринку України;
- <http://www.health-ua.org> – «Здоров'я України» – медичний портал;
- <http://www.compendium.com.ua> – онлайн-компендіум лікарських засобів, корисний для навчання та клінічної практики;
- <http://www.medicinform.net> – «Медична інформаційна мережа» – пошукова система та каталог медичних ресурсів, новини й аналітичні матеріали.

2.3 База даних медичних публікацій Medline

Будь-яке наукове дослідження починається з пошуку та аналізу відомих результатів, отриманих раніше іншими дослідниками в обраній галузі знань. Такий пошук дозволяє систематизувати наявні дані, визначити новизну дослідження, його актуальність, оцінити наукову та практичну значущість отриманих результатів, а також вибрати актуальний напрям для подальшої розробки.

Оскільки більшість наукових результатів публікується в спеціалізованих журналах, якісний інформаційний пошук передбачає перегляд великої кількості періодичних видань за обраною тематикою. Таке завдання можна вирішити за допомогою бібліографічних систем і баз даних, що містять інформацію про наукові статті та монографії, опубліковані в різних країнах світу.



Однією з найвідоміших і найавторитетніших бібліографічних систем медичних публікацій є **MEDLINE**. Ця база даних була створена Національною медичною бібліотекою США (*National Library of Medicine, NLM*) при Національному інституті здоров'я США

у 1960–1970-х роках, а в електронному вигляді активно використовується з початку 1980-х років.

У MEDLINE зібрані реферати та бібліографічні дані публікацій з кінця 1960-х років і до сьогоднішнього часу з більш ніж 5 000 провідних світових наукових журналів у галузі медицини, біології, фармакології та суміжних наук.

EBSCO Health – підрозділ компанії EBSCO Information Services, що спеціалізується на наданні науково-обґрунтованих клінічних ресурсів та медичних баз даних.

Переваги бази даних MEDLINE. До основних переваг бази даних MEDLINE належать:

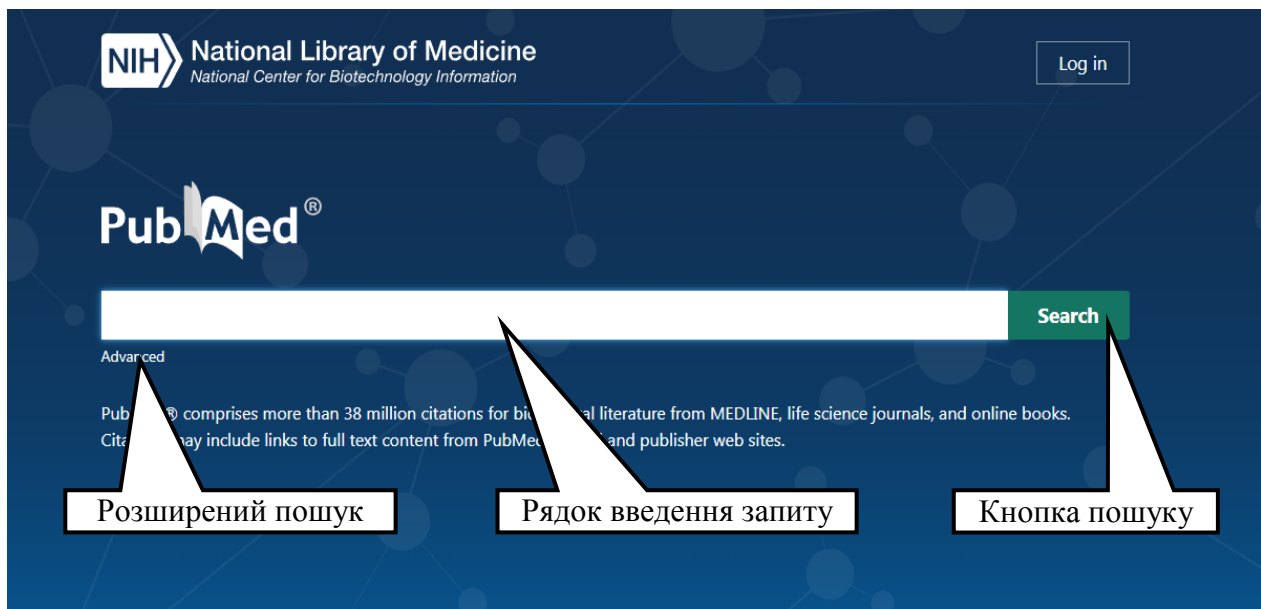
- можливість швидко та ефективно підібрати бібліографічні дані про статті на задану тему;
- реферати статей дозволяють отримати загальне уявлення про мету дослідження, матеріали, методи та результати публікації;
- для значної частини публікацій доступні повнотекстові версії статей (безпосередньо або через посилання на сайти журналів);
- можливість пошуку за пов'язаними темами завдяки використанню стандартизованої медичної термінології;
- широке застосування в навчальній, науковій та клінічній практиці.

База даних MEDLINE і програма **PubMed**, що забезпечує доступ до неї, є безкоштовними та загальнодоступними. Доступ до PubMed здійснюється за адресами: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> або <http://pubmed.gov>.

PubMed є пошуковою платформою, яка дозволяє працювати не лише з базою даних MEDLINE, але й з іншими науковими ресурсами NLM.

Пошук публікацій здійснюється за ключовими словами й фразами. Для введення пошукового запиту на сторінці пошуку передбачено спеціальний *рядок введення запиту (рисунок)*. Введення ключових слів і фраз здійснюється англійською мовою, що обумовлено міжнародним характером бази даних.

Запит обробляється після натискання кнопки *Search (рисунок)*. Результатом пошуку є список публікацій, у яких зустрічаються задані ключові слова та фрази.



Інтерфейс початкової сторінки програми PubMed

Для підвищення точності пошуку в PubMed використовується **система MeSH (Medical Subject Headings)** – контрольований словник медичних термінів, який дозволяє об'єднувати публікації за змістом, навіть якщо в них використовуються різні формулювання.

Крім того, PubMed надає можливість *застосування фільтрів* за роком публікації, типом дослідження (клінічні випробування, огляди, мета-аналізи), мовою, віковими групами пацієнтів тощо, що є особливо корисним для студентів і молодих дослідників.

3. СТАНДАРТИЗАЦІЯ МЕДИЧНИХ ДАНИХ. КОДУВАННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ

3.1 Теоретичні принципи стандартизації

Стандартизація в медицині – це процес розроблення та впровадження єдиних правил, норм, вимог і характеристик із метою забезпечення сумісності, однозначності, відтворюваності та якості медико-біологічної інформації, медичних технологій і клінічних процесів.

Іншими словами, стандартизація забезпечує можливість того, щоб результати вимірювань, медичні записи, діагностичні висновки та електронні повідомлення мали однакове трактування незалежно від медичного закладу, регіону, мови чи країни світу.



У практичному вимірі стандартизація охоплює весь життєвий цикл медичної інформації: від способу вимірювання фізіологічних показників (артеріального тиску, температури тіла, рівня глюкози), правил оформлення медичної документації, класифікації захворювань і процедур до електронного обміну даними між медичними інформаційними системами різних установ.

У сучасній системі охорони здоров'я медична інформація формується у величезних обсягах і має складну, багаторівневу структуру. Щоденно лікарі, медичні сестри, лабораторії, діагностичні центри та фармацевтичні компанії генерують дані про пацієнтів, захворювання, лікувальні процедури, рецепти на ліки, результати лабораторних аналізів і клінічні спостереження. Без належної організації та стандартизації такий об'єм інформації стає важко керованим та майже непридатним для аналітики, планування медичної допомоги та проведення наукових досліджень.

Необхідність стандартизації медичної інформації

Медична інформація відрізняється високим рівнем різноманітності.

Одне й те саме захворювання може мати кілька назв, синонімів або скорочень, залежно від країни, клінічної школи чи мови документації. Наприклад, «інфаркт міокарда» в англійській літературі – це «myocardial infarction», у німецькій – «Herzinfarkt» і т. ін. Стандартизація медичної інформації дозволяє забезпечити уніфіковане представлення даних незалежно від джерела та мови. Вона полегшує зберігання та обробку інформації в електронних медичних системах.

Стандартизовані медичні дані полегшують проведення їх статистичного аналізу та прогнозування. Наприклад, оцінювання поширеності хвороб, перебігу

захворювання, ефективності лікування або частоти ускладнень. Стандартизація дозволяє автоматизувати фінансові та організаційні процеси – включно з відшкодуванням медичних послуг, звітністю страхових компаній та державних органів. Усе це підвищує якість медичної допомоги шляхом швидкого доступу до історії хвороби пацієнта та стандартних протоколів лікування.

Основні компоненти стандартизації

Стандартизація медико-біологічних даних включає кілька взаємопов'язаних складових.

1. Термінологічна стандартизація – передбачає використання уніфікованої медичної термінології. Її мета – усунути неоднозначність тлумачення понять, синонімію та варіативність формулювань. Наприклад, одна й та сама патологія не повинна одночасно фігурувати як «інфаркт», «серцевий напад» і «гострий коронарний синдром» без чіткого розмежування значень.

2. Класифікація та кодування. Класифікація забезпечує систематизацію медичних об'єктів за певними ознаками, а кодування – присвоєння їм унікальних алфавітно-цифрових позначень (кодів). Кодування дозволяє автоматизувати статистичний облік, забезпечити машинну обробку даних, уникнути мовних бар'єрів, спростити обмін інформацією між інформаційними системами.

3. Стандарти обміну медичними даними – регламентують структуру та формат передачі інформації між електронними системами охорони здоров'я.

До міжнародних організацій, що розробляють такі стандарти, належить, наприклад, *Health Level Seven International (HL7)*; одним із сучасних стандартів є **FHIR** (*Fast Healthcare Interoperability Resources*), який визначає структуру електронних медичних ресурсів і правила їх передачі через веб-технології.

4. Технічна стандартизація обладнання – визначає вимоги до точності вимірювань, калібрування приладів, форматів збереження діагностичних зображень, параметрів безпеки медичної техніки.

5. Етичні та правові норми. Стандартизація у сфері етичних і правових норм охоплює захист персональних медичних даних, забезпечення конфіденційності, регламент доступу до інформації, відповідність національному та міжнародному законодавству.

3.2 Поняття кодування, класифікації, номенклатури, термінологічної системи

Розглянемо два ключові поняття, що лежать в основі стандартизації медичної інформації, – класифікація та кодування.

Класифікація – це процес систематизації об'єктів за певними ознаками. У медицині об'єктами класифікації можуть бути захворювання, симптоми, медичні

процедури, лікарські препарати, лабораторні показники тощо. Класифікація організовує ці об'єкти у вигляді *ієрархічної структури*, де об'єкти групуються за спільними характеристиками.

Наприклад, у Міжнародній класифікації хвороб (**МКХ-10**) захворювання групуються за системами органів: хвороби серцево-судинної системи, дихальної системи, травної системи тощо.

Кодування – це процес присвоєння об'єктам класифікації унікальних умовних позначень, або **кодів**, що дозволяють однозначно ідентифікувати поняття в інформаційних системах.

Наприклад, код I21 у МКХ-10 позначає «гострий інфаркт міокарда». Використання кодів спрощує обробку інформації, уникає неоднозначностей і забезпечує ефективний обмін даними між різними установами.

Причини необхідності медичного кодування

У сучасних медичних системах медичне кодування є *обов'язковим елементом організації даних*.

Як уже зазначалося, медична документація характеризується багатомовністю, а пацієнти й фахівці різних країн потребують зрозумілого, уніфікованого та однозначного представлення інформації. Використання стандартних кодів забезпечує коректний обмін даними між різними медичними установами та інформаційними системами незалежно від мови.

Крім того, лікарі можуть застосовувати різні терміни для опису одного й того самого клінічного стану. Така варіативність професійної мови зумовлює необхідність уніфікації клінічної термінології та її подальшого кодування з метою усунення неоднозначностей.

Коди значно полегшують підрахунок випадків захворювань, аналіз їх поширеності та прогнозування тенденцій розвитку патологій. Отже, вони створюють основу для проведення повноцінного статистичного аналізу медичної інформації та прийняття управлінських рішень у сфері охорони здоров'я.

Використання кодів є необхідною умовою автоматизації електронних медичних записів (ЕМЗ): інформаційні системи швидко обробляють стандартизовані коди під час ведення історій хвороби, фіксації призначень, результатів лабораторних і діагностичних досліджень.

Страхові компанії та державні фонди також використовують коди для розрахунку вартості та відшкодування медичних послуг. Таким чином, без систем медичного кодування неможливе ефективне функціонування фінансових механізмів у сфері охорони здоров'я.

Основні терміни, пов'язані з класифікацією

У медичній інформатиці важливо чітко розрізняти низку близьких за змістом понять, які в повсякденній практиці нерідко використовуються як синоніми, проте виконують різні функції в системі організації знань і медичних даних. Розуміння відмінностей між ними є необхідним для правильного застосування стандартів кодування та побудови медичних інформаційних систем. Розглянемо і порівняємо такі поняття, як класифікація, номенклатура, термінологічна система і онтологія.

1. Класифікація – це ієрархічне групування об'єктів за певними ознаками або критеріями. Вона забезпечує структуровану організацію знань шляхом розподілу об'єктів на класи, підкласи та рубрики відповідно до спільних характеристик.

Класифікація може ґрунтуватися на різних принципах: етіології захворювання, анатомічній локалізації, патогенетичному механізмі, клінічному перебігу, функціональних порушеннях тощо.

Головна функція класифікації – впорядкувати об'єкти та визначити їх місце у загальній структурі предметної сфери.

Наприклад, МКХ-10 групує хвороби за системами органів, етіологічними факторами та клінічними особливостями, створюючи чітку ієрархію розділів, класів і рубрик.

2. Номенклатура – це перелік назв (термінів) або понять без обов'язкової ієрархічної структури. Номенклатури використовуються для однозначного позначення об'єктів певної галузі знань, зокрема для найменування процедур, діагностичних маніпуляцій, лікарських засобів або медичних виробів.

На відміну від класифікації, номенклатура не обов'язково відображає родові зв'язки між об'єктами, а головним чином забезпечує стандартизацію їх назв.

Головна функція номенклатури – уніфікувати терміни та забезпечити однаковість їх використання в документації, звітності та електронних системах.

Приклад: перелік хірургічних маніпуляцій у національних номенклатурах медичних послуг або довідник назв лікарських препаратів.

3. Термінологічна система – це впорядкована сукупність взаємопов'язаних понять певної галузі знань, які мають чіткі визначення та логічні зв'язки між собою.

На відміну від номенклатури, термінологічна система не обмежується простим переліком назв, а встановлює смислові відношення між поняттями (родові, частково-цілісні, причинно-наслідкові тощо). Вона забезпечує єдність професійної мови та зменшує ризик неоднозначного тлумачення клінічних термінів.

Головна функція термінологічної системи – систематизувати знання та забезпечити їх логічну узгодженість у межах певної предметної сфери.

Приклад: термінологічна система **SNOMED CT** (Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms), яка містить структуровані клінічні поняття та визначає між ними семантичні зв'язки.

4. Онтологія – це формалізована модель знань, яка описує поняття предметної сфери, їх властивості та семантичні зв'язки між ними у вигляді, придатному для машинної інтерпретації.

Онтологія виходить за межі термінологічної системи, оскільки не лише фіксує визначення та зв'язки, а й формалізує їх за допомогою спеціальних логічних правил і структур. Завдяки цьому комп'ютерні системи можуть виконувати автоматичний аналіз, логічне виведення та підтримку прийняття клінічних рішень.

Головна функція онтології – створити машинно-читану модель знань, яка дозволяє інформаційним системам «розуміти» медичні дані на семантичному рівні.

Приклад: онтологія хвороб, що визначає формалізовані зв'язки між симптомами, патологічними процесами, ускладненнями та методами лікування.

Порівняємо та узагальнимо розглянуті поняття:

1. Номенклатура відповідає на запитання: «Як правильно назвати об'єкт?».
2. Класифікація відповідає на запитання: «До якої групи (класу) належить цей об'єкт?» або «Як впорядкувати об'єкти за спільними ознаками?».
3. Термінологічна система відповідає на запитання: «Що означає це поняття і як воно пов'язане з іншими поняттями?».

4. Онтологія відповідає на запитання: «Як формально описати знання так, щоб їх могла інтерпретувати й опрацьовувати комп'ютерна система?». Онтологія не просто описує терміни та їх зв'язки, а створює машинно-читану модель знань, яку може використовувати інформаційна система для автоматичного аналізу, логічного узагальнення та підтримки прийняття рішень.

Таким чином, **класифікація** є ієрархічним розподілом об'єктів за певними критеріями (етіологією, локалізацією, механізмом розвитку, функціональними порушеннями тощо). Вона не просто називає поняття (як номенклатура), не лише визначає їх зміст і логічні зв'язки (як термінологічна система), і не формалізує знання для машинної обробки (як онтологія), а структурує об'єкти у вигляді впорядкованої системи груп і підгруп, забезпечуючи чітку організацію медичних знань та основу для подальшого кодування.

3.3 Принципи побудови медичних класифікацій

Принципи побудови медичних класифікацій є фундаментальною складовою медичної інформатики, оскільки забезпечують стандартизоване подання діагнозів, процедур, лабораторних показників та інших медичних даних у цифрових

інформаційних системах. Правильно побудована класифікація дозволяє не лише кодувати клінічну інформацію, але й здійснювати статистичний аналіз, планування ресурсів охорони здоров'я, наукові дослідження та міжнародний обмін даними.

У процесі класифікації поняття впорядковуються за родовими зв'язками.

Родові зв'язки – це відношення типу «А належить до роду В» або «А є різновидом В».

Наприклад: «Пневмонія – це хвороба легенів», де *пневмонія* є видовим (вужчим) поняттям, а *хвороба легенів* – родовим (ширшим) поняттям.

Такий підхід формує ієрархічну структуру, в якій вищі рівні містять узагальнені категорії, а нижчі рівні – конкретизовані підкласи.

Основні принципи побудови медичних класифікацій

Розглянемо основні принципи побудови медичних класифікацій, такі як ієрархічність, уніфікація, однозначність, повнота, масштабованість та сумісність із міжнародними стандартами.

Ієрархічність означає побудову класифікації за принципом підпорядкованості від загального до конкретного. Кожен наступний рівень деталізує попередній. *Наприклад*, розроблена Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) Міжнародна класифікація хвороб (МКХ-11) має багаторівневу структуру: клас «Хвороби системи кровообігу» → рубрика «Ішемічна хвороба серця» → підрубрика «Гострий інфаркт міокарда» → уточнення локалізації та ускладнень. Така структура забезпечує логічність і можливість аналізу даних як на загальному, так і на деталізованому рівнях.

Уніфікація передбачає використання єдиних стандартів термінології та кодування для всіх закладів охорони здоров'я. Це дозволяє уникнути різночитань та дублювання понять. *Наприклад*, використання стандарту Міжнародна класифікація хвороб (МКХ-10) або МКХ-11 забезпечує однакове кодування діагнозу «пневмонія» незалежно від регіону чи медичного закладу. Уніфікація є особливо важливою для електронних медичних записів, страхових розрахунків та державної статистичної звітності.

Однозначність означає, що кожному коду відповідає лише одне чітко визначене поняття, і навпаки – кожне поняття має свій унікальний код. Це запобігає помилкам інтерпретації. *Наприклад*, код I21 у МКХ-10 однозначно позначає «гострий інфаркт міокарда», що виключає плутанину з хронічними формами ішемічної хвороби серця. Однозначність є критичною для автоматизованої обробки даних у клінічних інформаційних системах.

Повнота означає, що класифікація повинна охоплювати всі можливі варіанти станів або об'єктів певної предметної сфери. У медичній практиці це важливо для точного відображення клінічної картини. *Наприклад*, сучасна МКХ-11 містить розширені рубрики для рідкісних захворювань, що раніше не мали окремого коду. Повнота дозволяє зменшити використання узагальнених категорій типу «неуточнений діагноз» і підвищує якість статистичних даних.

Масштабованість передбачає можливість розширення класифікації без порушення її структури. Медична наука постійно розвивається, з'являються нові нозологічні форми, методи лікування, генетичні варіанти захворювань. Класифікаційна система повинна дозволяти додавання нових кодів і розділів без кардинальної перебудови всієї системи. Саме тому перехід від МКХ-10 до МКХ-11 супроводжувався створенням цифрової архітектури, що підтримує регулярні оновлення.

Інтероперабельність (сумісність) із міжнародними стандартами означає, що національні класифікації мають бути узгоджені з міжнародними системами для забезпечення глобальної порівнюваності даних. *Наприклад*, окрім МКХ, широко застосовується клінічна термінологічна система SNOMED CT. Сумісність між МКХ та SNOMED CT дозволяє інтегрувати статистичні й клінічні дані в єдиному інформаційному просторі. Це особливо важливо для міжнародних досліджень, епідеміологічного моніторингу та співпраці між країнами.

Таким чином, дотримання зазначених принципів забезпечує наукову обґрунтованість, логічну структуру, практичну придатність і міжнародну інтегрованість медичних класифікацій, що є необхідною умовою ефективного функціонування сучасних систем електронної охорони здоров'я.

Українська система охорони здоров'я працює на основі міжнародних стандартів ВООЗ, поступово переходячи до сучасних цифрових моделей класифікації, що забезпечують сумісність із глобальним медичним інформаційним простором.

3.4 Міжнародні системи медичної класифікації

Міжнародні системи медичної класифікації є основою стандартизації медичної інформації у світі. Вони забезпечують уніфіковане кодування захворювань, симптомів, процедур, факторів ризику та результатів лікування, що дозволяє здійснювати статистичний аналіз, міжнародні порівняння, планування ресурсів охорони здоров'я та інтеграцію електронних медичних систем. У сучасній медицині такі класифікації виконують роль «мови спілкування» між лікарями, дослідниками, страховими організаціями та державними структурами різних країн світу.

Розробкою більшості міжнародних систем займаються авторитетні організації, зокрема такі:



Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) (World Health Organization, WHO) – розробник ключових класифікацій сімейства WHO-FIC, таких як Міжнародна класифікація хвороб (МКХ) та Міжнародна класифікація функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я (МКФ).



SNOMED International (Systematized Nomenclature of Medicine, SNOMED) – організація, що забезпечує розвиток та підтримку SNOMED CT, найбільш повної у світі системи клінічної термінологічної системи для електронних медичних записів.



Regenstrief Institute – міжнародна науково-дослідна установа, відповідальна за розвиток стандарту LOINC (*Logical Observation Identifiers*

Names and Codes), який є світовим стандартом для ідентифікації лабораторних тестів та клінічних спостережень.



International
Organization for
Standardization

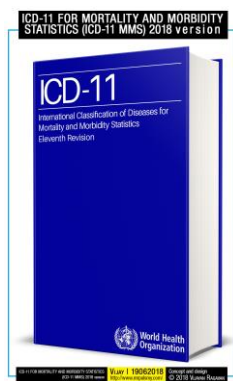
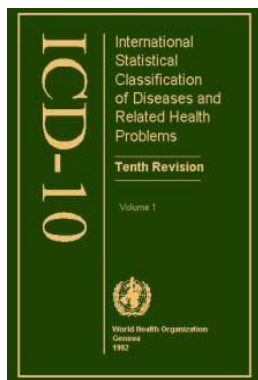
Міжнародна організація зі стандартизації (ISO, International Organization for Standardization) –

міжнародна неурядова організація, створена в 1947 р. з метою розробки Міжнародних стандартів. Через свій технічний комітет ISO/TC 215 (**Health Informatics**) розробляє стандарти для інтероперабельності, безпеки даних та обміну медичною інформацією на глобальному рівні.

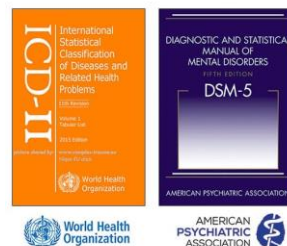
Найбільш поширеними міжнародними медичними класифікаціями є Міжнародна класифікація хвороб (МКХ), Міжнародна класифікація функціонування (МКФ), класифікація медичних процедур, лікарських засобів (ATC/DDD), а також системи клінічної термінології та лабораторних стандартів. Наведемо кілька прикладів таких класифікацій і термінологічних систем.

1. Міжнародна класифікація хвороб (МКХ) (англ., International Classification of Diseases, ICD) – це глобальна системи класифікації захворювань, розроблена ВООЗ. МКХ є всесвітнім стандартом для обліку захворюваності та смертності, формування медичної статистики, епідеміологічного аналізу, планування ресурсів охорони здоров'я, міжнародної звітності.

Сучасна редакція МКХ – це МКХ-11 (ICD-11). Попередньою широко застосовуваною версією була МКХ-10. В Україні (станом на 2026 р.) офіційно застосовується версія **МКХ-10**; наразі триває підготовчий етап переходу до МКХ-11.



How Are Diseases Classified?



The DSM-5 and ICD-11 are two of the most respected medical manuals in the world for classifying diseases & disorders

11-й перегляд Міжнародної класифікації хвороб (МКХ-11) ВООЗ розпочала у 2007 р. і закінчила у 2018 р. Перегляд був необхідний «для врахування досягнень у сфері медицини, науки та інформаційних технологій». Отже, головною метою введення нової редакції МКХ було спрощення її використання та відповідність досягненням у науці та медичній практиці. Перехід від МКХ-10 до МКХ-11 забезпечує:

- розширення цифрової архітектури;
- інтеграцію з електронними системами;
- підвищення деталізації клінічних станів;
- підтримку семантичної інтероперабельності.

Перехід на нову класифікацію було рекомендовано ВООЗ з 1 січня 2022 р., потім перехідний період було продовжено до 2027 р. На думку ВООЗ, не всі країни відразу зможуть перейти на новий стандарт через необхідність перепідготовки фахівців і через те, що деякі країни досі використовують МКХ-9.

МКХ-10 складається з **21 класу хвороб**, кожен з яких містить підрозділи з кодами хвороб і станів.

1. [A00 – B99] Деякі інфекційні та паразитарні хвороби.
2. [C00 – D48] Новоутворення.
3. [D50 – D89] Хвороби крові і кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму.
4. [E00 – E90] Хвороби ендокринної системи, розладу харчування та порушення обміну речовин.
5. [F00 – F99] Розлади психіки та поведінки.
6. [G00 – G99] Хвороби нервової системи.
7. [H00 – H59] Хвороби ока та придаткового апарату.
8. [H60 – H95] Хвороби вуха та соскоподібного відростка.
9. [I00 – I99] Хвороби системи кровообігу.

10. [J00 – J99] Хвороби системи дихання.
 11. [K00 – K93] Хвороби органів травлення.
 12. [L00 – L99] Хвороби шкіри та підшкірної клітковини.
 13. [M00 – M99] Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини.
 14. [N00 – N99] Хвороби сечостатевої системи.
 15. [O00 – O99] Вагітність, пологи та післяпологовий період.
 16. [P00 – P96] Окремі стани, що виникають в перинатальному періоді.
 17. [Q00 – Q99] Вроджені вади розвитку, деформації та хромосомної аномалії.
 18. [R00 – R99] Симптоми, ознаки та відхилення від норми, що виявлені при лабораторних та клінічних дослідженнях, не класифіковані в інших рубриках.
 19. [S00 – T98] Травми, отруєння та деякі інші наслідки дії зовнішніх причин.
 20. [V01 – Y98] Зовнішні причини захворюваності та смертності.
 21. [Z00 – Z99] Фактори, що впливають на стан здоров'я населення та звертання до закладів охорони здоров'я.
 22. [U00 – U99] Коди для спеціальних цілей.
- Структура коду МКХ має ієрархічний характер:

класи → блоки → рубрики → підрубрики.

1. **Клас** (*Rim*). Це найвищий рівень групування. Класи об'єднують хвороби за анатомічним принципом (хвороби ока, хвороби системи кровообігу) або за етіологічним (інфекційні хвороби, новоутворення).

Приклад: клас IX – Хвороби системи кровообігу (I00–I99).

2. **Блок** (*Block*). Клас поділяється на логічні блоки, які групують схожі стани.

Приклад:

Блок [I00–I09] – Гостра ревматична лихоманка та хронічні ревматичні хвороби серця.

Блок [I10–I15] – Хвороби, що характеризуються підвищеним кров'яним тиском.

3. **Рубрика** (*Category*). Рубрика (категорія) є тризначною і складається з однієї літери та двох цифр. Саме на цьому рівні часто ведеться загальна державна статистика.

Наприклад:

I10 – Есенціальна (первинна) гіпертензія.

I11 – Гіпертензивна хвороба серця (гіпертонічна хвороба з переважним ураженням серця).

I12 – Гіпертензивна (гіпертонічна) хвороба нирок.

I21 – гострий інфаркт міокарда.

J18 – пневмонія, неуточнена.

4. **Підрубрика** (підкатегорія) (*Subcategory*) є чотиризначною. Після визначення тризначної рубрики ставиться крапка і додається цифра, яка уточнює характер хвороби, її локалізацію або клінічну форму.

Приклад:

I11 – Гіпертензивна хвороба серця.

I11.0 – Гіпертензивна хвороба серця із (застійною) серцевою недостатністю.

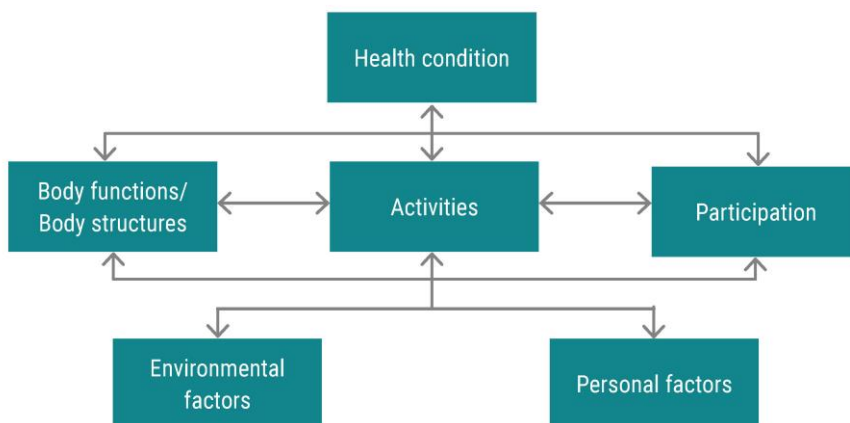
I11.9 – Гіпертензивна хвороба серця без серцевої недостатності.

2. Міжнародна класифікація функціонування (МКФ). В Україні наразі впроваджується Міжнародна класифікація функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я (МКФ) (*International Classification of Functioning, ICF*). Вона застосовується:

- у сфері медико-соціальної експертизи;
- для оцінки інвалідності;
- у реабілітаційній медицині;
- при визначенні рівня функціональних обмежень.

МКФ доповнює МКХ, оскільки описує не діагноз, а вплив стану здоров'я (*health condition*) на повсякденне життя людини, а саме – на рівень функціонування тіла (*body structure/functioning*), обмеження життєдіяльності, мобільності (*activities*) та участі в суспільному житті (*participation*) з урахуванням таких чинників, як фактори середовища (*environmental factors*) (доступність будівель, підтримка родини, технічні засоби реабілітації) та особистісні чинники (*personal factors*) (вік, освіта, мотивація).

Bio-psycho-social Model of Functioning, Disability and Health



МКФ зосереджується не на нозологічній характеристиці захворювання, а на його функціональних наслідках для індивіда, відображаючи ступінь порушення функцій організму, обмеження активності, участі та вплив чинників середовища на реалізацію життєвих ролей.

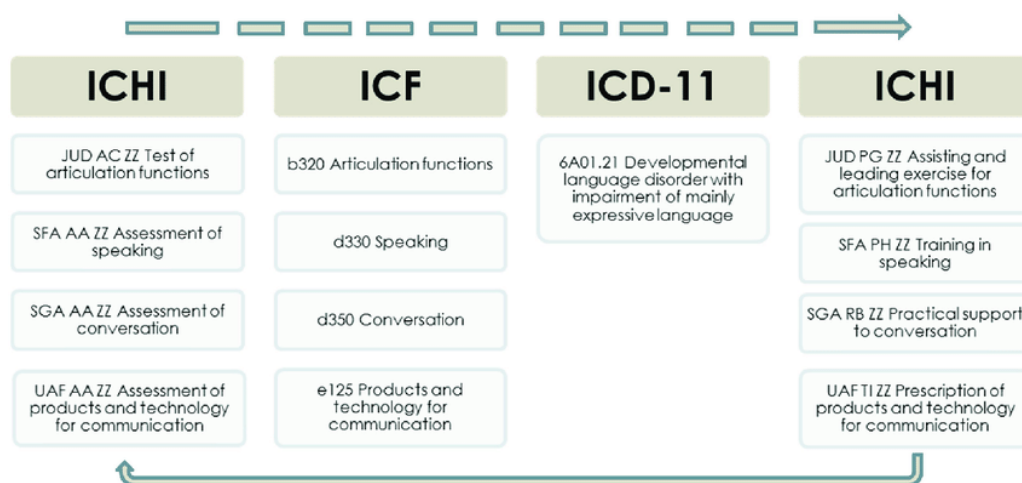
3. Міжнародна класифікація медичних втручань (ICHI) (*International Classification of Health Interventions, ICHI*) – уніфікована система, розроблена ВООЗ для кодування всіх типів медичних та оздоровчих дій:

- профілактичних заходів;
- діагностичних втручань;
- терапевтичних процедур;
- хірургічних операцій тощо.

Отже, система охоплює повний спектр медичних дій – діагностику, терапію, хірургію, реабілітацію, первинну медичну допомогу, традиційну медицину та заходи громадського здоров'я.

Кожне втручання описується 7-значним кодом за трьома осями:

1. **Об'єкт** (*Target*) – на що спрямована дія (орган, система, поведінка).
2. **Дія** (*Action*) – що саме робиться (огляд, резекція, консультування).
3. **Засіб** (*Means*) – як виконується дія (методи, технології).



В Україні на основі міжнародних стандартів (зокрема 10-ї редакції австралійського класифікатора інтервенцій **ACHI**, *Australian Classification of Health Interventions*) впроваджено національний класифікатор медичних інтервенцій **НК 026:2021**. Його використання в електронній системі охорони здоров'я (ЕСОЗ) є обов'язковим для звітності та фінансування медичного закладу через НСЗУ.

Код у НК 026:2021 також є ієрархічним та складається з п'яти цифр і двозначного розширення.

Приклади:

- 1) Код **35637-05** означає лапароскопічну резекцію яєчника:
 - 35637 (перші п'ять цифр) – вказує на конкретний тип втручання (у даному випадку – операція на придатках матки);
 - 05 (двозначне розширення) – уточнює метод або специфіку процедури (саме лапароскопічний доступ та обсяг резекції).

2) Код **30071-00** – біопсія шкіри (одинична), **30071-01** – біопсія шкіри (множинна).

3) Код **95550-02** – консультація лікаря-спеціаліста (що демонструє застосування класифікатора не лише для операцій, а й для терапевтичної взаємодії).

Така деталізація дозволяє системі НСЗУ точно визначати складність маніпуляції та автоматично розраховувати вартість наданої медичної послуги.

4. Термінологічна система SNOMED CT (*Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms*) – це найбільш всеосяжна, багатовимірна та деталізована клінічна термінологічна система у світі, призначена для детального кодування клінічних понять в електронних медичних записах (ЕМЗ). На відміну від класифікацій (як МКХ-10 чи МКХ-11), які групують хвороби для статистики, SNOMED CT створена для безпосереднього документування клінічного процесу в ЕМЗ. Це *не класифікація*, а багатовимірна термінологічна система з ієрархічними та семантичними зв'язками між поняттями. Її основна мета – забезпечення семантичної інтероперабельності електронних систем охорони здоров'я.

Термінологічна система SNOMED CT дозволяє лікарям різних країн і спеціальностей записувати дані про пацієнта (скарги, симптоми, діагнози, результати обстежень) настільки детально, що це виключає двозначність при перекладі чи передачі даних між різними комп'ютерними системами.

SNOMED CT побудована за принципом графа (мережі) і базується на трьох компонентах: концепти, описи, зв'язки.

А. Концепти (Concepts). Кожне клінічне поняття має свій унікальний числовий ідентифікатор (код). *Наприклад*, концепт «Біль у коліні» має код 127020006. Цей код не змінюється, незалежно від мови (українська, англійська, латинська).

Б. Описи (Descriptions). Це терміни, які люди використовують для назви концептів:

- FSN (Fully Specified Name): повна назва з вказанням ієрархії, наприклад, Апендицит (розлад);

- синоніми: один концепт може мати кілька назв (наприклад, «інфаркт міокарда» та «серцевий напад»). Це дозволяє системі розуміти лікаря, як би він не сформулював думку.

В. Зв'язки (Relationships) – це «клей», який робить систему інтелектуальною. Концепти пов'язані між собою:

- зв'язок типу «is a» (є видом): «Пневмонія є видом інфекції нижніх дихальних шляхів». Це створює ієрархію;

- атрибутивні зв'язки. *Наприклад*, діагноз «Перелом стегна» пов'язаний з анатомічною структурою «Стегнова кістка» та морфологією «Перелом».

Ієрархічні рівні (осі). SNOMED CT налічує понад 350 000 концептів, розділених на 19 основних ієрархій:

1. Клінічні знахідки (симптоми та діагнози).
2. Процедури (операції, маніпуляції).
3. Анатомічні структури.
4. Організми (бактерії, віруси).
5. Речовини та препарати.
6. Соціальний контекст (спосіб життя, професія) тощо.

Україна приєдналася до міжнародної організації **SNOMED International** у **2024** р. Це стратегічний крок для цифровізації медицини. Наразі триває процес перекладу та інтеграції термінології в електронну систему охорони здоров'я (ЕОЗ).

Використання SNOMED CT в охороні здоров'я України та світу дає такі переваги:

1. *Клінічні рішення (Decision Support).* Комп'ютер може проаналізувати запис лікаря і попередити: «Ви призначили препарат X, але в пацієнта в анамнезі зафіксовано алергію на речовину Y (код SNOMED такий-то)».

2. *Автоматизація звітності.* Лікарю більше не потрібно шукати коди для статистики вручну – система сама підбере код МКХ на основі детального клінічного запису SNOMED CT.

3. *Дослідження (Data Mining).* Ви можете миттєво знайти всіх пацієнтів у базі даних, які мали «гострий біль у животі» та «підвищення рівня лейкоцитів», навіть якщо лікарі записували це різними словами.

4. *Інтероперабельність.* Якщо пацієнт поїде лікуватися за кордон, його електронна медична картка, заповнена за допомогою SNOMED CT, буде миттєво зрозуміла лікарям у США, Великобританії чи Канаді.

SNOMED CT – це не просто довідник чи класифікація, а фундамент сучасної цифрової медицини, що забезпечує точність діагностики, безпеку пацієнта та можливість використання штучного інтелекту в охороні здоров'я.

5. Анатомо-терапевтично-хімічна класифікація (ATX) (Anatomical Therapeutic Chemical Classification System (ATC)) – міжнародна система класифікації лікарських засобів.

Кожному лікарському засобу в системі ATX присвоюється унікальний буквено-цифровий код. Класифікація здійснюється за п'ятьма послідовними рівнями з урахуванням:

- анатомічного принципу (на яку систему органів або орган діє препарат),
- терапевтичної групи,
- фармакологічних властивостей,
- хімічної структури,
- ідентифікації конкретної активної речовини.

Отже, перші чотири рівні формують ієрархічну класифікаційну структуру груп препаратів, п'ятий ідентифікує конкретну активну речовину.

Наприклад, на першому рівні нараховується 14 основних груп:

A – Травна система та обмін речовин.

B – Кров і кровотворні органи.

C – Серцево-судинна система.

D – Дерматологічні засоби.

G – Сечостатева система та статеві гормони.

H – Препарати гормонів для системного застосування, крім статевих гормонів та інсулінів.

J – Протимікробні засоби для системного застосування.

L – Антинеопластичні та імуномодуючі засоби.

M – Опорно-руховий апарат.

N – Нервова система.

P – Протипаразитарні засоби, інсектициди та репеленти.

R – Респіраторна система.

S – Органи чуття.

V – Різні засоби.

Приклад: лікарський засіб «дротаверин» має код A03AD02. Кожна літера і цифра коду відповідає одному з п'яти рівнів класифікації:

1. *Анатомічний орган/система* (1 літера: **A** – Травний тракт і обмін речовин).

2. *Основна терапевтична група* (2 цифри: **A03** – Засоби для лікування функціональних розладів шлунково-кишкового тракту).

3. *Терапевтична/фармакологічна підгрупа* (1 літера: **A03A** – Засоби для лікування функціональних розладів кишечника).

4. *Хімічна/терапевтична/фармакологічна підгрупа* (1 літера: **A03AD** – Папаверин та його похідні).

5. *Хімічна речовина* (2 цифри: **A03AD02** – Дротаверин).

6. LOINC (*Logical Observation Identifiers Names and Codes*) – це міжнародний стандарт клінічної термінології та номенклатурна кодова система для однозначної ідентифікації лабораторних досліджень і клінічних спостережень, що реалізована у вигляді відкритого електронного реєстру.

Система LOINC забезпечує стандартизоване представлення назв аналізів, показників, біологічних матеріалів, методів дослідження та одиниць вимірювання, що дозволяє уніфікувати обмін медичними даними між різними інформаційними системами. LOINC є найпоширенішою міжнародною системою кодування

лабораторних тестів і медичних спостережень, включаючи як лабораторні показники (біохімічні, гематологічні, імунологічні, мікробіологічні тощо), так і клінічні вимірювання (артеріальний тиск, індекс маси тіла, шкали оцінювання стану пацієнта тощо).

В Україні традиційно робився акцент передусім на стандарти якості виконання лабораторних досліджень (зокрема на відповідність міжнародним стандартам управління якістю), а не на впровадження єдиного національного коду для кожного лабораторного тесту. Однак у процесі цифрової трансформації системи охорони здоров'я та розвитку електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ) розпочато впровадження міжнародних термінологічних стандартів:

- створено та затверджено українську версію LOINC;
- здійснено переклад і адаптацію найбільш уживаних кодів (зокрема так званих «топ-2000» лабораторних досліджень);
- передбачено використання LOINC для кодування лабораторних результатів у ЕСОЗ.

Отже, LOINC поступово стає стандартом кодування лабораторних досліджень в Україні в межах електронного документообігу та міжсистемної взаємодії.

Як приклад, у *таблиці* наведені деякі міжнародні системи, які наразі впроваджуються або використовуються в Україні.

Напрямок	Чинна система
Діагнози	МКХ-10
Оцінка функціонування і життєдіяльності	МКФ (впроваджується)
Клінічна термінологія	SNOMED CT (впроваджується)
Медичні втручання	НК 026:2021 (на основі АСНІ)
Лікарські засоби	АТХ
Лабораторні дослідження	LOINC (впроваджується)

4. СТВОРЕННЯ ТА ВЕДЕННЯ МЕДИЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Класифікація програм для роботи з текстами

Для створення документації, у тому числі медичної (історій хвороб, амбулаторних карт, протоколів обстежень, звітів), використовуються програми для роботи з текстами. Ці програми поділяються на:

- текстові редактори;
- текстові процесори;
- видавничі системи.

Текстові редактори – призначені для створення й редагування текстових даних загалом і текстових файлів зокрема. Вони дозволяють переглядати вміст текстових файлів і виконувати над ними різні дії: вставку, видалення й копіювання тексту, контекстний пошук і заміну, сортування рядків, перегляд кодів символів, конвертацію кодувань, друкування тощо. Такі програми, як правило, використовуються для роботи з простим текстом без складного форматування.

Текстові процесори – використовуються для професійної та навчальної роботи з документами, зокрема з медичною документацією. Текстові процесори відрізняються від текстових редакторів *розширеними можливостями форматування тексту*, тобто його оформлення (вирівнювання тексту, використання різних шрифтів, стилів, списків тощо).



Сучасні текстові процесори, крім форматування шрифтів і абзаців та перевірки орфографії, містять можливості, *раніше властиві лише настільним видавничим системам*, зокрема створення таблиць, вставку графічних зображень, діаграм і формул.

На сьогодні більшість текстових редакторів фактично є текстовими процесорами. Найбільш поширені текстові процесори – це **Microsoft Word**, **LibreOffice Writer**, **WordPerfect**, які широко застосовуються у навчальному процесі та практичній медицині.



Видавничі системи. Видавнича система – це комплекс апаратних і програмних засобів для підготовки оригінал-макета видання, готового для передачі в друкарню. До складу видавничої системи входить один або кілька персональних комп'ютерів із відповідним програмним забезпеченням для створення макета оформлення, розпізнавання, набору й верстки тексту, редагування зображень і додрукарської підготовки матеріалів. Такі системи застосовуються переважно у видавничій діяльності та рідко використовуються для повсякденної медичної документації.

4.2 Можливості текстового процесора

У процесі підготовки документа користувач має у своєму розпорядженні *широкий набір інструментів* для введення, редагування й форматування тексту, а також для роботи із вбудованими об'єктами.

До основних функціональних можливостей текстового процесора належать:

- використання шрифтів різних розмірів і накреслень символів та різних способів їх виділення;
- установка параметрів абзацу;
- задання міжрядкових інтервалів;
- перевірка правопису, граматики й добір синонімів;
- пошук і заміна символів, слів і фрагментів тексту;
- автоматичний перенос слів;
- автоматична нумерація сторінок;
- друк верхніх і нижніх колонтитулів;
- установка виносок;
- побудова змістів і покажчиків;
- набір тексту в декілька колонок;
- створення таблиць, вставка малюнків і побудова діаграм;
- перегляд документа перед друком;
- установка розмірів паперу та параметрів друку;

- скасування й повторення попередніх дій користувача;
- вставка полів стандартного типу (дата, час, автор, назва документа тощо);
- створення макрокоманд і гіпертекстових посилань;
- включення в документ різних об'єктів (файлів, формул тощо);
- імпорт документів, створених в інших програмах.

Текстовий процесор також надає *засоби для уніфікації зовнішнього вигляду документів*, зокрема автоформатування, застосування стилів, бібліотек стилів і шаблонів. Використання шаблонів є особливо важливим при оформленні стандартної медичної документації.

Зупинімося докладніше на деяких із зазначених можливостей текстового процесора.

1. Вибір шрифту. Текстовий процесор дозволяє вибрати будь-який із доступних шрифтів, задавати його розмір (кегель, що вимірюється в пунктах; 1 пункт = 1/72 дюйма = 0,3528 мм), застосовувати різні способи виділення (напівжирний, курсив, підкреслення, закреслення тощо), змінювати колір шрифту й тла. Також можна регулювати інтервал між символами та їх ширину без зміни висоти.

2. Форматування абзацу. Форматування абзацу включає вирівнювання тексту (по лівому або правому краю, по центру, по ширині); задання відступів, абзацного відступу першого рядка; задання міжрядкових інтервалів та інтервалів між абзацами. Додатково можна встановлювати правила розміщення абзаців при переході на нову сторінку.

3. Стилi. Стилем називається набір параметрів форматування, який застосовують до тексту документа для швидкої зміни його зовнішнього вигляду.

Стилi дозволяють застосувати одночасно всю групу атрибутів форматування (звичайно форматування шрифту й абзацу) до тексту документа. Текстові процесори містять набір вбудованих стилів для створення звичайного тексту, заголовків, списків і т. ін., а також дозволяють змінювати існуючі стилі та створювати нові. Застосування стилів дозволяє досягти однаковості у форматуванні різних частин одного документа або різних документів одного типу, а також дає можливість за необхідності швидко переформатувати весь текст документа або окремі його елементи. Отже, стилі дозволяють забезпечити єдиний стандарт оформлення документа, що особливо важливо для медичної та службової документації.

4. Створення таблиць. Текстові процесори дозволяють створювати і вставляти в документ таблиці, що широко використовується для подання результатів обстежень, аналізів, графіків лікування. Таблиці можна редагувати, формувати, змінювати їх структуру та зовнішній вигляд.

Створення таблиць починається із завдання кількості рядків і стовпців у таблиці. Таблиця складається із комірок, у які можна вводити текст і вставляти об'єкти (символи, формули). В подальшому з таблицею можна робити різні дії: поєднувати й розбивати комірки, рядки, стовпці; форматовувати текст у комірках, задавати вирівнювання тексту (горизонтальне й вертикальне); змінювати розміри комірок (висоту й ширину), у тому числі підбирати розміри автоматично за вмістом; задавати зовнішній вигляд границь комірок, фрагментів таблиці або всієї таблиці (тип лінії, її товщина, колір, видимість), тло комірок і колір тексту.

5. Створення закладок і гіперпосилань у документі. Текстові процесори дозволяють створювати в документі закладки, тобто вказувати місця в документі, на які можна швидко переходити за посиланням (як на веб-сторінці). Посиланням (гіперпосиланням) є фрагмент тексту, який зв'язується з установленою раніше закладкою. Гіперпосилання автоматично виділяється спеціальним стилем (звичайно іншим кольором і підкресленням). Натискання на посилання переводить курсор у те місце, де була створена закладка. Гіперпосилання зручно використовувати для створення змістів і покажчиків на конкретні місця в документі. Закладки та гіперпосилання дозволяють швидко переходити між розділами документа, що зручно при роботі з великими звітами, методичними матеріалами та навчальними посібниками.

6. Створення графічних об'єктів. До графічних об'єктів належать лінії (прямі, криві, ламані, стрілки) і фігури (прямокутник, коло, еліпс, трикутник, елементи блок-схем, винесення і т. д.). Для кожної фігури задаються її розміри (висота, ширина), положення на сторінці (відносно полів сторінки, щодо абзацу, безпосередньо в тексті), кут повороту, кольори й шаблони границь і тла, прозорість, додаткові властивості (наприклад, типи стрілок). Готову фігуру можна скопіювати в інше місце в документі. Також є можливість вирівнювати фігури одна відносно одної, відносно сторінки й по сітці; групувати кілька фігур в один об'єкт для подальшого копіювання; розміщати всередині фігур текстові написи.

Крім вбудованих графічних об'єктів, текстові процесори дозволяють вставляти в документ та редагувати інші типи графічних об'єктів – картинки, діаграми, формули, схеми, блок-схеми, а також керувати їх розташуванням і оформленням.

7. Створення шаблону документа. Шаблон – це модель для створення нового документа. У шаблоні зберігаються елементи, що становлять основу документа:

- постійний текст, графічні об'єкти разом з форматуванням;
- поля для введення інформації (текстові, зі списками, дата і т. д.);
- параметри друкованої сторінки документа;
- список доступних стилів;
- макрокоманди (послідовність дій, що автоматизують роботу з документом).

При завантаженні шаблону автоматично створюється новий документ, що містить копію всієї присутньої в шаблоні інформації (текст, графіка, таблиці тощо) з форматкуванням, а також пропонується введення даних у поля за допомогою діалогових вікон. Шаблони зручно використовувати для створення форм (бланків) стандартних документів.

4.3 Використання текстового процесора в медицині

Текстові процесори широко застосовуються в практичній медицині, медичній освіті та науковій діяльності. Грамотне використання текстових процесорів забезпечує стандартизоване, зрозуміле й зручне оформлення медичної документації, що є важливою складовою сучасної медичної практики. Володіння навичками роботи з текстовими процесорами є актуальним і необхідним для сучасних медичних працівників, оскільки дозволяє ефективно оформлювати клінічні документи, дотримуватися вимог до їх структури та підвищувати якість професійної діяльності. Наведемо декілька напрямків використання текстових процесорів.

1. Оформлення медичної документації пацієнтів. За допомогою текстового процесора створюються та ведуться:

- історії хвороб стаціонарних пацієнтів;
- амбулаторні карти;
- виписки з історії хвороби;
- направлення на лабораторні й інструментальні дослідження;
- епікризи, консультативні висновки, медичні довідки.

Використання шаблонів дозволяє уніфікувати структуру таких документів і зменшити кількість помилок при заповненні.

Найменування міністерства, іншого органу виконавчої влади, підприємства, установи, організації, до сфери управління якого належить заклад охорони здоров'я		МЕДИЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ	
Найменування та місцезнаходження (повна поштова адреса) закладу охорони здоров'я, де заповнюється форма		Форма первинної облікової документації № 025/о	
Код за ЄДРПОУ		ЗАТВЕРДЖЕНО	
		Наказ МОЗ України 1 4 0 2 2 0 1 2 № 1 1 0	
МЕДИЧНА КАРТА АМБУЛАТОРНОГО ХВОРОГО №			
Код хворого		Дата заповнення карти	
		(число, місяць, рік)	
1. Прізвище, ім'я, по батькові			
2. Стать: чоловік – 1, жінка – 2			
3. Дата народження		4. Тел. дом.	
		робоч.	
5. Місце проживання хворого			
6. Місце роботи, посада			
7. Диспансерна група (так – 1, ні – 2)			
8. Контингент: інваліди війни – 1; учасники війни – 2; учасники бойових дій – 3; інваліди – 4; учасники ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС – 5; евакуйовані – 6; особи, які проживають на території зони радіоекологічного контролю – 7; діти, які народились від батьків, які віднесені до 1, 2, 3 категорій осіб, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, із зони відчуження, а також відселені із зон безумовного (обов'язкового) і гарантованого добровільного відселення – 8; інші пільгові категорії – 9			
9. Номер пільгового посвідчення			
10. Взятий(а) на облік			
		з приводу	
		з приводу	
11. Знятий(а) з обліку			
		(причина)	
		(причина)	

2. Створення та ведення протоколів лікування і обстеження. Текстові процесори застосовуються для підготовки:

- локальних клінічних протоколів;
- алгоритмів діагностики та лікування;
- стандартів надання медичної допомоги.

Форматування за допомогою стилів, таблиць і списків робить такі документи наочними та зручними для використання в клінічній практиці.



3. Підготовка звітної документації медичних закладів. У текстових процесорах оформлюються:

- звітні документи відділень і закладів охорони здоров'я;
- аналітичні довідки;
- службові записки та офіційне листування.

Застосування таблиць і діаграм дозволяє наочно відображати статистичні показники діяльності.



4. Навчальна діяльність студентів-медиків. Студенти використовують текстові процесори для:

- підготовки рефератів, курсових і дипломних робіт;
- оформлення звітів із практичних і лабораторних занять;
- створення конспектів лекцій і методичних матеріалів.

Використання стилів заголовків дозволяє автоматично створювати зміст навчальних робіт.



5. Науково-дослідна робота. У науковій медицині текстові процесори застосовуються для:

- написання наукових статей і тез доповідей;
- оформлення дисертацій і звітів про наукові дослідження;
- підготовки матеріалів для конференцій і семінарів.

Особливо важливими є функції роботи з таблицями, посиланнями, виносками та списками літератури.

6. Створення інформаційних матеріалів для пацієнтів. За допомогою текстових процесорів готуються:

- пам'ятки для пацієнтів;
- інформаційні буклети;
- інструкції щодо підготовки до обстежень і лікування.

Графічні об'єкти, схеми й виділення тексту допомагають зробити інформацію більш зрозумілою для пацієнтів.

 **МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**

 **Національна служба здоров'я України**

Як отримати «Доступні ліки» під час воєнного стану?



Зверніться до відповідного лікаря
(декларація під час війни не потрібна):

- ▶ бронхіальна астма, діабет II типу, серцево-судинні захворювання – сімейний лікар
- ▶ розлади психіки та поведінки – психіатр
- ▶ епілепсія – психіатр або невролог
- ▶ нецукровий діабет – ендокринолог або сімейний лікар



Тут є
ДОСТУПНІ ЛІКИ
за електронним рецептом
+ІНСУЛІНИ

Отримайте паперовий рецепт або е-рецепт

Знайдіть аптеку з «доступними ліками» на сайті НСЗУ або зателефонуйте 16-77

Отримайте ліки в аптеці за електронним або паперовим рецептом

 **#ЗдоровішіРазом**
ІНІЦІАТИВА МІНІСТРА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

5. БАЗИ ДАНИХ. СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БАЗАМИ ДАНИХ

5.1 Основні поняття

Сучасна медицина неможлива без широкого використання баз даних, оскільки обсяг медичної інформації постійно зростає, а вимоги до її точності, доступності та безпеки є надзвичайно високими. У практичній діяльності закладів охорони здоров'я бази даних застосовуються для зберігання, обробки та аналізу відомостей про пацієнтів, медичний персонал, результати обстежень і лікування.



Прикладом бази даних локального характеру є *база обліку пацієнтів*, яка традиційно асоціюється з поняттям *реєстратури*. У такій базі можуть зберігатися паспортні дані пацієнта, історії хвороб, результати лабораторних досліджень, електрокардіограми, рентгенограми, дані ультразвукових та інших інструментальних обстежень. Вся ця інформація може бути оперативно доступною лікарю або медичній сестрі у будь-який момент часу без залучення сторонніх осіб.

Електронний спосіб ведення обліку пацієнтів суттєво підвищує ефективність роботи медичного персоналу, зменшує кількість помилок, пов'язаних із людським фактором і спрощує обробку великої кількості медичної інформації.

Використання електронних медичних записів забезпечує швидкий доступ до історії хвороби, результатів обстежень, призначень і консультацій, що особливо важливо в умовах невідкладної допомоги.

Крім того, електронні системи полегшують передачу медичної інформації між лікувально-профілактичними закладами – наприклад, у разі направлення пацієнта до іншої установи, на консультування вузьким спеціалістом або при зміні місця проживання.

Важливою перевагою є можливість реалізації сучасних механізмів захисту персональних даних від несанкціонованого доступу: використання авторизації користувачів, шифрування інформації, ведення журналів доступу. Це відповідає вимогам медичної етики та чинного законодавства щодо збереження лікарської таємниці.

Накопичення великої кількості структурованих медичних даних створює передумови для використання **технологій Big Data** (великих даних) у медицині, які дозволяють проводити глибокий статистичний аналіз, виявляти закономірності поширення захворювань, робити епідеміологічні дослідження, прогнозувати перебіг захворювань, оцінювати ефективність різних методів лікування, прогнозувати

ризиків розвитку хвороби тощо. Використання методів аналізу великих даних та елементів штучного інтелекту відкриває нові можливості для ранньої діагностики, оцінки ризиків і підвищення ефективності системи охорони здоров'я загалом.



Базою даних (БД) (англ. *database, DB*) називають поіменовану сукупність взаємопов'язаних і структурованих даних, що належать до певної предметної сфери та організовані таким чином, щоб забезпечити зручне зберігання, пошук, оновлення й аналіз інформації. У медицині предметною сферою можуть бути, наприклад, пацієнти певного відділення (терапевтичного, хірургічного тощо), результати лабораторних або інструментальних досліджень, електронні медичні картки, дані про призначене лікування, історії хвороб або статистичні показники діяльності медичного закладу.



Системою управління базами даних (СУБД) (англ. *Database Management System, DBSM*) називають комплекс програмних і мовних засобів, призначених для *створення* баз даних, їх зберігання, *підтримки* в актуальному стані, внесення змін, а також організації швидкого *пошуку*, обробки та вибірки необхідної інформації.

СУБД забезпечує взаємодію користувача з базою даних, керує доступом до даних, контролює їх цілісність і безпеку. У медичних інформаційних системах СУБД відіграють важливу роль, оскільки дозволяють ефективно працювати з великими обсягами клінічної інформації: даними про пацієнтів, результатами лабораторних та інструментальних досліджень, призначеннями лікарів, історіями хвороб тощо.

Прикладами СУБД, що використовуються в медичних інформаційних системах, є як спеціалізовані медичні програмні комплекси, так і універсальні системи керування базами даних. Багато з них працюють на основі SQL (*Structured Query Language*) – універсальної декларативної мови програмування,

призначеної для створення, модифікації, керування та отримання даних у реляційних базах даних. Використання SQL дає змогу швидко формувати запити до бази даних, виконувати аналіз інформації та отримувати потрібні дані для медичної практики, наукових досліджень і управління закладами охорони здоров'я.



Структуризація даних – це запровадження чітких правил і угод щодо способів представлення, організації та зберігання інформації.

Під час створення бази даних користувач прагне *впорядкувати відомості за певними ознаками* (вік пацієнта, діагноз, дата обстеження, результати лабораторних аналізів, призначене лікування тощо). Завдяки цьому можна швидко отримувати вибірки даних за довільним поєднанням параметрів.

Для медичної практики така можливість є надзвичайно важливою, оскільки дозволяє систематизувати великі обсяги клінічної інформації, аналізувати стан пацієнтів, відстежувати перебіг і динаміку захворювань, а також оцінювати ефективність призначеного лікування. Крім того, структуровані дані полегшують проведення статистичного аналізу, медичних досліджень і підготовку звітності.

Робота з електронними медичними записами, базами даних пацієнтів та інформаційними системами лікарень потребує вміння правильно вводити, впорядковувати й аналізувати інформацію. Це сприяє формуванню клінічного мислення, допомагає швидше знаходити необхідні дані про пацієнта та приймати обґрунтовані клінічні рішення.

5.2 Класифікація баз даних

Існують різні способи класифікації баз даних, зокрема за технологією обробки даних, за способом доступу до даних та за ступенем універсальності. Така класифікація дозволяє краще зрозуміти можливості використання баз даних у практичній діяльності закладів охорони здоров'я.

1. За технологією обробки даних бази даних поділяють на централізовані й розподілені.

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

У медицині централізовані БД використовуються, наприклад, для ведення електронних історій хвороб у межах одного лікувального закладу.

Розподілена БД складається з декількох частин, які можуть перетинатися або навіть дублювати одна одну і зберігаються на різних комп'ютерах, з'єднаних мережею. Робота з такою базою здійснюється за допомогою системи управління розподіленою базою даних.

Розподілені БД є характерними для великих медичних інформаційних систем, у яких дані зберігаються в різних лікувальних установах, але можуть використовуватися спільно.

2. За способом доступу до даних бази даних поділяються на автономні бази даних із локальним доступом і централізовані бази даних із віддаленим (мережевим) доступом.

Автономні локальні БД є найбільш простими. Вони зберігають свої дані в локальній файловій системі на тому комп'ютері, на якому встановлені. СУБД, що здійснює до таких БД, розташована на цьому ж комп'ютері.

Подібні бази даних можуть використовуватися для обліку пацієнтів у невеликих медичних кабінетах або приватній практиці.

Системи централізованих БД із віддаленим (мережевим) доступом передбачають використання різних архітектур, основними з яких є файл-сервер і клієнт-сервер.

Файл-сервер. Архітектура систем БД із віддаленим (мережевим) доступом передбачає виділення однієї з машин мережі як центрального сервера файлів. На такій машині (сервері) зберігається спільно використовувана централізована БД. Файли бази даних відповідно до користувацьких запитів передаються на робочі станції, де в основному й проводиться їх обробка.

Недоліком цієї архітектури є підвищене навантаження на мережу та обмежені можливості захисту медичних даних.

Клієнт-сервер. У цій концепції передбачається, що, крім зберігання централізованої бази даних, центральна машина (сервер бази даних) забезпечує виконання основного обсягу обробки даних. Запит на дані, що надається клієнтом (робочою станцією), обробляється безпосередньо на сервері. Від сервера до клієнта передаються лише результати запиту, а не самі файли бази даних.

Така архітектура є більш надійною та безпечною, що особливо важливо для зберігання персональних медичних даних.

Специфікою архітектури клієнт – сервер у багатьох інформаційних системах є використання мови запитів SQL (*Structured Query Language* – мова структурованих запитів). Саме за допомогою цієї мови здійснюється взаємодія між користувачем або програмою-клієнтом і сервером бази даних.

SQL – це спеціалізована мова, призначена для роботи з базами даних: зберігання, пошуку, додавання, зміни та видалення інформації.

Коли зазначають, що система управління базами даних працює «на основі SQL», це означає, що дані зберігаються у вигляді таблиць (подібно до добре впорядкованих електронних журналів), а доступ до них здійснюється за допомогою SQL-запитів.



SQL є універсальною мовою, яка використовується для створення запитів, обробки та аналізу даних як у власній базі даних програми, так і в базах даних інших систем, що підтримують цей стандарт. Запит мовою SQL зазвичай складається з одного або кількох операторів, які виконуються послідовно та відокремлюються один від одного крапкою з комою.

У сучасній медицині SQL широко застосовується в медичних інформаційних системах, електронних медичних картках, лабораторних інформаційних системах та системах управління лікарнями. Завдяки використанню SQL забезпечується швидкий доступ до клінічної інформації, можливість формування складних вибірок даних (наприклад, за віком пацієнтів, діагнозом або результатами аналізів), а також ефективна обробка великих масивів медичних даних. Це робить SQL важливим інструментом для організації, аналізу та використання медичної інформації в практичній діяльності лікаря.

3. За ступенем універсальності розрізняють два основні класи СУБД – системи загального призначення й спеціалізовані системи.

Системи загального призначення можуть використовуватися в різних галузях діяльності, оскільки вони не орієнтовані на конкретну предметну сферу і забезпечують універсальні засоби створення, зберігання, обробки та аналізу даних.

Натомість **спеціалізовані СУБД** розробляються з урахуванням особливостей певної сфери діяльності. У медицині такі системи адаптовані до роботи з медичною інформацією: електронними медичними картками, результатами лабораторних досліджень, даними діагностики, історіями хвороб тощо. Використання спеціалізованих СУБД дозволяє ефективніше організувати облік медичних даних і забезпечити зручну роботу медичного персоналу з клінічною інформацією.

5.3 Моделі організації баз даних

Між елементами бази даних існують певні логічні зв'язки. Залежно від характеру цих зв'язків розрізняють **три основні (класичні) моделі організації баз даних**: ієрархічну, мережеву та реляційну. Сучасні СУБД також використовують

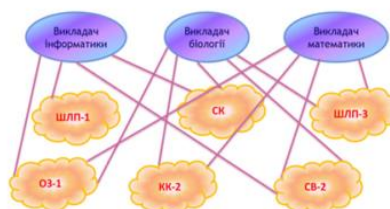
об'єктно-орієнтовані, об'єктно-реляційні та NoSQL підходи для роботи з комплексними структурами. Кожна з цих моделей визначає спосіб зберігання інформації та правила встановлення зв'язків між даними.

Класичні моделі даних

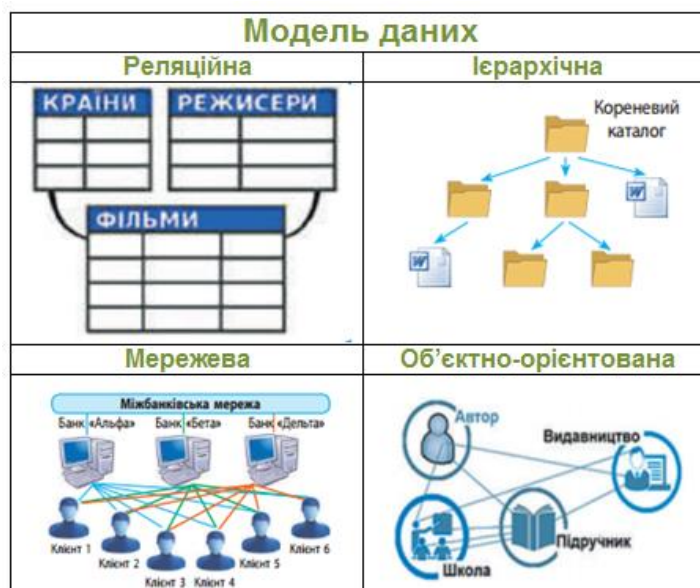
ієрархічна



мережева



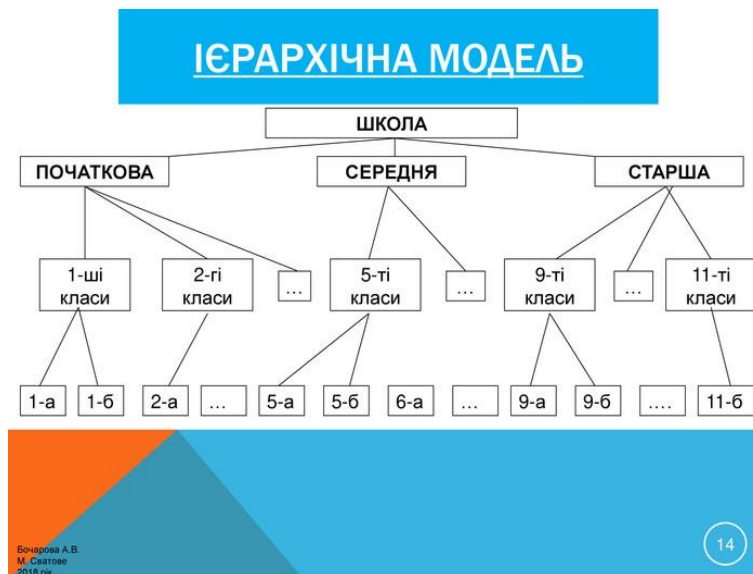
Прізвище	Ім'я	Адреса	Телефон
Петров	Іван	Суворової гр. 6, 15, кв. 55	345-75-34
Іванова	Ірина	Крошня вул. 6, 25, кв. 13	345-28-96



1. Ієрархічна модель БД базується на деревоподібній структурі, де кожен об'єкт (вузол) має лише одного предка, а від одного головного об'єкта може залежати кілька підлеглих. Ця модель є сукупністю елементів, розташованих у порядку їх підпорядкування від загального до часткового, і утворює структуру дерева (*графа*). Вузол цього графа – це сукупність атрибутів даних (властивостей), що описують певний конкретний об'єкт.

Кожен вузол нижчого рівня пов'язаний лише з одним вузлом вищого рівня. Це означає, що один батьківський вузол може мати багато дочірніх вузлів, але кожен дочірній вузол з'єднаний лише з одним батьківським вузлом. Вузли, що належать одному рівню ієрархії, між собою не пов'язані. Основними елементами ієрархічної моделі є вузол, рівень, зв'язок.

Ієрархічна модель є зручною для опису структур із чіткою підпорядкованістю, наприклад, організаційної структури медичного закладу або класифікації захворювань.



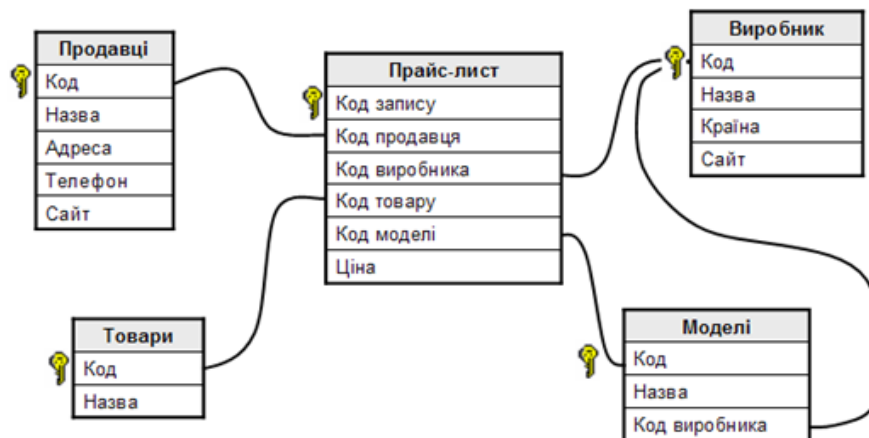
2. Мережева модель БД є розширенням ієрархічної моделі, що дозволяє одному об'єкту мати кілька предків, створюючи складну мережу зв'язків. Ця модель зберігає ті самі основні елементи (вузол, рівень, зв'язок), однак, на відміну від ієрархічної, кожен вузол може бути пов'язаний із будь-яким іншим вузлом. Таким чином, у мережевій моделі можливі зв'язки типу «багато до багатьох».

Мережева модель дозволяє більш гнучко описувати складні взаємозв'язки між об'єктами, наприклад, зв'язки між пацієнтами, лікарями, обстеженнями та лікувальними процедурами. Водночас складність реалізації та підтримки таких зв'язків обмежує широке використання мережевої моделі в сучасних інформаційних системах.



3. Реляційна модель БД на сьогодні є найбільш поширеною. Модель представляє дані у вигляді двовимірних таблиць (*реляцій*, або *відношень*), що складаються з рядків та стовпців. Таблиці пов'язуються між собою за допомогою ключів, що забезпечує цілісність даних і можливість їх спільного використання.

Реляційна база даних – це набір простих таблиць, між якими встановлені зв'язки (відношення) з допомогою числових кодів.



Рядок таблиці відповідає **запису**, а стовпець – **полю**. У теорії реляційних баз даних рядки також називають **кортежами**, а стовпці – **атрибутами**. Сукупність імен атрибутів відношення називається **схемою відношення**.

Отже, у термінології реляційних баз даних існує така синонімія:

- таблиця – це реляція, або відношення;
- стовпці таблиці – це поля, або атрибути;
- рядки таблиці – це записи, або кортежі.

У кожному відношенні (таблиці) виділяють один або кілька атрибутів, які утворюють **ключ**. Ключовий атрибут повинен бути унікальним, тобто однозначно визначати (ідентифікувати) кожен кортеж (запис).

У медичних базах даних таким ключем часто виступає унікальний ідентифікатор пацієнта або номер електронної медичної картки.

Над відношеннями (таблицями) можуть виконуватися різні **операції**, подібні до арифметичних (наприклад, об'єднання, перетин або вибір даних). Це дає можливість отримувати нові відношення на основі вже наявних даних. Такі операції широко застосовуються для формування звітів, статистичного аналізу та підтримки клінічних рішень.

Реляційна модель баз даних широко застосовується для створення електронних медичних карт, лабораторних інформаційних систем та інших сучасних медичних інформаційних систем.

5.4 Інформаційні одиниці реляційної бази даних

Однією з основних інформаційних одиниць, що зберігається в реляційній базі даних, є **таблиця**. Саме у вигляді таблиць організовується більшість даних у сучасних інформаційних системах.

Кожна таблиця – це сукупність рядків і стовпців, де рядки відповідають **екземплярам сутності** (об'єкта) – конкретним подіям або явищам, а стовпці – **атрибутам** (ознакам, характеристикам, параметрам) цієї сутності.



Приклад:

Таблиця: «Пацієнти».

Сутність: Пацієнт.

Екземпляр сутності: Пацієнт Петренко П. П.

Запис: один рядок таблиці.

Атрибути: ПІБ, дата народження, діагноз, № медичної картки.



Отже, реляційна база даних має наступні **інформаційні одиниці**.

Таблиця – упорядкована структура, що складається з кінцевого набору однотипних записів. Кожна таблиця зазвичай описує один тип об'єктів, наприклад «Пацієнти», «Лабораторні аналізи», «Призначення лікаря».

Поле – елементарна одиниця логічної організації даних, яка відповідає неподільній одиниці інформації (реквізиту). Прикладом поля є «Прізвище», «Дата народження», «Рівень глюкози».

Запис – сукупність логічно пов'язаних полів, що описують один конкретний об'єкт. Один запис може містити повну інформацію про окремого пацієнта або про один результат аналізу.

Первинний ключ – поле (або група полів), що дозволяє однозначно визначити кожний рядок у таблиці. Первинний ключ повинен мати дві обов'язкові властивості:

- *однозначна ідентифікація* запису – кожен запис визначається унікальним значенням ключа;
- *відсутність надмірності* – жодне поле не може бути вилучене з ключа без втрати властивості однозначної ідентифікації.

У медичних базах даних первинним ключем часто є унікальний ідентифікатор пацієнта або номер електронної медичної картки.

5.5 Етапи розробки баз даних

Процес створення бази даних є поетапним і потребує попереднього планування.

1. Постановка завдання. На цьому етапі формується завдання зі створення БД. У ньому докладно визначаються склад бази, її призначення, мета створення, а також перелік операцій, які будуть виконуватися з даними. Наприклад, чи буде БД використовуватися для обліку пацієнтів, аналізу статистики захворювань або ведення електронних медичних карт.

2. Аналіз об'єкта. Визначається, з яких об'єктів складатиметься база даних і які властивості мають ці об'єкти. Отриману інформацію доцільно організовувати у вигляді таблиць і записів. Для медичної БД такими об'єктами можуть бути пацієнти, лікарі, обстеження, діагнози.

3. Вибір моделі БД. На цьому етапі обирається модель організації БД (найчастіше реляційна) та створюється схема бази з визначенням зв'язків між таблицями. Правильне проєктування зв'язків зменшує дублювання даних і підвищує надійність БД.

4. Вибір способів представлення інформації й програмного інструментарію. Визначається, в якій СУБД буде реалізована база даних і які засоби введення та обробки інформації будуть використовуватися.

5. Створення бази даних. У процесі створення бази даних можна виділити кілька типових стадій, а саме:

- запуск СУБД і створення нового файлу бази даних;
- створення початкової таблиці або таблиць;
- створення екранних форм (тобто графічного інтерфейсу) для введення та відображення (перегляду) даних;
- заповнення бази даних початковою інформацією.

6. Робота зі створеною базою даних. Робота з БД включає такі дії:

- пошук даних;
- сортування даних;
- відбір даних за заданими умовами;
- виведення даних на друк;
- зміна й доповнення даних.

Усі ці дії, як правило, виконуються шляхом подачі запитів у СУБД.

Запит (англ. *query*) – це засіб вибору або зміни необхідної інформації в базі даних.

У сучасних СУБД запити формуються двома способами:

- за допомогою графічного інтерфейсу (так званого конструктора запитів);
- за допомогою мови SQL.

Основні види запитів:

- запит на вибірку – повертає дані з однієї або кількох таблиць і відображає їх у вигляді таблиці;
- запит із параметрами – передбачає введення користувачем додаткових умов (запит, що відображає діалогове вікно для введення даних);
- запити на зміну даних – додавання, видалення або оновлення записів;
- запити на створення або видалення таблиць.

6. МЕДИЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ.

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я. ЕЛЕКТРОННІ МЕДИЧНІ КАРТКИ

6.1 Класифікація інформаційних систем

Інформаційна система (ІС) – це організаційно впорядкована сукупність документів (документованої інформації, баз даних) та інформаційних технологій (програмних засобів, засобів обчислювальної техніки та зв'язку), призначена для реалізації інформаційних процесів (збирання, обробки, зберігання, пошуку та відображення інформації).



Ключові компоненти інформаційної системи

Документована інформація – це зафіксована на матеріальному носії інформація з певними ознаками, що дозволяють її ідентифікувати. Це дані в базах даних, знання, зафіксовані на носіях, які підлягають обробці. Наприклад, електронні медичні карти пацієнтів; результати лабораторних та інструментальних досліджень; медичні знання, протоколи лікування, клінічні рекомендації.

Інформаційні технології – це комплекс технічних засобів (комп'ютери, планшети, сервери, мережеве обладнання) та програмного забезпечення (системи керування базами даних, прикладні програми), що реалізують введення, обробку, зберігання та передачу даних.

Організаційні компоненти: процедури та протоколи введення даних, правила та інструкції роботи з інформацією, методи захисту персональних даних, а також люди, які працюють із системою, тобто користувачі (лікарі, медсестри, лаборанти, реєстратори, адміністратори).

Інформаційні системи, що використовуються в медицині й системі охорони здоров'я, називаються **медичними інформаційними системами (МІС)**. МІС призначені для підтримки лікувально-діагностичного процесу, управління медичними закладами та забезпечення якості й безпеки медичної допомоги.

Прикладами МІС є електронна система реєстрації пацієнтів і запису на прийом; електронна медична карта пацієнта; лабораторні інформаційні системи; телемедичні системи; державні електронні системи охорони здоров'я (наприклад, eHealth).



Існують різні підходи до класифікації МІС. Система охорони здоров'я є багаторівневою структурою та побудована за *ієрархічним принципом*, що зумовлено різними рівнями управління, обсягами інформації та завданнями, які вирішуються на кожному рівні.

Відповідно до цього принципу медичні інформаційні системи поділяються на:

- МІС базового рівня;
- МІС рівня закладу;
- МІС територіального рівня.

Такий поділ дає змогу чітко визначити функції кожної системи та її роль у забезпеченні медичної допомоги – від роботи окремого медичного працівника до управління галуззю охорони здоров'я в регіоні.

6.2 МІС базового рівня

Метою МІС базового рівня є комп'ютерна підтримка професійної діяльності безпосередньо *медичного працівника* (лікаря-клініциста, сімейного лікаря, гігієніста, лаборанта, медичної сестри тощо). Ці системи використовуються зазначеними категоріями працівників щоденно у практичній роботі й допомагають швидше приймати рішення, зменшувати кількість помилок та раціонально використовувати робочий час.



Групи МІС базового рівня:

- медичні інформаційно-довідкові системи (ІДС);
- медичні консультативно-діагностичні системи (КДС);
- медичні апаратно-програмні комплекси (АПК);
- автоматизоване робоче місце (АРМ) лікаря.

Кожна з перелічених груп орієнтована на вирішення конкретних завдань медичної практики – від пошуку інформації до підтримки діагностичного процесу.

1. Медичні інформаційно-довідкові системи призначені для пошуку, перегляду та видачі медичної інформації за запитом користувача. Інформаційні масиви таких систем (бази й банки даних) містять медичну *довідкову інформацію* різного характеру. Це й наукові відомості з різних медичних дисциплін, і довідкова статистична й технологічна інформація широкого профілю, і нормативні документи, стандарти, протоколи лікування, і обліково-документальна інформація.

Прикладом таких систем є електронні довідники лікарських засобів, класифікатори захворювань (наприклад, МКХ-10 – міжнародний класифікатор хвороб 10-го перегляду), бази клінічних рекомендацій.

Системи цього класу не здійснюють аналітичну обробку інформації, проте забезпечують оперативний доступ до необхідних відомостей, що особливо важливо в умовах дефіциту часу.

2. Медичні консультативно-діагностичні системи (МКДС) призначені для підтримки процесу *діагностики патологічних станів*, включаючи прогноз перебігу захворювання та формування рекомендацій щодо методів лікування, при захворюваннях різного профілю та для різних категорій пацієнтів.

Вхідною інформацією для таких систем є дані про симптоми, результати обстежень та аналізів, які вводяться в комп'ютер у діалоговому режимі або у вигляді структурованих інформаційних карт.



МКДС не замінюють лікаря, а виконують роль інтелектуального помічника, що допомагає звернути увагу на можливі діагностичні варіанти.

У загальному випадку медична консультативно-діагностична система містить:

- *базу даних (БД)*, що зберігає клінічні та статистичні дані;
- *базу знань (БЗ)*, яка містить медичні правила, алгоритми, експертні знання;
- *механізм (машину) логічного висновку (МЛВ)*, що аналізує дані та формує рекомендації;
- *інтерфейс* користувача, який забезпечує зручну взаємодію медичного працівника із системою.

Для студентів-медиків МКДС є корисними під час навчання клінічному мисленню та відпрацювання навичок аналізу симптомів і постановки попереднього діагнозу.

Спрощуючи, можна вважати, що в базі даних зберігаються дані, а в базі знань – знання. Водночас у науковій літературі існує дискусійна проблема співвідношення понять «інформація» і «знання», а також «база даних» і «база знань». Ця проблема зумовлена тим, що неможливо повністю відокремити знання людини від її особистого досвіду та мислення.

Це легко усвідомити на власному досвіді: людина, яка споглядає геніальний живописний твір або слухає видатний музичний твір, не здатна повністю передати всі свої думки, відчуття й смисли словами. Єдиним шляхом наближення до цього розуміння може бути власна творча діяльність. Проте найголовніше завжди залишається невимовним – поза словами, поза формалізованою формою.

Аналогічна ситуація спостерігається і в професійній діяльності. Основним є те, що людина набула *власним практичним досвідом*, і передати ці знання іншій особі можливо лише за умови її активної участі в діяльності. Саме тому в галузі інформаційних технологій більш поширеною є точка зору, згідно з якою в комп'ютерних системах подаються не знання як цілісна система, а їх *формалізована модель*, тобто певний *формалізований фрагмент людської свідомості*.

Відповідно до стандартного розуміння, база даних призначена для зберігання сукупності фактів і конкретних даних про об'єкти предметної сфери, з якими працює медична консультативно-діагностична система. Це можуть бути відомості про пацієнтів, симптоми, результати обстежень, лабораторні показники тощо.

База знань, у свою чергу, містить знання, що належать до конкретної предметної сфери, зокрема: окремі факти; логічні правила; медичні алгоритми; евристики, що використовуються для розв'язання задач у прикладній галузі медицини.

З технологічного погляду база даних і база знань часто інтегруються в межах експертної системи, що забезпечує комплексну обробку як фактичної інформації, так і знань.

Механізм логічного висновку (МЛВ), використовуючи правила та методи, закладені в базі знань, здійснює перетворення конкретної інформації про об'єкт у результат, що відповідає призначенню МКДС, наприклад, у вигляд діагнозу, прогнозу перебігу захворювання або плану лікувальних дій.

Інтерфейс користувача забезпечує безперервний та зручний обмін інформацією між користувачем і системою, а також надає можливість спостерігати за процесом розв'язання задач, що відбуваються в механізмі логічного висновку.

За способом реалізації механізму логічного висновку розрізняють *імовірнісні МКДС* та *експертні МКДС*. У першому випадку в основі МЛВ лежать методи теорії ймовірностей і математичної статистики, у другому – методи штучного інтелекту, зокрема експертні правила та логічні моделі прийняття рішень.

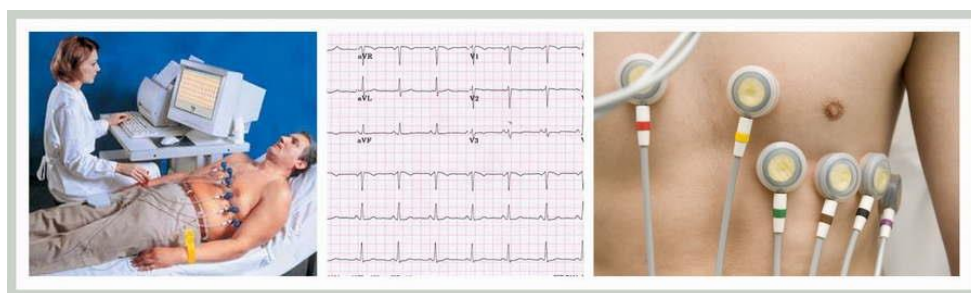
3. Медичні апаратно-програмні комплекси (МАПК) призначені для інформаційної підтримки та / або автоматизації діагностичного й лікувального процесу, що здійснюється за умови безпосереднього контакту з організмом пацієнта або об'єктом медичного дослідження.

МАПК поєднують у собі *апаратну частину* (медичні прилади, датчики, аналізатори) та *програмне забезпечення*, яке забезпечує збирання, обробку, зберігання й візуалізацію отриманих даних.

Використання МАПК дозволяє підвищити точність вимірювань, зменшити суб'єктивний вплив людського фактора та забезпечити об'єктивність результатів досліджень.

За призначенням МАПК поділяються на такі основні класи:

- *системи для проведення функціональних і морфологічних досліджень* (електрокардіографи, електроенцефалографи, ультразвукові системи, томографи);



- *моніторингові системи*, що забезпечують безперервний контроль життєво важливих показників пацієнта (артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, сатурація кисню тощо);



- *системи управління лікувальним процесом*, які використовуються для контролю й дозування лікувальних впливів:

- системи інтенсивної терапії (інфузійні насоси, апарати штучної вентиляції легень);
- системи біологічного зворотного зв'язку;
- протези та штучні органи на базі мікропроцесорної техніки.



- *системи лабораторної діагностики*, призначені для автоматизованого аналізу біологічних зразків;



- *системи для медико-біологічних досліджень*, що застосовуються в науковій та експериментальній медицині.

Для медичних працівників МАПК є важливим інструментом об'єктивної оцінки стану пацієнта та контролю ефективності лікування.

4. Автоматизоване робоче місце (АРМ) лікаря – це комп'ютерна інформаційна система, призначена для комплексної автоматизації технологічного процесу діяльності лікаря певної спеціальності та забезпечення інформаційної підтримки під час прийняття діагностичних, лікувальних, тактичних і організаційних рішень.



АРМ лікаря забезпечує:

- введення та перегляд медичної інформації;
- роботу з електронною медичною документацією;
- доступ до довідкових і консультативно-діагностичних систем;
- аналіз результатів досліджень;
- формування медичних висновків і звітів.

Таким чином, АРМ є центральною ланкою базового рівня медичних інформаційних систем.

Усі розглянуті вище інформаційні системи клінічного рівня можуть і повинні інтегруватися в структуру АРМ, забезпечуючи єдиний інформаційний простір та автоматизацію всього технологічного процесу діяльності медичного працівника.

Для студентів-медиків ознайомлення з принципами роботи АРМ є важливим етапом підготовки до практичної діяльності в сучасних умовах цифрової медицини.

6.3 МІС рівня лікувально-профілактичних закладів

Медичні інформаційні системи рівня лікувально-профілактичних установ (ЛПЗ) призначені для роботи з інформаційними потоками всередині окремого медичного закладу. Вони забезпечують інформаційну підтримку лікувально-діагностичної, організаційної, управлінської та навчальної діяльності.

На цьому рівні МІС представлені такими основними групами:

- інформаційні системи консультативних центрів;
- банки інформації медичних установ і служб;
- персоніфіковані реєстри;
- скринінгові системи;
- інформаційні системи ЛПЗ;
- інформаційні системи для НДІ (науково-дослідних інститутів) та ВНЗ (вищих навчальних закладів).

1. Інформаційні системи консультативних центрів призначені для забезпечення функціонування відповідних підрозділів та *інформаційної підтримки лікарів* під час консультування, діагностики та прийняття рішень, у тому числі при невідкладних станах.

Приклад: телемедичні консультаційні центри, де лікар може оперативно отримати консультацію вузького спеціаліста або рекомендації щодо ведення складного клінічного випадку.



2. Банки інформації медичних установ і служб – містять *узагальнені дані* про:

- якісний і кількісний склад медичного персоналу;
- прикріплене населення;
- основні статистичні показники діяльності;
- характеристики районів обслуговування.

Приклад: база даних поліклініки, що містить інформацію про кількість лікарів, навантаження на дільниці, кількість звернень пацієнтів за певний період.

3. Персоніфіковані реєстри (бази й банки даних) є різновидом інформаційно-довідкових систем, що містять *інформацію про прикріплений або спостережуваний контингент пацієнтів* на основі формалізованої історії хвороби або електронної медичної карти.

Приклад: реєстри пацієнтів із цукровим діабетом, онкологічними захворюваннями, туберкульозом або серцево-судинною патологією.

4. Скринінгові системи – призначені для *проведення профілактичних оглядів* населення, у тому числі долікарського скринінгу, а також для лікарського скринінгу з метою:

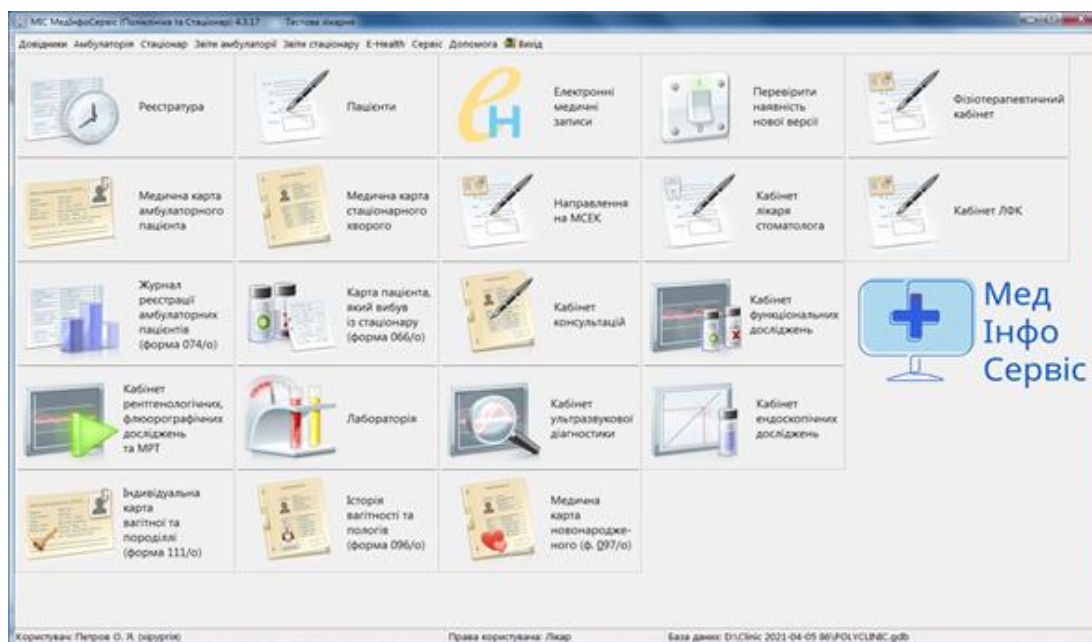
- формування груп ризику;
- раннього виявлення захворювань;
- відбору осіб, які потребують консультації фахівця.

Приклад: автоматизовані анкети для виявлення ризику серцево-судинних захворювань або онкоскринінгу.



5. Інформаційні системи ЛПЗ – це комплексні системи, побудовані на об'єднанні всіх інформаційних потоків установи в єдину інформаційну систему, що забезпечує автоматизацію:

- лікувально-діагностичної діяльності;
- управління персоналом;
- фінансового та статистичного обліку;
- взаємодії між підрозділами.



Приклад: лікарняна інформаційна система (**HIS – Hospital Information System**) – комплексна медична інформаційна система, яка призначена для інтегрованого управління всіма інформаційними потоками лікарні. HIS забезпечує підтримку лікувально-діагностичної, організаційної, адміністративної та фінансово-економічної діяльності медичного закладу. HIS об'єднує в єдиному інформаційному просторі *управління медичними даними та процесами*, зокрема:

- реєстрацію та ідентифікацію пацієнтів;
- ведення електронної медичної карти;
- облік наданих медичних послуг;

- роботу поліклінічних і стаціонарних підрозділів;
- лабораторну та інструментальну діагностику;
- облік лікарських засобів і медичних виробів в аптеці;
- адміністративне та фінансове управління.

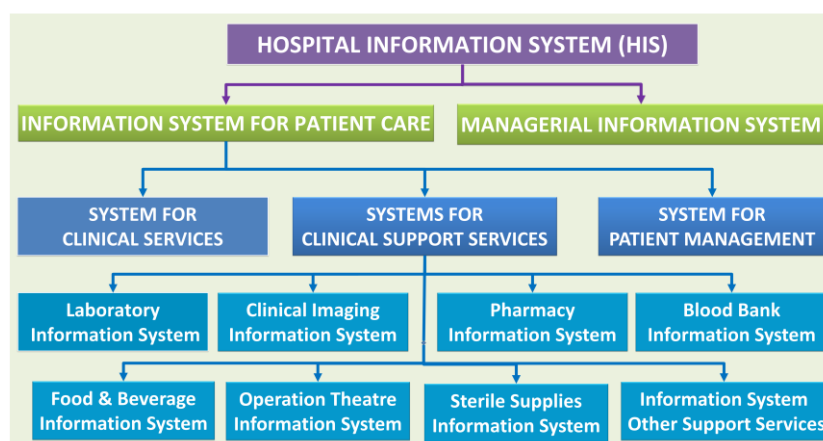
До складу лікарняної інформаційної системи зазвичай входять такі функціональні підсистеми:

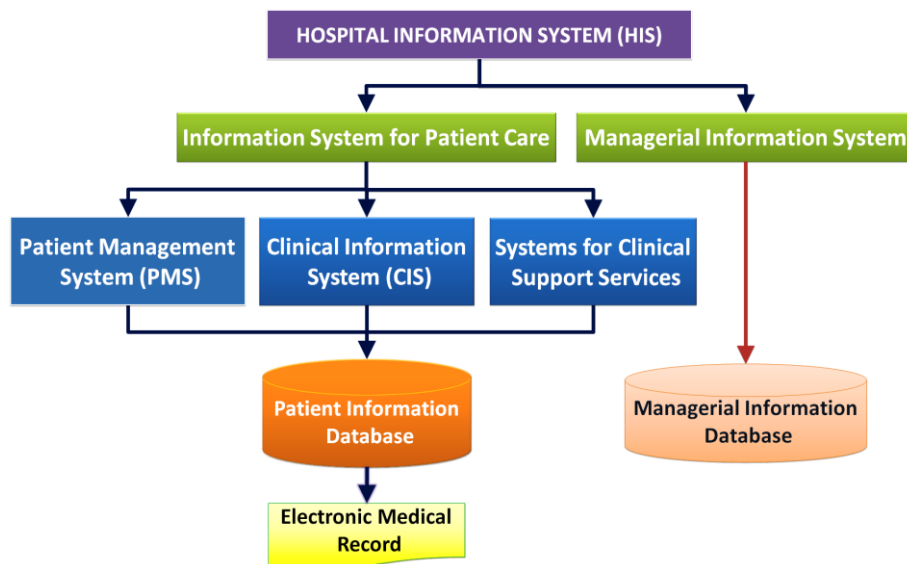
- *реєстратура* – запис пацієнтів на прийом, формування маршрутів обслуговування, управління чергами;
- *стаціонар* – облік госпіталізації, перебування пацієнтів у відділеннях, призначення лікування та контроль його виконання;
- *лабораторна інформаційна система (LIS – Laboratory Information System)* – замовлення досліджень, автоматичне отримання та зберігання результатів аналізів;
- *радіологічна та діагностична підсистеми (RIS/PACS – Radiology Information System / Picture Archiving and Communication System)* – зберігання та перегляд зображень (рентген, КТ, МРТ, УЗД);
- *аптечна підсистема* – облік медикаментів, контроль залишків, відстеження призначень;
- *адміністративно-фінансова підсистема* – формування звітності, облік ресурсів, взаємодія зі страховими та контролюючими органами.

Використання HIS дозволяє мінімізувати дублювання інформації, зменшити кількість помилок, пов'язаних із паперовим документообігом, та забезпечити своєчасний доступ медичного персоналу до актуальних даних.

HIS підтримує *інтеграцію з іншими медичними інформаційними системами*, зокрема електронною системою охорони здоров'я (ЕСОЗ), територіальними реєстрами та спеціалізованими медичними сервісами. Вона також забезпечує дотримання вимог щодо захисту персональних даних і конфіденційності медичної інформації.

Приклади HIS:





6. Інформаційні системи для науково-дослідних інститутів (НДІ) та вищих навчальних закладів (ВНЗ) призначені для інформатизації навчального процесу, науково-дослідної роботи та управлінської діяльності.



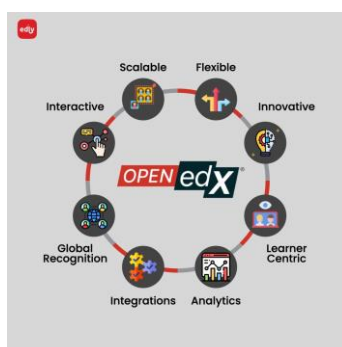
Приклад: електронні навчальні платформи, бази наукових публікацій, системи управління навчальним процесом.

Наведемо приклади цифрових ресурсів для навчання та науки.

1. Електронні навчальні платформи (курси та самоосвіта).

Надають доступ до відеолекцій, інтерактивних завдань та сертифікації:

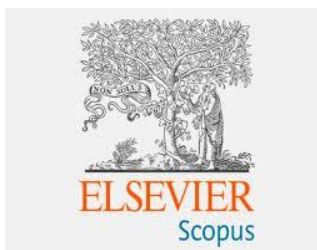
- глобальні: **Coursera**, **edX**, **Udemy**, **Khan Academy**.
- українські: **Prometheus** (найбільша в Україні), **EdEra**, **Всеукраїнська школа онлайн** (для школярів), **iLearn**.



2. Бази наукових публікацій та наукометричні системи

Використовуються для пошуку рецензованих статей, монографій та відстеження цитувань:

- Міжнародні мультидисциплінарні: **Scopus (Elsevier)** та **Web of Science (Clarivate)** – основні світові бази;



- пошукові системи: **Google Scholar** (вільний доступ до текстів наукових праць);



- відкритий доступ: **DOAJ** (каталог журналів відкритого доступу) та **ResearchGate** (наукова соцмережа).



3. Системи управління навчанням (LMS – Learning Management System)

Інструменти для адміністрування освітнього процесу, створення курсів та контролю знань:

- універсальні: **Moodle** (найпопулярніша open-source система), **Google Classroom** (проста інтеграція з сервісами Google), **Canvas**;



- спеціалізовані/корпоративні: Human Школа (українська система для шкіл), AcademyOcean (для бізнесу), GetCourse (для онлайн-шкіл).

6.4 МІС територіального рівня

Медичні інформаційні системи (МІС) територіального рівня призначені для *управління та координації медичної допомоги на рівні територій* – міста, області, регіону або всієї держави. В окремих випадках такі системи можуть мати міждержавний або глобальний характер (наприклад, міжнародні реєстри захворювань чи епідеміологічного моніторингу).

Основне завдання МІС територіального рівня – *забезпечити злагоджену роботу різних медичних закладів і служб*, а також надати керівникам достовірну інформацію для прийняття управлінських рішень.

На цьому рівні МІС представлені такими основними групами:

- **адміністративно-управлінські МІС** – використовуються керівниками територіальних органів охорони здоров'я (департаменти, управління, НСЗУ).

Приклад: аналіз завантаженості лікарень області, планування фінансування, контроль виконання медичних програм;

- **статистичні МІС** – призначені для збору, обробки та аналізу зведеної медичної інформації по території.

Приклад: статистика захворюваності на цукровий діабет у регіоні або аналіз смертності за певний період;

- **МІС спеціалізованих служб і напрямів**, зокрема:
 - швидкої медичної допомоги та медицини надзвичайних ситуацій;
 - лікарського (фармацевтичного) забезпечення;
 - державні та галузеві реєстри (фтизіатричний, онкологічний, психіатричний, реєстр інфекційних хвороб тощо).

Приклад: електронний туберкульозний реєстр дозволяє відстежувати перебіг лікування пацієнтів і контролювати епідеміологічну ситуацію;

- **комп'ютерні телекомунікаційні мережі**, які формують єдиний інформаційний простір у сфері охорони здоров'я.

Приклад: національна електронна система охорони здоров'я (**eHealth**), що об'єднує лікарів, пацієнтів, лабораторії, аптеки та НСЗУ.



6.5 Електронна система охорони здоров'я

Професійна діяльність сучасного лікаря тісно пов'язана з використанням цифрових технологій та електронного документообігу, що зумовлює необхідність постійного оновлення знань і розвитку компетентностей у цій сфері. Особливої актуальності це набуває нині, коли в Україні відбувається масштабний перехід від паперових носіїв інформації до повноцінного електронного формату ведення медичної документації, впровадження інформаційно-комунікаційних технологій і інтеграція системи охорони здоров'я України в міжнародний медичний інформаційний простір.

Електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ) є ключовим інструментом цифрової трансформації медичної галузі України.

Концепцію розвитку електронної охорони здоров'я в Україні, яка є сучасною основою інформатизації галузі, було схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1671-р від **28 грудня 2020 р.** Цей документ визначив напрями розвитку цифрової медицини на п'ять років, включаючи впровадження електронних медичних записів, міжнародних стандартів та роботу з Big Data.

Пріоритети цифрової трансформації на 2025–2026 рр. базуються на завершальному етапі реалізації Концепції та нових викликах воєнного часу. Ключові напрями та проекти:

- *Цифровізація ВЛК та МСЕК.* Повний перехід процесів медико-соціальної експертизи в електронну систему з 2025 р. для забезпечення прозорості та швидкості.
- *Запуск нових сервісів в ЕСОЗ:*
 - *електронний рецепт* на медичний канабіс (для контролю обігу);
 - *електронна черга* на ендопротезування;
 - *кабінет пацієнта:* розширення функціонала для доступу до власних медичних даних та керування ними.
- *Управління ресурсами (eStock):* впровадження модулів для моніторингу залишків ліків та медичних виробів у реальному часі.
- *Цифрові висновки:* запровадження електронних довідок для отримання водійських посвідчень та процесів усиновлення.
- *Телемедицина:* розбудова регіональних центрів та консультативних хабів для дистанційної допомоги у віддалених районах.
- *Кібербезпека та стійкість:* посилення захисту медичних даних, впровадження двофакторної автентифікації та розширення аналітики великих даних для прогнозування потреб населення.

Структура та принципи роботи ЕСОЗ

ЕСОЗ є двокомпонентною системою, в якій користувачі через медичні інформаційні системи базового рівня взаємодіють із центральною базою даних. Отже, ЕСОЗ складається з двох основних компонентів – центральної бази даних і медичних інформаційних систем.



- **Центральна база даних (ЦБД)** – це державна інформаційно-телекомунікаційна система, яка містить визначені законодавством реєстри, програмні модулі, інформаційну систему Національної служби здоров'я України (НСЗУ) у частині, необхідній для реалізації Програми державних фінансових гарантій медичного обслуговування населення.

ЦБД забезпечує:

- ведення та зберігання державних реєстрів у сфері охорони здоров'я;
- обмін даними між реєстрами та іншими державними електронними ресурсами;
- взаємодію з підключеними медичними інформаційними системами;
- створення, перегляд і передачу електронних медичних документів.

- **Медична інформаційна система (МІС)** – це інформаційно-телекомунікаційна система, що використовується закладами охорони здоров'я для автоматизації їх діяльності. Вона дозволяє створювати, обробляти, зберігати та передавати медичну інформацію в електронній формі, зокрема здійснювати обмін даними з ЦБД (у разі підключення).

Принцип роботи ЕСОЗ полягає у тому, що лікар або інший медичний працівник вводить дані про пацієнта до МІС, після чого система автоматично синхронізує їх із ЦБД. Це забезпечує актуальність інформації та її доступність для уповноважених користувачів – медичних працівників, пацієнтів і державних органів у межах їх повноважень.

Як влаштована ЕСОЗ?



МІС є периферійним компонентом ЕСОЗ і виконує дві основні функції:

- 1 – передача даних до ЦБД;
- 2 – накопичення та обробка інформації для внутрішніх потреб закладу (локальний рівень управління).



Саме МІС забезпечує вирішення практичних завдань на рівні медичного закладу – ведення електронних медичних записів, формування звітності, управління записом пацієнтів, контроль фінансових операцій тощо.



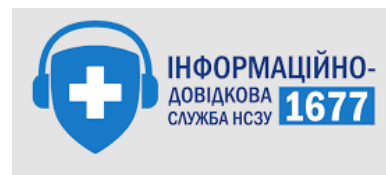
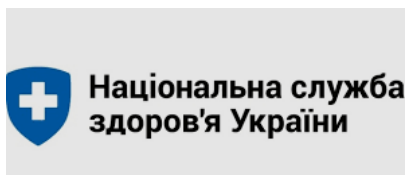
Регулювання та контроль функціонування ЕСОЗ

Медичні інформаційні системи створюються комерційними розробниками програмного забезпечення. Для забезпечення єдиних стандартів роботи всі МІС повинні відповідати вимогам щодо надійності, безпеки та захисту персональних даних.



Адміністрування центрального компонента eHealth здійснює державне підприємство **«Електронне здоров'я» (eZdorovya)**, яке встановлює технічні вимоги до підключення МІС до ЦБД. Перед впровадженням у закладі охорони здоров'я МІС повинна пройти сертифікацію Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України.

Функціонування та розвиток ЕСОЗ регламентується і контролюється **Національною службою здоров'я України (НСЗУ)**, яка є єдиним національним замовником медичних послуг та лікарських засобів у межах Програми медичних гарантій. НСЗУ утворюється Кабінетом Міністрів України та виконує функції стратегічного закупівельника медичних послуг.



Для підключення закладу охорони здоров'я до ЕСОЗ необхідно укласти договір із НСЗУ, обрати МІС, підключену до ЦБД, і укласти договір на обслуговування з компанією-розробником обраної МІС.

Наразі на ринку представлена достатня кількість сертифікованих комерційних МІС для комунальних і приватних лікарень, амбулаторій, приватних кабінетів та аптек, що забезпечують реалізацію Програми медичних гарантій та автоматизацію управління закладом.



Медичні заклади та аптеки мають змогу працювати з ЕСОЗ лише через МІС, яка протестована і підключена державою і з якою заклад уклав договір

Вибір МІС залежить від масштабу діяльності та потреб організації. Існують два основні типи систем:

- *хмарна МІС* – працює через інтернет-браузер, не потребує встановлення власного сервера, оновлення здійснюються централізовано постачальником;
- *серверна (локальна) МІС* – встановлюється на сервері закладу охорони здоров'я, забезпечує більший рівень автономності, але потребує власного технічного супроводу.

Рациональний вибір типу МІС має ґрунтуватися на технічних можливостях закладу, обсязі потоку пацієнтів, кадрових ресурсах і фінансових можливостях.



Функціонування ЕСОЗ сприяє формуванню єдиного інформаційного простору в системі охорони здоров'я України; воно створює технологічне підґрунтя для впровадження електронної медичної документації, зокрема електронної медичної карти пацієнта (ЕМК). Саме завдяки взаємодії МІС із центральною базою даних забезпечується накопичення, збереження та доступ до структурованої медичної інформації про пацієнта в електронному форматі; ЕМК стає ключовим інструментом у щоденній практиці лікаря.

6.6 Електронна медична картка

Електронна медична картка (ЕМК) (електронна історія хвороби, електронний паспорт пацієнта, англ. *Electronic Medical Record* – **EMR**, *Electronic Health Record* – **EHR**) – це сукупність медичних, адміністративних і клінічних даних про пацієнта, що ведеться в електронному вигляді в інформаційній системі закладу охорони здоров'я.

ЕМК використовується як у *амбулаторно-поліклінічних*, так і в *стаціонарних* умовах з урахуванням особливостей організації медичної допомоги. Вона створюється, оновлюється та зберігається в автоматизованій базі даних медичної установи і забезпечує безперервність медичного спостереження за пацієнтом протягом усього періоду лікування.

Електронна медична картка містить структуровану інформацію про пацієнта, зокрема:

- персональні та ідентифікаційні дані пацієнта;
- анамнез захворювань і життя;

- результати клінічних, лабораторних та інструментальних досліджень;
- дані діагностичних зображень (з інтеграцією з **PACS**);
- призначення лікаря, плани лікування та виконані медичні втручання;
- інформацію про вакцинацію;
- відомості про згоду або бажання пацієнта бути донором;
- виписки, довідки, епікризи та інші медичні документи.

ЕМК забезпечує оперативний доступ медичного персоналу до актуальної інформації, зменшує обсяг паперової документації, підвищує точність ведення медичних записів і сприяє покращенню якості медичної допомоги. Використання електронної форми також дозволяє автоматизувати процеси аналізу даних, формування звітності та клінічного аудиту.

Відкрити	Закрити	Оновити	Експорт	Авторизувати спеціаліста в системі "eHealth"	Обробка ЕМЗ в системі "eHealth"	Пошук медичних записів
Реєстр				Спеціальні дії		
Арм фізіотера Пациєнти Випадки ТБ ЕМК Направлення пацієнта Контроль прийому препаратів ТБ Звіти Доступ до даних пацієнтів						
Індивідуальні	Рік народженн	Ім'я	По батькові	Стать	Номер амбула	
768221	1999	Доб	Тестович	Чоловіча		
704202	1990	Аарон	Тест	Чоловіча	29 від 10.08...	
752553	1987	Аарон		Чоловіча		
747702	1992	Андрій		Чоловіча	34 від 01.05...	
747698	1992	Валентин		Чоловіча	33 від 07.05...	
747094	1995	Петро	Іванович	Чоловіча		
694659	1991	Тест	Тест	Чоловіча		
210722	1990	Тесст		Жіноча	32 від 01.03...	
743302	1998	Ярослав	Литович	Чоловіча		

Поступово електронні медичні картки мають замінити паперові медичні документи. Однією з перших країн Європейського Союзу, яка впровадила електронні медичні картки, стала Німеччина (2011 р.).

Електронна медична картка є єдиним інформаційним ресурсом, який дозволяє:

- зберігати персональні медичні дані пацієнта;
- обмінюватися інформацією між різними медичними закладами;
- передавати необхідні дані до страхових компаній, контролюючих органів, а в окремих випадках – до правоохоронних органів (відповідно до законодавства).

В Україні електронна медична картка почала функціонувати в тестовому режимі з **1 березня 2019 р.** Вона доступна сімейним лікарям, терапевтам, педіатрам у тих закладах, які підключені до електронної системи охорони здоров'я та мають договір із Національною службою здоров'я України (НСЗУ).

Електронна медична картка є інформаційною системою, яка спирається на технологію *реляційних баз даних*. Такий спосіб зберігання інформації дозволяє зручно, в автоматичному режимі знаходити потрібну інформацію; відбирати (фільтрувати) дані за деякою ознакою (або набором ознак) та упорядковувати їх відображення; аналізувати зміни стану здоров'я пацієнта в динаміці.

Переваги ЕМК (порівняно з паперовою формою медичної картки). Електронна медична картка, порівняно з паперовою формою медичної документації, має низку суттєвих переваг і є базовим елементом сучасних МІС:

- *документування медичної інформації* – накопичення, надійне зберігання та зручний перегляд відомостей про пацієнта з обов'язковою прив'язкою до календарної дати та часу події (візит, обстеження, призначення лікування тощо); Це дозволяє формувати повну та хронологічно впорядковану історію хвороби.
- *пошук та фільтрація даних* – швидкий доступ до необхідної інформації за заданими ознаками (діагноз, дата, лікар, тип обстеження, лікарський засіб). На відміну від паперових архівів, пошук у ЕМК здійснюється за лічені секунди;
- *аналіз динаміки стану пацієнта* – можливість відстеження змін окремих діагностичних показників у часі (артеріального тиску, лабораторних показників, результатів інструментальних досліджень), що є особливо важливим при хронічних захворюваннях;
- *оцінка ефективності лікування та роботи медичного закладу* – накопичені дані можуть використовуватися для клінічного аналізу, внутрішнього контролю якості медичної допомоги, статистичної звітності та наукових досліджень.

Засоби введення та представлення інформації в ЕМК

Медичні інформаційні системи передбачають наявність зручних та уніфікованих засобів введення й відображення інформації. Для цього використовуються електронні форми (бланки), які відображаються на екрані комп'ютера та відповідають структурі медичної документації.

Для текстових і числових даних застосовуються стандартні поля введення. Якщо параметри можуть бути формалізовані (наприклад, перелік діагнозів, методів лікування, лікарських засобів), користувач обирає значення з наперед визначеного списку. Такий підхід:

- зменшує кількість помилок введення;
- забезпечує уніфікацію медичних даних;
- спрощує подальший аналіз і статистичну обробку інформації.

У МІС можуть інтегруватися електронні довідники та класифікатори, зокрема:

- міжнародні та національні класифікатори діагнозів (наприклад, МКХ);
- довідники лікарських засобів;
- адресні книги та реєстри пацієнтів і медичних працівників.

Інтеграція результатів інструментальних досліджень в ЕМК

Важливою перевагою електронних медичних інформаційних систем є можливість імпорту, зберігання, обробки та передавання даних, отриманих за допомогою медичного діагностичного обладнання. Більшість сучасних діагностичних приладів: комп'ютерні рентгенівські та магнітно-резонансні томографи, флюорографи, ультразвукові сканери, ендоскопічні системи, електрокардіографи – формують результати обстежень безпосередньо в електронному вигляді.

Для роботи з цифровими (електронними) результатами інструментальних методів обстеження, насамперед методів візуальної діагностики (рентгенографія, комп'ютерна рентгенівська томографія (КТ), комп'ютерна магнітно-резонансна томографія (МРТ), ультразвукові дослідження (УЗД), мамографія, ангіографія тощо), використовується система PACS.

PACS (*Picture Archiving and Communication System* – система архівування та передавання медичних зображень) – це спеціалізована медична інформаційна система, призначена для централізованого зберігання, організації, передавання та візуалізації цифрових медичних зображень і пов'язаної з ними діагностичної інформації.

Отже, дані в електронному вигляді надходять від діагностичних пристроїв до системи PACS, після чого відображаються на робочих станціях лікарів, автоматично додаються до електронної медичної картки пацієнта – EMR/EHR, можуть передаватися на DICOM-принтери або надсилатися до інших медичних установ через захищені канали зв'язку, що є основою телемедицини.

Міжнародні інформаційні стандарти

Для забезпечення *сумісності, уніфікації та стандартизації* медичних даних у сучасних інформаційних системах охорони здоров'я застосовуються міжнародні інформаційні стандарти. Їх використання дозволяє різним програмним продуктам і медичному обладнанню коректно обмінюватися даними незалежно від виробника, забезпечує цілісність медичної інформації, підвищує безпеку даних пацієнтів і створює умови для безперервного надання медичної допомоги. В Україні міжнародні стандарти є основою функціонування Електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ) та інтеграції локальних медичних інформаційних систем із національними електронними сервісами.

Зберігання та передавання медичних зображень у PACS здійснюється відповідно до міжнародного стандарту **DICOM** (*Digital Imaging and Communications in Medicine*). Стандарт DICOM визначає формат зберігання медичних зображень, структуру метаданих (ідентифікаційні дані пацієнта, параметри дослідження, характеристики обладнання) та правила обміну даними між діагностичними пристроями, PACS і клінічними інформаційними системами.



Для обміну клінічною та адміністративною інформацією (реєстрація пацієнтів, електронні направлення, рецепти, результати лабораторних досліджень, медичні висновки, виписки) застосовується стандарт **HL7** (*Health Level Seven*). Він забезпечує взаємодію між:

- **HIS** (*Hospital Information System*) – госпітальними інформаційними системами;
- **RIS** (*Radiology Information System*) – системами управління радіологічними дослідженнями;
- **LIS** (*Laboratory Information System*) – лабораторними інформаційними системами;
- **EMR/EHR** – електронними медичними записами (картками) пацієнтів.

У сучасній електронній системі охорони здоров'я (ЕКОЗ) України також застосовуються інші міжнародні стандарти, зокрема:

- **FHIR** (*Fast Healthcare Interoperability Resources*) – сучасний стандарт обміну медичними даними, що використовується для взаємодії між медичними інформаційними системами та центральними компонентами ЕКОЗ;
- **ICD** (*International Classification of Diseases*) – Міжнародна класифікація хвороб, яка використовується для кодування діагнозів;
- **LOINC** (*Logical Observation Identifiers Names and Codes*) – стандарт для кодування лабораторних і клінічних показників;
- **SNOMED CT** – система клінічної термінології для уніфікованого опису медичних понять та ін.

Інтеграція стандартів HL7, FHIR і DICOM дозволяє реалізувати повний цикл медичного обслуговування – від реєстрації пацієнта та формування електронного направлення до отримання, архівування й аналізу результатів обстежень.

Наприклад, за допомогою повідомлень за стандартом HL7 або ресурсів FHIR інформація про пацієнта, який пройшов обстеження, передається з госпітальної інформаційної системи HIS до системи архівування та передавання медичних зображень PACS, після чого зображення у форматі DICOM автоматично прив'язуються до електронної медичної картки пацієнта.

Що стосується електронної медичної картки, то, з технічної точки зору, вона є складовою госпітальної інформаційної системи (HIS) та інтегрується з іншими підсистемами – LIS, RIS і PACS. Це забезпечує оперативність доступу до результатів, зменшує кількість помилок, пов'язаних із ручним введенням даних, і підвищує якість медичної допомоги.

Сучасні тенденції розвитку PACS

Хмарні PACS: перехід від локальних серверів до захищених хмарних сховищ для підвищення масштабованості та кібербезпеки.

Впровадження ШІ: використання алгоритмів машинного навчання для автоматичного виявлення патологій і визначення пріоритетів критичних випадків (наприклад, інсультів).

MIMPS: з 2021 р. FDA офіційно використовує термін MIMPS (*Medical Image Management and Processing System*) як сучасну еволюцію поняття PACS.

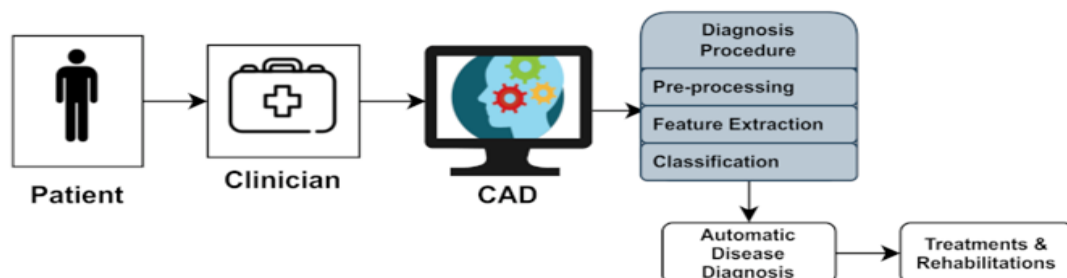
Можливості інтеграції системи PACS зі штучним інтелектом

Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) перетворює PACS із пасивного сховища файлів на «розумного помічника», який здатен самостійно аналізувати пікселі на зображеннях.

Ключові можливості ШІ в середовищі PACS

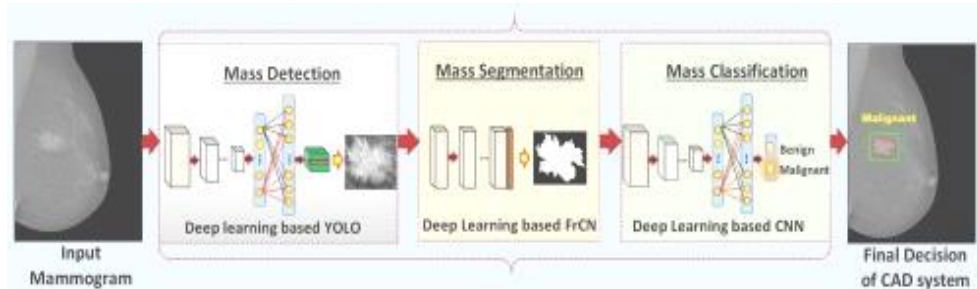
Автоматичне сортування, або **тріаж** (*Triage*): ШІ сканує знімки одразу після їх появи в системі і сортує за пріоритетом. Якщо виявлено критичний стан (наприклад, гострий інсульт або пневмоторакс), система переміщує це дослідження в початок списку лікаря, скорочуючи час до початку лікування на 60–90 %.

Детекція та сегментація (CAD, *Computer-Aided Detection/Diagnosis*): це процеси автоматичного розпізнавання та виділення окремих елементів на цифрових моделях або сканованих даних; алгоритми розпізнають найдрібніші патології, які людське око може пропустити, наприклад, черевну втому. Система автоматично знаходить підозрілі ділянки, які можуть свідчити про патологію.



Наприклад:

- пошук осередків або вузлів на КТ-знімках легень;
- виявлення мікрокальцинатів або новоутворень на мамограмах;
- автоматичне вимірювання об'ємів (наприклад, фракції викиду серця або об'єму пухлини).

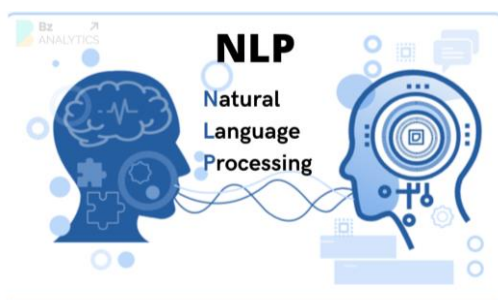


«Друга думка» (англ. *Second Opinion*): система працює як фоновий контролер, підсвічуючи зони інтересу та порівнюючи поточні знімки з попередніми з архіву для відстеження динаміки (наприклад, чи змінилися розміри пухлини за останні 6 міс).



Зниження променевого навантаження: алгоритми глибокого навчання (*Deep Learning*) дозволяють отримувати чіткі зображення навіть за умови низької дози опромінення або швидкого сканування, «домальовуючи» відсутні деталі та прибираючи цифрові шуми.

Автозаповнення звітів за допомогою NLP (*Natural Language Processing*) – це технологія, яка перетворює результати детекції та сегментації сканованих даних на готовий текстовий опис. Це працює як місток: система «бачить» аномалію (*Computer Vision*), а потім «описує» її людською мовою (*NLP*). ШІ може автоматично вносити кількісні дані (розміри, об'єми) безпосередньо в протокол опису, що економить до 30 % часу радіолога на рутину.



Віртуальна реальність (VR, Virtual Reality): технологія, яка створює повне занурення в цифрову копію анатомії пацієнта. Лікар може «увійти» всередину складної патології для передопераційного планування, що дозволяє заздалегідь відпрацювати складні етапи втручання або підібрати оптимальний розмір імплантів.

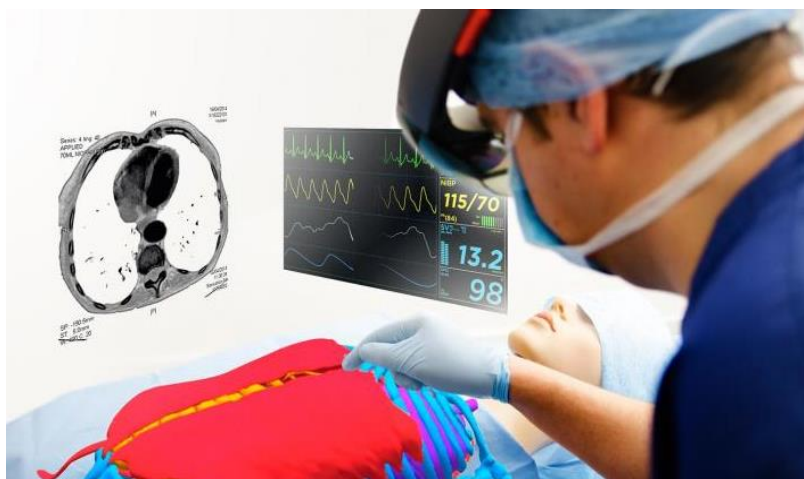
Доповнена реальність (AR, Augmented Reality): технологія накладання віртуальних елементів (3D-об'єктів, зображень, даних) на реальні об'єкти у режимі реального часу, зазвичай через камеру смартфона, планшет або спеціальні окуляри. AR доповнює оточення, а не повністю замінює його, як віртуальна реальність (VR). AR-технологія дозволяє, наприклад, «бачити крізь тканини», накладаючи 3D-модель внутрішніх органів, судин або пухлин безпосередньо на тіло пацієнта під час операції. Це допомагає хірургу точно визначити місце розрізу та траєкторію інструментів, уникаючи пошкодження критично важливих структур.

Візуалізація та хірургічна навігація (AR / VR): технології змішаної реальності переносять дані сегментації з плоских екранів у тривимірний простір, створюючи інтуїтивний інтерфейс для лікаря.

Телемедицина та навчання: технології AR / VR дозволяють досвідченим фахівцям дистанційно консультувати колег в операційній, додаючи віртуальні підказки в їх поле зору в режимі реального часу, а також використовувати архівні клінічні випадки з PACS для високо реалістичного навчання студентів.

Технічна база для впровадження AR/VR рішень

Окуляри доповненої реальності (наприклад, **Microsoft HoloLens 2** або **Magic Leap**): ці пристрої дозволяють накладати голограми сегментованих органів (отриманих із PACS) безпосередньо на операційне поле. Хірург бачить реального пацієнта, але з «цифровим шаром» підказок, що дозволяє виконувати маніпуляції з міліметровою точністю без відволікання на монітори.

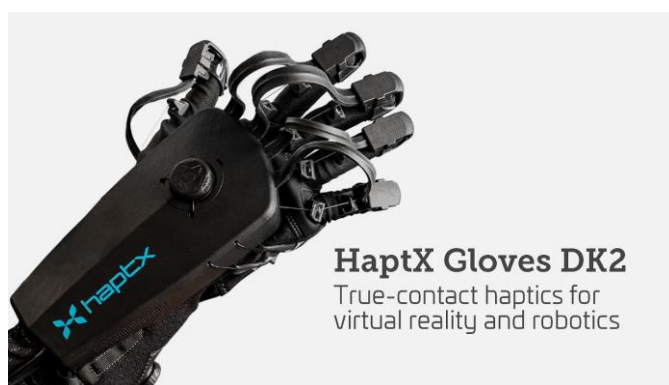


Автономні VR-шоломи (наприклад, **Meta Quest 3** або **HTC Vive**): використовуються для детального 3D-планування операцій. Завдяки високій роздільній здатності лікар може «масштабувати» окремі судини або нервові сплетіння, детально вивчаючи анатомію конкретного пацієнта перед втручанням.



Спеціалізоване програмне забезпечення для трансляції DICOM-даних (наприклад, **EchoPixel** або **Medivis**): ці платформи виступають сполучною ланкою між архівом PACS та AR/VR пристроями. Вони в реальному часі конвертують стандартні 2D-зрізи КТ/МРТ у об'ємні 3D-моделі, готові для віртуальної взаємодії.

Тактильні маніпулятори (Haptic devices): пристрої, що імітують опір тканин у віртуальному середовищі. У поєднанні з VR вони дозволяють хірургам «відчувати» щільність пухлини або кістки під час тренувальної операції, максимально наближаючи симуляцію до реальних умов.



Як бачимо, застосування ІІІ дає очевидні переваги для клінік, а саме:

- *точність*: мінімізація лікарських помилок завдяки алгоритмам, що навчені на мільйонах верифікованих кейсів;
- *швидкість*: моментальна обробка великих масивів даних (наприклад, сотень зрізів КТ за кілька секунд);
- *економія*: раннє виявлення хвороб знижує витрати на подальше складне лікування.

В Україні активно впроваджуються як міжнародні, так і вітчизняні **PACS-платформи**, що інтегрують штучний інтелект для діагностики. Станом на 2025 р. на ринку працюють наступні рішення.

Міжнародні платформи з інтеграцією ШІ. Ці системи є світовими лідерами та часто встановлюються у великих приватних і державних діагностичних центрах України:

- **Fujifilm Synapse PACS**: популярна в Україні система, що використовує ШІ-модуль *RELIAS* для автоматичного виявлення патологій на знімках;
- **Siemens Healthineers (AI-Rad Companion)**: платформа на базі ШІ, що інтегрується з обладнанням та PACS-системами Siemens. Вона автоматично сегментує органи та виявляє відхилення на КТ і МРТ, що вже доступно в низці провідних українських клінік;
- **Aidoc**: глобальна платформа, яка інтегрується з існуючими PACS. Вона спеціалізується на «тріажі» (пріоритезації) критичних станів, таких як інсульт чи емболія легеневої артерії, і активно пілотується в українських медичних закладах.

Вітчизняні та спеціалізовані рішення. Українські розробники та інтегратори пропонують адаптовані рішення, що поєднують PACS із ШІ-сервісами:

- **MedIntegro**: українська компанія, що спеціалізується на інтеграції PACS/MACS систем. Вони впроваджують рішення, які дозволяють об'єднувати візуалізацію з телемедичними консультаціями та ШІ-аналізом;
- **телемедичні платформи** (наприклад, **UATeleMD**): хоча це не чистий PACS, вони часто інтегрують модулі перегляду DICOM-зображень із ШІ-алгоритмами для віддаленої діагностики;
- **локальні інтеграції з BrainScan**: український стартап **BrainScan**, що використовує ШІ для аналізу КТ головного мозку, інтегрується з багатьма лікарняними PACS-системами по всій країні для автоматичного виявлення крововиливів.

Державні та системні ініціативи:

- **Єдиний аерокосмічний простір (MedTech Sandbox)**: МОЗ України запустило ініціативи («пісочниці») для тестування інноваційних ШІ-рішень у лікарнях, що дозволяє швидко інтегрувати нові платформи в існуючу інфраструктуру.
- **Інтеграція з МІС**: більшість сучасних МІС, які працюють в Україні (понад 37 систем), мають модулі для зв'язку з PACS, що дозволяє лікарю бачити результати ШІ-аналізу прямо в електронній медичній картці пацієнта.

Харків є одним із лідерів в Україні за впровадженням інноваційних медичних технологій. У місті вже працюють медичні заклади, які використовують PACS-системи з інтегрованими елементами штучного інтелекту.

- **Харківська обласна клінічна лікарня:** тут на базі нейрохірургічного відділення впроваджено унікальний український стартап *Extra Vision*. Ця система використовує ШІ та доповнену реальність (AR) для створення 3D-моделей патологій на основі КТ/МРТ знімків із PACS, що допомагає хірургам планувати надскладні операції.

- **Інтеграція з BrainScan:** Харківські державні та комунальні лікарні беруть участь у пілотних проєктах МОЗ із впровадження системи *BrainScan*. Цей ШІ-модуль автоматично аналізує КТ головного мозку в системі PACS для виявлення крововиливів, ішемії та інших критичних станів у режимі реального часу.

- **Приватні діагностичні центри:** провідні клініки Харкова, такі як «Еввіва», «Доктор Алекс», «Здоров'я» та «Лорітом», використовують сучасні PACS-платформи. Багато з них інтегрують ШІ-модулі від виробників обладнання (наприклад, Siemens або Fujifilm) для автоматичного вимірювання параметрів та виявлення новоутворень.

- **Aidoc у Харкові:** міжнародна платформа Aidoc, яка спеціалізується на тріажі термінових випадків у PACS, також тестується та впроваджується в окремих медичних центрах міста через українських ІТ-партнерів.

Використання міжнародних інформаційних стандартів забезпечує цілісність і сумісність медичних даних, підвищує ефективність роботи медичного персоналу, сприяє розвитку телемедицини та відповідає сучасним вимогам цифрової трансформації системи охорони здоров'я України.

Захист і збереження медичних даних

З метою захисту інформації від випадкової втрати, технічних збоїв або несанкціонованого доступу медичні інформаційні системи розміщуються на *захисних серверах*. Такі сервери забезпечують:

- резервне копіювання даних;
- журналювання дій користувачів;
- контроль доступу до інформації відповідно до ролей персоналу.

Це є критично важливим з огляду на конфіденційний характер медичних даних.

Труднощі впровадження

та використання медичних інформаційних систем

Попри значні переваги, впровадження та експлуатація медичних інформаційних систем супроводжуються низкою проблем. МІС використовуються лікарнями, аптеками та лабораторіями на різних рівнях системи охорони здоров'я

і покликані спростити роботу персоналу та підвищити якість медичних послуг. Однак на практиці виникають такі труднощі:

- необхідність заміни застарілих технологій і паперових процесів;
- потреба у перекваліфікації та навчанні медичного персоналу;
- додаткові фінансові витрати на програмне забезпечення, обладнання та технічну підтримку;
- складність інтеграції систем при переході з базового рівня на рівень закладу, територіальний та державний рівні.

Ці проблеми є типовими для більшості країн, що перебувають у процесі цифровізації системи охорони здоров'я.

Показники оцінювання якості функціонування медичних інформаційних систем

• Рівень зв'язаності та інтеграції цифрових медичних послуг.

Цей показник відображає, наскільки добре різні медичні інформаційні системи можуть взаємодіяти між собою. Йдеться про інтеграцію госпітальних інформаційних систем, електронних медичних карток, лабораторних і радіологічних систем, а також національної електронної системи охорони здоров'я. Високий рівень зв'язаності забезпечує безперервність медичної допомоги, коли дані пацієнта доступні лікарю незалежно від місця надання медичної послуги.

• Наявність та доступність електронних медичних сервісів у країні.

Даний показник характеризує кількість і різноманітність електронних сервісів у сфері охорони здоров'я та можливість їх використання населенням. До таких сервісів належать електронні медичні картки, електронні рецепти, електронні направлення, телемедичні консультації, онлайн-запис до лікаря. Важливим є не лише *впровадження* цих сервісів, а й їх реальна *доступність* для медичних працівників і пацієнтів.

• Рівень людського капіталу та цифрової грамотності медичних працівників і пацієнтів. Цей показник відображає рівень знань, навичок і готовності користувачів працювати з медичними інформаційними системами. Для медичних працівників – це вміння користуватися електронними медичними записами, інформаційними системами, цифровими діагностичними засобами. Для пацієнтів – здатність користуватися електронними сервісами, такими як електронний кабінет пацієнта або мобільні медичні застосунки. Зрозуміло, що високий рівень цифрової грамотності підвищує ефективність використання медичних технологій.

Рівень людського капіталу – це узагальнена характеристика освіти, професійних навичок, кваліфікації, стану здоров'я, тривалості життя та культури населення. Формування людського капіталу відбувається спочатку на особистісному рівні, потім на мікро- (рівень установи, підприємства), мезо- (рівень галузі або регіону) та макрорівнях (рівень країни загалом), де базовою одиницею є окрема людина. Для оцінювання рівня людського капіталу використовується індекс людського розвитку (ІЛР), який враховує валовий внутрішній продукт (ВВП) на душу населення, тривалість життя та рівень освіти. У розвинених країнах людський капітал становить 70–80 % національного багатства, в Україні цей показник наразі оцінюється приблизно на рівні 50 %.

- **Ступінь цифрового розриву між різними соціальними групами.**

Даний показник характеризує *нерівність у доступі* до цифрових медичних технологій між різними групами населення і *спроможності* їх використання, наприклад, між міським і сільським населенням, молодшими та старшими віковими групами, соціально вразливими верствами населення. Значний цифровий розрив обмежує можливості використання електронних медичних сервісів і може призводити до нерівності в наданні медичної допомоги.

- **Рівень інтеграції цифрових технологій у клінічну практику.**

Цей показник відображає, наскільки *активно цифрові технології* використовуються безпосередньо в лікувально-діагностичному процесі. Йдеться про застосування електронних медичних карток, систем підтримки клінічних рішень, цифрових діагностичних систем, телемедицини, автоматизованих протоколів лікування. Високий рівень інтеграції означає, що цифрові технології є невід'ємною частиною повсякденної роботи лікаря.

- **Обсяг державних витрат на охорону здоров'я у відсотках від валового внутрішнього продукту.** Даний показник відображає *рівень фінансової підтримки* системи охорони здоров'я з боку держави. Частка витрат на охорону здоров'я у ВВП впливає на можливості впровадження та розвитку медичних інформаційних систем, модернізацію інфраструктури, закупівлю обладнання, навчання персоналу та підтримку електронних сервісів. Вищий рівень фінансування створює умови для сталого розвитку цифрової медицини.

7. ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ У СЕРЕДОВИЩІ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕСОРА

7.1 Базові поняття електронних таблиць

У процесі навчання та професійної діяльності медичні працівники постійно працюють із великими обсягами інформації: результатами лабораторних досліджень, показниками життєвих функцій пацієнтів, статистикою захворюваності, ефективністю лікування тощо. Для зручного зберігання, впорядкування, аналізу та наочного подання таких даних широко використовуються **таблиці** та **діаграми**.

Таблиці та діаграми є ефективними формами представлення і візуалізації інформації. Вони дозволяють швидко порівнювати медичні показники, відстежувати динаміку показників стану пацієнта, аналізувати результати обстежень, виявляти тенденції, приймати обґрунтовані клінічні рішення на основі оброблених даних тощо.

Використання табличних процесорів у медичній галузі дозволяє зменшити кількість помилок при обчисленнях, автоматизувати рутинні розрахунки, швидко створювати звіти та графіки, підвищити ефективність аналізу медичних даних. Таким чином, навички роботи з табличними процесорами є важливою складовою інформаційної підготовки майбутніх лікарів і медичних працівників.

Програмні засоби, призначені для опрацювання даних у табличній формі, називаються **табличними процесорами** або **електронними таблицями**. До цього класу програм належать **Microsoft Excel**, **LibreOffice Calc**, **Quattro Pro** та ін.



Як приклад табличного процесора розглянемо процесор **LibreOffice Calc**, який є безкоштовним, доступним для різних операційних систем та широко використовується в освітніх і медичних закладах.

Електронна таблиця та аркуші

Після запуску табличного процесора або створення нового файлу на екрані відкривається електронна таблиця (**Worksheet**). Один файл табличного процесора називається **книгою**; книга може містити кілька електронних таблиць, які називаються **аркушами**.

Наприклад, в одному файлі можна створити кілька аркушів:

- «Пацієнти» – персональні дані;

- «Лабораторні аналізи» – результати досліджень крові;
- «Артеріальний тиск» – щоденні показники;
- «Статистика відділення» – узагальнені дані за місяць.

Такий підхід дозволяє систематизувати інформацію та зручно з нею працювати.

Структура електронної таблиці

Як і в системах управління базами даних (СУБД), будь-яка електронна таблиця складається з рядків і стовпців. У табличному процесорі LibreOffice Calc:

- *стовпці* позначаються латинськими літерами A, B, C, ..., Z, AA, AB, ..., ZZ, AAA тощо;
- *рядки* нумеруються числами 1, 2, 3, 4, ...

На перетині рядка і стовпця утворюється **комірка**, яка має унікальну адресу, наприклад, **A1**, **B5**, **C10**.

У комірку можна вносити дані, наприклад:

- у комірці **A1** може бути записано «ПІБ пацієнта»;
- у комірці **B1** – «Вік»;
- у комірці **C1** – «Рівень глюкози, ммоль/л»;
- у комірці **C2** – конкретне значення аналізу пацієнта.

Стовпці Рядки	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5							

Типи даних у комірках

У комірках електронної таблиці можуть зберігатися різні типи даних:

- *текстові дані* (ПІБ, діагноз, назва відділення);
- *числові дані* (рівень гемоглобіну, температура тіла, пульс);
- *дати та час* (дата госпіталізації, час вимірювання);
- *формули* (обчислення середнього показника, мінімального або максимального значення).

Наприклад, за допомогою формули можна автоматично обчислити середній артеріальний тиск пацієнта за тиждень або визначити, чи перевищують показники допустимі норми.

7.2 Комірка електронної таблиці та її характеристики

Усі дані в електронних таблицях зберігаються в **комірках**.

Комірка є основним елементом електронної таблиці й характеризується адресою, форматом і статусом.

Адреса комірки визначає її *положення* в таблиці та записується як комбінація:

- імені стовпця (латинські літери);
- номера рядка (цифри).

Наприклад, адреса комірки: A5, B20, AX157. Комірка **B20** може містити значення рівня глюкози крові п'ятого пацієнта, комірка **AX157** – рівень холестерину.

Формат комірки визначає *спосіб відображення даних*, але не змінює їх фактичного значення. Він містить такі параметри:

- формат числових значень (цілі, десяткові, відсотки, дата, час);
- шрифт і розмір тексту;
- вирівнювання вмісту;
- вигляд границь;
- колір тла комірки.

Наприклад:

- температуру тіла (°C) доцільно відображати числом з одним десятковим знаком;
- дату госпіталізації – у форматі дати;
- критичні показники (наприклад, високий тиск) можна виділяти кольором.

Статус комірки визначає можливість її редагування та відображення. За допомогою статусу можна:

- захистити комірку від випадкових змін;
- приховати формулу, залишивши видимим лише результат;
- приховати комірку під час перегляду або друку.

Наприклад, комірки з формулами розрахунку середніх показників або індексу маси тіла (ІМТ) доцільно захищати від редагування.

Вміст комірки

У LibreOffice Calc комірка може містити три типи даних: текстові, числові, формули.

1. Текстові дані – використовуються для заголовків, назв, пояснень і коментарів. Це рядок тексту довільної довжини.

Наприклад:

- «Прізвище та ім'я»;
- «Діагноз»;
- «Відділення терапії».

2. Числові дані можуть бути подані у вигляді:

- цілих чисел (наприклад, 1 або – 6);
- десяткових дробів (наприклад, 36,6 або – 0,8);
- експонентної форми запису числа (наприклад, 5,6E–4).

Наприклад:

- температура тіла: 36,6 °C;
- рівень гемоглобіну: 135 г/л;

3. Формули – це інструкції для виконання обчислень. Введення в комірку формули має починатися зі знака рівності «=». Формули складаються з:

- операндів (числа, адреси комірок, функції);
- арифметичних операторів («+», «–», «*», «/» тощо).

Приклад введення формули для обчислення середнього значення двох показників: $= (B2+C2)/2$.

Значення комірки

Слід розрізняти вміст комірки та значення комірки. *Вміст комірки* – це дані, які введені в комірку користувачем (текст, число або формула). *Значення комірки* – це результат обчислення формули. Значення комірки є результатом операцій, що виконуються табличним процесором на підставі вмісту комірки.

Наприклад, якщо вміст комірки: $= 5*2+1$, то її значення дорівнює **11**.

Значення комірки відображається в самій комірці, а вміст комірки – у рядку введення формул.

7.3 Відносні й абсолютні адреси комірок

Адреси комірок у формулах (зазвичай їх називають **посиланнями**) можуть бути відносними й абсолютними. Відмінність між відносними й абсолютними посиланнями є істотною у разі копіювання або переміщення формул з однієї комірки в іншу.

За замовчуванням у табличному процесорі LibreOffice Calc використовуються **відносні посилання**. Під час копіювання формули з відносним посиланням таке посилання *автоматично коригується* відповідно до нового місця розташування формули, тобто *відносна положення комірки* з формулою та комірки, на яку вона посилається, залишається незмінним. При цьому посилання, що містяться у скопійованій або переміщеній формулі, належать уже до нової комірки.

Відносні посилання зручно використовувати для застосування формул методом автозаповнення до великого масиву даних, наприклад до рядка, стовпця або прямокутного діапазону комірок.

При копіюванні формули з **абсолютним посиланням** LibreOffice Calc копіює таке посилання в незмінному вигляді, незалежно від нового розташування формули. Абсолютні посилання використовуються, зокрема, для вставки у формули констант, що зберігаються в окремих фіксованих комірках, або для звернення до даних із певного рядка чи стовпця.

У формулах LibreOffice Calc абсолютне посилання створюється шляхом додавання знака долара «\$» перед адресою. Знак «\$» може розміщуватися:

- перед іменем стовпця (буквами);
- перед номером рядка (цифрами);
- перед іменем стовпця і перед номером рядка одночасно.

Таким чином, кожний елемент посилання (стовпець і рядок) може бути абсолютним або відносним незалежно один від одного.

Наприклад:

- запис $\$A\1 означає, що при копіюванні стовпець A і рядок 1 не змінюються;
- запис $A\$1$ означає, що стовпець A змінюється, а рядок 1 не змінюється;
- запис $\$A1$ означає, що стовпець A не змінюється, а рядок 1 змінюється;
- запис $A1$ означає, що стовпець A змінюється і рядок 1 змінюється;

Посилання	Стовпець A	Рядок 1
$\$A\1	Не змінюється	Не змінюється
$A\$1$	Змінюється	Не змінюється
$\$A1$	Не змінюється	Змінюється
$A1$	Змінюється	Змінюється

Розглянемо ще приклад. Нехай у комірці B3 міститься формула з посиланням на комірку A1. Потім цю формулу копіюють або переміщують на одну комірку вправо й униз, тобто в комірку C4. Якщо формула містить відносні посилання, то вони відповідно зсуваються: $A \rightarrow B$, $1 \rightarrow 2$, тоді як абсолютні посилання залишаються незмінними:

Вихідна формула в B3	Формула після копіювання в C4
$=\$A\1	$=\$A\1
$=A\$1$	$=B\$1$
$=\$A1$	$=\$A2$
$=A1$	$=B2$

Отже, результат копіювання формули залежить від типу використаного посилання.

Посилання в електронних таблицях можуть указувати не лише на окрему комірку, але й на **діапазон комірок**. Діапазоном комірок може бути:

- рядок або його частина;
- стовпець або його частина;
- кілька рядків або стовпців;
- прямокутна ділянка комірок у таблиці.

Діапазон комірок задається зазначенням *двох адрес однакового типу* (рядків, стовпців або комірок), розділених символом «:», наприклад:

- кілька рядків (з 1 по 5 включно): **1:5**;
- один рядок (наприклад, рядок 2): **2:2** (саме в такому вигляді, щоб відрізнити від числового значення!);
- частина рядка: **A1:D1**;
- кілька стовпців (від стовпця В до стовпця F включно): **B:F**;
- один стовпець (наприклад, стовпець D): **D:D**;
- частина стовпця: **B2:B5**;
- прямокутна ділянка (задаються адреси комірок, розташованих у лівому верхньому та правому нижньому кутах ділянки): **B1:G5**.

Посилання при описі діапазонів комірок, як і для окремих комірок, можуть бути відносними або абсолютними. У багатьох випадках, зокрема при використанні «Майстра функцій», діапазони комірок зручно задавати шляхом безпосереднього виділення їх мишею в електронній таблиці.

Діапазони комірок часто використовуються у функціях (наприклад, для обчислення середнього значення).

7.4 Використання функцій в електронних таблицях

Для виконання обчислень і різних видів обробки даних табличні процесори оснащені набором **вбудованих функцій**. Функції значно спрощують роботу з таблицями та дозволяють автоматизувати складні розрахунки без використання програмування.

Функції згруповані за **категоріями**, зокрема:

- математичні (SUM, ROUND, ABS тощо);
- статистичні (AVERAGE, MIN, MAX, COUNT);
- фінансові (PMT, FV, NPV);
- логічні (IF, AND, OR);
- текстові (LEFT, RIGHT, CONCAT, LEN);
- функції дати й часу (TODAY, NOW, DATE);
- пошуку та посилань (VLOOKUP, HLOOKUP, INDEX, MATCH) та ін.

Кожна функція має **унікальне ім'я** та один або кілька **аргументів**, які в більшості табличних процесорів (наприклад, LibreOffice Calc) розділяються символом «;». Функція завжди починається зі знака рівності «=».

Аргументами функцій можуть бути:

- фіксовані значення (числові або текстові);
- посилання на комірки (відносні або абсолютні);

- діапазони комірок;
- інші функції (так звані вкладені функції).

Наприклад, функція

$$=SUM(A1:A10)$$

обчислює суму значень у діапазоні комірок від A1 до A10;

функція

$$=AVERAGE(B2:B9)$$

обчислює середнє значення у діапазоні комірок від B2 до B9.

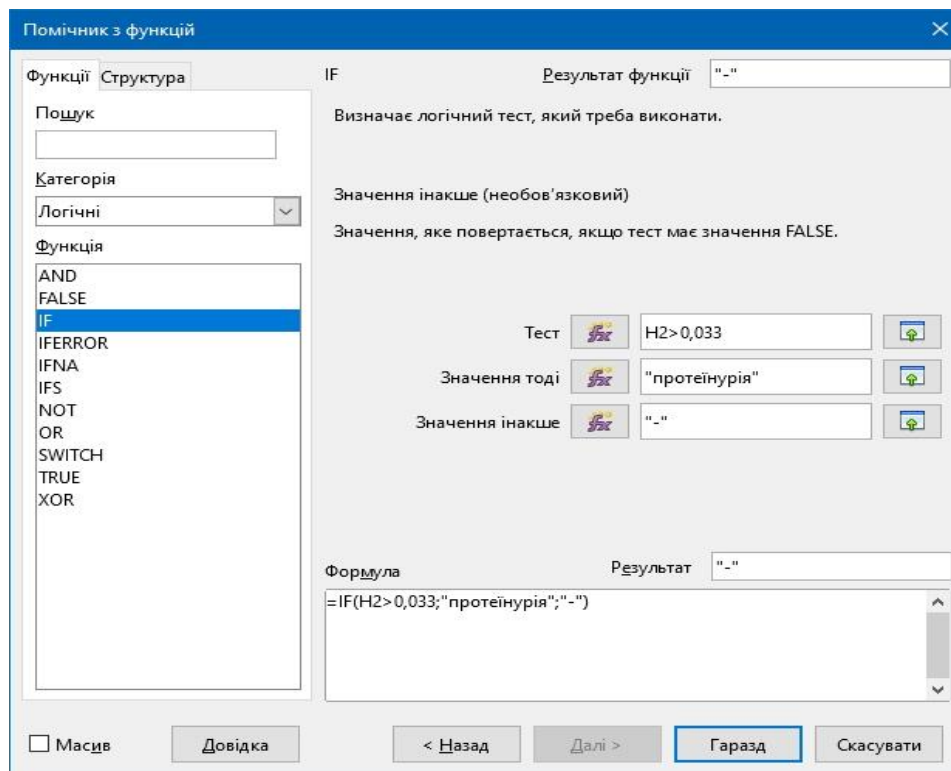
Для вставки функцій у формулу можна ввести ім'я функції та її аргументи **вручну** або скористатися спеціальним діалоговим вікном **«Майстер функцій»**. «Майстер функцій» полегшує роботу з формулами та дозволяє:

- знайти потрібну функцію за категорією, назвою або описом;
- переглянути призначення функції та пояснення її аргументів;
- ввести аргументи у спеціально відведені поля без ризику синтаксичних помилок.

На *рисунку* наведено приклад використання «Майстра функцій» для введення логічної функції **IF** (ЯКЩО), яка дозволяє виконувати різні дії залежно від заданої умови. Наприклад, функція

$$=IF(H2>0,033;"Протеїнурія";"-")$$

показує результат залежно від значення, що міститься в комірці H2.



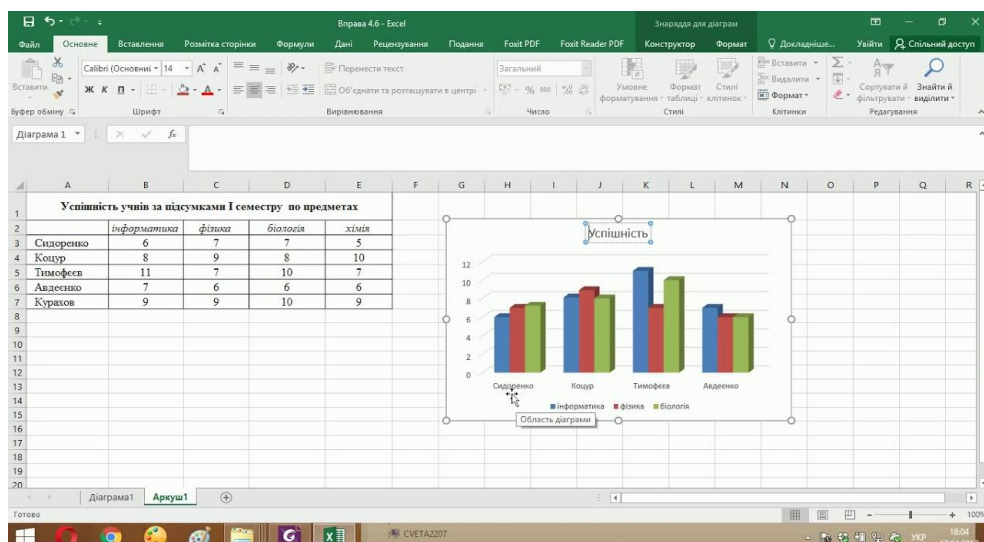
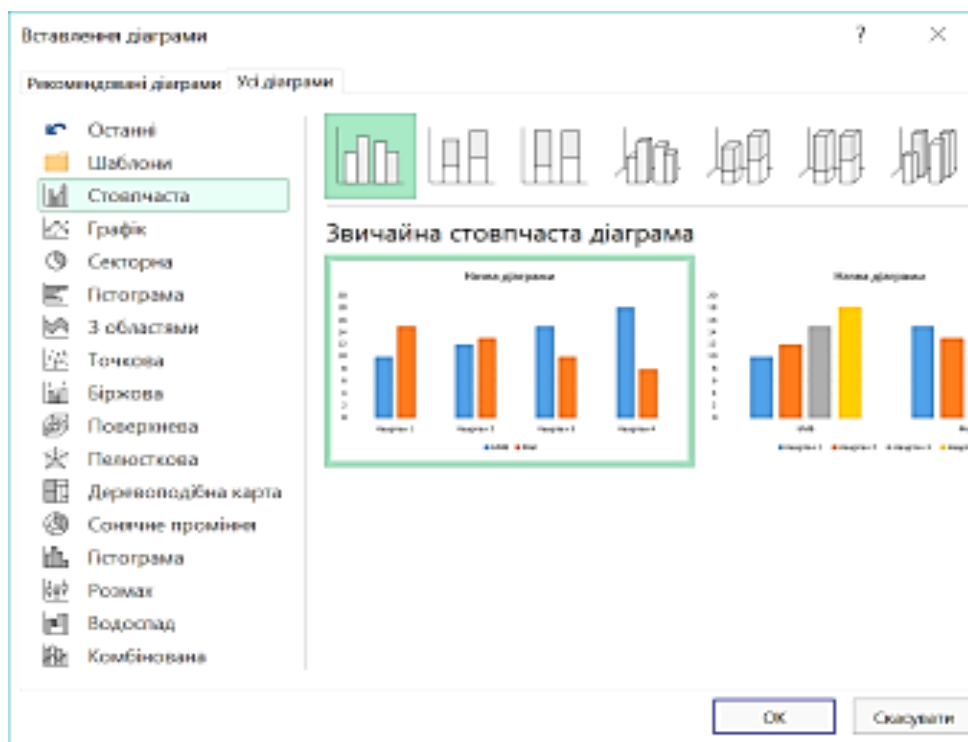
Вікно «Майстер функцій»

7.5 Побудова діаграм за допомогою табличного процесора

Сучасні табличні процесори дозволяють *наочно відображати дані* з таблиць у *графічному вигляді* за допомогою **діаграм**. Графічне подання інформації спрощує аналіз даних, порівняння показників і виявлення закономірностей та тенденцій.

У табличному процесорі LibreOffice Calc передбачено різні типи діаграм, зокрема:

- *стовпчасті та стрічкові* – для порівняння значень;
- *кругові* – для відображення структури та часток;
- *лінійні (графіки)* – для показу змін показників у часі;
- *точкові (XY-діаграми)* – для аналізу взаємозв'язку між величинами та інші спеціалізовані типи діаграм.



Для створення діаграм у LibreOffice Calc використовується спеціальний інструмент «**Майстер діаграм**», який покроково супроводжує користувача під час побудови графічного подання даних.

Під час створення діаграми необхідно задати такі параметри:

- один або кілька *діапазонів комірок* із вихідними даними (вимоги до діапазонів залежать від обраного типу діаграми);
- *тип діаграми*, що відповідає характеру поданих даних;
- *розташування даних* у діапазонах (ряди даних по вертикалі або по горизонталі), а також наявність або відсутність підписів у першому рядку чи стовпці таблиці;
- *кількість, порядок і властивості рядів даних* (колір, стиль, маркери тощо), якщо їх декілька;
- *елементи оформлення діаграми*: заголовок, підписи осей, легенда, сітка, масштаб осей та інші параметри зовнішнього вигляду.

Засоби побудови діаграм у LibreOffice Calc також дозволяють виконувати додаткову обробку даних безпосередньо на діаграмі, зокрема:

- обчислювати та відображати *середні значення*;
- будувати *лінії тренду (регресії)* для аналізу тенденцій;
- відображати *похибки вимірювань*;
- змінювати формат і масштаб діаграми без коригування вихідних даних.

Використання діаграм значно підвищує інформативність таблиць і є важливим інструментом аналізу даних у навчальній, науковій та практичній діяльності.

8. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

8.1 Основні поняття математичної статистики. Шкали вимірювання даних

Математична статистика – це розділ прикладної математики, що розробляє методи збирання, систематизації, аналізу та інтерпретації статистичних даних із метою отримання науково обґрунтованих і практично значущих висновків. У медицині методи математичної статистики використовуються для аналізу результатів клінічних досліджень, епідеміологічних спостережень, оцінки ефективності методів лікування та діагностики.

Основні завдання математичної статистики полягають у наступному:

- *визначення способів збору та групування статистичних даних*, отриманих у результаті спостережень або спеціально організованих експериментів (клінічні випробування, лабораторні дослідження, скринінгові програми);
- *розробка методів аналізу статистичних даних* відповідно до поставлених цілей дослідження.

До основних методів статистичного аналізу належать:

- оцінка ймовірності події (наприклад, оцінка ймовірності виникнення ускладнень);
- оцінка функції розподілу випадкової величини;
- оцінка параметрів розподілу, вид якого відомий (середнє значення, дисперсія, стандартне відхилення);
- оцінка залежності однієї випадкової величини від однієї або кількох інших (кореляційний і регресійний аналіз);
- перевірка статистичних гіпотез щодо виду розподілу або значень його параметрів (порівняння груп пацієнтів, оцінка ефективності лікування).

У медицині більшість показників мають випадковий характер, оскільки залежать від багатьох неконтрольованих чинників.

Випадкова величина – це величина, яка в результаті експерименту або спостереження може набувати різних значень, причому наперед невідомо, яке саме значення вона прийме, тобто поява того або іншого значення цієї величини є випадковою подією.

Розрізняють дискретні і неперервні випадкові величини.

Дискретною випадковою величиною називається величина, яка може набувати *скінченної* або *зліченної* множини значень. Як правило, дискретною випадковою величиною описується кількість (число) об'єктів, порядковий номер об'єкта в списку і т. ін. Приклади дискретної випадкової величини: кількість пацієнтів у палаті, кількість ускладнень після операції, кількість позитивних результатів аналізу тощо.

Неперервна випадкова величина може набувати будь-якого значення з певного інтервалу та має нескінченну множину можливих значень. Більшість фізичних величин є неперервними випадковими величинами. Наприклад, маса тіла пацієнта, артеріальний тиск, рівень глюкози в крові, температура тіла, концентрація лікарської речовини в крові тощо.

Шкали вимірювання медичних даних

Першим етапом статистичного аналізу даних є визначення типу даних, тобто віднесення їх до певної шкали вимірювання. Від цього залежить вибір коректних методів статистичної обробки.

Шкали вимірювання класифікують:

1) за типом випадкової величини:

- дискретні;
- неперервні.

2) за дозволеними операціями зі значеннями:

- номінальні;
- порядкові;
- інтервальні;
- абсолютні.

Номінальну і порядкову шкали називають *якісними* шкалами, інтервальну і абсолютно – *кількісними*.

Номінальна шкала (або шкала найменувань) використовується для класифікації об'єктів за якісною ознакою без будь-якого впорядкування. Наприклад, за кольором волосся, за статтю пацієнта, за групою крові, за наявністю або відсутністю захворювання.

Групи крові (по системі ABO)		
Група крові	Агглютиногени	Агглютиніни
I (0)	-	α і β
II (A)	A	β
III (B)	B	α
IV (AB)	A і B	-

Шкала вимірює якість, а не кількість. Із такими даними неможливо проводити арифметичні операції (додавання, ділення). Єдина доступна статистична міра – мода (найпопулярніша категорія).

При використанні номінальної шкали можливо застосовувати лише операцій рівності або нерівності, тобто тільки співвідношення еквівалентності та нееквівалентності:

$$x = y, \quad x \neq y$$

Номинальна шкала не передбачає впорядкування значень і кількісних взаємозв'язків між значеннями. Наприклад, неможливо сказати, що одна група крові є «більшою» або «меншою» за іншу. У статистичному аналізі для таких даних зазвичай використовують підрахунок частот, відсотків і побудову кругових або стовпчикових діаграм.

26 What best describes your gender?

1 ☐ Female

2 ☐ Male

3 ☐ Non-binary

4 ☐ A gender not listed here

5 ☐ Unsure how to describe myself

6 ☐ Prefer not to say

27 Is your gender the same as the sex you were given at birth?

1 ☐ Yes

2 ☐ No

3 ☐ Prefer not to say



Порядкова (або рангова) шкала є впорядкованою послідовністю значень і дозволяє не тільки встановити факт рівності або нерівності вимірюваних об'єктів, але й визначити характер нерівності у вигляді суджень: «більше – менше», «вище – нижче», «гірше – краще» тощо. Для порядкової шкали визначені співвідношення

$$x = y, x \neq y, x < y, x > y, x \leq y, x \geq y,$$

але не визначені арифметичні операції (додавання, віднімання, множення і ділення), оскільки *інтервали між значеннями не є рівними*.

Прикладами порядкових шкал є оцінка успішності (незадовільно, задовільно, добре, відмінно), підсумок лікування пацієнта (видужання, поліпшення стану, без поліпшення, погіршення стану, летальний наслідок), ступінь болю (слабкий, помірний, сильний), стадії онкологічного процесу тощо.

Україна		Польща	
Рівень	Оцінка (Шкала)	Оцінка (Шкала)	
Початковий	1	Незадовільно (Niedostateczny)	1
	2	Прийнятно (Mierny)	2
	3		
Середній	4	Задовільно (Dostateczny)	3
	5		
	6		
Достатній	7	Добре (Dobry)	4
	8		
	9		
Високий	10	Дуже добре (Bardzo Dobry)	5
	11		
	12	Відмінно (Celujący)	6

Порядкові, або рангові, шкали широко використовуються в клінічній практиці для якісної оцінки стану пацієнта. Порядкова шкала дозволяє впорядкувати значення за інтенсивністю ознаки, але не визначає рівність інтервалів між ними.

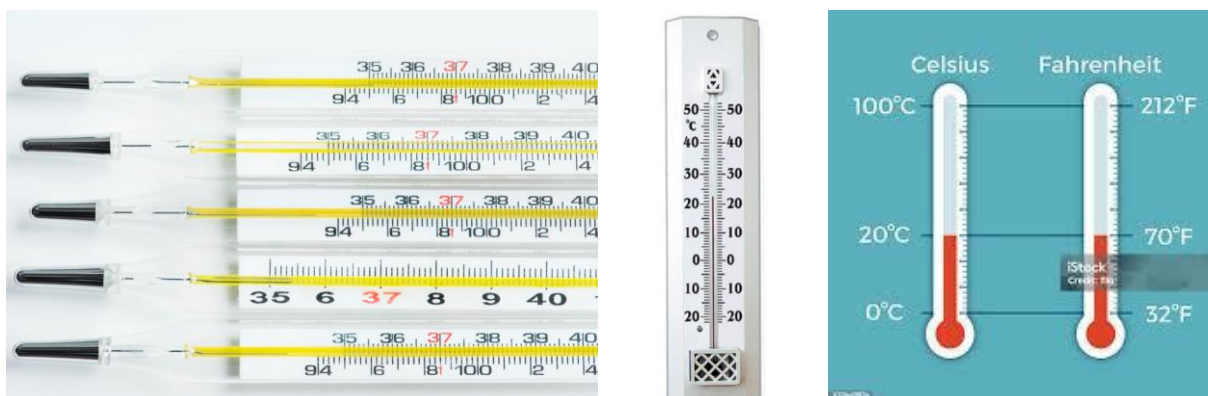


Інтервальна шкала (або шкала різниць) дозволяє описувати властивості об'єкта кількісно шляхом порівняння значення ознаки з певним еталоном. Для інтервальних шкал мають сенс усі вищезгадані операції порівняння, а також арифметичні операції додавання та віднімання. Водночас початок відліку для такої шкали задається довільно, а нуль не означає повної відсутності вимірюваної величини. Отже, інтервальна шкала має рівні інтервали між значеннями, але не має природного нуля.

Класичним прикладом інтервальної шкали є шкала Цельсія – температура тіла визначається у градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$); на цій шкалі початок відліку обраний умовно – за температурою танення льоду. Інший приклад – шкала Фаренгейта – температура вимірюється у градусах Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$), нуль градусів Фаренгейта не означає абсолютний температурний нуль.

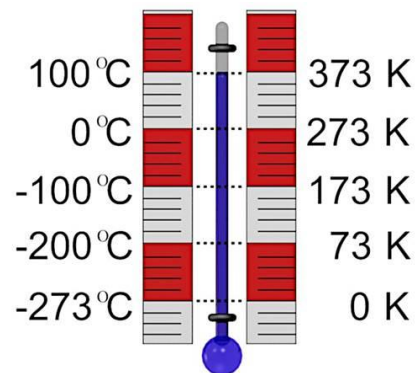
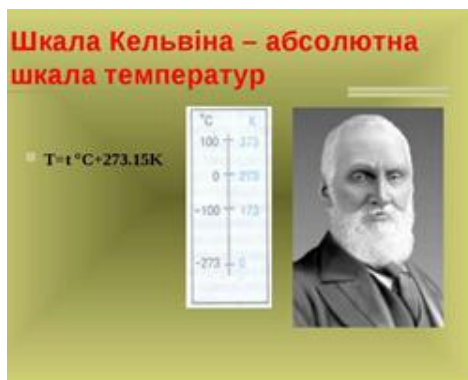
Тому не коректно казати, наприклад, що вода температурою 40°C є «вдвічі гарячішою» за воду температурою 20°C , хоча різницю між температурами можна обчислювати коректно.

В медицині інтервальні шкали застосовуються для оцінки температури тіла, деяких психометричних тестів і шкал оцінювання.



Абсолютна шкала (або шкала відношень) – це інтервальна шкала, яка має додаткову властивість – природну й однозначну наявність нульової точки. Нульове значення в такій шкалі означає повну відсутність вимірюваної ознаки. Наприклад, нульове значення кількості пацієнтів означає їх повну відсутність.

Абсолютна шкала є єдиною з чотирьох шкал, для якої мають сенс усі арифметичні операції, зокрема множення й ділення. За допомогою таких шкал вимірюються фізичні та біологічні величини, зокрема маса тіла, зріст, об'єм крові, концентрація речовин, частота серцевих скорочень. Прикладом абсолютної шкали є шкала Кельвіна, у якій температура відлічується від *абсолютного нуля*. Саме для абсолютних шкал коректно використовувати твердження типу «вдвічі більше» або «вдвічі менше».



Прикладами приладів з абсолютною шкалою є також лінійка, рулетка, ваги (терези), спідометр, манометр, секундомір тощо.



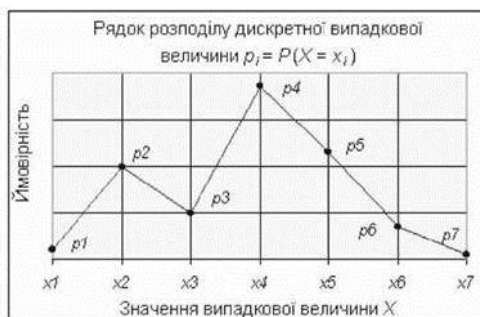
8.2 Випадкові величини; їх числові характеристики та закони розподілу

Для повного опису випадкової величини необхідно *задати закон її розподілу*, тобто правило, яке визначає, з якою ймовірністю випадкова величина може набувати тих чи інших значень. Закон розподілу може бути поданий у вигляді *таблиці, аналітичної формули або графіка*, залежно від типу випадкової величини та мети дослідження.

Закон розподілу дискретної випадкової величини

Закон розподілу дискретної випадкової величини X зазвичай задається у вигляді таблиці, в якій перелічуються всі можливі значення цієї величини x_i та відповідні їм ймовірності появи цих значень $P(x_i)$, або p_i :

Значення (x_i)	x_1	x_2	x_3	...	x_n
Ймовірності (p_i)	p_1	p_2	p_3	...	p_n



При цьому сума всіх ймовірностей дорівнює одиниці (умова нормування дискретної випадкової величини):

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1$$

Такий спосіб задання розподілу зручний для аналізу кількісних показників зі скінченною або зліченною множиною значень. Наприклад, кількості пацієнтів із певною ознакою захворювання, кількості ускладнень після операції тощо.

Закон розподілу неперервної випадкової величини

Закон розподілу неперервної випадкової величини X можна задати за допомогою однієї з двох функцій:

- функції щільності ймовірності $f(X)$;
- функції розподілу $F(X)$.

Функція $f(X)$ щільності ймовірності неперервної випадкової величини X дорівнює відношенню ймовірності dP попадання випадкової величини в інтервал від x до $x + dx$ до величини цього інтервалу dx , тобто

$$f(X) = \frac{dP}{dx}$$

Подія, яка полягає в тому, що випадкова величина X прийме будь-яке значення, що знаходиться в інтервалі від $-\infty$ до $+\infty$, є вірогідною (достовірною). Тому

$$P(-\infty \leq X \leq +\infty) = 1.$$

Отже,

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(X) \cdot dx = 1.$$

Остання формула називається *умовою нормування неперервної випадкової величини*.

Функція розподілу $F(X)$ дорівнює ймовірності того, що випадкова величина X прийме значення, яке лежить в інтервалі від $-\infty$ до x :

$$F(X) = \int_{-\infty}^x f(X) \cdot dx$$

або, іншими словами, прийме значення, яке менше або дорівнює x :

$$F(x) = P(-\infty < X \leq x).$$

Функція розподілу є невід'ємною величиною. Зі збільшенням аргументу x функція розподілу $F(X)$ зростає або залишається сталою, причому завжди

$$0 \leq F(X) \leq 1.$$

Квантиль. Квартиль. Процентиль

З поняттям функції розподілу тісно зв'язані поняття квантиля, квартиля і процентиля.

Квантиль (X_α) – це таке значення заданої випадкової величини X , яке ця величина не перевищує з фіксованою ймовірністю α . Іншими словами, квантиль показує межу, нижче якої знаходиться певна частка всіх можливих значень випадкової величини.

Для неперервної випадкової величин X **α -квантилем** (квантилем рівня α) її розподілу називають розв'язок рівняння

$$F(x_\alpha) = \alpha,$$

де $F(X)$ – функція розподілу випадкової величини.

Отже, квантиль можна розглядати як аргумент функції розподілу, при якому її значення дорівнює α .

Квантилі нормального розподілу широко використовуються в медичній статистиці та біостатистиці для побудови надійних (довірчих) інтервалів статистичних характеристик випадкової величини; при оцінюванні результатів клінічних досліджень; для аналізу лабораторних показників та фізіологічних норм.

Квартиль

Квантилі з рівнями ймовірності α , кратними 0,25, називають *квартилями*:

- квантиль рівня 0,25 – нижній (перший) квартал – Q_1 ;
- квантиль рівня 0,5 – **медіана** (другий квартал – Q_2);
- квантиль рівня 0,75 – верхній (третій) квартал – Q_3 .

Мінімальне значення випадкової величини іноді називають *нульовим квантилем*, а максимальне – *четвертим квантилем*.

Квантилі широко застосовуються для опису розподілу медичних даних, оскільки дозволяють оцінити розсіювання значень та наявність «викидів» значень.

Процентиль

Процентиль – це окремий випадок квантиля, коли рівень α виражений у відсотках. Наприклад, 90-й процентиль – це таке значення, нижче якого знаходиться 90 % усіх спостережень. Процентилі часто використовуються в педіатрії (для оцінки росту, маси тіла дитини), епідеміології та клінічній практиці.

Числові характеристики випадкових величин

Закон розподілу випадкової величини є найбільш повною характеристикою цієї випадкової величини, однак на практиці для опису медичних даних зазвичай достатньо інформації, яка задається за допомогою числових характеристик випадкової величини. До найбільш уживаних належать:

- математичне сподівання;
- дисперсія;
- середнє квадратичне (стандартне) відхилення.

Ці характеристики дозволяють стисло й наочно описувати результати медичних спостережень та досліджень. Математичне сподівання випадкової величини майже збігається за змістом із поняттям середнього значення цієї величини. Дисперсія та середнє квадратичне відхилення характеризують величину відхилення (розкиду) значень випадкової величини від її математичного сподівання.

Математичне сподівання $M(X)$ випадкової величини X обчислюється за формулами:

$$M(X) = \sum_{i=1}^n x_i P(x_i); \quad M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx$$

для дискретних і неперервних випадкових величин відповідно.

Дисперсія $D(X)$ випадкової величини X – це математичне сподівання квадрата відхилення значень цієї величини від її математичного сподівання, тобто

$$D(X) = M[X - M(X)]^2$$

Дисперсія випадкової величини може бути обчислена за наступними формулами. Для дискретної випадкової величини:

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

Для неперервної випадкової величини:

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

Середнє квадратичне відхилення (стандартне відхилення) $\sigma(X)$ дорівнює кореню квадратному з дисперсії:

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)}.$$

Основні види розподілів випадкової величини

Основні види розподілів, що використовуються у математичній статистиці:

- для дискретних величин:
 - біноміальний розподіл (або розподіл Бернуллі),
 - розподіл Пуассона;
- для неперервних величин
 - нормальний розподіл (або розподіл Гаусса).

1. Біноміальний розподіл (або розподіл Бернуллі)

Біноміальний розподіл (або розподіл Бернуллі) – це розподіл числа появ деякої події A у серії з n незалежних випробувань. Якщо в кожному з цих випробувань імовірність появи події A позначити p , то ймовірність $P(m)$ появи значення m ($0 \leq m \leq n$) можна визначити за формулою Бернуллі:

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

де $q = 1 - p$ – це ймовірність неяви значення m ,

$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ – біноміальний коефіцієнт, який показує, скількома способами

можна вибрати m елементів із n без урахування порядку.

У вигляді таблиці цей закон розподілу може бути заданий так:

X	0	...	m	...	n
P(X)	q^n	...	$C_n^m p^m q^{n-m}$	...	p^n

Математичне сподівання та дисперсія дискретної випадкової величини X , яка має біномний розподіл, обчислюються за формулами:

$$M(X) = np, \quad D(X) = npq.$$

2. Розподіл Пуассона (або закон рідкісних подій)

Розподіл Пуассона (або закон рідкісних подій) – це граничний випадок розподілу Бернуллі при $n \rightarrow \infty$, $p \rightarrow 0$ і при постійному добутку $np = a$.

$$P(m) = \frac{a^m}{m!} e^{-a}.$$

Для розподілу Пуассона $M(X) = D(X) = a$.

Більшість неперервних фізичних величин у природі мають розподіл, близький до нормального.

3. Нормальний розподіл (або розподіл Гаусса)

Нормальний розподіл (або розподіл Гаусса) – це закон розподілу неперервної випадкової величини. Він посідає особливе місце, оскільки випадкові величини, які формуються під дією багатьох факторів, з яких жоден не є визначальним, мають або нормальний розподіл, або розподіл, близький до нормального. Крім того, він є граничним законом, до якого наближаються інші закони розподілу при умовах, які дуже часто зустрічаються на практиці.

Функція щільності ймовірності неперервної випадкової величини, розподіленої за нормальним законом, задається формулою:

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

де a та σ – параметри розподілу. Для величини X з нормальним розподілом математичне сподівання $M(X) = a$, дисперсія $D(X) = \sigma^2$, середнє квадратичне відхилення $\sigma(X) = \sigma$.

Нормальний розподіл з параметрами $a = 0$ і $\sigma = 1$ називається *стандартним*; при цьому функція щільності ймовірності має вигляд:

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

8.3 Графічне представлення вибіркового розподілу

У практичних дослідженнях, зокрема в медицині, безпосереднє обстеження всієї генеральної сукупності об'єктів, як правило, є неможливим або недоцільним. Тому виникає задача *оцінювання параметрів генеральної сукупності* на основі обмеженої кількості спостережень. Для цього з генеральної сукупності шляхом експериментальних вимірювань або клінічних спостережень отримують деякий набір із n значень випадкової величини. Така сукупність називається **вибіркою** обсягу (об'єму) n , а окремі значення – вибірковими спостереженнями.

Розподіл значень випадкової величини у вибірці можна подати у вигляді таблиці, що містить усі можливі значення цієї величини x_i (зазвичай впорядковані за зростанням) та відповідні **частоти** f_i – числа спостережень кожного значення. Такий табличний спосіб подання вибіркового розподілу називають **варіаційним рядом**. Варіаційний ряд є основою для подальшого графічного подання даних, яке дозволяє наочно оцінити характер розподілу досліджуваної ознаки.

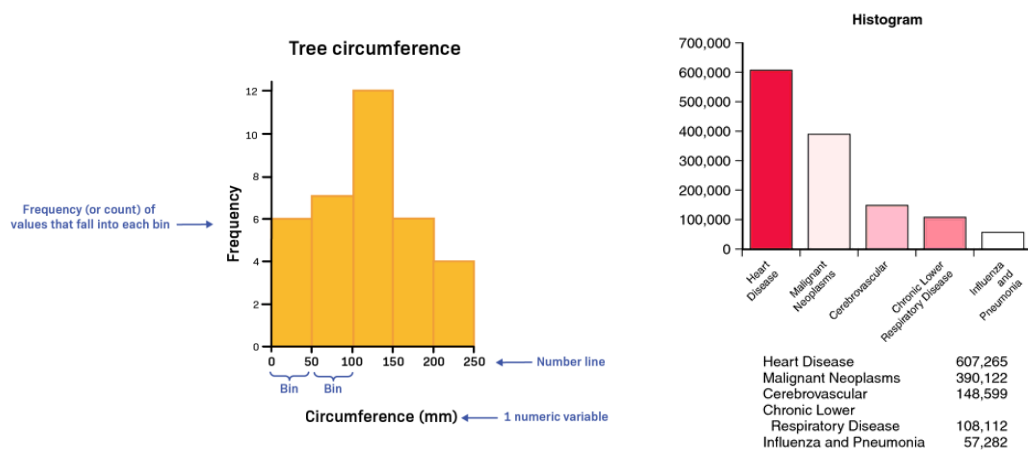
Графічні способи подання вибіркового розподілу

Статистичний розподіл, представлений варіаційним рядом, можна зобразити графічно, зокрема у вигляді: полігона частот; гістограми; кумуляти.

Полігон частот і гістограма є графічним відображенням *емпіричної (експериментальної) щільності ймовірності*, тобто наочною оцінкою закону розподілу випадкової величини за вибірковими даними.

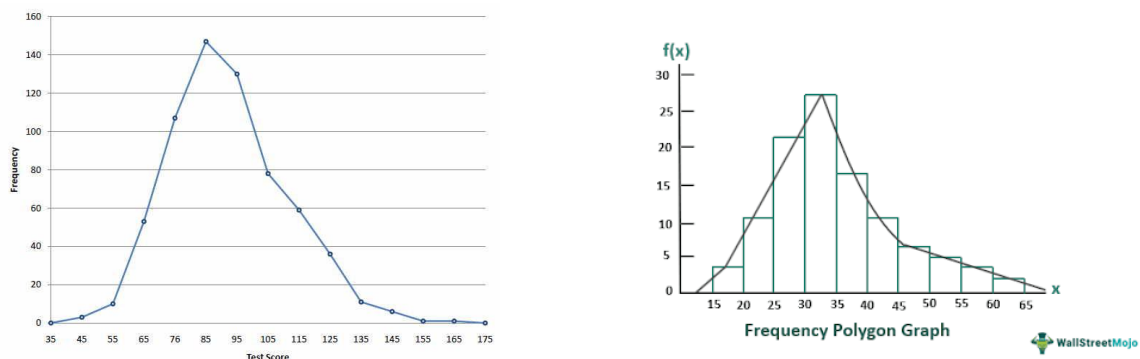
Гістограма вибіркового розподілу – це стовпчаста діаграма, в якій по осі абсцис відкладаються інтервали значень досліджуваної ознаки, а по осі ординат – частоти або відносні частоти потрапляння спостережень у відповідні інтервали.

Гістограма будується так, що площа кожного стовпця пропорційна ймовірності, а сума площ усіх стовпців дорівнює одиниці. Це забезпечує узгодженість гістограми з імовірнісним змістом розподілу. За формою гістограми можна зробити попередні висновки щодо виду розподілу (наприклад, нормальний, асиметричний).



Полігон частот – це ламана лінія, що з'єднує точки, які відповідають серединам інтервалів варіаційного ряду та їх частотам.

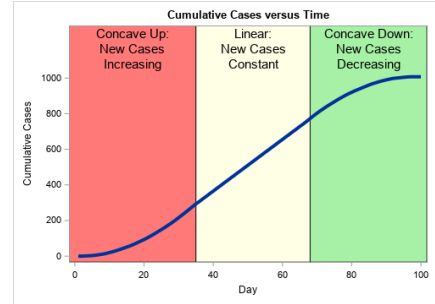
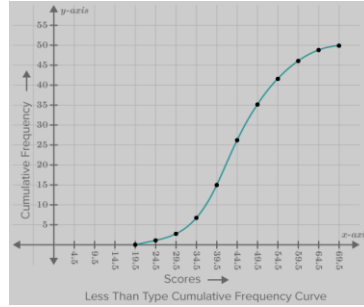
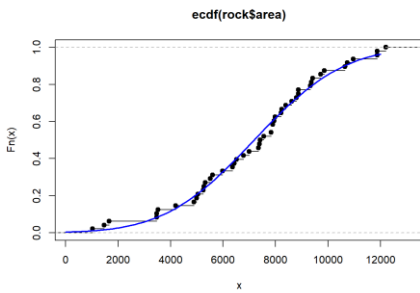
Полігон є зручним для порівняння кількох розподілів та наочного відображення структури вибірки. За своєю формою він близький до гістограми, але має компактніший вигляд.



Кумулята – це графік *емпіричної функції розподілу* випадкової величини. Вона показує накопичену відносну частоту (частку спостережень), значення яких не перевищують заданого значення досліджуваної ознаки (заданого рівня ознаки).

Інакше кажучи, для кожного значення x кумулята відображає, яка частина вибірки має значення менші або рівні x .

Кумулята є неспадною кривою, що змінюється від 0 до 1.



Кумулята широко використовується для визначення медіани, кuartилів і процентилів, а також для порівняння розподілів у різних групах пацієнтів.

У медико-статистичних дослідженнях кумулята дозволяє:

- оцінювати *процентильні характеристики* (медіану, кuartилі, перцентилі);
- порівнювати розподіли між різними групами пацієнтів;
- аналізувати ризики та порогові значення показників.

Оцінка виду розподілу за гістограмою

У ряді випадків уже на початковому етапі аналізу даних важливо з'ясувати, чи є підстави припускати, що випадкова величина X підпорядковується певному закону розподілу (наприклад, нормальному або логнормальному). Таке припущення є принципово важливим, оскільки *вибір подальших методів статистичного аналізу значною мірою залежить від виду розподілу*.

Одним із найпростіших і водночас наочних способів первинної оцінки є побудова гістограми. За її виглядом можна зробити попередні висновки щодо:

- симетричності або асиметричності розподілу;
- наявності одного або кількох максимумів (одномодальність, бімодальність, мультимодальність);
- наявності «хвостів» і аномально великих або малих значень (викидів).

Якщо гістограма має *дзвоноподібну форму*, є приблизно симетричною відносно середнього значення, а більшість спостережень зосереджена поблизу центру, це може свідчити про *наближеність розподілу до нормального*. Така ситуація часто спостерігається для багатьох біомедичних показників у відносно однорідних групах пацієнтів.

Разом із тим слід пам'ятати, що висновки, зроблені лише на основі гістограми, мають попередній характер. На форму гістограми істотно впливають обсяг вибірки, вибір кількості інтервалів та наявність поодиноких екстремальних значень. Тому в подальшому застосовують *формальні статистичні критерії* та аналізують числові характеристики – середнє значення, медіану, дисперсію та коефіцієнти асиметрії.

Числові характеристики вибіркового розподілу

Статистичні графіки дозволяють візуально оцінити характер розподілу досліджуваної ознаки та зробити попередні висновки щодо його виду. Зокрема, якщо розподіл випадкової величини близький до нормального, що часто має місце для багатьох біомедичних показників, основні числові характеристики такого розподілу – вибірка оцінка математичного сподівання $\hat{M}(X)$ і вибірка оцінка дисперсії $\hat{D}(X)$ – можуть бути знайдені за формулами:

$$\hat{M}(X) = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k f_i x_i, \quad \hat{D}(X) = \hat{S}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k ((x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i),$$

$\bar{x}$ – вибіркове середнє;

N – об'єм вибірки;

S – вибірка оцінка середнього квадратичного відхилення.

Інші характеристики описової статистики

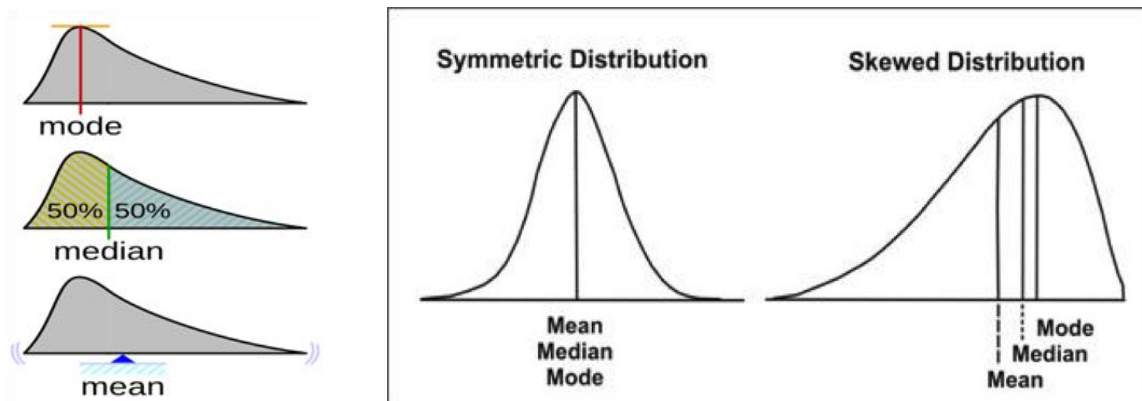
Крім оцінок математичного сподівання і дисперсії, для вибіркового розподілу (особливо якщо він не відповідає нормальному, є асиметричним) часто визначають такі статистичні характеристики, як медіана, кuartилі і мода.

Мода – це значення випадкової величини, яке найчастіше зустрічається у вибірці. Вона може визначатися як для кількісних, так і для якісних (номінальних) даних, наприклад, для найпоширенішої групи крові або найулюбленішого кольору.

Слід зазначити, що дані не завжди є одномодальними, тобто такими, що мають лише одну моду. Вибірка може бути бімодальною або мультимодальною, якщо кілька значень трапляються з однаковою найбільшою частотою. У медицині це може вказувати, наприклад, на наявність кількох підгруп пацієнтів із різними, але однаково поширеними показниками (наприклад, два піки частоти артеріального тиску у різних вікових групах).

Медіана – це значення, що ділить впорядкований ряд спостережень навпіл. Медіана вибірки добре підходить для аналізу даних, які містять аномально великі або малі значення (викиди), що можуть суттєво впливати на середнє арифметичне. Вона є стійкою до впливу таких викидів і часто точніше відображає «типове» значення показника, є більш стійкою характеристикою центральної тенденції розподілу.

Наприклад, при аналізі тривалості госпіталізації більшості пацієнтів (5–7 днів) наявність кількох хворих із дуже тривалим перебуванням у стаціонарі (30–60 днів) значно збільшує середнє арифметичне. У такій ситуації медіана точніше відображає «типову» тривалість лікування.



Поняття вибіркового середнього, медіани, моди та інших характеристик належать до *описової статистики* – розділу математичної статистики, що займається узагальненням та *первинним аналізом даних* і створює основу для застосування подальших складніших методів статистичного аналізу і висновку.

8.4 Перевірка статистичних гіпотез

Одним із завдань математичної статистики є перевірка статистичних гіпотез, які формуються під час вивчення деякої вибірки значень $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ випадкової величини X .

Статистична гіпотеза (позначимо її **H**) – це гіпотеза про передбачуваний вид досліджуваного розподілу ймовірностей або про значення параметрів цього розподілу. Наприклад, можуть перевірятися гіпотези про незалежність двох випадкових величин, про рівність параметрів розподілів тощо.

Алгоритм перевірки статистичної гіпотези

1. За вибіркою $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ обчислюється спеціальна функція величин $x_1, x_2, \dots, x_n$, яка називається **статистикою** (**T**): $T = T(x_1, x_2, \dots, x_n)$.
2. Формулюється *критерій статистичної гіпотези*, тобто правило, що дозволяє відкинути або прийняти гіпотезу H на підставі значень вибірки $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Критерій визначає *критичну область значень* статистики T .
3. Гіпотеза H відкидається, якщо значення статистики T належить критичній ділянці, і ухвалюється в протилежному випадку.

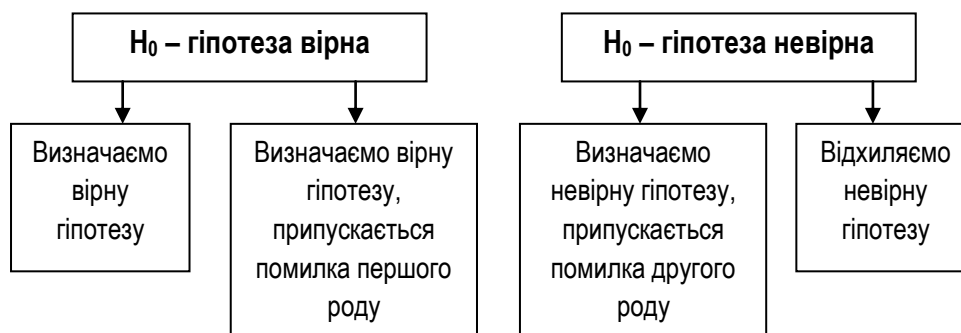
Описане правило прийняття або відкидання гіпотези не визначає однозначно правильність або помилковість гіпотези. Тут можливі чотири випадки.

1. Гіпотеза H вірна та ухвалюється згідно із критерієм. Імовірність того, що гіпотеза H вірно ухвалена, називається *довірчою ймовірністю* (α).
2. Гіпотеза H вірна, але відкидається згідно із критерієм. Цей випадок називається *помилкою першого роду*. Імовірність помилки першого роду (P) називається *рівнем значущості* критерію й дорівнює $P = 1 - \alpha$.

3. Гіпотеза H невірна, але ухвалюється згідно із критерієм. Цей випадок називається *помилкою другого роду*. Імовірність цієї помилки позначається β .

4. Гіпотеза H невірна й відкидається згідно із критерієм. Імовірність цього випадку дорівнює $1 - \beta$ й називається *статистичною потужністю*.

Перераховані випадки можна звести в таблицю.



Результат застосування критерію	Гіпотеза H	
	Дійсна	Неправильна
Гіпотеза ухвалена	Гіпотеза вірно ухвалена	Гіпотеза невірно ухвалена (<i>помилка другого роду</i>)
Гіпотеза відкинута	Гіпотеза невірно відкинута (<i>помилка першого роду</i>)	Гіпотеза вірно відкинута

Перевірка гіпотези про параметри нормального розподілу

У разі перевірки статистичних гіпотез із відомим видом розподілу випадкової величини діють у такий спосіб: у таблицях розподілу статистики T знаходять критичне значення T_0 , що залежить від заздалегідь заданого рівня значущості P (у медико-біологічних дослідженнях він звичайно береться рівним 0,01 або 0,05), і перевіряють нерівність $T \leq T_0$. Якщо нерівність виявляється вірною, то гіпотеза H ухвалюється. Якщо з'ясується, що $T \geq T_0$, то гіпотеза H відкидається.

Цим методом перевіряється гіпотеза про те, що незалежні результати спостережень $x_1, x_2, \dots, x_n$ підкоряються нормальному розподілу із середнім значенням $a = a_0$ за відомої дисперсії σ^2 . Для перевірки цієї гіпотези виконують наступні дії.

1. Знаходиться середнє вибіркове:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}.$$

2. Обчислюється статистика T за формулою:

$$T = \sqrt{n} \frac{\bar{x} - a_0}{\sigma}.$$

3. При заданому рівні значущості P за відповідними таблицями нормального розподілу знаходиться критичне значення T_0 .

4. Якщо виявиться, що $T > T_0$, то висунута гіпотеза про те, що вибірка взята з генеральної сукупності із середнім значенням a_0 , відкидається, у протилежному випадку гіпотеза ухвалюється.

Перевірка гіпотези про значущість відмінності двох середніх вибірових

Така гіпотеза перевіряється аналогічним методом. Порівнюються середні значення (вибірові середні) двох вибірок, що мають нормальний закон розподілу. Відповідний критерій називається **критерієм Стюдента**.

Нехай є дві вибірки $X_1\{x_{1i}\}$ й $X_2\{x_{2i}\}$ обсягами відповідно n_1 й n_2 . Для цих вибірок виконують наступні обчислення:

1. Обчислюються середні вибірові значення $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ і дисперсії S_1^2, S_2^2 .
2. Статистика Стюдента обчислюється за допомогою формули:

$$T = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}.$$

3. Розподіл Стюдента має додатковий параметр, який називають числом ступенів свободи. У випадку $n_1 = n_2 = n$ число ступенів свободи (ν) обчислюється за формулою:

$$\nu = n - 1 + \frac{2n - 2}{\frac{S_1^2}{S_2^2} + \frac{S_2^2}{S_1^2}}.$$

4. По таблицях критичних значень критерію Стюдента для заданого значення рівня значущості P (або довірчої ймовірності $\alpha = 1 - P$) і знайденого числа ступенів свободи ν шукається критичне значення (T_c).

5. Якщо $T > T_c$, гіпотеза про значущу відмінність вибірових середніх ухвалюється із заданим рівнем значущості, в протилежному випадку – відкидається.

8.5 Кореляційна залежність між випадковими величинами.

Коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена

Кореляційна залежність (кореляція) – це статистичний взаємозв'язок між двома або більше випадковими величинами, за якого зміни значень однієї або кількох із цих величин супроводжуються *систематичною зміною* значень іншої або інших величин. При цьому кореляція не обов'язково означає наявність прямого причинно-наслідкового зв'язку між змінними, а лише відображає ступінь їх узгодженої зміни.

Математичною мірою кореляційного зв'язку між двома випадковими величинами є **коефіцієнт кореляції R** , який кількісно характеризує *напрямок і тісноту зв'язку* між змінними. Значення коефіцієнта кореляції лежить у межах від -1 до +1:

- $R > 0$ свідчить про *пряму кореляцію* (зі зростанням однієї змінної зростає інша);
- $R < 0$ – про *обернену кореляцію* (зі зростанням однієї змінної інша зменшується);
- $R = 0$ – про *відсутність лінійного кореляційного зв'язку*.

Метод обчислення коефіцієнта кореляції залежить від *типу шкали вимірювання та характеру розподілу даних*. Зокрема, для змінних, виміряних у кількісній (інтервальній або відношень) шкалі та таких, що мають наближено нормальний розподіл, застосовують **коефіцієнт кореляції Пірсона**. Цей коефіцієнт оцінює лінійний зв'язок між двома кількісними ознаками.

Якщо ж принаймні одна зі змінних має порядкову шкалу, або якщо кількісні дані не відповідають нормальному розподілу, доцільно використовувати ранговий коефіцієнт кореляції Спірмена. Він ґрунтується на порівнянні рангів значень і є менш чутливим до викидів та асиметрії розподілу.

У медичних дослідженнях кореляційний аналіз широко застосовується, наприклад, для вивчення зв'язку між віком пацієнта та артеріальним тиском, між дозою лікарського препарату та терапевтичним ефектом, між лабораторними показниками та тяжкістю перебігу захворювання. Водночас результати кореляційного аналізу слід інтерпретувати з обережністю і пам'ятати, що *наявність кореляції не доводить причинного зв'язку*.

Лінійний коефіцієнт кореляції Пірсона $R(X,Y)$ двох випадкових величин X і Y обчислюється за формулою:

$$R(X,Y) = \frac{M[(x - M(X))(y - M(Y))]}{S(X)S(Y)} = \frac{M(XY) - M(X)M(Y)}{S(X)S(Y)}.$$

Чим ближче значення $|R|$ до одиниці, тим більше підстав уважати кореляційну залежність між випадковими величинами лінійною функцією. Знак коефіцієнта кореляції показує характер цієї функції: при $R > 0$ вона зростаюча (позитивна кореляція), при $R < 0$ – спадаюча (від'ємна кореляція).

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (r_s або R_S) застосовується для оцінювання тісноти та напряму монотонного статистичного зв'язку між двома величинами з довільним законом розподілу, а також для аналізу зв'язку між якісними показниками, виміряними в порядковій шкалі. Цей коефіцієнт є *непараметричним* і не вимагає виконання припущення про нормальність розподілу даних.

Обчислення коефіцієнта рангової кореляції Спірмена здійснюється в такій послідовності.

1. Значення x_i й y_i випадкових величин X і Y окремо *впорядковуються за зростанням*.

2. Кожному значенню надається **ранг** R_{X_i} і R_{Y_i} , тобто його порядковий номер у відсортованій послідовності. Якщо серед значень певної величини трапляються однакові (повторювані) значення, їм присвоюють середній ранг.

3. Для кожної пари відповідних значень (x_i, y_i) обчислюється *різниця рангів* (d_i):

$$d_i = R_{X_i} - R_{Y_i}$$

4. Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена обчислюється за формулою:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_{xi} - R_{yi})^2}{n^3 - n},$$

де n – обсяг вибірки.

Як і у випадку коефіцієнта кореляції Пірсона, значення коефіцієнта Спірмена змінюється в межах від -1 до +1:

- $R_S = +1$ означає *повну пряму відповідність рангів* (ідеальний монотонно зростаючий зв'язок);
- $R_S = -1$ – *повну обернену відповідність рангів* (ідеальний монотонно спадний зв'язок);
- $R_S = 0$ свідчить про *відсутність монотонного кореляційного зв'язку* між величинами.

Коефіцієнт Спірмена широко застосовується в медико-біологічних дослідженнях, зокрема для аналізу зв'язку між ранжованими клінічними показниками, ступенем тяжкості захворювання, шкалами оцінки симптомів або за наявності викидів, які ускладнюють використання параметричних методів.

8.6 Непараметричні методи перевірки статистичних гіпотез.

Критерій Вілкоксона й Манна – Уїтні

У багатьох медико-біологічних дослідженнях експериментальні дані *не відповідають нормальному розподілу*, мають невеликий обсяг вибірки або вимірюються в *порядковій шкалі*. У таких випадках застосування параметричних критеріїв (наприклад, t-критерію Стюдента) є некоректним. Альтернативою є *непараметричні методи перевірки статистичних гіпотез*, які ґрунтуються не на самих числових значеннях, а на їх рангах.

Критерій Вілкоксона (W), або критерій знакових рангів Вілкоксона – це непараметричний статистичний тест (критерій), що використовується для *перевірки відмінностей між двома пов'язаними (парними) вибірками*. Він застосовується тоді, коли одна й та сама сукупність об'єктів *вимірюється двічі* (наприклад, до і після лікування), а досліджувана ознака вимірюється в *неперервній або порядковій шкалі*.

Суть методу полягає в *аналізі напрямку та величини зсувів між парними спостереженнями*. При цьому враховується не лише знак різниці, а й її абсолютна величина.

Для застосування критерію Вілкоксона виконують такі кроки:

1. Для кожної пари спостережень обчислити різниці $y_i - x_i$ між індивідуальними значеннями в другому й першому вимірах; знайти їх абсолютні величини $|y_i - x_i|$ й знаки $\text{sgn}(y_i - x_i)$. Нульові різниці (без зсуву) з аналізу виключаються.

2. Абсолютні величини різниць упорядкувати за зростанням і присвоїти їм **ранги** R_i . При однакових значеннях різниць використовують середні ранги.

3. Обчислити суму рангів для позитивних і негативних зсувів та визначити статистику:

$$W = \sum_{i=1}^N [\text{sgn}(y_i - x_i) R_i].$$

4. Визначити за спеціальними таблицями критичні значення $W_c(N)$ для даного обсягу вибірки та рівня значущості. Якщо $|W| > W_c$ – зсув в одну сторону вірогідно переважає, тобто результати двох вимірів є різними, і можна зробити висновок про *статистично значущу відмінність* між двома вимірами.

Існує інший варіант цього критерію (**Т-критерій Вілкоксона**). Статистикою є менша із сум рангів, обчислених окремо для різних знаків зсувів. У цьому варіанті гіпотеза про відмінність ухвалюється при $T < T_c$.

Критерій Вілкоксона широко застосовується, наприклад, для оцінювання ефективності лікування, впливу реабілітаційних заходів або зміни лабораторних показників у динаміці.

Критерій Манна – Уїтні (U) є аналогом критерію Вілкоксона і використовується для порівняння двох незалежних вибірок. Він дозволяє перевірити гіпотезу про те, що рівень досліджуваної ознаки в обох групах є однаковим.

Критерій застосовують у випадках, коли

- вибірки незалежні (наприклад, контрольна та експериментальна групи пацієнтів);
- дані не мають нормального розподілу або вимірюються в порядковій шкалі.

Для застосування критерію необхідно:

1. Скласти єдиний ранжований ряд з обох вибірок, що зіставляються (обсягами n_1 та n_2), розставивши їх елементи за зростанням та приписавши меншому значенню менший ранг.

2. Розділити ранжований ряд на два ряди, що складаються відповідно до значень першої й другої вибірок. Підрахувати окремо суму рангів, що припадають на частку елементів першої вибірки, і окремо – на частку елементів другої вибірки. Визначити більшу з двох рангових сум (R_x), що відповідає вибірці з n_x елементами.

3. Визначити значення U -критерію Манна – Уїтні за формулою:

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_x(n_x + 1)}{2} - R_x.$$

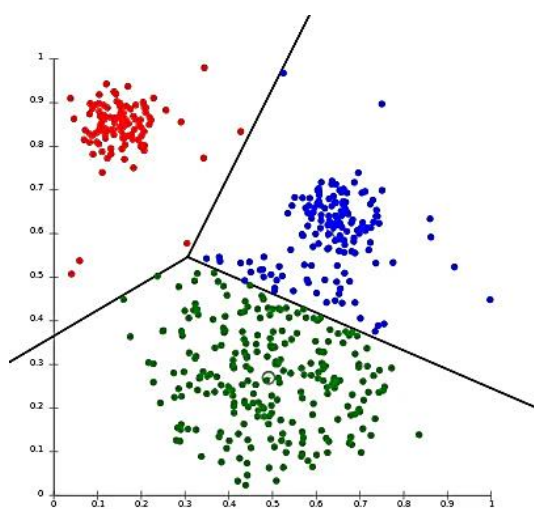
4. У таблиці для вибраного рівня значущості P визначити критичне значення критерію для даних n_1 і n_2 . Якщо отримане значення U менше за табличне або дорівнює йому, то визнається наявність істотної відмінності між рівнем ознаки в розглянутих вибірках, і роблять висновок про *статистично значущу відмінність* між двома незалежними вибірками.

Критерій Манна – Уїтні часто використовується в клінічних дослідженнях для порівняння ефективності різних методів лікування, показників у двох групах пацієнтів або результатів різних діагностичних підходів.

9. КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ У МЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

9.1 Основні поняття і етапи застосування кластерного аналізу

Кластерний аналіз (*cluster analysis*) – багатовимірна статистична процедура, що виконує збір даних, які містять інформацію про вибірку об'єктів, й потім упорядковує об'єкти в порівняно однорідні групи. Інакше кажучи, кластерний аналіз – це сукупність методів і алгоритмів *класифікації об'єктів*.



Загальне питання, що задається дослідниками в багатьох галузях, полягає в тому, як *організувати* спостережувані дані в наочні структури – **таксономії**. Математично *таксономією* є деревоподібна структура класифікацій певного набору об'єктів. Угорі цієї структури – об'єднуюча єдина класифікація – кореневий **таксон**, який відноситься до всіх об'єктів даної таксономії. Таксони, що розташовані нижче кореневого, є більш специ-

фічними класифікаціями, які належать до підмножин загального набору класифікованих об'єктів.

Даний вид аналізу можна використовувати в біології (для класифікації організмів), психології, медицині й у багатьох інших сферах діяльності людини. Наприклад, в галузі медицини кластеризація захворювань, методів лікування захворювань або симптомів захворювань приводить до широко використовуваних таксономій. У галузі психіатрії правильна діагностика кластерів симптомів, таких як параноя, шизофренія тощо, є вирішальною для успішної терапії.

Етапи застосування кластерного аналізу:

1. Відбір вибірки для кластеризації. Мається на увазі, що доцільно кластеризувати тільки кількісні дані.
2. Визначення множини ознак, тобто змінних, за якими будуть оцінюватися об'єкти у вибірці.
3. Обчислення значень тієї або іншої міри подібності (або відмінності) між об'єктами.
4. Застосування методу кластерного аналізу для створення груп подібних об'єктів.
5. Перевірка вірогідності результатів кластерного розв'язку.

Мета кластеризації:

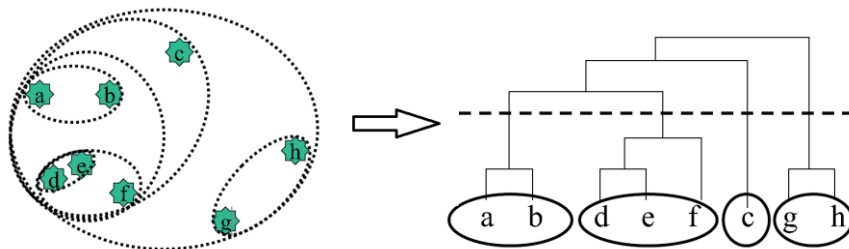
1. Розуміння даних шляхом виявлення кластерної структури. Розбивка вибірки на групи схожих об'єктів дозволяє спростити подальшу обробку даних і прийняття рішень, застосовуючи до кожного кластера свій метод аналізу.

2. Стискання даних. Якщо вихідна вибірка надмірно велика, то можна скоротити її, залишивши по одному найбільш типовому представникові від кожного кластера.

3. Виявлення новизни. Виділяються нетипові об'єкти, які не вдається приєднати до жодного з кластерів.

9.2 Визначення міри подібності між об'єктами

Кластерний аналіз заснований на об'єднанні об'єктів у досить великі кластери шляхом визначення деякої **міри подібності (відстані)** між об'єктами. Результатом такої кластеризації є *ієрархічне дерево*.



Об'єднання, або метод деревоподібної кластеризації, використовується при формуванні кластерів з урахуванням відстаней між об'єктами. Ці відстані можуть визначатися в одновимірному або багатовимірному просторі. Завданням дослідників є вибір правильного методу обчислення відстані.

Існує кілька різних **методів обчислення відстані**: евклідова відстань, квадрат евклідової відстані, манхеттенська відстань, степенева відстань, відстань Хеммінга. У задачах кластерного аналізу в біології й медицині найбільш часто використовуються евклідова відстань і відстань Хеммінга.

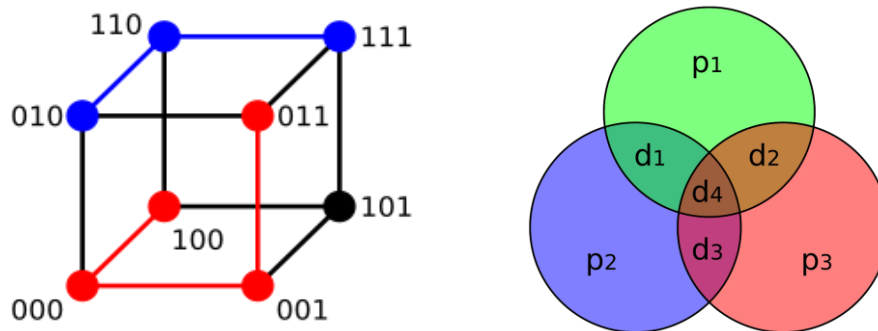
Найбільш прямий спосіб обчислення відстаней між об'єктами в багатовимірному просторі полягає в обчисленні евклідових відстаней.

Евклідова відстань $p_E(X, Y)$ між об'єктом X з ознаками $x_1, x_2, \dots, x_n$ й об'єктом Y з ознаками $y_1, y_2, \dots, y_n$ визначається за формулою:

$$p_E(X, Y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2}.$$

Евклідова відстань є аналогом геометричної відстані між об'єктами у випадку двовимірного або тривимірного простору. Однак алгоритм кластеризації не «турбується» про те, чи є надані для аналізу «відстані» справжніми геометричними відстанями або деякими іншими мірами відстані.

Відстань Хеммінга $d(X, Y)$ – це міра відмінності між двома *послідовностями однакової довжини*, яка дорівнює числу позицій, у яких відповідні символи не збігаються.



Наприклад, зрівняємо дві послідовності символів: 1011101 і 1001001. Як бачимо, ці послідовності мають 2 позиції (третю і п'яту), в яких символи не збігаються. Це значить, що відстань Хеммінга

$$d(10\underline{1}1\underline{1}01, 10\underline{0}1\underline{0}01) = 2.$$

Аналогічним образом можна обчислити відстані Хеммінга для десяткових чисел, слів і інших послідовностей символів. Наприклад:

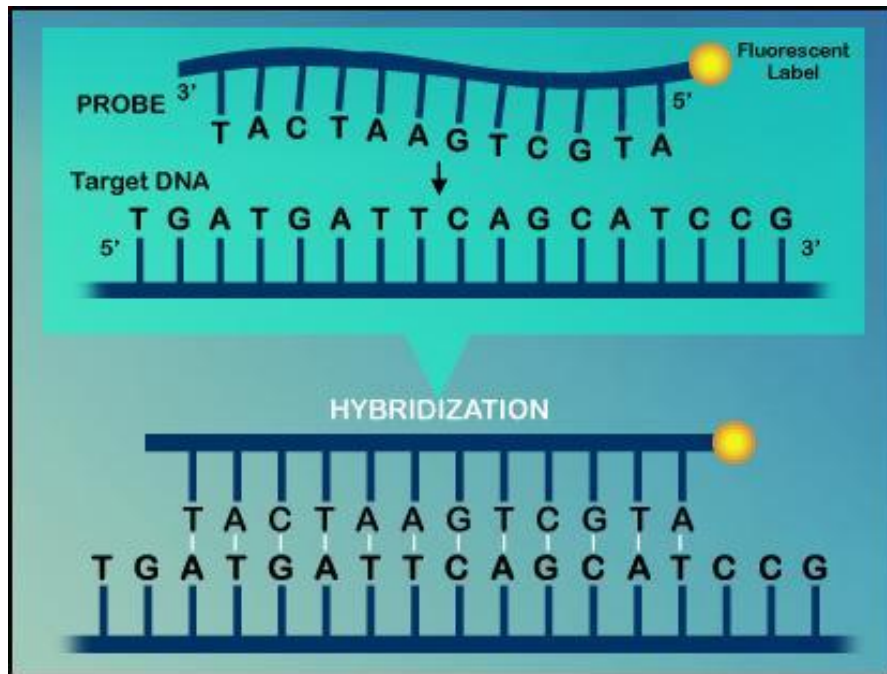
$$d(\underline{7}3\underline{6}2\underline{9}604, \underline{5}3\underline{5}2\underline{2}204) = 4;$$

$$d(\underline{М}arina, \underline{Г}alina) = 2.$$

Відстань Хеммінга дозволяє вирішувати наступні важливі завдання:

- *виявляти та виправляти помилки.* У теорії кодування вона допомагає визначити, скільки бітів інформації було спотворено під час передачі. Наприклад, код Хеммінга дозволяє автоматично виправляти поодинокі помилки;
- *оцінювати схожість даних.* У машинному навчанні та аналізі даних її використовують для класифікації та кластеризації об'єктів, представлених у вигляді бінарних векторів;
- *аналізувати генетичні послідовності.* У біоінформатиці вона допомагає порівнювати ланцюжки ДНК однакової довжини, щоб виявляти мутації та оцінювати генетичну відстань між організмами;
- *порівнювати зображення.* Алгоритми перцептивного хешування (наприклад, dHash) використовують відстань Хеммінга, щоб швидко знайти дублікати або схожі картини за їх «цифровими відбитками».
- *забезпечувати цілісність у криптографії.* Вона застосовується для аналізу стійкості протоколів шифрування до несанкціонованого доступу та оцінки лавинного ефекту.

Для нуклеїнових кислот (ДНК і РНК) *можливість гібридизації* двох полінуклеотидних ланцюгів з утворенням вторинної структури – подвійної спіралі – залежить від ступеня комплементарності нуклеотидних послідовностей обох ланцюгів. При збільшенні відстані Хеммінга кількість водневих зв'язків, утворених комплементарними парами основ, зменшується і, відповідно, зменшується стабільність подвійного ланцюга. Починаючи з деякого граничного значення відстані Хеммінга, гібридизація стає неможливою.



У разі еволюційного розходження гомологічних ДНК-послідовностей відстань Хеммінга є мірою, за якою можна судити про час, що пройшов із моменту розходження гомологів, наприклад, про тривалість еволюційного відрізка, що розділяє гени-гомологи й ген-попередник.

9.3. Методи об'єднання кластерів

На першому етапі кластерного аналізу кожний об'єкт (наприклад, пацієнт, зразок крові або клітина) розглядається як **окремий кластер**. Відстані між такими об'єктами обчислюються за обраною мірою подібності (евклідова відстань, кореляція, відстань Хеммінга, відстань Махаланобіса тощо).

Коли ж кілька об'єктів об'єднуються в один кластер, виникає важливе питання: як визначити відстань між уже сформованими кластерами?

Для цього використовують **правила об'єднання (зв'язку) кластерів**. Вибір методу впливає на результат аналізу й інтерпретацію даних, що особливо важливо в медичних дослідженнях.

1. Метод найближчого сусіда (одиначного зв'язку)

У цьому методі відстань між двома кластерами визначається як *мінімальна відстань між будь-якою парою об'єктів*, що належать різним кластерам, тобто ступінь подібності оцінюється за відстанню між найближчими об'єктами кластерів.

Два кластери вважаються схожими, якщо хоча б два їх представники дуже близькі між собою.

Наприклад, при групуванні пацієнтів за біохімічними показниками два кластери можуть об'єднатися, якщо в кожному з них є пацієнти з майже однаковим рівнем глюкози та холестерину, навіть якщо інші пацієнти в цих групах суттєво відрізняються.

Перевага методу: добре виявляє витягнуті, «ланцюжкові» структури (наприклад, поступові зміни показників).

Недолік: чутливий до викидів і може об'єднувати кластери через одиничні схожі об'єкти, що не завжди клінічно виправдано.

2. Метод найбільш віддалених сусідів (повного зв'язку)

Відстань між кластерами визначається як *максимальна відстань між об'єктами* з різних кластерів, тобто ступінь подібності визначається найбільшою відстанню між об'єктами в різних кластерах.

Кластери об'єднуються лише тоді, коли всі об'єкти одного кластера достатньо близькі до всіх об'єктів іншого.

Наприклад, при кластеризації пухлин за молекулярними маркерами два кластери об'єднуються лише тоді, коли навіть найменш подібні пухлини з цих груп мають схожі характеристики.

Перевага методу: формує компактні, чітко відокремлені кластери.

Недолік: метод може бути надто «суворим» і не об'єднувати біологічно споріднені групи через окремі крайні значення.

3. Центроїдний метод

У цьому методі кожний кластер представляється своїм **центроїдом** (середнім значенням усіх ознак у кластері). Відстань між кластерами обчислюється як відстань між їх центроїдами.

Порівнюються не окремі пацієнти, а «середній пацієнт» кожного кластера.

Наприклад, при аналізі груп пацієнтів за результатами загального аналізу крові центроїд відображає середні показники (гемоглобін, лейкоцити, тромбоцити) для всієї групи.

Зважений центроїдний метод (медіана) є різновидом центроїдного методу. Метод ураховує розміри кластерів, що особливо важливо, коли один кластер містить багато пацієнтів, а інший – лише кілька.

Перевага методу: дає зрозумілу інтерпретацію з клінічної точки зору.

Недолік: чутливий до викидів і може змінювати структуру кластерів під час об'єднання.

4. Метод середнього зв'язку (незважене попарне середнє) – відстань визначається як середнє арифметичне всіх попарних відстаней між представниками розглянутих груп. Для кластерів, що суттєво різняться за розмірами, застосовується метод зваженого попарного середнього, який ураховує розміри кластерів.

Відстань між двома кластерами визначається як *середнє арифметичне всіх попарних відстаней* між об'єктами цих кластерів. Оцінюється загальна середня подібність між усіма об'єктами двох груп.

Наприклад, при групуванні генетичних профілів або мікробіому метод дозволяє врахувати *всю сукупність відмінностей*, а не лише крайні або середні значення.

Зважений метод середнього зв'язку застосовується, коли кластери істотно різняться за розмірами, наприклад, при порівнянні великої групи здорових осіб із малою групою пацієнтів із рідкісним захворюванням.

Перевага методу: компроміс між одиночним і повним зв'язком.

Недолік: обчислювально складніший при великих наборах даних.

10. ФОРМАЛЬНА ЛОГІКА У ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ДІАГНОСТИКИ І ПРОФІЛАКТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ

10.1 Поняття знань в системах штучного інтелекту

Сучасні інформаційні технології (ІТ) дедалі тісніше поєднують медицину з точними науками. Використання ІТ дозволяє не лише уточнювати, а й автоматизувати процеси медичної діагностики, прогнозування перебігу захворювань та вибору методів лікування. Завдяки комп'ютерній обробці великих обсягів інформації з'являється можливість виявляти закономірності перебігу хвороб шляхом одночасного аналізу багатьох клінічних, лабораторних та інструментальних показників.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), сучасній медицині відомо приблизно *85 000 медичних сутностей* (захворювань, симптомів, синдромів, патологічних станів тощо). При цьому постійно зростає кількість джерел медичних і біологічних даних, а також їх різноманітність (електронні медичні записи, результати лабораторних досліджень, зображення КТ і МРТ, геномні дані тощо).

У зв'язку з цим надзвичайно актуальним є створення систем, які допомагають лікарю або досліднику швидко знаходити потрібну інформацію, обробляти та аналізувати великі обсяги даних, формулювати обґрунтовані висновки й рекомендації.

На сьогодні такими інструментами стали **системи штучного інтелекту (СШІ)**. Обробка медичних даних у ряді випадків може здійснюватися саме на основі систем штучного інтелекту. Проте важливо підкреслити, що це можливо *не завжди*, і причини цього потребують окремого пояснення.

Поняття штучного інтелекту

Під штучним інтелектом (ШІ) розуміють здатність автоматичних або автоматизованих систем виконувати окремі функції інтелектуальної діяльності людини, зокрема:

- аналізувати інформацію;
- навчатися на основі накопиченого досвіду;
- приймати рішення в умовах невизначеності;
- пропонувати оптимальні або близькі до оптимальних варіанти розв'язання задач.

Наприклад, у медицині ШІ може використовуватися для:

- автоматичного аналізу рентгенівських знімків легень з метою виявлення пневмонії;
- прогнозування ризику серцево-судинних ускладнень;
- підтримки лікаря при виборі схеми лікування на основі клінічних протоколів і попередніх випадків.

Водночас не завжди можливо однозначно визначити, що є кращим: застосування системи штучного інтелекту чи залучення людини-експерта (або групи експертів). Це залежить від низки факторів, а саме:

- характеру задачі;
- вимог до швидкості прийняття рішення;
- допустимого рівня похибки (необхідної точності розв'язання задачі);
- вартості експертної роботи;
- витрат на створення, впровадження й підтримку інтелектуальної системи.

Слід також пам'ятати, що точність розв'язання медичної задачі визначається як природою самої задачі, так і рівнем кваліфікації фахівця. Тому системи штучного інтелекту варто розглядати не як заміну лікаря, а як *інструмент підтримки прийняття рішень*, який доцільно застосовувати лише в певних умовах.

Обмеження використання ІІІ

Штучний інтелект є потужною технологією, яка, як і будь-який інструмент, має як позитивні, так і потенційно негативні сторони. Його застосування потребує *усвідомленого й відповідального підходу*.

Відповімо на питання:

– чи доцільно використовувати ІІІ школярам для повного виконання домашніх завдань, якщо метою навчання є розвиток мислення і духовних якостей у людини?

– чи можна вважати мистецьким твором картину або музичний твір, повністю згенерований штучним інтелектом, якщо справжнє мистецтво – це духовна сфера, і його задачею є пізнання Вищих принципів Природи та розвиток культури людства?

Наведені приклади демонструють, що *не в усіх сферах діяльності людини можна ставити знак рівності між інтелектом людини та можливостями комп'ютерних систем*. Комп'ютери «мислять» у межах алгоритмів і моделей, створених людиною, тоді як мислення людини є значно ширшим і включає творчі, етичні та духовні аспекти.

Необхідно пам'ятати, що комп'ютерні системи створюються *творчими зусиллями людського розуму* і функціонують у межах знань, алгоритмів і моделей, закладених у них людиною. Вони не здатні виходити за ці межі самостійно або створювати принципово нові смисли поза людським досвідом.

Таким чином, людина залишається вищою за власні технології, оскільки, крім інтелектуальних здібностей, володіє емоційною, етичною та духовною складовими, які відіграють ключову роль у медицині, зокрема у взаємодії лікаря з пацієнтом, прийнятті складних клінічних рішень та відповідальності за їх наслідки.

У цьому контексті завдання науки полягає не лише у створенні дедалі досконаліших технічних засобів, а й у вивченні та розвитку *потенційних можливостей самої людини*. Технології, зокрема системи штучного інтелекту, мають розглядатися як інструменти підтримки людської діяльності, а не як її заміна. Саме такий підхід відповідає гуманістичним принципам медицини та сучасному розумінню напрямів науково-технічного прогресу.

Сфери застосування систем штучного інтелекту

На практиці системи штучного інтелекту ефективно використовуються в таких напрямках:

- *експертні системи* (підтримка клінічних рішень);
- *системи розпізнавання образів* (аналіз медичних зображень);
- *робототехніка* (хірургічні роботи, реабілітаційні пристрої);
- *системи спілкування природною мовою* (медичні чат-боти, голосові асистенти) тощо.

Характеристика задач для СШІ

На сьогодні сфера практичного застосування систем штучного інтелекту охоплює задачі, які важко або неможливо формалізувати традиційними математичними методами. Для таких задач характерні такі ознаки:

- задача не може бути описана виключно в числовій формі (потрібне символічне подання знань);
- алгоритмічний розв'язок задачі або невідомий (хоча, можливо, і існує), або є занадто складним для практичного використання через обмежені обчислювальні ресурси (пам'ять комп'ютера, швидкодію);
- мета поставленої задачі не може бути виражена в термінах точно визначеної цільової функції;
- відсутня точна математична модель процесу.

Саме ці особливості притаманні більшості задач медичної діагностики, лікування та профілактики захворювань.

Поняття знань у системах штучного інтелекту

Ключовим поняттям у системах штучного інтелекту є знання.

У СШІ ми не маємо справи з реальними знаннями людини в повному сенсі цього слова. Йдеться лише про *формалізовану модель знань*, яка відображає *обмежений фрагмент людського досвіду* в певній предметній області.

У цьому контексті знання визначаються таким чином.

Знання – це сукупність тверджень про світ, властивості об'єктів, закономірності процесів і явищ, а також правил логічного виведення одних тверджень з інших і правил їх використання для прийняття рішень у межах заданої предметної області.

Наприклад, у медичній експертній системі знання можуть включати:

- твердження типу «підвищення температури та кашель можуть бути симптомами пневмонії»;
- правила виду «якщо є симптоми А і В та результат аналізу С, то ймовірний діагноз D».

Відмінність знань від даних

Головна відмінність знань від даних полягає в *структурованості* та *активності знань*. Дані – це окремі факти (наприклад, показники аналізів), тоді як знання – це дані, об'єднані в логічну систему з правилами використання.

Поява в базі знань нових фактів або встановлення нових зв'язків між ними може автоматично впливати на процес прийняття рішень, змінюючи або уточнюючи висновки системи.

Таким чином, знання є фундаментом функціонування систем штучного інтелекту в медицині та основою для створення ефективних систем підтримки клінічних рішень.



Що таке дані?



Класифікація знань у системах штучного інтелекту

Знання, що використовуються в системах штучного інтелекту, можуть бути класифіковані за кількома ознаками залежно від їх змісту, способу подання та ролі в процесі прийняття рішень.

1. Фактичні та стратегічні знання

Фактичні знання – це знання про основні закономірності предметної області, які дозволяють розв'язувати конкретні виробничі, наукові або практичні задачі. До них належать:

- факти;
- поняття та терміни;
- взаємозв'язки між об'єктами;
- оцінки;
- правила та евристики.

Фактичні знання відповідають на запитання «*що це?*», «*які властивості має об'єкт?*», «*які між об'єктами існують зв'язки?*».

Наприклад, такі висловлювання: «Артеріальна гіпертензія характеризується стійким підвищенням артеріального тиску понад 140/90 мм рт. ст.»; «Лейкоцитоз може бути ознакою запального процесу».

Стратегічні знання – це знання про *стратегії та тактики прийняття рішень* у певній предметній області. Вони визначають:

- послідовність дій;
- вибір пріоритетів;
- способи використання фактичних знань для досягнення поставленої мети.

Стратегічні знання відповідають на запитання «*як діяти?*» і «*у якій послідовності?*».

Наприклад, «При гострому болю в грудній клітці першочергово необхідно виключити інфаркт міокарда, а вже потім розглядати інші причини».

У системах підтримки клінічних рішень стратегічні знання визначають логіку діагностичного пошуку.

2. Факти та евристики

Факти – це відомості про *добре відомі* обставини в певній предметній області, які є загальноприйнятими та підтвердженими науковими дослідженнями. Такі знання часто називають *текстовими*, оскільки вони детально описані в підручниках, клінічних настановах, протоколах і науковій літературі.

Факти, як правило, є формалізованими та відносно стабільними.

Наприклад:

- «Цукровий діабет 1-го типу характеризується абсолютною інсуліновою недостатністю»;
- «Підвищення рівня С-реактивного білка є маркером запалення».

Евристики – це знання, засновані на *індивідуальному практичному досвіді фахівця (експерта)*, накопиченому в процесі багаторічної професійної діяльності. Вони часто мають форму емпіричних правил типу «*якщо – то*», які не завжди строго доведені, але добре працюють на практиці.

Евристичні знання можуть бути неповними або неточними, залежать від контексту, але часто відіграють вирішальну роль в умовах невизначеності.

Наприклад, «Якщо пацієнт похилого віку з пневмонією виглядає значно гірше, ніж це можна пояснити лабораторними показниками, слід запідозрити сепсис».

Саме евристики є найскладнішими для формалізації, але водночас найбільш цінними при побудові інтелектуальних систем у медицині.

3. Декларативні та процедурні знання

Декларативні знання – це знання типу «*A – це B*», які описують об'єкти, їх властивості та взаємозв'язки між ними. Вони відповідають на запитання «*що відомо?*» і зазвичай зберігаються у вигляді фактів у базах даних або базах знань.

Декларативні знання характеризують *те, над чим необхідно виконувати дії*.

Наприклад:

- «Скарлатина – це інфекційне захворювання»;
- «Підвищення температури тіла понад 38 °C є лихоманкою»;
- «Анемія – це зниження концентрації гемоглобіну в крові».

Процедурні знання – це відомості про *способи використання та перетворення декларативних знань*, тобто правила і алгоритми виконання дій над декларативними знаннями для отримання результату. Вони відповідають на запитання «*як це зробити?*».

Процедурні знання описують:

- послідовність діагностичних або лікувальних кроків;
- алгоритми прийняття рішень;
- методи аналізу та інтерпретації даних.

Наприклад:

- «Якщо температура тіла перевищує 38,5 °C, необхідно призначити жарознижувальні засоби та оцінити можливу причину лихоманки»;
- «Для підтвердження анемії спочатку проводиться загальний аналіз крові, після чого – визначення феритину».

У практиці створення систем штучного інтелекту для медицини зазвичай використовується **комбінація різних типів знань**. Факти й декларативні знання забезпечують основу, тоді як евристики, процедурні та стратегічні знання формують «інтелектуальну поведінку» системи та наближають її роботу до клінічного мислення лікаря.

10.2 Властивості знань

Знання в системах штучного інтелекту характеризуються низкою властивостей, які *принципово відрізняють їх від традиційних моделей даних*, що використовуються у звичайних інформаційних системах. Саме ці властивості дозволяють інтелектуальним системам не лише зберігати інформацію, а й *інтерпретувати її, встановлювати зв'язки та використовувати для прийняття рішень*.

Розглянемо основні властивості знань – структурованість, внутрішня інтерпретованість, зв'язність, семантична метрика, активність.

1. Структурованість

Знання складаються з окремих *інформаційних одиниць* (понять, фактів, правил), між якими можуть бути встановлені різноманітні класифікаційні та ієрархічні відношення:

- рід – вид;
- клас – елемент;
- тип – підтип;
- частина – ціле тощо.

Інформаційні одиниці можуть за потреби *декомпозуватися* на дрібніші елементи або, навпаки, *об'єднуватися* у складніші структури за принципом «матрьошки».

Наприклад: «захворювання → інфекційні захворювання → бактеріальні інфекції → стрептококові інфекції → скарлатина».

Така структура дозволяє системі робити узагальнення або деталізацію знань залежно від клінічного завдання.

2. Внутрішня інтерпретованість

Кожна інформаційна одиниця в системі штучного інтелекту супроводжується *системою імен, міток і описів*, які визначають її зміст і роль. Завдяки цьому система «розуміє», що саме зберігається в її пам'яті, а не лише оперує абстрактними даними. Наявність внутрішньої інтерпретованості дає змогу відповідати на запити щодо змісту бази знань, пояснювати отримані результати, використовувати знання в різних контекстах.

Наприклад, система не просто зберігає значення «38,7», а інтерпретує його як «температура тіла, що відповідає лихоманці», і може використати це знання у діагностичних правилах.

3. Зв'язність

Між інформаційними одиницями в базі знань можуть встановлюватися різноманітні *семантичні зв'язки*, які відображають реальні зв'язки між явищами, процесами та фактами предметної області.

У процесі формування системи зв'язків виникають нові смислові структури, з'являються похідні інформаційні одиниці, система може робити логічні висновки, які явно не зберігалися в пам'яті.

Наприклад, зв'язки між поняттями «кашель», «підвищена температура», «інфільтрація легеневої тканини» можуть привести систему до формування припущення про можливу пневмонію.

4. Семантична метрика

У множині інформаційних одиниць, що зберігаються в пам'яті системи, вводяться спеціальні **шкали** (або **відношення**), які дозволяють оцінювати *семантичну близькість* між ними, тобто *силу асоціативного зв'язку*.

Семантична метрика дає змогу:

- знаходити знання, близькі за змістом до вже відомих;
- здійснювати пошук за аналогією;
- підтримувати неповні або неточні запити.

Наприклад, при запиті про «гострі респіраторні інфекції» система може автоматично запропонувати знання про грип, COVID-19, аденовірусну інфекцію, оскільки вони є семантично близькими.

5. Активність

Активність є однією з найважливіших властивостей знань і підкреслює принципову відмінність знань від пасивних даних. У системах штучного інтелекту виконання дій *ініціюється поточним станом бази знань*. Поява нових фактів або встановлення нових зв'язків може автоматично активізувати певні правила, запустити процедури аналізу, змінити стратегію прийняття рішень. Інакше кажучи, *декларативні знання можуть виступати активаторами процедурних знань*.

Наприклад, поява в електронній картці пацієнта нового факту «підвищений рівень тропоніну» може автоматично активувати алгоритм оцінки ризику інфаркту міокарда та рекомендацію термінової госпіталізації.

Активність бази знань дозволяє системі формувати мотиви для дій, ставити проміжні цілі, будувати послідовність процедур для їх досягнення.

Таким чином, структурованість, внутрішня інтерпретованість, зв'язність, семантична метрика та активність забезпечують перехід від простого зберігання даних до інтелектуальної обробки знань. Саме ці властивості роблять можливим використання систем штучного інтелекту для складних задач медичної діагностики, лікування та підтримки клінічних рішень.

10.3 Логічна модель представлення знань. Алгебра логіки

Центральним питанням побудови систем, заснованих на знаннях, є вибір форми представлення знань. Найбільш поширеними є наступні **моделі представлення знань**:

- логічні;
- продукційні;
- мережні;
- фреймові.

Найпоширенішою формою представлення знань визнається **логічна модель**.

Основним апаратом (системою правил) при роботі з логічними моделями є **апарат алгебри логіки**. Завдання алгебри логіки – *оптимізація логічних виразів*, тобто приведення виразів до вигляду, що містить найменше число аргументів і операцій над ними.

Висловлюванням називається речення, зміст якого можна оцінити як істинне або хибне. Висловлювання позначаються логічними змінними $A, B, C, \dots, Z$. Логічні змінні можуть отримувати тільки два значення – «**істина**» і «**хибність**», які називаються **значеннями істинності**. В алгебрі логіки вони відповідають числовим значенням **1** і **0**.

Складні висловлювання утворюються із простих висловлювань за допомогою *логічних зв'язок* (або *логічних операцій*).

Основні логічні операції:

1. **Заперечення** (інверсія, логічне **НЕ**). Позначається $\bar{X}$ або $\neg X$. Змінює значення істинності висловлювання на протилежне.

2. **Диз'юнкція** (логічне додавання, логічне **АБО**). Позначається $X \vee Y$ або $X + Y$. Істинна, коли істинна хоча б одна зі змінних X або Y .

3. **Кон'юнкція** (логічне множення, логічне **І**). Позначається $X \wedge Y$ або $X \& Y$. Істинна, коли істинні обидві змінні X і Y . Операції диз'юнкції та кон'юнкції визначені аналогічним чином і для більшого числа змінних.

4. **Логічне АБО-НЕ** (функція Пірса). Позначається $X \downarrow Y = \overline{X \vee Y}$. Істинна, коли обидві змінні хибні.

5. **Логічне І-НЕ** (функція Шеффера). Позначається $X | Y = \overline{X \wedge Y}$. Хибна тільки тоді, коли обидві змінні істинні.

6. **Еквівалентність** (рівнозначність). Позначається $X \sim Y$. Істинна, коли обидві змінні істинні або обидві хибні.

7. **Нерівнозначність** (додавання за модулем два, **виключне АБО**, XOR). Позначається $X \oplus Y$. Істинна, якщо істинна тільки одна з двох змінних X або Y .

8. **Імплікація**. Позначається $X \rightarrow Y$ (« X спричиняє Y », «якщо X , то Y »). Хибна, коли висловлювання X істинно й Y хибно, істинна в інших випадках.

Властивості логічних функцій і їх вираження через функції кон'юнкції, диз'юнкції та заперечення наведені в **таблиці істинності**:

X	Y	$X \vee Y$	$X \wedge Y$	$X \downarrow Y$	$X Y$	$X \sim Y$	$X \oplus Y$	$X \rightarrow Y$
				$\bar{X} \wedge \bar{Y}$	$\bar{X} \vee \bar{Y}$	$(\bar{X} \wedge \bar{Y}) \vee (X \wedge Y)$	$(\bar{X} \wedge Y) \vee (X \wedge \bar{Y})$	$\bar{X} \vee Y$
0	0	0	0	1	1	1	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1
1	0	1	0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0	1

Наведемо приклади обчислення значення істинності логічного виразу:

1) при $X = 0, Y = 1, Z = 1$ вираз $X \vee (Y \wedge Z) = 1$;

2) при $X = Y = Z = 0$ вираз $X \rightarrow (Y \sim Z) = 1$.

Складні висловлювання, записані не словами, а за допомогою логічних змінних і знаків логічних операцій, називають **формулами**. Алгебра логіки *не розглядає конкретний зміст* висловлювань, а займається аналізом і синтезом формул і вивченням відносин між формулами.

Наприклад, складне висловлювання «якщо 30 ділиться на 2 і на 3, то 30 ділиться на 6» можна розкласти на прості висловлювання:

A: «30 ділиться на 2».

B: «30 ділиться на 3».

C: «30 ділиться на 6».

Тоді логічна структура речення має вигляд: «якщо (A і B), то C».

У вигляді формули це речення можна записати так: $A \wedge B \rightarrow C$.

Наведена формула буде відповідати не тільки конкретно цьому висловлюванню, але й множині всіх інших висловлювань, що мають подібну структуру.

10.4 Експертні системи в медицині

Експертна система (ЕС) – інформаційна комп'ютерна система, здатна *частково замінити фахівця-експерта* під час вирішення складних проблемних ситуацій. Експертні системи належать до класу систем штучного інтелекту, в яких реалізується логіка прийняття рішення, характерна для досвідченого фахівця.

В основі роботи експертних систем лежать:

- формалізовані знання експертів;
- правила логічного виведення;
- алгоритми аналізу даних і прийняття рішень.

Застосування експертних систем у медицині

У медицині ЕС широко використовуються *для підтримки клінічних рішень*, зокрема в таких напрямках, як:

- діагностика захворювань;
- прогнозування перебігу хвороб;
- вибір оптимальної тактики лікування;
- моніторинг стану пацієнтів;
- навчання та підготовка медичних кадрів;
- управління медичними процесами.

Основні види медичних експертних систем

У медичній практиці можна виділити такі основні типи експертних систем:

1. Експертні системи інтерпретації даних. Призначені для визначення змісту та клінічного значення даних медичних спостережень і досліджень (лабораторних, інструментальних, фізіологічних).

2. Експертні системи діагностики. Використовуються для виявлення відхилень стану пацієнта від норми та віднесення його до певної діагностичної категорії на основі симптомів, результатів аналізів і анамнезу.

3. Експертні системи моніторингу. Орієнтовані на безперервну інтерпретацію даних у режимі реального часу та сигналізацію про вихід контрольованих параметрів за допустимі межі.

Типовий приклад – системи медичного моніторингу в палатах інтенсивної терапії та реанімації.

4. Експертні системи прогнозування. Формують імовірнісні висновки щодо майбутнього перебігу подій на основі поточного стану пацієнта та сукупності медичних факторів. У медицині застосовуються для прогнозування перебігу захворювання за різних протоколів лікування та вибору оптимальної стратегії терапії.

5. Експертні системи навчання. Аналізують навчальну діяльність студентів, виявляють «слабкі місця» у засвоєнні матеріалу та надають індивідуальні пояснення, рекомендації й навчальні завдання для підвищення рівня підготовки майбутніх лікарів.

6. Експертні системи планування. Призначені для визначення оптимальних планів дій об'єктів або систем, здатних виконувати певні функції (наприклад, планування лікування, розкладу процедур, використання ресурсів).

7. Експертні системи проєктування. Забезпечують підготовку документації для створення об'єктів із заданими властивостями. У деяких випадках можуть містити готові схеми, креслення та детальні описи.

Для побудови ЕС використовуються підходи формальної й неформальної (нейромережевої) логіки.

Підходи **формальної логіки** базуються на чітко визначених правилах, логічних висновках і структурованих знаннях. У таких системах знання експертів подаються у вигляді правил типу «якщо – то», які формують *базу знань*. Механізм логічного виведення аналізує ці правила та на їх основі формує рекомендації або приймає рішення. Перевагою такого підходу є *прозорість і пояснюваність* отриманих результатів.

Підходи **неформальної логіки**, зокрема **нейромережеві моделі**, імітують роботу біологічних нейронних мереж і здатні навчатися на основі великих обсягів даних. Такі системи не потребують попереднього формалізування знань у вигляді правил, оскільки вони самостійно виявляють закономірності в інформації під час навчання. Нейромережеві підходи особливо ефективні для розпізнавання образів, аналізу медичних зображень, прогнозування та підтримки прийняття клінічних рішень.

У сучасних інформаційних системах дедалі частіше застосовуються **гібридні підходи**, що поєднують формальні правила експертних систем із можливостями навчання нейромереж, що дозволяє підвищити точність і ефективність обробки складної медичної інформації.

Специфіка кожного з цих підходів наведена в таблиці:

Тип ЕС Характеристика	ЕС на базі формальної логіки	ЕС на базі неформальної логіки
<i>Джерело знань</i>	Формалізований досвід експерта, виражений у вигляді логічних тверджень, правил і фактів, безумовно прийнятих системою	Сукупний досвід експерта-учителя, що відбирає приклади для навчання + власний досвід нейронної мережі, що навчається на цих прикладах
<i>Характер знань</i>	Формально-логічне «лівопівкульне» знання у вигляді правил	Асоціативне «правопівкульне» знання у вигляді зв'язків між нейронами мережі
<i>Розвиток знань</i>	У формі розширення сукупності правил і фактів (бази знань)	У формі донавчання на додатковій послідовності прикладів, з уточненням границь категорій і формуванням нових категорій
<i>Роль експерта</i>	Задає на основі правил повний обсяг знань експертної системи	Відбирає характерні приклади, не формулюючи спеціально обґрунтування свого вибору
<i>Роль штучної системи</i>	Пошук ланцюжка фактів і правил для доказу судження	Формування індивідуального досвіду у формі категорій, одержуваних на основі прикладів, і категоризація образів

10.5 Структура експертної системи

Експертна система (ЕС) є складною програмною системою, архітектура якої забезпечує накопичення, збереження та використання знань фахівця для розв'язання прикладних задач у певній предметній області. Її структура будується за модульним принципом, що дозволяє розмежувати процеси зберігання знань, логічного виведення, управління та взаємодії з користувачем. Кожен компонент виконує визначену функцію, а їх узгоджена робота забезпечує отримання обґрунтованих рекомендацій або рішень.

Типова структура експертної системи включає такі основні компоненти:

1. База знань – сукупність усіх наявних відомостей про проблемну (предметну) область, для якої призначена дана експертна система. Знання подаються у формалізованому вигляді записаних за допомогою певних формальних структур представлення знань (набору правил, фреймів, семантичних мереж, логічних моделей тощо). База знань відображає досвід і міркування фахівця-експерта.

2. Підсистема отримання знань автоматизує процес наповнення й поповнення (оновлення) експертної системи знаннями експерта, тобто забезпечує базу знань усією необхідною інформацією з даної конкретної предметної області. Вона автоматизує передачу знань від експерта до експертної системи та може включати інструменти введення знань, засоби навчання на основі даних, механізми редагування та перевірки знань.

3. Машина логічного висновку (МЛВ) – формально-логічна система у вигляді програмного модуля, яка на основі правил і методів бази знань перетворює конкретну інформацію про об'єкт до виду, що відповідає призначенню експертної системи, тобто формує висновки (наприклад, діагноз, прогноз, план лікування, рекомендації тощо).

4. Робоча пам'ять (база даних) призначена для зберігання вихідних даних, введених користувачем, проміжних фактів, результатів логічного висновку в межах розв'язуваної в поточний момент задачі.

5. Диспетчер (механізм управління) визначає порядок функціонування експертної системи – керує послідовністю виконання модулів, планує досягнення цілей, координує взаємодію між МЛВ, базою знань і робочою пам'яттю.

6. Інтерфейс користувача забезпечує спілкування користувача з експертною системою в зручній для нього формі – введення даних, постановку запитів, отримання результатів і пояснень у зрозумілій формі.

7. Блок пояснень роз'ясняє, як система одержала розв'язок даної задачі (або чому вона цього розв'язку не знайшла) і які знання вона при цьому використала. Інакше кажучи, блок пояснень створює звіт про виконану роботу. Таким чином блок пояснень підвищує довіру користувача до експертної системи.



Процес розробки та експлуатації ЕС

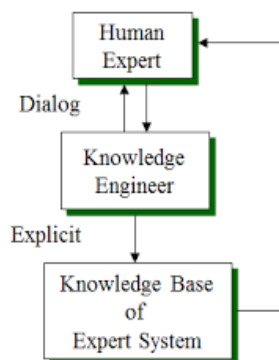
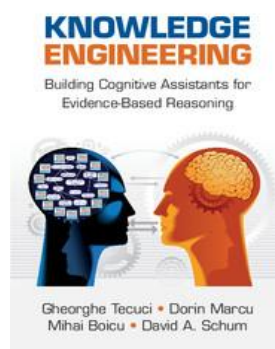
Процес розробки експертної системи часто називають інженерією знань. **Інженерія знань (knowledge engineering)** – це науково-практична галузь штучного інтелекту, яка займається методами вилучення, структурування та представлення людського досвіду у формі, яку може обробити комп'ютер.

Для того, щоб розробити і ввести в експлуатацію експертну систему, необхідна участь **трьох основних суб'єктів** – експерта, когнітолога і кінцевого користувача. Кожен із них відіграє свою роль на певному етапі «життєвого циклу» експертної системи: на етапі розробки ЕС – це експерт і когнітолог, на етапі використання ЕС виникає третя сторона – кінцевий користувач.



1. **Експерт** – це фахівець предметної області, чий знання та досвід переносяться в систему; він є основним джерелом знань для бази знань. Він надає неформалізовані правила, засновані на власному досвіді, досвідчені судження, засновані на клінічній або професійній практиці (наприклад, «якщо пацієнт має такі симптоми та результати аналізів, то з імовірністю 80 % це свідчить про ...»).

2. **Інженер зі знань (когнітолог)** – це спеціаліст, який допомагає вилучити знання в експерта (за допомогою інтерв'ю, анкет, аналізу випадків) та формалізувати їх для бази знань. Виступає в ролі «перекладача» між мовою експерта та мовою комп'ютера. Він опитує експерта, витягує з нього приховані алгоритми прийняття рішень і структурує їх так, щоб комп'ютер міг їх «зрозуміти» та записати в базу знань експертної системи.



3. **Кінцевий користувач** – це особа, яка використовує експертну систему для розв'язання практичних завдань і прийняття рішень. Це може бути необов'язково фахівець у даній галузі. У медицині це може бути лікар загальної практики, медсестра або навіть пацієнт (у разі консультаційних систем). Він вводить вихідні дані про свою проблему або об'єкт у систему, щоб отримати пораду, прогноз, діагноз або план дій.



11. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ЛІКАРСЬКИХ РІШЕНЬ

11.1 Класифікація задач прийняття рішень

Під час розв'язання різних медичних задачах (прогнозування перебігу захворювання, вибір тактики лікування, оцінка ефективності терапії) лікар стикається із загальною проблемою – проблемою прийняття рішення. При цьому з кожним роком зростають вимоги до лікаря щодо точності діагнозу, своєчасності його встановлення та його вірогідності, тобто істинності. Це пов'язано як з ускладненням клінічних випадків, так і з розвитком медичних технологій, доказової медицини та інформаційних систем підтримки прийняття рішень.

Сучасний підхід до прийняття клінічного рішення має базуватися не лише на клінічному досвіді лікаря, а й на кількісній оцінці і статистичному аналізі діагностичної інформації. Математичні та статистичні методи дозволяють об'єктивізувати процес диференціальної діагностики, оцінити достовірність результатів лабораторних та інструментальних досліджень, визначити ймовірність наявності захворювання та зменшити ризик діагностичної помилки.

Будь-яке клінічне рішення проходить послідовні етапи:

гіпотеза → перевірка → оцінка ймовірності → вибір тактики

На кожному з цих етапів кількісні підходи відіграють ключову роль. Формування гіпотези базується на аналізі статистично значущих факторів ризику; її перевірка здійснюється за допомогою діагностичних тестів, ефективність яких оцінюється через показники чутливості, специфічності та прогностичної цінності. Оцінка ймовірності ґрунтується на ймовірнісних моделях (зокрема байєсівському підході), а вибір тактики – на аналізі ризику, прогнозуванні результатів і оцінці ефективності втручання. Такий підхід відповідає сучасним стандартам медичної практики та принципам доказової медицини.



Прийняття рішень – це особливий процес людської діяльності, спрямований на вибір найбільш прийняттого варіанта розв'язання проблеми в умовах обмеженої інформації, часу та ресурсів. Прикладом може слугувати процес ухвалення рішення щодо діагностування типу або форми захворювання на основі наявної вихідної інформації (результатів лабораторних та інструментальних досліджень, скарг пацієнта, анамнезу, даних фізикального обстеження).

У медичній практиці процес прийняття рішень, як правило, відбувається в умовах невизначеності та ризику, оскільки не вся інформація про стан пацієнта може бути отримана або є абсолютно достовірною.

Виділяють наступні **основні етапи процедури ухвалення рішення**:

1. Визначення мети. Мета може полягати у встановленні діагнозу, виборі оптимального методу лікування, зменшенні ризику ускладнень або підвищенні якості життя пацієнта.

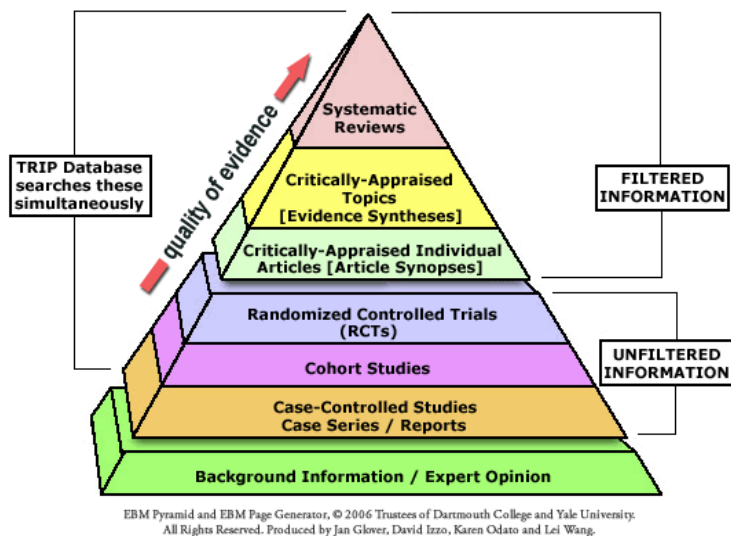
2. Формування множини альтернатив (визначення множини припустимих рішень). Альтернативами можуть бути різні діагностичні гіпотези, варіанти лікування, схеми медикаментозної терапії або тактичні рішення щодо подальшого обстеження.

3. Формування оцінки, що дозволяє порівнювати альтернативи (задача оцінювання). Оцінка ґрунтується на клінічних критеріях, статистичних даних, клінічних протоколах, досвіді лікаря та сучасних наукових рекомендаціях.

4. Вибір оптимального рішення з множини припустимих рішень (задача оптимізації). Оптимальним вважається рішення, яке найкраще відповідає поставленій меті за заданими критеріями.

Прийняття рішень, по суті, є не що інше, як **вибір**. Прийняти рішення означає вибрати конкретний варіант дій із деякої множини можливих варіантів, які прийнято називати **альтернативами**. Множина альтернатив залежить від наявної бази знань, клінічного досвіду лікаря, доступних діагностичних та лікувальних методів, а також від самої проблемної ситуації.

У медичній інформатиці для формування та аналізу альтернатив широко використовуються інформаційні технології, зокрема експертні системи, клінічні бази даних та системи підтримки прийняття клінічних рішень (*Clinical Decision Support Systems, CDSS*).



Рішення – це альтернатива (або сукупність альтернатив), що задовольняє правилам, які містяться в системі переваг.

Система переваг – це сукупність правил, критеріїв і обмежень, за допомогою яких порівнюються альтернативи та приймаються рішення. Ці критерії, виражені у кількісній або формалізованій формі, називаються **цільовими функціями**. У медичних задачах цільовими функціями можуть виступати мінімізація ризику ускладнень, зменшення летальності, оптимізація співвідношення користь/ризик або економічна ефективність лікування.

Наслідок прийняття рішення – це подія або результат, можливість настання якого зумовлена обраним рішенням. Наслідки можуть бути як позитивними (одужання, покращення стану), так і негативними (ускладнення, побічні ефекти, прогресування хвороби).

Загальну задачу прийняття рішень (задачу вибору) можна сформулювати таким чином.

Нехай X – множина альтернатив (рішень), Y – множина можливих наслідків (результатів). Передбачається існування причинно-наслідкового зв'язку між вибором деякої альтернативи $x \in X$ та настанням відповідного результату $y \in Y$. Крім того, передбачається наявність механізму оцінки якості вибору – зазвичай шляхом оцінювання якості результату за визначеними критеріями. Потрібно вибрати таку альтернативу, для якої відповідний результат має найкращу оцінку якості з точки зору поставленої мети та системи переваг.

Таким чином, прийняття рішень у медицині є складним багатокритеріальним процесом, що поєднує клінічне мислення лікаря, математичні методи аналізу, ймовірнісні підходи та сучасні інформаційні технології.

Класифікація задач прийняття рішень

Виходячи з характеру зв'язків між рішеннями (альтернативами) та можливими результатами, у теорії прийняття рішень прийнято наступну класифікацію задач. Така класифікація є особливо важливою для медицини, оскільки більшість клінічних ситуацій характеризуються неповнотою інформації та невизначеністю результатів.

1. Детерміновані задачі

Детермінована задача – це задача, в якій кожній альтернативі $x \in X$ відповідає єдиний, наперед відомий результат $y \in Y$. У таких задачах зв'язок між рішенням і результатом є однозначним і не містить випадкових факторів.

У медицині повністю детерміновані задачі зустрічаються відносно рідко, але їх прикладами можуть бути стандартні лабораторні розрахунки, інтерпретація окремих діагностичних тестів або вибір дози препарату за чітко визначеною формулою.

2. Недетерміновані задачі

Недетермінована задача – це задача, в якій кожній альтернативі відповідає не один, а декілька можливих результатів. Такі задачі є типовими для клінічної практики, оскільки перебіг захворювання та реакція організму на лікування можуть суттєво відрізнятися у різних пацієнтів.

Недетерміновані задачі поділяються на два основні типи:

– **задачі прийняття рішень в умовах ризику** (умови імовірнісної визначеності). У цих задачах кожній альтернативі x відповідає *відомий імовірнісний розподіл* (або функція щільності ймовірностей) на множині можливих результатів Y . Іншими словами, можливі результати відомі, і відомі ймовірності їх настання.

До таких задач належать ситуації, коли лікар спирається на статистичні дані клінічних досліджень, епідеміологічні показники або результати доказової медицини (наприклад, оцінка ризику ускладнень або прогноз виживаності);

– **задачі прийняття рішень в умовах стохастичної (імовірнісної) невизначеності**. У цьому випадку можливі результати відомі, але *імовірності їх настання невідомі або не можуть бути достовірно оцінені*.

Такі задачі характерні для нових, рідкісних або недостатньо вивчених захворювань, а також для клінічних ситуацій з обмеженою кількістю даних про пацієнта.

3. Задачі в умовах взаємодії із зовнішнім середовищем

В умовах імовірнісної невизначеності зв'язку «альтернатива – результат» виділяють ще два типи задач залежно від характеру взаємодії *особи, що приймає рішення (ОПР)*, із зовнішнім середовищем:

– **задачі прийняття рішень в умовах пасивної взаємодії**. У цьому випадку зовнішнє середовище поводить **пасивно** відносно ОПР, тобто не здійснює цілеспрямованих дій у відповідь на прийняте рішення.

У медичному контексті це може відповідати природному перебігу захворювання або реакції організму пацієнта, яка не має свідомого протидіючого характеру;

– **задачі прийняття рішень в умовах конфлікту (ігор)**. У цих задачах зовнішнє середовище поводить **активно** по відношенню до ОПР. Це проявляється у діях іншої сторони, інтереси якої можуть не співпадати з інтересами ОПР.

Наприклад, елементи конфлікту можуть виникати при взаємодії імунної системи з інфекційними агентами, що адаптуються до терапії (антибіотикорезистентність), або при організаційних та управлінських рішеннях у системі охорони здоров'я.

Статичні та динамічні задачі прийняття рішень

Існує також інша класифікація задач, коли задачі прийняття рішень поділяють на статичні та динамічні.

- **Статичні задачі** – це задачі, в яких у процесі прийняття рішення ОПР не отримує і не втрачає додаткової інформації. Прийняття рішення розглядається як миттєвий одноразовий акт. Прикладом може бути разовий вибір методу діагностики на основі вже наявних даних.

- **Динамічні задачі** – це задачі, в яких ОПР у ході прийняття рішення поступово отримує нову інформацію або, навпаки, втрачає її актуальність. Рішення приймається поетапно, з урахуванням зміни стану системи.

У клінічній практиці більшість задач є динамічними, оскільки стан пацієнта змінюється з часом, надходять нові результати обстежень, і тактика лікування коригується.

11.2 Етапи прийняття рішення

Усі вимоги, сформульовані в реальних медичних задачах і записані у вигляді формалізованих або математичних виразів, становлять так звану **математичну постановку задачі**. Вона відображає суттєві властивості досліджуваного об'єкта або процесу та дозволяє застосовувати кількісні методи аналізу.

Процес математичної постановки задачі та наступного її розв'язання можна представити у вигляді послідовного ряду взаємопов'язаних етапів.

1. Вивчення об'єкта. На цьому етапі здійснюється аналіз особливостей функціонування об'єкта дослідження (пацієнта, групи пацієнтів, патологічного процесу, медичної системи тощо). Виявляються фактори, що впливають на об'єкт, та визначається ступінь і характер їх впливу; вивчаються характеристики об'єкта за різних умов; формуються припущення та обмеження.

Також на цьому етапі обираються критерії оптимізації, або цільові функції, які кількісно відображають мету прийняття рішення.

У медичних задачах такими критеріями можуть бути точність діагнозу, мінімізація ризику ускладнень, скорочення термінів лікування або підвищення ефективності терапії.

2. Описове (концептуальне) моделювання. На етапі описового моделювання визначаються та фіксуються основні зв'язки й залежності між характеристиками досліджуваного процесу або явища. Модель подається у вигляді словесного опису, схем, таблиць або логічних структур. Цей етап дозволяє спростити реальний об'єкт, виділивши лише ті параметри та взаємозв'язки, які є істотними для розв'язання конкретної задачі.

3. Математичне моделювання. Описова модель переводиться у формалізовану форму за допомогою математичних співвідношень: рівнянь, нерівностей, функцій, статистичних або ймовірнісних моделей. У медичній інформатиці широко застосовуються регресійні моделі, байєсівські підходи, методи теорії ймовірностей, математичної статистики та теорії прийняття рішень.

4. Вибір або створення методу розв'язання. На цьому етапі обирається або розробляється метод розв'язання поставленої задачі. Формується *множина припустимих рішень*, тобто можливих наборів шуканих змінних, які задовольняють усім умовам-обмеженням задачі.

Метод розв'язання залежить від типу задачі (детермінована, стохастична, статична, динамічна), кількості змінних та характеру їх взаємозв'язків.

5. Розв'язання задачі. Розв'язанням задачі є такий набір значень із множини припустимих рішень, для якого цільова функція досягає свого максимального або мінімального значення відповідно до поставленої мети.

Задачі, що описують поведінку реальних медичних об'єктів, як правило, характеризуються великою кількістю змінних і складними залежностями між ними. Тому у розумний часовий термін вони можуть бути розв'язані лише із застосуванням обчислювальної техніки.

На цьому етапі використовуються комп'ютерні програми, спеціалізоване програмне забезпечення та медичні інформаційні системи.

6. Аналіз отриманого рішення – може бути **формальним** та **змістовним**.

При *формальному (математичному) аналізі* перевіряється відповідність отриманого рішення побудованій математичній моделі: коректність введення вихідних даних, правильність алгоритмів, відсутність програмних помилок тощо.

При *змістовному аналізі* оцінюється відповідність отриманого рішення реальному об'єкту або клінічній ситуації, яку моделювали.

У разі невідповідності результатів реальним умовам у модель можуть бути внесені корективи, після чого весь процес прийняття рішення повторюється.

7. Аналіз стійкості рішень. Для перевірки **стійкості рішення** у вихідні дані вносяться зміни в межах можливих похибок вимірювань або допустимих інтервалів існування ознак, після чого досліджується поведінка рішення аналітичними або чисельними методами.

Стійке рішення вважається більш надійним, оскільки не зазнає суттєвих змін при незначних коливаннях вихідних даних, що є особливо важливим у клінічній практиці.

Клінічний приклад проходження етапів прийняття рішення

Умова задачі

До лікаря звернувся пацієнт 55 років зі скаргами на за грудинний біль, задишку при фізичному навантаженні, підвищену втомлюваність. В анамнезі – артеріальна гіпертензія, паління понад 20 років. Потрібно прийняти рішення щодо ймовірного діагнозу та подальшої тактики обстеження.

Етап 1. Вивчення об'єкта

Об'єктом дослідження є пацієнт із підозрою на серцево-судинну патологію. Аналізуються клінічні симптоми, дані анамнезу, фактори ризику (вік, стать, артеріальна гіпертензія, тютюнопаління). Визначаються основні фактори, що можуть впливати на стан пацієнта: ішемія міокарда, функціональні порушення серця, супутні захворювання. Формулюється мета прийняття рішення – *встановити найбільш імовірний попередній діагноз та обрати оптимальний обсяг додаткових обстежень*. Критеріями оптимізації є точність діагнозу та мінімізація ризику пропуску небезпечного для життя стану.

Етап 2. Описове (концептуальне) моделювання

Формується логічна модель клінічної ситуації. За грудинний біль і задишка розглядаються як симптоми, що можуть бути пов'язані з ішемічною хворобою серця, стабільною стенокардією, серцевою недостатністю або некардіальною патологією. Визначаються взаємозв'язки між симптомами, факторами ризику та можливими захворюваннями. Модель подається у вигляді діагностичного алгоритму або клінічної схеми диференційної діагностики.

Етап 3. Математичне моделювання

Описова модель формалізується. Для оцінки ймовірності ішемічної хвороби серця можуть бути використані бальні шкали ризику (наприклад, шкали передтестової ймовірності), статистичні дані або ймовірнісні моделі. Кожному фактору ризику та симптому надається певна вагова оцінка, після чого обчислюється інтегральний показник ризику.

Етап 4. Вибір або створення методу розв'язання

Обирається метод прийняття рішення – порівняння альтернатив на основі обчисленої ймовірності захворювання.

Формується множина припустимих рішень (альтернатив):

- призначення електрокардіографії (ЕКГ);
- проведення навантажувальних тестів;
- направлення на коронарографію;
- спостереження без додаткових інвазивних втручань.

Кожна альтернатива оцінюється з точки зору інформативності, безпеки та доступності.

Етап 5. Розв'язання задачі

На основі обчисленого ризику та клінічних рекомендацій обирається оптимальна альтернатива – *проведення ЕКГ у спокої та навантажувального тесту* як першого етапу діагностики. Це рішення забезпечує достатню діагностичну цінність при мінімальному ризику для пацієнта.

Етап 6. Аналіз отриманого рішення

Проводиться формальний аналіз – перевіряється правильність застосування шкал ризику та відповідність вибраної тактики клінічним протоколам. Змістовний аналіз полягає в оцінці результатів ЕКГ і навантажувального тесту та їх клінічної інтерпретації. У разі виявлення ішемічних змін модель уточнюється, і приймається нове рішення щодо подальшої тактики лікування.

Етап 7. Аналіз стійкості рішення

Оцінюється стійкість прийнятого рішення шляхом аналізу можливих змін вихідних даних (наприклад, поява нових симптомів або зміна результатів досліджень). Якщо при незначних змінах даних рішення залишається доцільним, воно вважається стійким і надійним.

11.3 Чутливість і специфічність діагностичного тесту

Кількісна оцінка діагностичних тестів є необхідною складовою процесу прийняття клінічних рішень. Вона забезпечує перехід від інтуїтивного припущення до обґрунтованої ймовірнісної оцінки діагнозу, що дозволяє оптимізувати вибір лікувальної тактики.

Під час розробки й застосування методів і засобів діагностики завжди постає питання їх **діагностичної цінності**.

Діагностична цінність тесту, який використовується для розмежування здорових осіб і пацієнтів із патологією, характеризується, насамперед, такими показниками, як чутливість і специфічність.

Постановка задачі

Розглянемо довільну сукупність пацієнтів, кожен з яких може перебувати в одному з двох станів щодо певного захворювання:

- *норма* (відсутність патології);
- *патологія* (наявність захворювання).

Кожному стану відповідає своя функція розподілу результатів діагностичного тесту. На підставі отриманого результату тесту необхідно прийняти оптимальне рішення – віднести пацієнта до категорії «норма» або «патологія». Таким чином, діагностичний процес можна розглядати як задачу статистичної класифікації з двома альтернативними гіпотезами.

Порівняння результату тесту з реальним станом пацієнта (визначеним за допомогою «золотого стандарту») дає чотири можливі варіанти:

Результати тесту	Дійсний стан	
	Патологія	Норма
Позитивний	Істинно позитивний (ІП)	Хибно позитивний (ХП)
Негативний	Хибно негативний (ХН)	Істинно негативний (ІН)

1. Істинно позитивний (ІП) результат означає, що тест правильно виявив наявність захворювання.

2. Хибно позитивний (ХП) результат означає, що тест показує наявність хвороби, хоча пацієнт здоровий.

3. Істинно негативний (ІН) результат означає, що тест правильно підтвердив відсутність захворювання.

4. Хибно негативний (ХН) результат означає, що тест не виявив хворобу, хоча вона наявна.

У статистичній термінології:

- хибно позитивний результат (ХП) відповідає **помилці I роду (α)**;
- хибно негативний результат (ХН) відповідає **помилці II роду (β)**.

Чутливість (*Sensitivity*) тесту показує здатність тесту правильно виявляти хворих. Чутливість – це ймовірність того, що тест буде позитивним за наявності захворювання.

Чутливість тесту розраховується як частка позитивних результатів, які правильно ідентифіковані як позитивні. Іншими словами, чутливість – це відношення кількості істинно позитивних результатів тесту $N(ІП)$ до загальної кількості пацієнтів із даним захворюванням $N(ІП) + N(ХН)$:

$$\text{Чутливість} = \frac{N(ІП)}{N(ІП) + N(ХН)}.$$

Чутливість відображає властивість тесту з великою точністю прийняти дійсну гіпотезу, тобто уникнути помилки першого роду.

Висока чутливість особливо важлива для **скринінгових тестів**, коли необхідно мінімізувати пропуск хворих (зменшити кількість ХН).

Специфічність (*Specificity*) тесту показує здатність тесту правильно визначати здорових осіб. Специфічність – це ймовірність того, що тест буде негативним за відсутності захворювання.

Специфічність тесту розраховується як частка негативних результатів, які правильно ідентифіковані як негативні, тобто ймовірність визнати істинно здорового здоровим за результатами тесту. Специфічність – це відношення кількості істинно негативних результатів $N(TN)$ до загальної кількості пацієнтів, що не мають даного захворювання $N(TN) + N(FN)$:

$$\text{Специфічність} = \frac{N(IH)}{N(IH) + N(XII)}.$$

Специфічність характеризує властивість тесту з великою точністю відхилити неправильну гіпотезу, тобто уникнути помилки другого роду.

Висока специфічність особливо важлива для *підтверджуючих тестів*, щоб мінімізувати кількість хибно позитивних результатів

Обидва показники можуть набувати значення від 0 до 1 і часто виражаються у відсотках (від 0 до 100 % відповідно).

Слід звернути увагу, що показники чутливості й специфічності відображають *різні властивості* діагностичного тесту й *не залежать один від одного*, наприклад, тест може мати близьку до 100 % чутливість і малу специфічність або навпаки.

Додаткові показники діагностичної цінності тесту – позитивна та негативна прогностична цінність.

Прогностична цінність позитивного тесту (ППЦ):

$$\text{ППЦ} = \frac{II}{II + XII}$$

ППЦ показує ймовірність того, що пацієнт дійсно хворий при позитивному результаті тесту.

Прогностична цінність негативного тесту (НПЦ):

$$\text{НПЦ} = \frac{IH}{IH + XH}$$

НПЦ показує ймовірність того, що пацієнт дійсно здоровий при негативному результаті тесту.

На відміну від чутливості та специфічності, які характеризують внутрішню якість тесту, ППЦ і НПЦ залежать від **поширеності (превалентності)** захворювання в популяції.

Комплексний аналіз цих показників дозволяє оптимізувати прийняття клінічних рішень і підвищити ефективність медичної допомоги.

11.4 Імовірність наявності хвороби при позитивному тесті

Використовуючи показники чутливості, специфічності тесту та частоту випадків захворювання (поширеність (або превалентність) захворювання), можна розрахувати ймовірність наявності хвороби за умови отримання позитивного результату при тестуванні.

Такі розрахунки здійснюються за формулою *Байєса*. Теорема Байєса (або формула Байєса) – одна з основних теорем теорії ймовірностей, яка дозволяє визначити **умовну ймовірність** події – ймовірність настання даної події за умови, що відбулася інша статистично пов'язана з нею подія.

Нехай у хворого підозрюється певне захворювання, тобто є гіпотеза про наявність певного захворювання у даного пацієнта. Для діагностики стану пацієнта (підтвердження або відхилення даної гіпотези) йому необхідно пройти тестування. Позначимо:

H – подія наявності захворювання;

$\bar{H}$ – подія відсутності захворювання;

D – позитивний результат тесту (подія, статистично пов'язана з подією H).

Відомо:

$P(H)$ – **апостеріорна ймовірність** захворювання (превалентність);

$P(\bar{H}) = 1 - P(H)$ – ймовірність відсутності захворювання;

$P(D|H)$ – ймовірність позитивного результату тесту за наявності захворювання (чутливість тесту),

$P(D|\bar{H})$ – ймовірність позитивного результату тесту за відсутності захворювання (ймовірність хибно позитивного результату тесту, тобто ймовірність помилки другого роду).

Потрібно визначити **апостеріорну ймовірність** $P(H|D)$ – ймовірність того, що пацієнт дійсно хворий за умови позитивного результату тесту.

За формулою Байєса апостеріорна ймовірність дорівнює:

$$P(H|D) = \frac{P(H) \cdot P(D|H)}{P(H) \cdot P(D|H) + (1 - P(H)) \cdot P(D|\bar{H})}.$$

Отримане значення апостеріорної ймовірності $P(H|D)$ позитивного результату тесту у дійсно хворого пацієнта визначає прогностичну цінність позитивного результату. Воно показує, яка частка пацієнтів із позитивним результатом тесту справді має захворювання.

Важливо розуміти, що навіть за високої чутливості та специфічності тесту апостеріорна ймовірність істотно залежить від поширеності захворювання в популяції. За низької превалентності частка хибно позитивних результатів може бути значною.

11.5 Задача диференціальної діагностики захворювань

Теорема Байєса дозволяє обрати одну з кількох діагностичних гіпотез на основі обчислення ймовірностей захворювань з урахуванням імовірностей виявлених у пацієнтів симптомів. Найпоширенішою задачею такого типу є задача диференціальної діагностики між двома захворюваннями, що мають спільний симптом.

У клінічній практиці існують симптоми, наявність яких практично однозначно підтверджує певне захворювання. Водночас є симптоми, що виключають той чи інший діагноз. Проте найчастіше провідні клінічні симптоми трапляються з певною частотою при різних захворюваннях. У таких ситуаціях технологія прийняття клінічних рішень використовує поняття **шансів**, яке безпосередньо пов'язане з теоремою Байєса.

Розглянемо задачу диференціальної діагностики між захворюванням H_1 та захворюванням H_2 , які мають спільний симптом D .

Нехай:

$P(H_1)$ – середньостатистична ймовірність захворювання H_1 ;

$P(H_2)$ – середньостатистична ймовірність захворювання H_2 .

Відношення вказаних ймовірностей характеризує **початкові шанси** (C_0) на користь діагнозу H_1 без урахування додаткових умов:

$$C_0 = \frac{P(H_1)}{P(H_2)}.$$

Задача полягає в тому, щоб знайти **кінцеві шанси** (C_1) діагнозу H_1 за наявності симптому D , тобто знайти співвідношення:

$$C_1 = \frac{P(H_1 | D)}{P(H_2 | D)}.$$

Згідно з теоремою Байєса, кінцева (апостеріорна) ймовірність гіпотези H $P(H | D)$ пропорційна її початковій (апріорній) ймовірності $P(H)$, помноженій на її **правдоподібність** $P(D | H)$:

$$P(H | D) \sim P(H) \cdot P(D | H).$$

Відповідно, для діагнозів H_1 і H_2 апостеріорні ймовірності:

$$P(H_1 | D) \sim P(H_1) \cdot P(D | H_1)$$

$$P(H_2 | D) \sim P(H_2) \cdot P(D | H_2)$$

Для обчислення кінцевих шансів необхідно визначити *відношення двох правдоподібностей*, або **відношення правдоподібності** (*Likelihood ratio, LR*),

тобто відношення ймовірностей $P(D|H_1)$ і $P(D|H_2)$ – ймовірностей наявності симптому D при захворюваннях H_1 і H_2 :

$$LR = \frac{P(D|H_1)}{P(D|H_2)}.$$

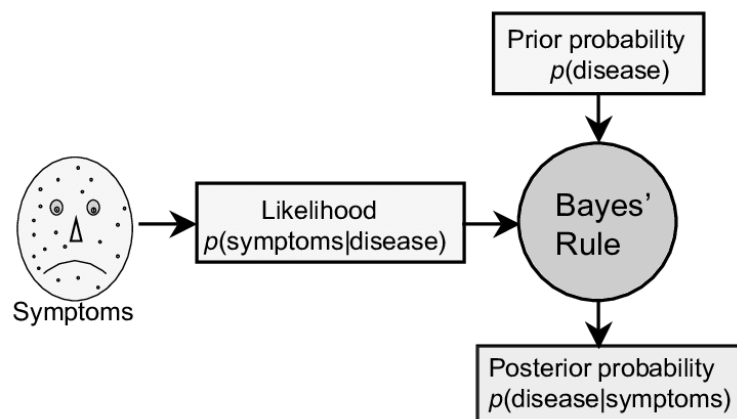
Ця величина показує, у скільки разів наявність симптому D більш імовірна при захворюванні H_1 , ніж при захворюванні H_2 .

Обчислення кінцевих шансів

Кінцеві шанси C_1 діагнозу H_1 за наявності симптому D обчислюються як добуток початкових шансів C_0 діагнозу H_1 і відношення правдоподібності LR :

$$C_1 = C_0 \cdot LR = \frac{P(H_1)}{P(H_2)} \cdot \frac{P(D|H_1)}{P(D|H_2)}.$$

Таким чином, теорема Байєса в задачі диференціальної діагностики дозволяє перейти від апріорних шансів до апостеріорних шансів, використовуючи кількісну оцінку діагностичної значущості симптому.



Клінічний приклад

Розглянемо задачу диференціальної діагностики між захворюванням А і захворюванням В при спільному симптомі D.

Наприклад:

А – інфаркт міокарда;

В – міжреберна невралгія;

D – спільний симптом «біль у грудній клітці».

Нехай ймовірності діагнозів А і В становлять відповідно:

$$P(A) = 0,2;$$

$$P(B) = 0,8.$$

Отже, початкові шанси на користь діагнозу А становлять:

$$\frac{P(A)}{P(B)} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25.$$

Це означає, що до врахування симптому D захворювання В є у 4 рази більш імовірним, ніж захворювання А.

Припустимо, що симптом D при захворюванні А має ймовірність:

$$P(D|A) = 0,9,$$

а при захворюванні В – ймовірність:

$$P(D|B) = 0,3.$$

Тоді відношення правдоподібності:

$$LR = \frac{0,9}{0,3} = 3.$$

Це означає, що симптом D у 3 рази частіше зустрічається при захворюванні А, ніж при захворюванні В.

Кінцеві шанси діагнозу А:

$$\frac{P(A|D)}{P(B|D)} = 0,25 \cdot 3 = 0,75.$$

Отже, після врахування симптому D співвідношення шансів становить 0,75 : 1.

Знайдемо апостеріорну ймовірність захворювання А:

$$P(A|D) = \frac{0,75}{1 + 0,75} = 0,43.$$

Таким чином, для захворювання А апостеріорна ймовірність $P(A|D) \approx 0,43$, для захворювання В апостеріорна ймовірність $P(B|D) \approx 0,57$.

Інтерпретація результату

До врахування симптому D імовірність захворювання А становила 0,2 (або 20 %). Після врахування симптому вона зросла до 0,43 (або 43 %). Хоча симптом D суттєво підвищив імовірність діагнозу А, захворювання В залишилося більш імовірним.

Приклад демонструє, що навіть симптом із високою діагностичною цінністю не завжди змінює остаточний діагноз, якщо початкова (апріорна) ймовірність альтернативного захворювання *значно* більша.

12. МОДЕЛЮВАННЯ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

12.1 Класифікація моделей

Моделювання є одним із найважливіших методів наукового пізнання, зокрема в медицині та біології. Воно дозволяє *досліджувати* складні системи, *прогнозувати* їх поведінку та *оцінювати* наслідки втручань без безпосереднього експерименту над живим організмом.

Модель – це штучно створений людиною об'єкт будь-якої природи (матеріальної чи абстрактної), який відтворює або замінює реальний об'єкт (предмет, процес або явище) та відображає його суттєві властивості.

Модель не є точною копією реальності. Вона є її *спрощеним відображенням*, яке враховує лише ті властивості об'єкта, що є істотними для поставленої задачі. Саме тому вибір моделі завжди визначається метою дослідження. Отже, модель – це вже якийсь новий об'єкт, який відбиває не всі, а тільки певні істотні особливості того об'єкта, який моделюється.

Модель – це не лише відображення наших знань про досліджуваний об'єкт, а й *джерело нової інформації* про нього. Дослідження моделі дає змогу оцінити і спрогнозувати поведінку об'єкта в нових умовах або за різних впливів, які неможливо чи складно перевірити безпосередньо на реальному об'єкті. У медицині це особливо важливо, оскільки експерименти на людях чи тваринах мають етичні обмеження, а проведення деяких досліджень може бути надто дорогим або пов'язаним із ризиком негативних наслідків.

Об'єктом моделювання в біології й медицині є живий організм – складна багаторівнева система, яка включає різні рівні організації: молекулярний, клітинний, тканинний, органний, системний, організмовий. Жодна модель не може одночасно охопити всі рівні складності, тому дослідник обирає певний підхід, який найбільше підходить для розв'язання конкретно поставленої задачі. Отже, вибір моделі визначається цілями дослідження.

Наприклад:

- якщо вивчається дія препарату, то створюється модель фармакокінетики;
- якщо аналізується механізм регуляції глюкози, то розробляється модель роботи ендокринної системи;
- якщо досліджується процес поширення інфекції – епідеміологічна модель.

Класифікація моделей

За способом подання розрізняють матеріальні, функціональні та інформаційні моделі.

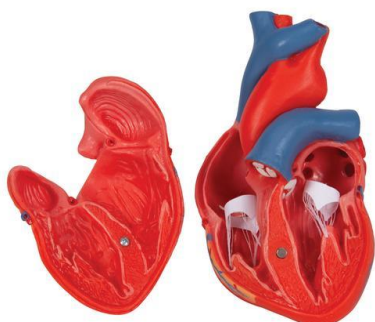
1. Матеріальні (або речовинні, або фізичні) моделі

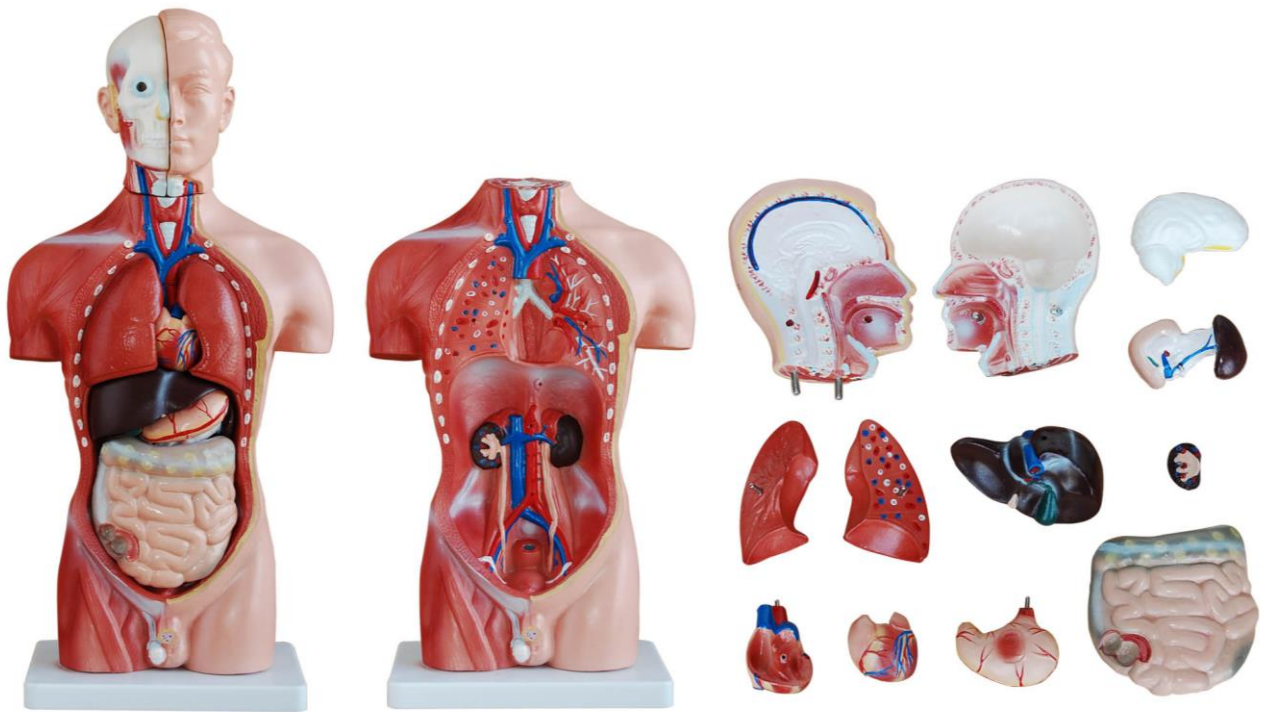
Матеріальні моделі відтворюють просторову структуру об'єкта, взаєморозташування його частин та основні конструктивні особливості. Це реальні фізичні об'єкти, які відтворюють зовнішній вигляд або внутрішню будову оригіналу з певним ступенем точності (макет літака, глобус, муляжі тощо).

У медичній практиці матеріальні моделі використовуються для навчання, планування втручань, відпрацювання практичних навичок і конструювання медичних виробів. Вони дозволяють візуалізувати анатомічні структури, дослідити їх просторові взаємозв'язки та змодельовати клінічні ситуації без ризику для пацієнта.

Приклади медичних матеріальних моделей:

- анатомічні муляжі органів і систем людини (серце, мозок, скелет тощо);
- протези кінцівок;
- штучні клапани серця;
- стоматологічні імпланти;
- 3D-друковані моделі органів, створені на основі даних комп'ютерної томографії або магнітно-резонансної томографії;
- тренувальні фантоми для відпрацювання ін'єкцій, інтубації, катетеризації судин;
- хірургічні симулятори з механічними елементами, що відтворюють анатомічну будову та тактильні властивості тканин.





У клінічній практиці 3D-друковані моделі все частіше застосовуються для передопераційного планування складних хірургічних втручань (кардіохірургія, нейрохірургія, щелепно-лицева хірургія), що підвищує точність операцій та зменшує ризик ускладнень.

Матеріальні моделі можуть мати різний ступінь деталізації: від спрощених навчальних зразків до високоточних індивідуалізованих моделей, виготовлених з біосумісних матеріалів.

Таким чином, матеріальні медичні моделі забезпечують наочне та практичне відтворення анатомічної структури об'єкта, сприяють формуванню просторового мислення у майбутніх фахівців та є важливим елементом сучасних медичних технологій.

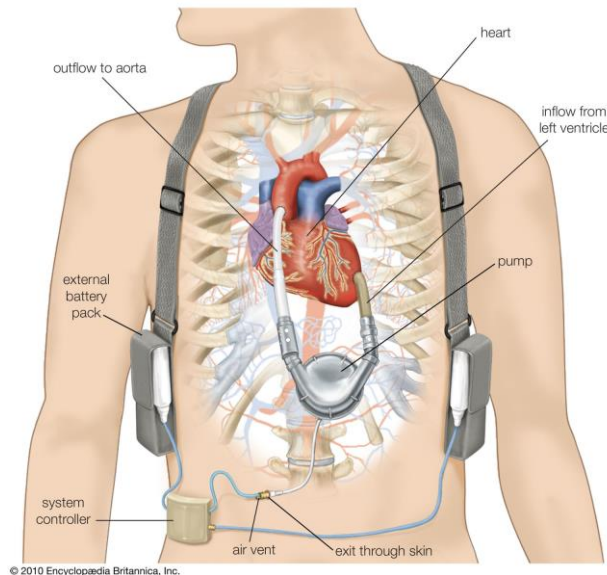
2. Функціональні (або енергетичні) моделі

Функціональні моделі відтворюють насамперед *функції органів або фізіологічних систем*, але не їх анатомічну форму. Такі моделі забезпечують реалізацію процесів перетворення енергії, регуляції потужності, транспорту речовин або відтворення послідовності дій (функцій) органа чи системи без прив'язки до їх морфологічної структури. Вони дають змогу дослідити механізми функціонування органів, моделювати патологічні стани, оцінювати ефективність лікувальних впливів та прогнозувати результати медичних втручань.

До функціональних моделей належать як технічні пристрої, так і програмно-апаратні комплекси, що імітують окремі фізіологічні процеси.

Приклади функціональних моделей у медицині:

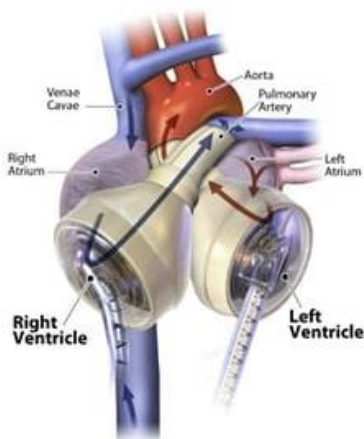
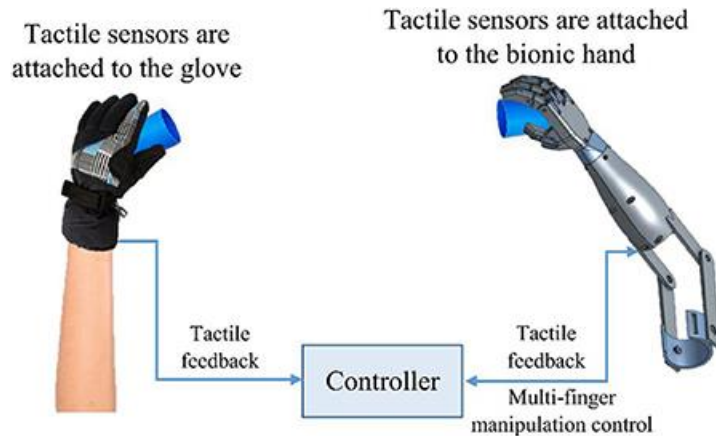
- апарат для гемодіалізу («штучна нирка»), що заміщує функцію виділення продуктів обміну та підтримання водно-електролітного балансу;
- апарат штучної вентиляції легень (ШВЛ), який забезпечує газообмін у разі недостатності дихальної функції;
- штучне серце або його допоміжні пристрої, що підтримують насосну функцію міокарда;
- апарат штучного кровообігу, який тимчасово виконує функції серця і легень під час кардіохірургічних операцій.



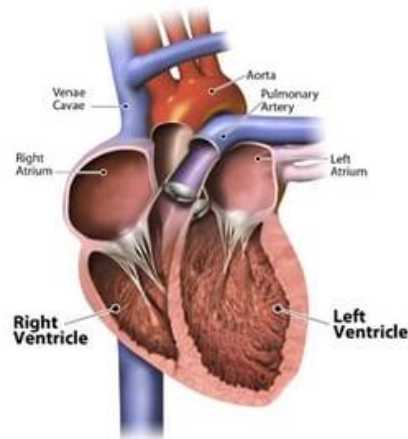
Функціональні моделі широко застосовуються також у медичній інформатиці для створення математичних і комп'ютерних моделей фізіологічних процесів (моделі гемодинаміки, дихання, нейронної активності), що використовуються в системах підтримки прийняття клінічних рішень, тренажерних симуляторах та експертних системах.

Поєднання властивостей фізичних і функціональних моделей спостерігається в біомедичних пристроях, які одночасно відтворюють форму органа та його функціональні характеристики. До таких моделей належать, наприклад (див. рис. нижче):

- біокеровані протези кінцівок, що забезпечують не лише анатомічну заміну, а й відтворення рухових функцій із використанням біосигналів;
- штучний кришталік ока (інтраокулярна лінза), який відновлює оптичну функцію після видалення природного кришталіка;
- кохлеарні імпланти, що компенсують втрату слухової функції;
- сучасні імплантовані системи штучного серця.



Total Artificial Heart



Human Heart

Таким чином, функціональні моделі забезпечують формалізацію фізіологічних процесів, їх алгоритмізацію та подальшу реалізацію у вигляді технічних, математичних або програмних систем, що застосовуються в діагностиці, лікуванні та медичній освіті.

3. Інформаційні моделі

Інформаційні моделі – це абстрактні описи об'єкта або процесу, подані за допомогою знакових систем: слів, схем, діаграм, зображень, знімків, формул, символів тощо. Вони не є матеріальними об'єктами, а існують у формі інформації, що відображає суттєві властивості, структуру або функціонування досліджуваної системи.

Види інформаційних моделей:

- *словесні (текстові)* – це клінічні описи симптомів, анамнез, протоколи обстеження, історії хвороби;
- *графічні* – це схеми, діаграми, графіки, рентгенограми, томограми, електрокардіограми;
- *структурні* – це таблиці, класифікації, алгоритми, блок-схеми діагностичного пошуку;
- *математичні* – це формули, рівняння, статистичні залежності, системи диференціальних рівнянь;
- *Спеціальні (символічні)* – хімічні формули, генетичні записи (послідовності нуклеотидів у ДНК/РНК), біохімічні схеми, фармакологічні формуляри.

У медико-біологічних дослідженнях тривалий час переважали словесні моделі. Проте словесний опис часто не дозволяє чітко встановити *кількісні закономірності* функціонування біологічної системи. Тому в сучасній медицині дедалі більшого значення набувають математичні моделі, які забезпечують формалізацію процесів і їх кількісний аналіз.

Математична модель – це система математичних співвідношень (формул, рівнянь, нерівностей, статистичних залежностей), що описують закономірності функціонування біологічної або медичної системи.

Математичні моделі в медицині і біології дозволяють *прогнозувати* перебіг захворювання, *оцінювати* ефективність лікування, *розраховувати* дозування лікарських засобів, *аналізувати* фактори ризику, моделювати поширення інфекцій, *оптимізувати* клінічні рішення, здійснювати комп'ютерне моделювання фізіологічних процесів.

У медичній інформатиці математичні моделі є основою систем підтримки прийняття рішень, клінічних прогнозних шкал, біостатистичного аналізу та цифрових двійників пацієнта.

Класифікація математичних моделей:

1. Детерміновані моделі. У цих моделях змінні й параметри вважаються точно заданими та описуються визначеними функціями. За однакових початкових умов результат завжди однаковий.

Найчастіше такі моделі мають вигляд систем алгебраїчних рівнянь, систем диференціальних рівнянь або функціональних залежностей між параметрами.

Детерміновані моделі застосовують для опису фізіологічних процесів за умов мінімальної варіабельності даних або для теоретичного аналізу механізмів функціонування системи.

2. Імовірнісні (стохастичні) моделі – враховують випадковий характер процесів. Оскільки біологічні системи характеризуються варіабельністю та невизначеністю, саме стохастичні підходи є особливо актуальними в медицині під час моделювання.

У таких моделях змінні та параметри розглядаються як випадкові величини або випадкові функції.

Імовірнісні моделі застосовуються тоді, коли існує міжіндивідуальна варіабельність, коли дані отримані експериментально, присутня статистична невизначеність або необхідно оцінити ризик або ймовірність події.

Вони будуються на основі методів математичної статистики, теорії ймовірностей, регресійного аналізу, байєсівських підходів, стохастичних диференціальних рівнянь.

Наведемо кілька прикладів математичних моделей, які застосовуються у медицині й біології:

- модель «хижак – жертва» – використовується для опису взаємодії біологічних популяцій та може бути адаптована для моделювання взаємодії патогена й імунної системи;

- моделі імунної відповіді – описують взаємодію антигенів, антитіл, клітин імунної системи та медіаторів запалення;

- модель поширення інфекцій – описує динаміку епідемічного процесу в популяції;

- фармакокінетичні моделі – відображають зміну концентрації лікарського препарату в організмі залежно від часу (процеси абсорбції, розподілу, метаболізму та елімінації).

12.2 Математична модель «хижак – жертва»

Уперше в біології математичну модель періодичної зміни чисельності антагоністичних видів тварин запропонував італійський математик Віто Вольтерра. Ця модель стала розвитком ідей, висловлених у 1924 р. американським ученим Альфредом Лотка у праці «*Elements of Physical Biology*». У науковій літературі вона відома як **модель Лотки – Вольтерри** і є класичним прикладом детермінованої математичної моделі в біології.

Постановка задачі моделювання

Розглянемо екологічно замкнену систему, в якій співіснують два види тварин, наприклад, рисі (хижаки) та зайці (жертви).

Приймемо такі припущення:

- зайці харчуються рослинною їжею, кількість якої в межах моделі вважається необмеженою;

– рисі можуть харчуватися лише зайцями;
– інші фактори (міграція, хвороби, конкуренція з іншими видами) не враховуються.

Потрібно визначити, як будуть змінюватися чисельність жертв і чисельність хижаків із часом.

Позначимо:

$N = N(t)$ - чисельність жертв;

$M = M(t)$ – чисельність хижаків;

t – час,

тобто величини N і M є функціями часу t . Завдання визначити, як змінюватимуться N і M з часом.

У даній моделі враховуються такі фактори:

- 1) природне розмноження жертв;
- 2) природне вимирання жертв;
- 3) знищення жертв хижаками;
- 4) розмноження хижаків за наявності їжі;
- 5) природне вимирання хижаків.

Необхідно вивести *рівняння*, в які входили б усі зазначені фактори і які описували б динаміку зміни кількості жертв і хижаків із часом.

Нехай за якийсь час Δt кількість жертв зміниться на ΔN , а кількість хижаків зміниться на ΔM .

Зміна чисельності жертв ΔN за малий проміжок часу Δt визначається першими трьома чинниками з наведеного вище списку.

1. Природне розмноження жертв: приріст чисельності (ΔN_1) пропорційний поточній чисельності жертв N з коефіцієнтом народжуваності $a > 0$:

$$\Delta N_1 = aN\Delta t.$$

2. Природне вимирання жертв: зменшення чисельності (ΔN_2) також пропорційне поточній чисельності жертв N з коефіцієнтом смертності $b > 0$ (причому $b < a$):

$$\Delta N_2 = -bN\Delta t,$$

знак мінус показує зменшення чисельності.

3. Знищення жертв хижаками: зменшення чисельності жертв внаслідок поїдання їх хижаками (ΔN_3) пропорційне частоті зустрічей хижаків із жертвами, яка, в свою чергу, пропорційна добутку чисельності жертв N і чисельності хижаків M . Коефіцієнт інтенсивності взаємодій (зустрічей) $c > 0$. Тоді:

$$\Delta N_3 = -cMN\Delta t.$$

З урахуванням усіх трьох факторів для зміни чисельності жертв (ΔN) маємо рівняння:

$$\Delta N = aN\Delta t - bN\Delta t - cMN\Delta t,$$

або диференціальне рівняння:

$$\frac{dN}{dt} = aN - bN - cMN.$$

Зміна чисельності хижаків ΔM визначається останніми двома (четвертим і п'ятим) факторами зі списку.

4. Розмноження хижаків за наявності їжі: приріст числа хижаків (ΔM_1) пропорційний кількості контактів із жертвами (їжею) з коефіцієнтом ефективності використання їжі $q > 0$:

$$\Delta M_1 = qMN\Delta t.$$

5. Природне вимирання хижаків: зменшення числа хижаків (ΔM_2) пропорційне поточній чисельності хижаків M із коефіцієнтом смертності $p > 0$:

$$\Delta M_2 = -pM\Delta t.$$

З урахуванням останніх двох факторів для зміни чисельності хижаків (ΔM) маємо рівняння:

$$\Delta M = qMN\Delta t - pM\Delta t$$

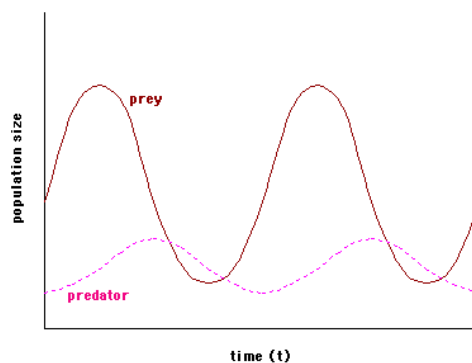
або у диференціальній формі рівняння:

$$\frac{dM}{dt} = qMN - pM.$$

Таким чином, отримуємо систему двох нелінійних диференціальних рівнянь:

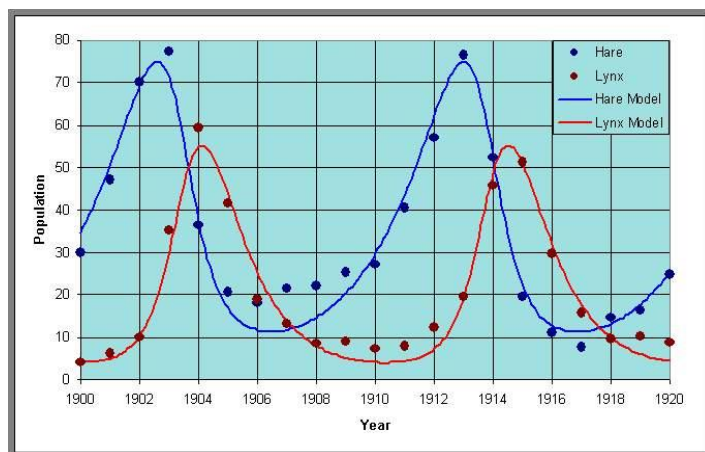
$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = aN - bN - cMN \\ \frac{dM}{dt} = qMN - pM \end{cases}$$

Розв'язок цієї системи рівнянь описує динаміку двох популяцій у часі, тобто дає залежність чисельності хижаків $M(t)$ і чисельності жертв $N(t)$ від часу t , що показано на графіку:



Графіки показують, що зміна чисельності і жертв, і хижаків має *періодичний (циклічний) характер*: спочатку зростає чисельність жертв, через певний час збільшується чисельність хижаків. Надмірне зростання хижаків призводить до зменшення жертв, зменшення жертв (їжі для хижаків) спричиняє вимирання частини хижаків і цикл повторюється.

Порівняння цих теоретичних кривих із реальними статистичними даними щодо чисельності зайців і рисей у певному регіоні свідчить про якісну подібність характеру коливань чисельностей. Коливання чисельності жертв і хижаків відбувається з певним зсувом фаз – максимум чисельності жертв передуює максимуму чисельності хижаків:



У природних умовах також спостерігається циклічна зміна чисельності популяцій, причому зростання чисельності зайців випереджає зростання чисельності рисей.

Отже, незважаючи на спрощені припущення (відсутність обмеження ресурсів, міграції, впливу інших факторів), модель Лотки – Вольтерри адекватно відображає основні закономірності взаємодії хижак – жертва. Це підтверджує, що математичне моделювання дозволяє отримати результати, близькі до реальних біологічних процесів, і може бути ефективним інструментом аналізу складних екосистем.

Хоча модель «хижак – жертва» створена для екології, її математична структура широко використовується в медицині та біології. Наприклад, для опису взаємодії патогена та імунної системи; динаміки пухлинних клітин і імунної відповіді; взаємодії антибіотика та бактеріальної популяції; конкуренції клітинних популяцій.

Модель Лотки – Вольтерри є прикладом детермінованої нелінійної моделі, що демонструє, як прості припущення можуть відтворювати поведінку складної динамічної біосистеми. Вона заклала основу для розвитку сучасної математичної біології, епідеміології та комп'ютерного моделювання біосистем.

12.3 Математична модель імунної реакції

Імунітет – це складний комплекс клітинних і молекулярних реакцій організму на вторгнення *антигенів* – чужорідних об'єктів: молекул, вірусів, бактерій, клітин або тканин.

Специфічна імунна реакція на молекулярному рівні починається з активації В-лімфоцитів і їх диференціації в плазматичні клітини, які синтезують велику кількість білкових молекул – *антитіл*.

Антитіла мають просторову (конформаційну) структуру, комплементарну певній ділянці антигену. Завдяки цьому вони зв'язуються з антигеном за принципом «ключ – замок», утворюючи імунний комплекс, який надалі елімінується за участю ферментних і клітинних механізмів.

Постановка задачі моделювання

Розглянемо математичну модель функціонування імунної системи людини під час тривалого інфекційного захворювання (наприклад, вірусного гепатиту або гострої пневмонії).

Взаємодія антигенів та імунної системи в цій моделі має характер, подібний до системи «хижак – жертва». В даній моделі:

- жертва» – це антиген (концентрація $X(t)$);
- «хижак» – це антитіла (концентрація $Y(t)$);
- плазматичні клітини, що продукують антитіла (кількість $Z(t)$).

Усі змінні є функціями часу t .

Основні процеси, враховані в моделі:

1. Розмноження антигенів зі швидкістю aX .
2. Природний розпад антигенів зі швидкістю $-cX$.
3. Продукція антитіл плазматичними клітинами зі швидкістю dZ .
4. Природний розпад антитіл зі швидкістю $-\ell Y$.

5. Реакція «антиген – антитіло» (реакція аглютинації), частота якої пропорційна ймовірності зустрічі антитіла з антигеном, тобто пропорційна добутку XY . Реакція аглютинації призводить до зменшення кількості антигенів і антитіл зі швидкостями $-bXY$, $-kXY$ відповідно.

6. Утворення плазматичних клітин зі швидкістю, що залежить від концентрації антигену X :

$$m \cdot f(X),$$

де функція $f(X) = \frac{X}{X + q}$ описує насичувальний характер імунної відповіді (типу функції Міхаеліса – Ментен).

7. Природна загибель плазматичних клітин зі швидкістю $-nZ$.

Коефіцієнти $a, b, c, d, k, \ell, m, n, q$ є параметрами моделі.

Важливо, що коефіцієнти a і m можуть залежати від температури тіла, що дозволяє враховувати вплив гарячки на ефективність імунної відповіді.

З урахуванням наведених вище факторів знаходимо швидкості зміни з часом кількості антигенів $\frac{dX}{dt}$, антитіл $\frac{dY}{dt}$ і плазматичних клітин $\frac{dZ}{dt}$ і отримуємо систему трьох нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = aX - bXY - cX \\ \frac{dY}{dt} = dZ - kXY - \ell Y \\ \frac{dZ}{dt} = \frac{mX}{q + X} - nZ \end{cases}$$

Розв'язання цієї системи за заданих параметрів $a, b, c, d, k, \ell, m, n, q$ і початкових умов (значень змінних у момент часу $t = 0$):

$$X(0) = X_0, \quad Y(0) = Y_0, \quad Z(0) = Z_0$$

дозволяє дослідити перебіг інфекційного процесу в часі.

Важливо відзначити, що модель за різних початкових умов і параметрів системи дає абсолютно різну динаміку процесу. При цьому можливі чотири основні форми перебігу інфекційного захворювання: субклінічна, гостра, хронічна і летальна.

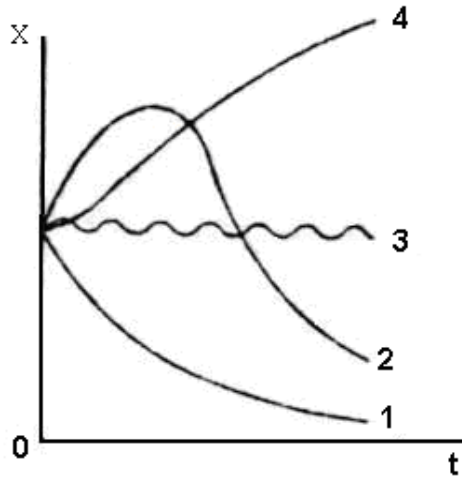
1. Субклінічна форма: імунна система швидко нейтралізує антиген, в результаті чого концентрація антигенів не досягає небезпечного рівня; клінічні прояви хвороби відсутні.

2. Гостра форма: організм атакується антигеном у більших кількостях. Спочатку спостерігається інтенсивне зростання концентрації антигенів. Імунна система відповідає активацією В-лімфоцитів і синтезом антитіл. Після формування достатньої кількості антитіл відбувається різке зниження антигенного навантаження на організм та одужання.

3. Хронічна форма: встановлюється динамічна рівновага між концентраціями антигенів й антитіл. Концентрації коливаються навколо сталого рівня, що відповідає персистенції інфекції; виникає стійкий стан хвороби.

4. Летальна форма: імунна відповідь запізнюється або є недостатньою. В результаті антиген швидко накопичується, що призводить до тяжких і незворотних змін в організмі.

Графіки чотирьох можливих форм перебігу хвороби (1, 2, 3, 4) наведені нижче.



Можливі форми перебігу інфекційного захворювання

Отже, модель імунної реакції організму на антиген дозволяє:

- прогнозувати перебіг інфекційного процесу;
- оцінювати ефективність противірусної або антибактеріальної терапії;
- аналізувати вплив температури тіла на імунну відповідь;
- визначати критичні параметри, що переводять систему з гострої у хронічну форму;
- оптимізувати лікувальну тактику.

Математичне моделювання імунної відповіді є важливим інструментом кількісного аналізу інфекційних процесів та прикладом застосування методів нелінійної динаміки в клінічній медицині.

12.4 Математична модель поширення інфекції (SIR-модель)

Найпростішою та водночас фундаментальною моделлю епідемічного процесу є **SIR-модель** (*Susceptible-Infected-Recovered*). Вона описує поширення інфекційного захворювання в замкненій популяції (наприклад, в населеному пункті) за допомогою системи трьох диференціальних рівнянь першого порядку. Ця модель вперше була запропонована О. Кермаком та А. Г. МакКендріком (1927), особливий випадок якої називається теорією Кермака – МакКендріка.

Позначимо:

N – загальна чисельність населення (вважається сталою, тобто населення не мігрує);

$S(t)$ – (від англ. *Susceptible*) – кількість здорових, але сприйнятливих до інфекції осіб, які не мають імунітету;

$I(t)$ – (від англ. *Infected*) – кількість інфікованих (хворих) осіб, які потенційно можуть заразити здорових, сприйнятливих до інфекції;

$R(t)$ – (від англ. *Recovered*) – кількість осіб, які перехворіли, потім одужали й набули імунітету (або померли).

Очевидно, що загальна чисельність населення N дорівнює:

$$N = S(t) + I(t) + R(t).$$

Параметри моделі:

β – коефіцієнт зараження – інтенсивність поширення інфекції в популяції; визначає швидкість передачі інфекції від інфікованих людей до сприйнятливих;

T – середня тривалість інфекційного періоду (хвороби), у днях;

$\gamma = \frac{1}{T}$ – коефіцієнт одужання – середня швидкість одужання, характеризує швидкість переходу інфікованих людей до групи тих, хто одужав.

З урахуванням наведених вище позначень і параметрів знаходимо швидкості зміни з часом кількості здорових (сприйнятливих до інфекції) осіб $\frac{dS}{dt}$, кількості хворих осіб $\frac{dI}{dt}$ і кількості здорових із набутим після хвороби імунітетом осіб $\frac{dR}{dt}$ і отримуємо систему трьох нелінійних диференціальних рівнянь, які описують модель:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\beta \frac{SI}{N} \\ \frac{dI}{dt} = \beta \frac{SI}{N} - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} = \gamma I \end{cases}$$

Наведені вище рівняння можна пояснити таким чином:

1. Зменшення кількості здорових (сприйнятливих) осіб S : кількість нових випадків пропорційна кількості контактів між здоровими і хворими. Тому швидкість зараження пропорційна добутку $S \cdot I$.

2. Динаміка кількості хворих I : кількість хворих зростає внаслідок нових контактів сприйнятливих з інфікованими і зменшується завдяки тим, хто одужав.

3. Зростання кількості осіб з імунітетом R : у групу R переходять ті, хто одужав.

SIR-модель має важливий епідеміологічний зміст; вона дозволяє:

- визначити швидкість поширення інфекції;
- знайти максимальну кількість одночасно хворих (пік епідемії);
- оцінити загальну кількість осіб, що перехворіли;
- проаналізувати умови виникнення або згасання епідемії.

Ключовою характеристикою моделі є **базове репродуктивне число** (R_t), яке показує, скільки людей у середньому заражає одна інфікована людина в конкретний момент часу, і дорівнює:

$$R_t = \frac{\beta}{\gamma}.$$

Воно визначає поріг епідемічного процесу:

Якщо $R_t > 1$, інфекція поширюється, і можливий розвиток епідемії.

Якщо $R_t < 1$, захворювання поступово згасає.

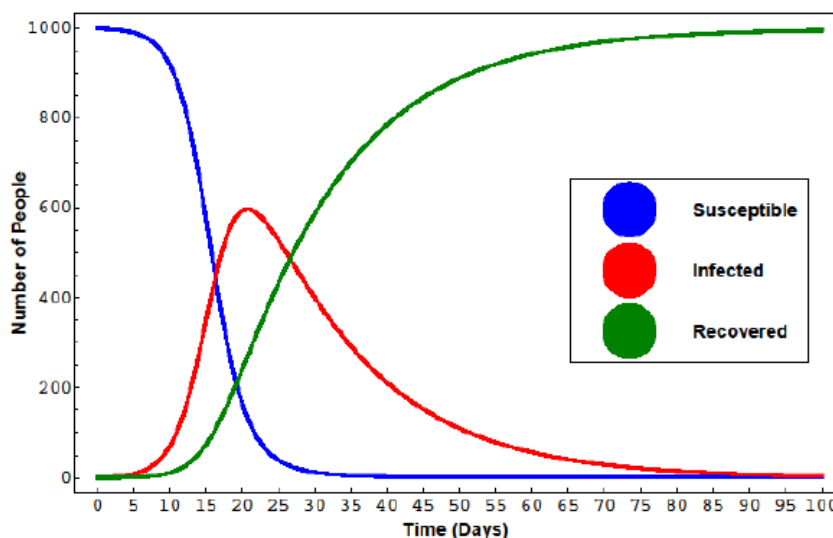
Типовий розв'язок рівнянь SIR-моделі має такий вигляд (див. графік нижче):

- **синя крива** – кількість сприйнятливих осіб $S(t)$: на початку майже все населення належить до цієї групи; зі збільшенням кількості контактів з інфікованими кількість сприйнятливих **швидко зменшується**; після певного часу крива виходить на низьке плато – це означає, що більшість людей або перехворіли, або набули імунітету;
- **червона крива** – кількість інфікованих $I(t)$: на початку кількість хворих невелика; через контакти і передачу інфекції вона швидко зростає; досягає піку епідемії; потім поступово зменшується, коли меншає сприйнятливих людей і частина хворих одужує (або ізолювана, або померла);
- **зелена крива** – кількість осіб з імунітетом $R(t)$: на початку майже нуль, потім постійно зростає; наприкінці епідемії виходить на плато.

Епідемія починає спадати в момент максимуму червоної кривої. У моделі це відповідає умові:

$$\frac{dI}{dt} < 0,$$

тобто швидкість зміни кількості інфікованих стає від'ємною.



Епідемія починає згасати тоді, коли кожен інфікований заражає в середньому менше ніж одну людину. Після проходження піку епідемії інфекція згасає через зменшення частки сприйнятливих осіб, вакцинацію, карантинні заходи, формування колективного імунітету.

На нашому графіку пік кількості інфікованих спостерігається приблизно на 20–22-й день; після цього моменту епідемія починає спадати.

SIR-модель є спрощеною моделлю поширення інфекції, оскільки вона не враховує такі фактори, як народжуваність і смертність; не враховує міграцію; не розрізняє ступінь тяжкості хвороби; не враховує латентний період тощо.

Для більш точного опису використовуються її модифікації: SEIR-моделі (які враховують латентну фазу), моделі з вакцинацією, віковою структурою населення та стохастичні варіанти. Тим не менш SIR-модель є основою прогнозування епідемій, оцінки ефективності карантинних заходів, планування вакцинації та розрахунку навантаження на систему охорони здоров'я.

12.5 Фармакокінетичні моделі

Фармакокінетика вивчає розподіл біологічно активної речовини в організмі та зміну її концентрації з часом. До біологічно активних речовин належать, насамперед, лікарські препарати. Характер зміни концентрації лікарського препарату в організмі залежить від способу введення (внутрішньовенного, внутрішньом'язового, перорального тощо), швидкості всмоктування, розподілу, метаболізму та виведення.

У фармакокінетиці існує так званий «*камерний підхід*». Для спрощення моделювання організм умовно поділяють на *камери* – частини, у межах яких досліджуваний препарат вважається розподіленим рівномірно. Такий підхід дозволяє описати складні біологічні процеси за допомогою відносно простих математичних рівнянь.

Найпростішою фармакокінетичною моделлю є **лінійна однокамерна модель**, яка добре описує поведінку препаратів, що швидко й повністю надходять у системний кровотік (наприклад, при внутрішньовенному введенні).

У **лінійній** моделі припускається, що:

1) препарат миттєво й рівномірно розподіляється в об'ємі V ;

2) швидкість елімінації (виведення) препарату $\frac{dM}{dt}$ пропорційна масі $M(t)$

препарату в камері,

3) процес елімінації підкоряється кінетиці першого порядку.

В **однокамерній** моделі організм розглядається як єдиний гомогенний простір (як одна камера). При цьому припускається, що препарат миттєво, відразу після введення рівномірно розподіляється по всьому об'єму організму, а також те, що швидкість розподілу препарату значно перевищує швидкість його виведення (елімінації).

Диференціальне рівняння однокамерної лінійної фармакокінетичної моделі має вигляд:

$$\frac{dM}{dt} = -kM,$$

де k – **константа елімінації** (швидкість видалення препарату з організму).

Розв'язок цього диференціального рівняння має вигляд:

$$M(t) = M_0 \cdot e^{-kt},$$

де M_0 – маса препарату в момент часу $t=0$, тобто безпосередньо після введення.

Оскільки концентрація $C(t)$ препарату залежить від маси препарату:

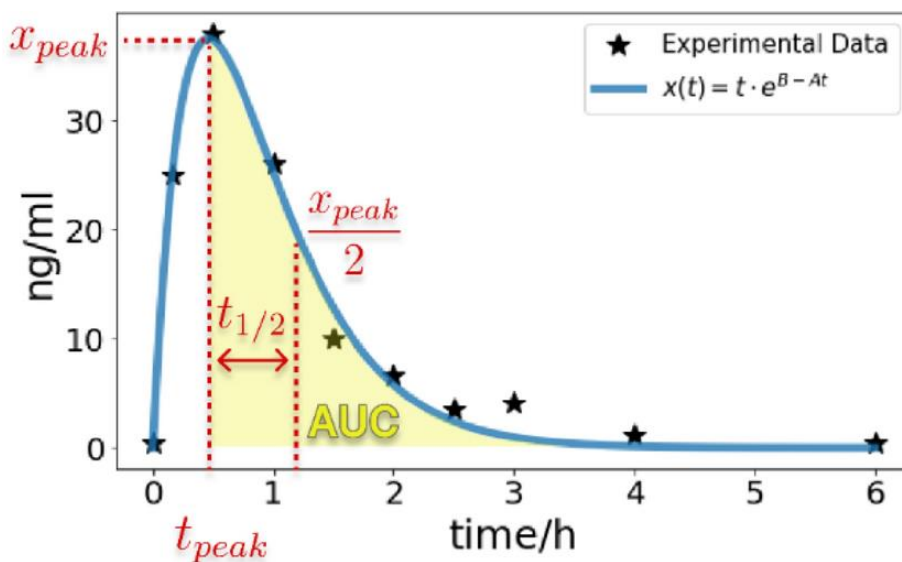
$$C(t) = \frac{M(t)}{V},$$

то

$$C = C_0 \cdot e^{-kt},$$

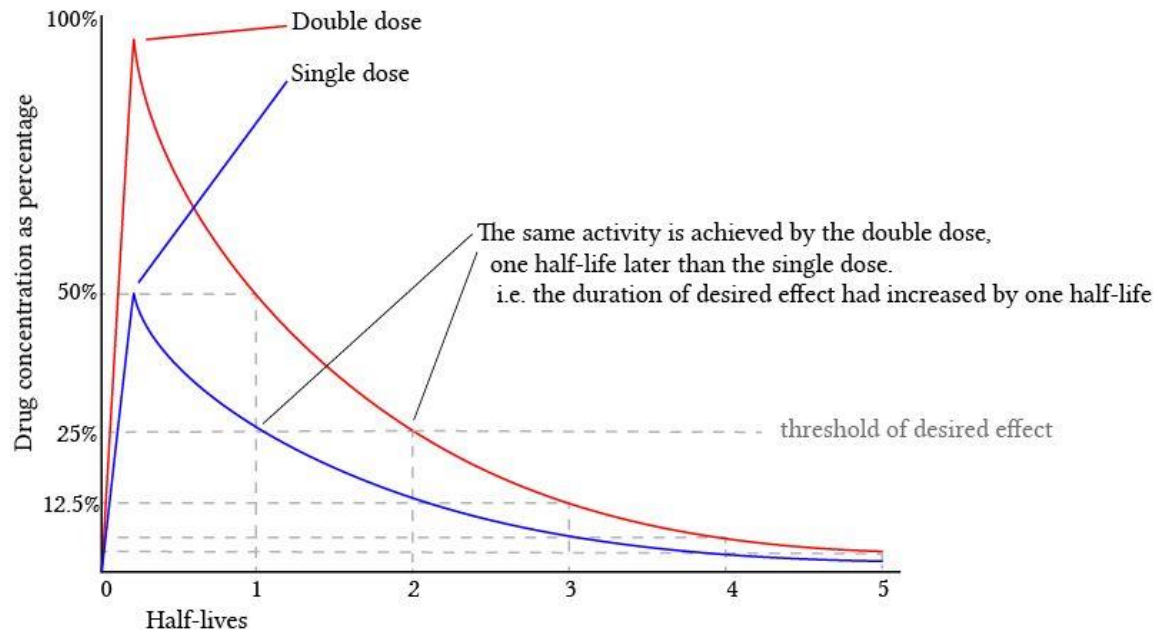
де C_0 – концентрація препарату в початковий момент часу.

Типова крива концентрації після одноразового внутрішньовенного введення має вигляд спадної експоненти.



Якщо препарат вводиться повторно через однакові інтервали часу, можливе накопичення речовини до досягнення стаціонарної концентрації.

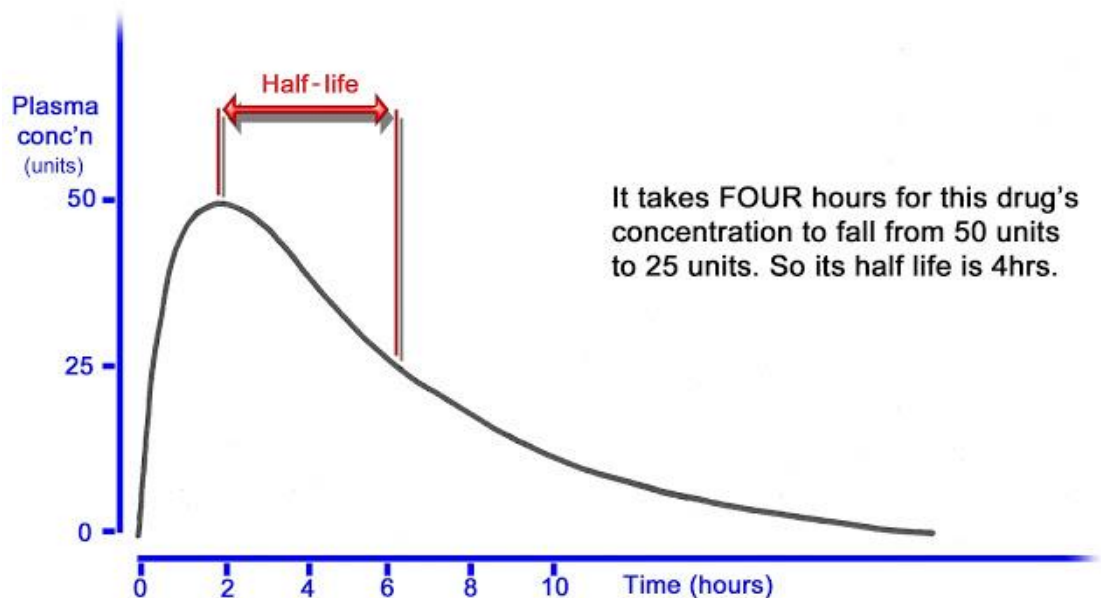
Doubling the dose increases duration of action by one half-life

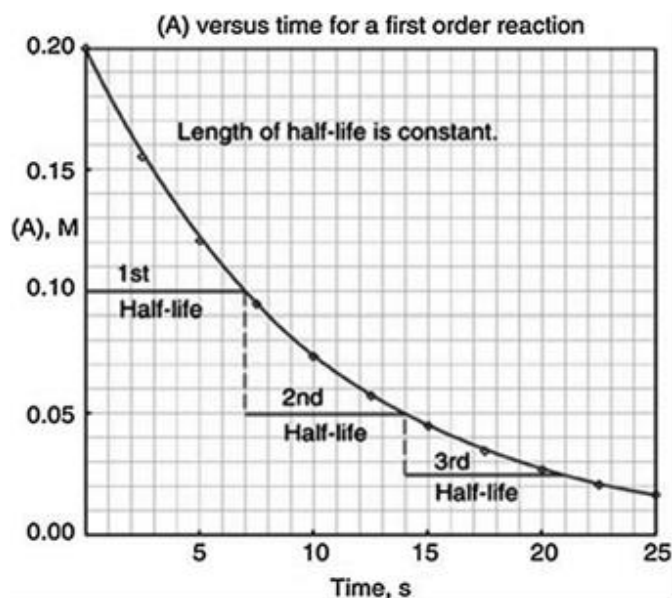


Як видно, концентрація лікарського препарату в крові зменшується за спадним експоненціальним законом, подібно до процесу радіоактивного розпаду. Отже, за аналогією з періодом напіврозпаду радіоактивної речовини у фармакокінетиці існує поняття **періоду напіввиведення** (*drug half-life*). Період напіввиведення ($T_{1/2}$) дорівнює:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}.$$

Період напіввиведення – це час, за який концентрація препарату в організмі зменшується вдвічі. Він є важливою клінічною характеристикою й зазвичай зазначається в інструкціях до лікарських засобів.

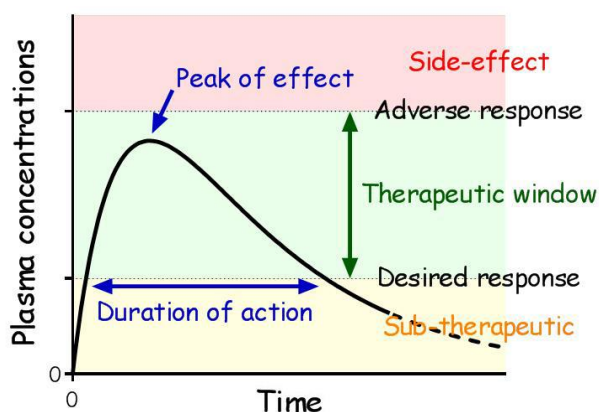




Фармакокінетична однокамерна модель дозволяє:

- розраховувати концентрацію препарату в будь-який момент часу;
- визначати оптимальні інтервали між введеннями;
- оцінювати ризик накопичення препарату;
- прогнозувати досягнення терапевтичної концентрації;
- уникати токсичних рівнів.

У практиці важливим є поняття **терапевтичного вікна** (*therapeutic window*) – діапазону концентрацій, у межах якого препарат є ефективним і безпечним. Використання фармакокінетичної моделі допомагає знаходити терапевтичне вікно і підтримувати концентрацію в його межах.



Важливо відзначити, що реальні фармакокінетичні процеси часто складніші, тому для їх описання використовуються дво- та багатокамерні моделі (для препаратів із фазою швидкого розподілу та повільної елімінації); моделі з урахуванням абсорбції (для перорального введення); нелінійні моделі (коли швидкість елімінації не пропорційна концентрації); популяційні фармакокінетичні моделі, що враховують індивідуальні особливості пацієнтів тощо.

13. МУЛЬТИМЕДІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ

13.1 Апаратне забезпечення та форми використання мультимедіа

Мультимедійні технології – це інформаційні технології, що забезпечують подання даних користувачеві одночасно в кількох формах (текст, графіка, анімація, звук, відео) з можливістю інтерактивної взаємодії.

Термін *multimedia* (від лат. *multum* – багато та *medium* – засіб, середовище) буквально означає «багато носіїв інформації».

На відміну від традиційних способів подання інформації, мультимедіа поєднує різні канали сприйняття (зоровий, слуховий), що суттєво підвищує ефективність засвоєння матеріалу, особливо в освітньому та медичному середовищі.

Мультимедійні продукти. Можна поділити на кілька категорій залежно від призначення та цільової аудиторії (споживачів):

1. *Комп'ютерні ігри* – інтерактивні системи з використанням графіки, анімації, звуку, відеоефектів і технологій віртуальної реальності.

2. *Бізнес-програми* – презентації, рекламні матеріали, корпоративні тренінги, відеоконференції.

3. *Освітні програми* – електронні підручники, симулятори, інтерактивні навчальні курси, системи дистанційного навчання.

4. *Програми для створення мультимедійного контенту* – редактори відео, аудіо, графіки, анімації, середовища розробки презентацій і інтерактивних курсів.

У медичній освіті та практиці особливе значення мають мультимедійні тренажери, віртуальні анатомічні атласи, клінічні симулятори та телемедичні системи.

Апаратне забезпечення мультимедіа

Мультимедійні технології реалізуються за допомогою спеціальних апаратних і програмних засобів.

Мультимедійний комп'ютер повинен мати достатню продуктивність процесора, обсяг оперативної пам'яті, сучасну відеокарту та звукову систему для відтворення високоякісної графіки, демонстрації відео високої роздільної здатності, відтворення звуку з якістю, не нижчою за побутові аудіосистеми.

До комп'ютера можуть підключатися такі **пристрої введення та виведення інформації**:

- *принтер, плотер* – для виведення текстової та графічної інформації на папір;
- *3D-принтер* – для пошарового створення фізичних об'єктів за цифровими тривимірними моделями (широко застосовується в медичному прототипуванні, стоматології, ортопедії);

- *сканер* – для введення графічної інформації з паперових носіїв;
- *проектор* – для демонстрації зображення на великому екрані;
- *звукові колонки, аудіосистеми, навушники* – для відтворення звуку;
- *TV-тюнер* – для приймання теле- та радіосигналів;
- *джойстик та інші маніпулятори* – для керування об'єктами в інтерактивних системах;
- *відеокамера* – для захоплення відеоінформації (зокрема для телемедицини);
- *пристрої віртуальної та доповненої реальності (Virtual and augmented reality devices)* – VR-шоломи, VR-окуляри, датчики руху;
- *зовнішні накопичувачі* – для зберігання великих обсягів мультимедійних даних;
- *мережеві адаптери, модеми, бездротові пристрої* – пристрої для підключення і забезпечення доступу до локальних і глобальних мереж.

Форми використання мультимедіа

Мультимедійні технології можуть використовуватися у двох формах – локально на окремому комп'ютері з диска і шляхом безпосереднього програвання потоку з Інтернету.

1. *Локально* – відтворення даних із жорсткого диска, SSD, флеш-накопичувача або оптичного диска.
2. *Через мережу Інтернет* – завантаження або потокове відтворення (*Streaming*).

Потокові технології

Потокове відтворення передбачає передачу аудіо- та відеоданих у режимі реального часу через інтернет без необхідності повного попереднього завантаження файлу на пристрій. **Стрімінг** (*Streaming*), або *потокове мовлення*, – це передача аудіо- або відеоданих безперервним потоком з інтернету на пристрій користувача в режимі реального часу, без необхідності завантажувати файл на пристрій.

Стрімінг дозволяє дивитися прямі трансляції, фільми, слухати музику або спостерігати за прямими ефірами (стрімами) відразу, як вони відбуваються, наприклад, через YouTube, Twitch чи Netflix.

Потокові технології пред'являють *дві ключові вимоги* до обчислювальної системи:

- 1) висока пропускна здатність каналу передачі даних;
- 2) забезпечення відтворення в режимі реального часу.

Необхідна **швидкість передачі даних** залежить від типу контенту:

- аудіо (музика) – 128–320 кбіт/с;
- відео стандартної якості – 2–5 Мбіт/с;
- відео високої роздільної здатності (HD, Full HD) – 10–25 Мбіт/с і більше;
- відео 4K – понад 25 Мбіт/с.

Такі високі вимоги до швидкості передачі даних зумовлені фізіологічними особливостями сенсорних систем людини. Зоровий і слуховий аналізатори здатні сприймати й обробляти великі обсяги інформації за дуже короткий проміжок часу, тому для формування цілісного й якісного образу сигнал повинен надходити без затримок і спотворень.

Зоровий аналізатор працює за принципом дискретного сприйняття швидко змінюваних зображень. При частоті оновлення приблизно 16–20 кадрів за секунду виникає явище *злиття світлових подразнень*, і окремі кадри починають сприйматися як безперервний рух (ефект персистенції зору). Саме тому відео передається з частотою **24–60 кадрів за секунду**: нижча частота викликає відчуття «смикання» та зоровий дискомфорт.

Людина здатна розрізнити до 10 млн відтінків кольору. Просторове розділення (гострота зору) вимагає високої деталізації зображення, особливо при перегляді медичних знімків (рентгенівських, КТ, МРТ). Будь-які затримки або втрати кадрів порушують механізм інтеграції сигналу в зоровій корі головного мозку та можуть спричинити швидку втому або зниження концентрації уваги.

Слуховий аналізатор ще чутливіший до часових порушень, тому для аудіосигналу вимоги ще жорсткіші: навіть відхилення у кілька мілісекунд можуть бути сприйняті як спотворення або переривання звуку.

Людське вухо здатне сприймати звуки в діапазоні приблизно 20 Гц – 20 кГц. При цьому воно може розрізнити дуже малі зміни частоти (менше 1 %), фіксувати часові відмінності сигналів у межах кількох мілісекунд. Саме тому навіть незначний *джитер* або переривання аудіопотоку викликають відчуття «кляцання», відлуння або спотворення мови. Для мовлення особливо важливою є точна передача тембру й ритму, оскільки мозок використовує часову структуру сигналу для розпізнавання фоном.

У реальному сприйнятті інформація часто надходить одночасно через кілька каналів (аудіо + відео). Мозок інтегрує ці сигнали в єдину перцептивну модель. Якщо між звуком і зображенням виникає затримка понад 80–100 мс, людина починає помічати асинхронність (ефект «розсинхронізації губ»).

Джитер – це нерівномірність часу доставки пакетів даних у мережі. Він визначається як різниця між мінімальним і максимальним відхиленням часу проходження пакета від середнього значення.

Наприклад, якщо

- мінімальний час передачі 100 пакетів даних – 395 мс;
- максимальний – 405 мс;
- середній – 400 мс,

то джитер становить 5 мс.

Для якісного відтворення мультимедіа джитер повинен перебувати в допустимих межах (зазвичай до 20–30 мс для відео і значно менше для аудіо).

Таким чином, вимоги до пропускної здатності мережі та стабільності передачі даних визначаються не лише технічними характеристиками системи, а й біологічними особливостями нервової системи людини. Забезпечення достатньої швидкості, мінімальної затримки та низького джитера є необхідною умовою формування якісного сенсорного образу та комфортного сприйняття мультимедійної інформації.

Параметри якості обслуговування (QoS)

Параметри, що визначають придатність мережі для передачі мультимедійних потоків, називаються параметрами якості обслуговування (*Quality of Service, QoS*).

До таких параметрів належать:

- 1) пропускна здатність – максимальна швидкість передачі даних;
- 2) затримка (*latency*) – час проходження пакета від відправника до одержувача;
- 3) джитер – варіація затримки;
- 4) імовірність втрати пакета або біта – частка втрачених даних під час передачі.

Наприклад, для передачі відео у форматі MPEG-2 прийнятними можуть бути такі параметри якості обслуговування:

- середня пропускна здатність – 4 Мбіт/с;
- 99 % затримок – у межах 105–110 мс;
- джитер – близько 2–5 мс;
- ймовірність втрати біта – 10^{-10} .

13.2 Типи і формати мультимедійних файлів

Будь-який мультимедійний продукт містить у собі декілька основних інформаційних компонентів, кожному з яких відповідають певні типи та формати файлів:

- текстові;
- графічні;

- звукові;
- відео та анімаційні;
- інтерактивні (зокрема тривимірні моделі, елементи віртуальної та доповненої реальності).

Типовий мультимедійний продукт (електронний підручник, вебкурс, навчальний фільм, медичний симулятор) складається не з одного файлу, а з комплексу взаємопов'язаних файлів різних типів, об'єднаних певною логічною та програмною структурою.

1. Текстові файли

Текст у мультимедіа використовується для пояснень, інструкцій, підписів, гіперпосилань, сценаріїв. Основні формати текстових файлів:

- TXT – простий текст без форматування;
- DOC / DOCX – текстові документи з форматуванням;
- PDF – формат для збереження структури документа;
- HTML – мова розмітки вебсторінок.

У медичних освітніх продуктах текст часто містить структуровані елементи: таблиці, формули, клінічні алгоритми, гіперпосилання на довідкові ресурси.

2. Графічні файли

Графіка може бути растровою або векторною.

Растрова графіка складається з пікселів і залежить від роздільної здатності.

Основні формати:

- JPEG (JPG) – стиснення з втратою якості, використовується для фотографій;
- PNG – безвтратне стиснення, підтримка прозорості;
- BMP – формат без стиснення;
- TIFF – високоякісні зображення (часто застосовується у медицині);
- DICOM – спеціалізований медичний формат для збереження результатів КТ, МРТ, рентгенографії.

Векторна графіка описується математичними формулами (лінії, криві, фігури) і не втрачає якості при масштабуванні. Основні формати: SVG, EPS, AI.

У медичних дослідженнях векторна графіка використовується для побудови схем, анатомічних діаграм, алгоритмів надання допомоги.

3. Звукові файли

Звук у мультимедіа використовується, наприклад, для озвучення лекцій, сигналів, фонового супроводу, аудіокоментарів до клінічних випадків. Звукові файли можуть містити записи серцевих тонів, дихальних шумів, що використовуються в електронних тренажерах із пропедевтики внутрішніх хвороб тощо.

Основні формати звукових файлів:

- WAV – висока якість, без стиснення;
- MP3 – стиснення з втратою якості;
- AAC – сучасний формат стиснення;
- FLAC – безвтратне стиснення.

4. Відеофайли та анімація

Відео поєднує зображення й звук та є одним із найбільш інформативних компонентів мультимедіа.

Основні формати відео:

- MP4 – універсальний формат, широко використовується в Інтернеті;
- AVI – один із перших контейнерних форматів;
- MKV – сучасний контейнер із підтримкою різних кодеків;
- MOV – формат для професійного відеомонтажу.

Слід розрізняти контейнер (MP4, AVI, MKV) – оболонка файлу і кодек (H.264, H.265 тощо) – алгоритм стиснення відеоданих.

5. Інтерактивні та тривимірні файли

Сучасні мультимедійні продукти часто містять інтерактивні 3D-моделі. Для них використовуються такі формати: OBJ, STL, FBX, GLTF.

Інтерактивні та тривимірні файли застосовуються для віртуальних анатомічних атласів, моделювання органів і патологічних процесів, підготовки моделей для 3D-друку, створення VR/AR-додатків у медичній освіті.

Типовий мультимедійний продукт має ієрархічну структуру:

- головний файл (запусковий або вебсторінка);
- папки із зображеннями;
- папки з аудіо- та відеофайлами;
- службові файли (скрипти, таблиці стилів);
- база даних або файли метаданих.

Мультимедійні файли є структурними елементами складних інформаційних систем. Вони відрізняються за способом подання даних, методами стиснення, обсягом і призначенням. У медичній практиці *правильний вибір формату* файлу має принципове значення, оскільки впливає на якість діагностичних зображень, точність передавання аудіосигналів та ефективність лікувального процесу.

13.3 Кодування та стиснення звуку

У сучасній медицині обсяг мультимедійної інформації постійно зростає: це аудіозаписи серцевих тонів і дихальних шумів, відеозаписи ендоскопічних досліджень, телеконсультації, навчальні відеоматеріали тощо. Передавання й зберігання таких даних потребує значних ресурсів пам'яті та пропускну здатності мережі.

Тому кодування й стиснення мультимедійних файлів є необхідною умовою ефективного зберігання великих масивів даних, передачі інформації в режимі реального часу (телемедицина), роботи мобільних медичних пристроїв, архівування медичних записів.

Звукові хвилі за своєю природою є механічними коливаннями повітря. Мікрофон перетворює ці коливання на електричний сигнал (змінну напругу). Далі сигнал надходить до **аналого-цифрового перетворювача (АЦП)** – електронного пристрою, який перетворює безперервні аналогові сигнали (наприклад, напругу, звук, температуру) у дискретний цифровий код (двійковий сигнал). Процес перетворення аналогового сигналу в цифровий включає два основні етапи:

- **дискретизацію** – вимірювання значення сигналу через рівні проміжки часу;
- **квантування** – округлення виміряного значення амплітуди сигналу до найближчого допустимого цифрового рівня.

З позиції графічного зображення сигналу (де по горизонтальній осі відкладається час t , а по вертикальній – амплітуда сигналу A) ці процеси відбуваються так:

- дискретизація здійснюється по осі часу (горизонтальній осі). Безперервний у часі сигнал замінюється послідовністю його значень, виміряних у визначені моменти часу з певною частотою дискретизації;
- квантування здійснюється по осі амплітуди (вертикальній осі). Кожне виміряне значення амплітуди округлюється до найближчого рівня з обмеженої кількості допустимих рівнів, що визначаються розрядністю аналого-цифрового перетворювача.

Таким чином, дискретизація перетворює безперервний аналоговий сигнал на дискретний у часі, а квантування – на дискретний за рівнем амплітуди сигналу. Обидва процеси є необхідними для подальшого цифрового зберігання та обробки сигналів.

Отже, АЦП не вимірює сигнал безперервно, а здійснює відліки (виміри сигналу) з певною частотою – *частотою дискретизації*.

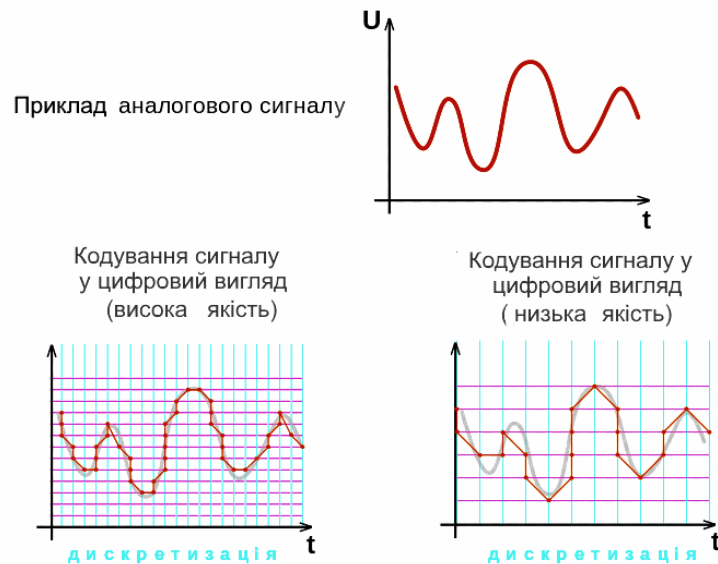
Згідно з теоремою Котельникова (або теоремою Найквіста – Шеннона), для повного відновлення сигналу з максимальною частотою f необхідно здійснювати дискретизацію з частотою не меншою ніж $2f$ (*частота Найквіста*).

Оскільки людина сприймає звук у діапазоні приблизно від 20 Гц до 20 000 Гц, мінімальна частота дискретизації має становити **не менше 40 000 Гц**.

У мультимедійних системах найчастіше використовуються стандартні значення частоти дискретизації:

- 44 100 Гц (стандарт аудіо-CD);
- 48 000 Гц (професійне відео та телемовлення).

Перетворення аналогового сигналу у цифровий вигляд



Квантування та шум квантування

Оцифровані відліки ніколи не бувають точними, оскільки АЦП може вимірювати вхідний сигнал не точно, а з певним кроком за рівнем сигналу – *кроком квантування*.



Кожний відлік сигналу представляється двійковим числом певної довжини, що називається *розрядністю* (наприклад: 8, 12, 16 або 24 біти). Розрядність визначає кількість можливих рівнів квантування, тобто кількість допустимих значень амплітуди, які може прийняти цифровий сигнал. Кількість рівнів дорівнює 2^n , де n – кількість бітів. Наприклад, якщо розрядність 8 біт, то кількість рівнів, на які можна розбити вісь амплітуди сигналу, дорівнює 256:

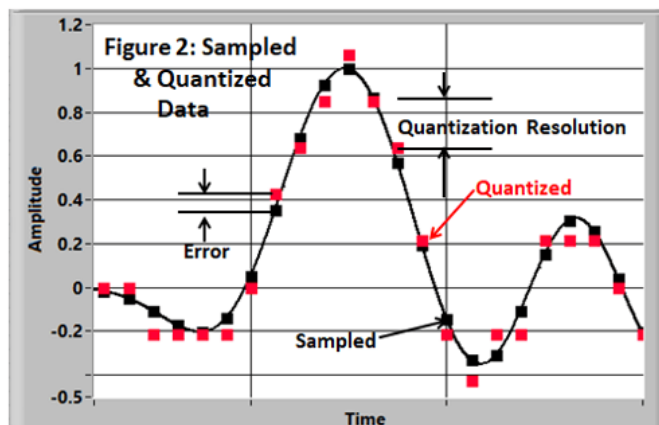
$$8 \text{ біт} \rightarrow 2^8 = 256 \text{ рівнів};$$

$$12 \text{ біт} \rightarrow 2^{12} = 4096 \text{ рівнів};$$

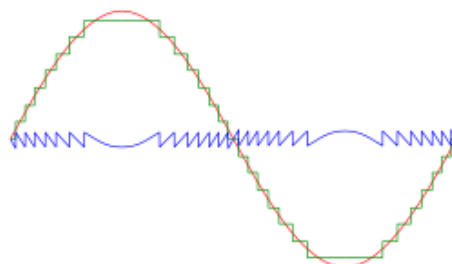
$$16 \text{ біт} \rightarrow 2^{16} = 65536 \text{ рівнів}.$$

Чим більша розрядність, тим більше рівнів квантування, менший крок між сусідніми рівнями (крок квантування), точніше відтворюється амплітуда сигналу і, отже, менша похибка (помилка) квантування.

Обмежена кількість бітів означає, що реальна амплітуда сигналу вимушено округлюється до найближчого дозволеного рівня. Різниця між реальним значенням амплітуди та її округленим цифровим значенням називається *помилкою квантування*. Максимальна помилка зазвичай не перевищує половини кроку квантування.



При недостатній розрядності (малій кількості бітів) цей шум може бути настільки інтенсивним, що стає помітний на слух як характерне «пісочне» спотворення звуку, неприродне забарвлення або фонове шипіння.



Чим більше бітів використовується для представлення кожного відліку, тим меншим є рівень шуму квантування і тим вищим стає **динамічний діапазон запису** – різниця між найгучнішим і найтихішим звуком, які можна записати без спотворень:

- 8 біт – низька якість (динамічний діапазон до 48 дБ), шум і спотворення чітко помітні;
- 16 біт – стандартна якість, що використовується на Audio CD (динамічний діапазон до 96 дБ); цього достатньо для чистого відтворення більшості видів музики;
- 24 біти – професійний стандарт для студійного запису та Hi-Res Audio (динамічний діапазон до 144 дБ); забезпечує максимальну точність передачі найдрібніших деталей звуку та запас для подальшої обробки.

У процесі оцифрування звуку дані потрапляють до аудіофайлів із певною частотою дискретизації, яка для стандартної якості становить $44\,100\text{ Гц}$ ($44,1\text{ кГц}$). Це означає, що АЦП робить 44 100 «знімків» амплітуди звукової хвилі щосекунди. Згідно з теоремою Котельникова (Найквіста), така частота дозволяє безпомилково зберігати та відтворювати звуки з частотами до 22 кГц (половина частоти дискретизації). Оскільки людське вухо здатне сприймати звуки лише до 20 кГц , такий стандарт повністю охоплює весь чутний діапазон.

Кожний окремих відлік (вимір) сигналу записується як 16-бітне (2-байтове) ціле двійкове число, значення якого прямо пропорційне амплітуді (миттєвій гучності) сигналу в даний момент часу. Вибір 16-бітного формату забезпечує високу точність передачі динаміки звуку, де кожному відліку відповідає одне з 65 536 ($2^{16} = 65\,536$) можливих значень рівня напруги.

У результаті поєднання частоти $44\,100\text{ Гц}$ та розрядності 16 біт створює цифровий потік даних, який при зворотному перетворенні в аналоговий сигнал звучить чисто, деталізовано та максимально наближено до оригіналу, мінімізуючи вплив цифрових помилок на сприйняття музики.

Пропускна здатність системи (бітрейт)

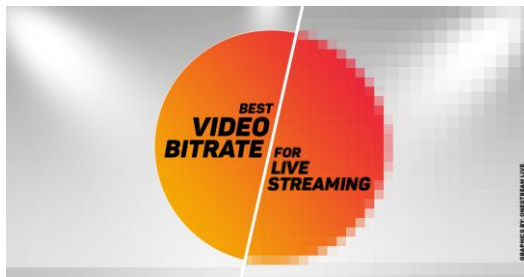
Бітова швидкість, бітрейт (англ. *bitrate*) – це швидкість проходження бітів інформації за секунду. Бітову швидкість визначають у бітах за секунду (**біт/с**, **bps**), а також похідних величинах із префіксами кіло-, мега- тощо.

Необхідна для відтворення звуку пропускна здатність, або бітрейт, системи розраховується як добуток частоти дискретизації, розрядності (кількості біт на відлік) та кількості аудіоканалів. Формула виглядає так:

$$\text{Бітрейт} = \text{Частота дискретизації} \times \text{Розрядність} \times \text{Кількість каналів}$$

Для стандартної якості ($44\,100\text{ Гц}$, 16 біт) потік даних становить приблизно:

- 705,6 кбіт/с для монофонічного сигналу;
- 1411 кбіт/с (1,411 Мбіт/с) для стереозвуку (два канали).



Очевидно, що для потокової передачі через інтернет або зберігання на мобільних пристроях такі обсяги даних є значними. Саме тому використовують спеціальні *алгоритми стиснення цифрового звуку*. Вони дозволяють суттєво зменшити швидкість передачі даних (необхідну пропускну здатність) при збереженні прийнятної якості звучання.

Найбільш популярним форматом стиснення є **MP3**. Завдяки використанню психоакустичних моделей (видаленню звуків, які людське вухо майже не сприймає), цей алгоритм дозволяє стискати аудіодані приблизно в 10 разів практично без помітної втрати якості для пересічного слухача.

Цифровий звук має величезну перевагу – його надзвичайно легко обробляти на комп'ютері. Сучасне програмне забезпечення дозволяє користувачам записувати, відтворювати, редагувати, міксувати та зберігати аудіо без втрати якості при копіюванні. На сьогодні весь професійний звукозапис, монтаж та створення спецефектів здійснюються виключно в цифровому вигляді, що відкриває безмежні можливості для творчості та обробки звуку.

13.4 Кодування зображення

Сітківка ока людини має інерційні властивості: яскраве зображення, що швидко з'явилося на сітківці, зберігається на ній ще кілька мілісекунд. Це явище називають *персистенцією зору*.

Якщо послідовність близьких або однакових зображень відтворюється (з'являється і зникає) з достатньо високою частотою, око не розрізняє окремі дискретні кадри, а сприймає їх як безперервний рух. Частота, при якій око людини перестає помічати мерехтіння (миготіння світла, зображення), називається *критичною частотою злиття миготінь* і для більшості людей становить приблизно **50–60 Гц**. Саме на цьому принципі ґрунтується робота всіх відеосистем для створення зображень, що рухаються.

Аналогове формування зображення

Для розуміння принципів роботи відеосистем доцільно звернутися до класичного чорно-білого телебачення. У ранніх телевізійних системах, зокрема стандарту PAL, що використовувався в більшості країн Європи, зображення формувалося електронно-променевою трубкою. Камера перетворювала двовимірне оптичне зображення на одномірний електричний сигнал – залежність напруги від часу.

Електронний промінь здійснював сканування зображення построчно: зліва направо в межах кожного рядка та зверху вниз у межах кадру – аналогічно до читання тексту. Після завершення сканування кадру промінь повертався у вихідну точку, і процес повторювався. Сукупність параметрів (кількість рядків, частота кадрів, спосіб синхронізації) визначала телевізійний стандарт.

Черезрядкова та прогресивна розгортка

Для того, щоб передати плавний рух об'єкта, вистачає частоти в 24–25 кадрів за секунду (саме така частота використовується в кінематографі).

Проте за такої частоти кадрів (частоти розгортки) глядачі сприймають зображення як миготливе (мерехтливе). Це пов'язане з тим, що сітківка ока встигає «відновитися», перш ніж з'явиться новий кадр.

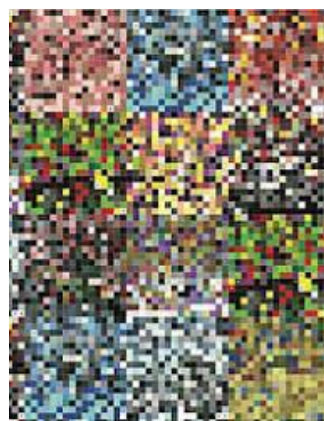
Щоб зменшити мерехтіння без подвоєння обсягу переданої інформації, було запропоновано *техніку черезрядкової розгортки*: лінії розгортки показуються на екрані не підряд, а через одну; спочатку відображаються всі непарні рядки кадру, а потім – усі парні. У результаті екран оновлюється 50 разів на секунду (50 полів/с), хоча повних кадрів передається лише 25/с. Такий підхід суттєво зменшує помітність мерехтіння. Експерименти показали, що за такої послідовності відображення рядків на екрані людина не помічає мерехтіння зображення навіть при передачі 25 кадрів на секунду.

Альтернативою черезрядковій розгортці є *прогресивна розгортка*, при якій рядки відображаються послідовно один за одним, а плавність руху досягається завдяки підвищенню частоти кадрів (50–60 кадрів/с і більше). Цей принцип застосовується у *стандарті HDTV*, який забезпечує високу просторову та часову роздільну здатність зображення.

Сучасні цифрові відеосистеми

Дотепер ми розглядали аналогове відео. Обговоримо тепер цифрове відео. Сучасні системи формування зображення – це рідкокристалічні монітори та цифрові камери з ПЗЗ-матрицями (ПЗЗ – прилад із зарядовим зв'язком). На відміну від електронно-променевих трубок, у них відсутній скануючий промінь, проте принцип построкового формування відеосигналу зберігається на рівні цифрової обробки.

Цифрове зображення складається з прямокутної сітки елементів малюнка – пікселів. **Піксель** (від англ. *picture element*) – це найменший логічний елемент цифрового зображення або фізичний елемент матриці дисплея, що формує зображення. Сукупність пікселів утворює кадр, а послідовність кадрів – відеопотік.



Основними характеристиками цифрового відео є:

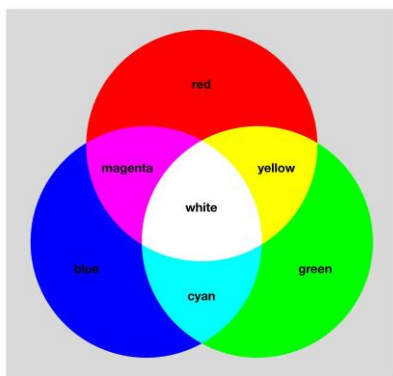
- *просторова роздільна здатність* (кількість пікселів по горизонталі та вертикалі, наприклад 1920×1080);
- *глибина кольору* (кількість біт на піксель);
- *частота кадрів* (кадрів за секунду);
- *бітрейт* (обсяг даних, що передається за одиницю часу).

Кодування кольору

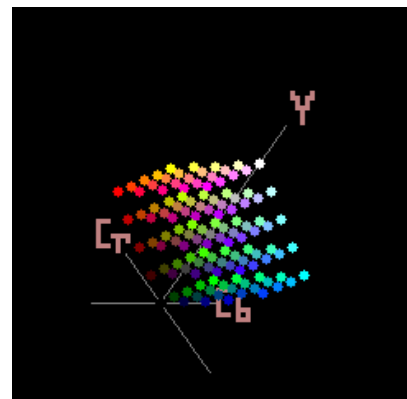
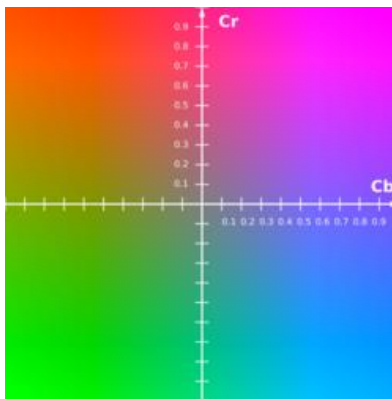
У кольоровому відео використовується той же принцип розгортки, що й у чорно-білому, з тою різницею, що замість одного кольору використовується три – червоний, зелений і синій. Це трикомпонентна **модель RGB** (red, green, blue), в якій кожен піксель описується інтенсивностями трьох вказаних базових кольорів. Стандартно застосовується 8 біт на кожен колір (канал), тобто 24 біти на піксель. Це дає можливість кодувати $2^{24} \approx 16,7$ млн відтінків.

Така кількість кольорів та їх відтінків перевищує можливості диференціації людського ока, однак забезпечує плавні переходи та відсутність помітної «схдинчастості» кольору. У практичних системах для зменшення обсягу даних часто застосовують перетворення кольорового простору (наприклад, **RGB** → **YCbCr**) із частковим зниженням просторової роздільної здатності кольорових компонент, оскільки око більш чутливе до змін яскравості, ніж до змін кольору.

RGB color model



© Encyclopædia Britannica, Inc.



Стиснення цифрового відео

Оскільки обсяг «сирого» цифрового відео є надзвичайно великим, у реальних системах застосовують алгоритми стиснення. Вони використовують:

- просторову надлишковість (подібність сусідніх пікселів у межах кадру);
- часову надлишковість (подібність між послідовними кадрами);
- особливості зорового сприйняття людини.

Сучасні стандарти кодування відео (наприклад, H.264/AVC або H.265/HEVC) дозволяють у десятки разів зменшити обсяг даних без суттєвої втрати якості.

13.5 Стиснення зображень і відеосигналу

Оцінимо пропускну здатність каналу зв'язку, необхідну для передачі нестисненого відеосигналу.

Для прикладу розглянемо цифровий відеосигнал з такими характеристиками:

- частота 50 кадрів на секунду;
- роздільна здатність 1920×1080 пікселів;
- глибина кольору 24 біта на піксель (по 8 біт на кожний із трьох компонентів RGB).

Обсяг інформації в одному кадрі становить: $1920 \times 1080 \times 24 \approx 49,8$ Мбіт.

За секунду передається 50 таких кадрів: $49,8 \text{ Мбіт} \times 50 \approx 2,49$ Гбіт/с.

Отже, пропускну здатність каналу повинна становити приблизно **2,5 Гбіт/с**. Це значення значно перевищує можливості типових комп'ютерних мереж загального призначення та більшості каналів передачі даних. Крім того, зберігання такого відео потребувало б величезних обсягів пам'яті (понад 1 ТБ приблизно за 1 год запису). Тому передача й зберігання мультимедійної інформації в нестисненому вигляді практично неможливі.

Саме це зумовило інтенсивний розвиток методів стиснення даних, які дозволяють суттєво зменшити обсяг інформації без значної втрати її якості.

Загальні принципи стиснення даних

Для будь-якого методу стиснення необхідні два алгоритми:

- алгоритм **кодування** (стиснення) – застосовується у джерела інформації;
- алгоритм **декодування** (відновлення) – застосовується у приймача.

Ці алгоритми разом утворюють **кодек** (від англ. *coder-decoder*). Кодек може реалізовуватися програмно або апаратно.

Методи стиснення поділяють на:

- **безвтратні** (*lossless*) – після декодування зображення повністю відновлюється;
- **з втратами** (*lossy*) – частина інформації відкидається, але візуальні втрати мінімізуються з урахуванням особливостей зорового сприйняття людини.

Для архівування медичних зображень – рентгенограм, томограм тощо – частіше використовують безвтратне або контрольоване стиснення, щоб уникнути втрати діагностично значущих деталей.

Для *стиснення нерухливих зображень* із неперервною зміною кольору (наприклад, фотографій, кадрів відео) широко використовується стандарт **JPEG**.

Для *стиснення відеосигналу* застосовують стандарти сімейства **MPEG** (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 та їх подальші модифікації). Сучасні реалізації включають H.264/AVC та H.265/HEVC.

На відміну від стиснення окремого зображення, відео має ще одну важливу властивість – *часову надлишковість*. Послідовні кадри часто дуже подібні один до одного.

Перший етап стиснення полягає в кодуванні окремих кадрів за принципами, подібними до JPEG (усунення просторової надлишковості). Додаткове стиснення досягається шляхом використання подібності між сусідніми кадрами.

Використання часової надлишковості

У сценах, де камера й фон нерухомі, а лише невелика кількість об'єктів повільно переміщується, більшість пікселів у сусідніх кадрах залишаються однаковими. У цьому випадку замість передавання повного зображення достатньо передати:

- опорний (базовий) кадр;
- інформацію про різницю між кадрами.

Простий підхід полягає у відніманні попереднього кадру від поточного з подальшим кодуванням різниці. Однак при повороті або русі камери значна частина зображення змінюється, що знижує ефективність такого методу.

Для розв'язання цієї проблеми використовують методи **компенсації руху**. Алгоритм аналізує переміщення блоків зображення між кадрами та передає:

- вектор руху (напрямок і величину зміщення);
- залишкову різницю після компенсації.

Таким чином, замість передачі великого масиву нових пікселів передаються лише параметри руху та невелика коригуюча інформація.

13.6 Стиснення медичних зображень

Медичні зображення істотно відрізняються від звичайних фотографій або відео. Їх основне призначення – не естетичне відтворення, а *точна передача діагностично значущої інформації*, тому до них висуваються підвищені вимоги щодо якості, роздільної здатності та збереження деталей.

Основні особливості медичних зображень

1. Висока просторова роздільна здатність

Просторова роздільна здатність – це здатність системи формувати та відображати дрібні деталі об'єкта. Інакше кажучи, це відповідь на питання: наскільки маленькі структури можна побачити окремо одна від одної?

Якщо два об'єкти розташовані дуже близько, то при низькій роздільній здатності вони зливаються в одну пляму, при високій роздільній здатності їх видно як дві окремі структури.

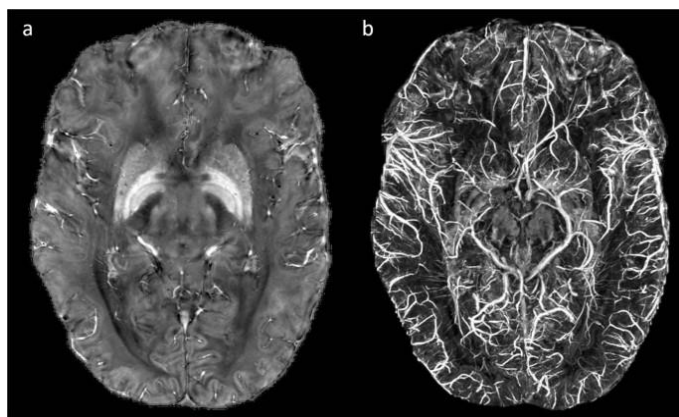
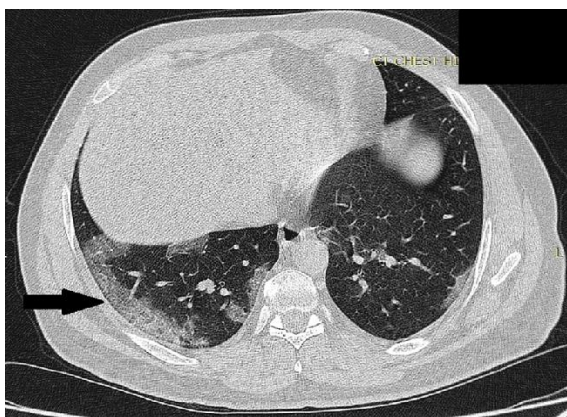
Роздільна здатність системи визначається: кількістю пікселів, розміром пікселя, якістю сенсора, оптикою та алгоритмами реконструкції.

Роздільна здатність зазвичай описується:

- розміром матриці (наприклад, 2048×2048);
- або розміром пікселя (наприклад, 0,1 мм).

Чим більше пікселів на ту саму площу, або менший фізичний розмір пікселя, тим вища просторова роздільна здатність.

Методи візуалізації, такі як комп'ютерна томографія, магнітно-резонансна томографія, цифрова рентгенографія або мамографія, формують зображення з дуже високою роздільною здатністю.



Наприклад:

- матриця 2048×2048 пікселів і більше;
- глибина 12–16 біт на піксель (на відміну від 8 біт у звичайних зображеннях).

Підвищена глибина кодування дозволяє розрізняти мінімальні відмінності щільності тканин, що критично важливо для виявлення патології.

2. Великий динамічний діапазон

У медичних зображеннях важливо передати широкий *діапазон яскравостей*. *Динамічний діапазон* зображення – це інтервал між найтемнішими та найсвітлішими ділянками, які система здатна зафіксувати, зберегти та відобразити без втрати інформації. Динамічний діапазон – це показник того, наскільки великі відмінності яскравості можуть бути коректно передані на зображенні.

Уявімо шкалу від чорного до білого. Якщо система має малий динамічний діапазон, вона розрізняє лише небагато відтінків сірого – дрібні відмінності і контрастні переходи зникають, «зливаюються». Якщо система має великий динамічний діапазон, вона розрізняє дуже тонкі градації між темним і світлим, ризик пропустити патологію зменшується.

Це особливо важливо там, де різниця між патологією і нормою мінімальна.

Наприклад:

- у рентгенографії – різниця між кістковою тканиною та м'якими тканинами;
- у томографії – незначні відмінності щільності;
- у мамографії – мікрокальцифікати розміром кілька десятих міліметра.



У медичних зображеннях різниця між здоровою та патологічною тканиною може бути дуже малою, патологічне утворення може відрізнятися лише на кілька одиниць щільності, мікрокальцифікати або ішемічні зміни мають слабкий контраст. Зменшення глибини кольору або агресивне стиснення може призвести до втрати дрібних контрастних деталей.

Важливо розрізняти також:

- динамічний діапазон сенсора – те, що може зафіксувати апарат;
- динамічний діапазон збереження – те, що записано у файлі;
- динамічний діапазон монітора – те, що реально може побачити лікар.

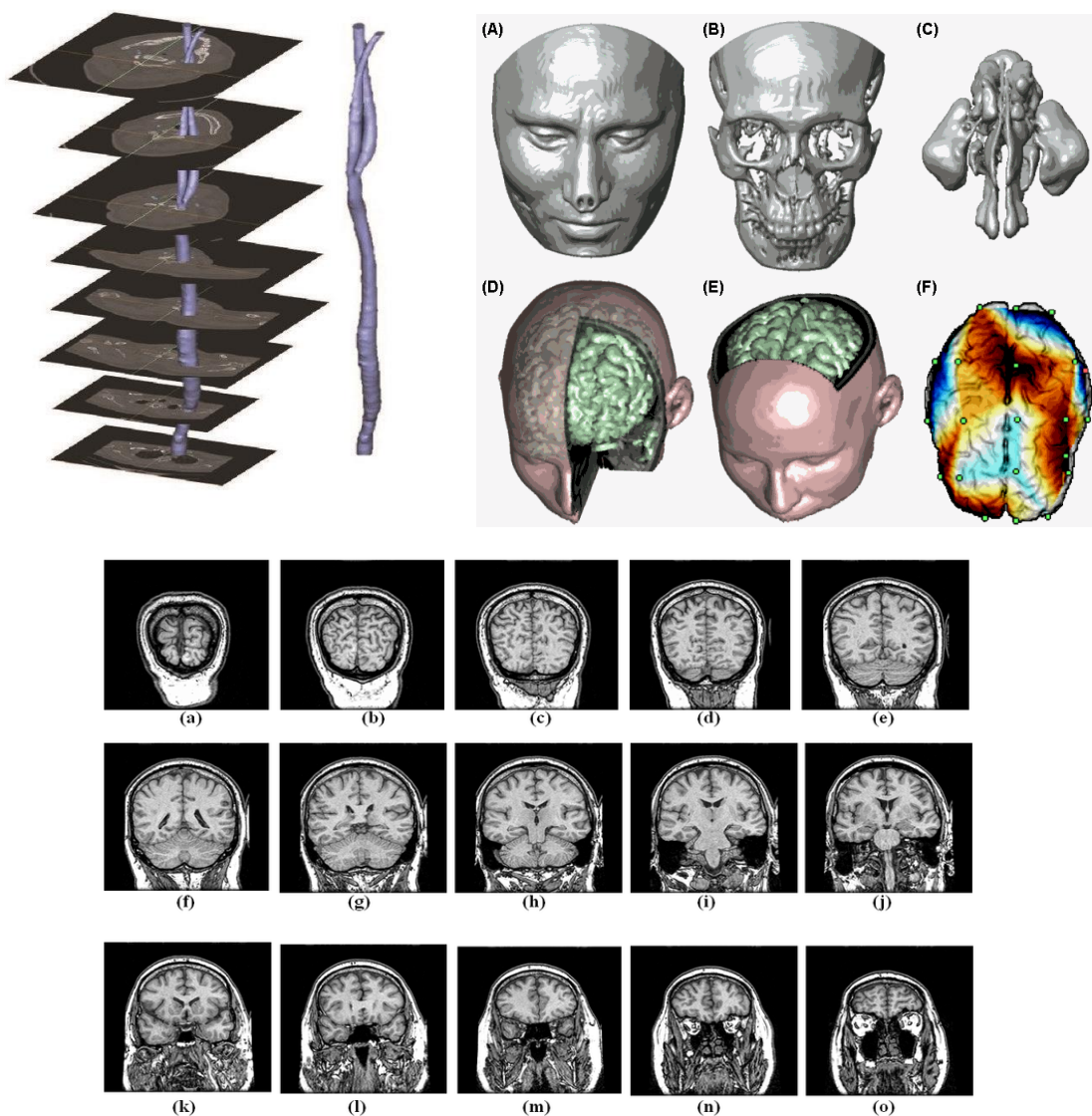
Навіть якщо апарат записує 16 біт, звичайний дисплей може відображати лише 8–10 біт, тому застосовують спеціальні медичні монітори та програмні методи віконування (*windowing*).

Отже, великий динамічний діапазон – це здатність системи в цілому точно передавати дуже широкий інтервал *яскравостей* і розрізняти мінімальні *контрастні відмінності*. У медичній діагностиці це має принципове значення, оскільки навіть незначна втрата градацій може вплинути на клінічне рішення.

3. Серійність та об'ємність

Багато методів візуалізації формують не одне окреме зображення, а серію зрізів – шарів зображення органа (десятки або сотні кадрів), з яких будується тривимірна реконструкція даного органа.

Наприклад, одне КТ-дослідження може містити 300–1000 зображень, а кожне зображення – це десятки мегабайт. Тому обсяг одного дослідження може становити сотні мегабайт або навіть гігабайти.



4. Стандартизація та архівування

У медичній практиці зображення зберігаються у форматі *DICOM*, який містить не лише зображення, а й дані пацієнта, параметри дослідження, технічні характеристики апаратури. Це забезпечує юридичну значущість та можливість довготривалого архівування.

Причини застосування стиснення медичних зображень

1. Обмеження пропускної здатності каналів зв'язку

У телемедицині, дистанційних консультаціях або передачі досліджень між лікарнями великі обсяги даних необхідно *швидко передати* через мережу. Без стиснення передача могла б тривати десятки хвилин або годин.

2. Обмеження обсягу архівів

Лікарні зберігають медичні зображення протягом багатьох років. Архіви систем PACS можуть містити мільйони досліджень. Тоді як стиснення дозволяє зменшити потребу в дорогих системах зберігання, пришвидшити доступ до даних, оптимізувати резервне копіювання.

3. Реальний час (відеодані)

Відеоендоскопія, ехокардіографія, ангіографія формують *відеопотоки в реальному часі*. Передача таких даних без стиснення практично неможлива.

Застосування різних типів стиснення в медицині

1. Безвтратне стиснення

Безвтратне стиснення необхідно застосовувати тоді, коли зображення мають юридичне значення, потрібно зберегти максимальну точність, коли можливе повторне кількісне вимірювання.

Типовими прикладами є первинні рентгенограми, мамограми, комп'ютерні томограми для планування операцій.

2. Стиснення з втратами

Стиснення зображення з певними втратами допускається тоді, коли:

- зображення використовуються для огляду, а не для точних вимірювань;
- передача здійснюється через повільні канали;
- потрібна оперативність (телеконсультація).

Однак ступінь стиснення повинен бути контрольованим і відповідати клінічним протоколам.

Ризики надмірного стиснення медичної інформації

Завжди необхідно пам'ятати про ризики надмірного стиснення. Надмірне стиснення зображення може спричинити:

- згладжування дрібних структур;
- появу блокових артефактів;
- втрату низькоконтрастних деталей;
- помилки у вимірюваннях.

У медичній практиці це може призвести до хибнонегативних або хибнопозитивних результатів діагностики.

Тому завжди має існувати баланс між якістю зображення і обсягом даних. Балансувати, або знаходити компроміс, необхідно між такими важливими параметрами, як точність передачі зображення, швидкість доступу і економічна доцільність зберігання даних. Рішення щодо стиснення повинно прийматися з урахуванням клінічної задачі, типу дослідження, вимог до довготривалого зберігання та нормативних документів.

Отже, висновок наступний: медичні зображення характеризуються високою роздільною здатністю, великим динамічним діапазоном і значними обсягами інформації. Стиснення зображень є технічно необхідним, але повинно здійснюватися з урахуванням клінічної значущості інформації та безпеки діагностичного процесу.

13.7 Мультимедійні презентації як інструмент професійної комунікації

Одним із найпоширеніших і водночас найефективніших застосувань мультимедійних технологій є створення мультимедійних презентацій.

Мультимедійна презентація – це спосіб подання інформації з використанням тексту, зображень, графіки, аудіо, відео, анімації та інтерактивних елементів, об'єднаних у логічно структуровану послідовність слайдів.

Мультимедійна презентація може містити:

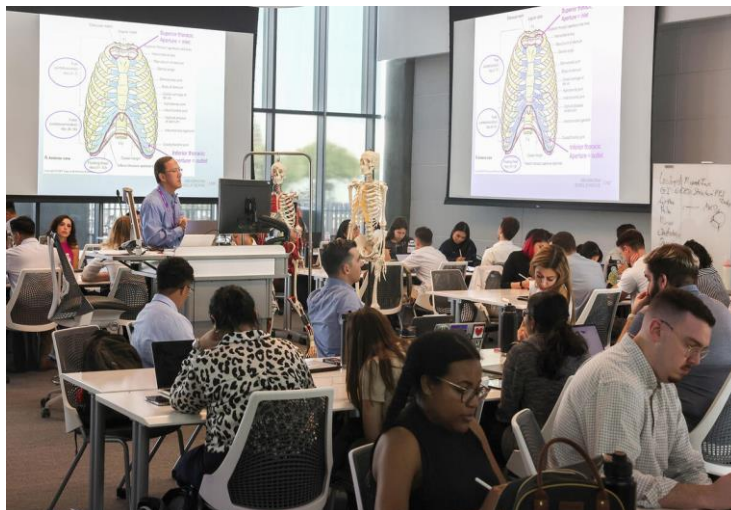
- текстові матеріали;
- фотографії та ілюстрації;
- схеми, графіки, діаграми;
- відеофрагменти;
- звуковий супровід;
- анімацію;
- тривимірну графіку;
- гіперпосилання та інтерактивні елементи.

Створення презентацій здійснюється за допомогою спеціалізованих програм, зокрема:

- **Microsoft PowerPoint** (*класика*: найвідоміший та функціональний застосунок для Windows/MacOS, який пропонує безліч шаблонів та інструментів),
- **Google Презентації (Slides)** (*хмарна робота*: безкоштовний хмарний сервіс для командної роботи, що дозволяє працювати з презентаціями онлайн);
- **Canva** (*дизайн*: ідеальний інструмент для створення стильних презентацій без навичок дизайнера, пропонуючи тисячі готових шаблонів);
- **Gamma** (*III-генерація*: сучасний інструмент, який використовує штучний інтелект для швидкого створення слайдів, текстів та дизайну за лічені хвилини),
- **Prezi** (*інтерактивність*: програма для створення інтерактивних, нелінійних презентацій з ефектом масштабування).

У медичній освіті та практиці презентації використовуються для захисту наукових робіт, представлення клінічних випадків, демонстрації результатів досліджень, підготовки доповідей на конференції, реклами медичної техніки, препаратів, навчання пацієнтів.

Презентації допомагають структурувати складну інформацію, візуалізувати дані обстежень та аргументувати діагностичні рішення тощо.



Переваги мультимедійних презентацій

Компактність. Мультимедійні презентації зберігаються у цифровому вигляді – на жорстких дисках, USB-накопичувачах або в хмарних сервісах. Один електронний носій може містити десятки або сотні матеріалів без значного фізичного обсягу.

Мобільність. Файл презентації можна відкрити на будь-якому комп'ютері, планшеті або інтерактивній панелі. Використання ноутбука чи хмарного сховища дозволяє проводити доповідь у будь-якому приміщенні, де є мультимедійне обладнання.

Інформаційна ємність (обсяг). В одній мультимедійній презентації можна помістити солідний обсяг інформації і поєднати різні типи даних: аудіо, відео, графічної, текстової. Наприклад,

- результати лабораторних досліджень;
- томографічні зображення;
- відео хірургічного втручання;
- статистичні таблиці;
- алгоритми лікування.

Таке поєднання підвищує зрозумілість і логічність викладення матеріалу для слухача.

Наочність. Сучасні програмні засоби дозволяють будувати графіки та діаграми, демонструвати медичні зображення високої якості, відображати тривимірні моделі органів, поетапно розкривати складні процеси (наприклад, механізм розвитку захворювання).

Візуалізація складних біомедичних процесів значно полегшує їх розуміння.

Психологічний вплив (вплив на емоції). Поєднання тексту, зображення та звуку активізує одночасно різні канали сприйняття людиною інформації: зоровий, слуховий, емоційний. Грамотно підібрана кольорова гама, чітка структура та доречні ілюстрації підвищують увагу аудиторії та сприяють кращому розумінню і запам'ятовуванню матеріалу. Така комбінація здатна впливати на підсвідомість людини, зачіпати глибинні рівні сприйняття інформації, до яких складно добратися тільки словами.

Економічність і багаторазове використання. Створена презентація може:

- редагуватися;
- доповнюватися;
- використовуватися повторно.

Цифровий формат презентації спрощує оновлення інформації відповідно до сучасного розуміння питання або до клінічних рекомендацій.

Крім того, вартість її поширення значно нижча за друковані матеріали. Запис мультимедійних презентацій на цифрові носії коштує зовсім недорого. Фактично це обходиться дешевше друку гідного буклету або книги. Мультимедійні презентації можна використовувати багаторазово, немає потреби створювати нові презентації на кожний випадок.



Додаткові можливості сучасних систем створення презентацій

Сучасні презентаційні системи дозволяють:

- інтегрувати гіперпосилання на електронні ресурси;
- використовувати інтерактивні тести;
- демонструвати результати обробки даних у реальному часі;
- підключати дистанційних учасників через відеоконференції.

Таким чином, презентація перестає бути лише набором слайдів і перетворюється на інтерактивний навчальний інструмент і інструмент професійної комунікації.

Для майбутнього лікаря вміння створити структуровану, наочну та аргументовану презентацію є важливою складовою професійної компетентності поряд із клінічними знаннями.

14. ОСНОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ. ЗАХИСТ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

14.1 Важливість інформаційної безпеки

Інформаційна безпека є важливою складовою функціонування сучасних медичних інформаційних систем і передбачає захист інформації від несанкціонованого доступу, втрати або спотворення.

1. Основні поняття, пов'язані з інформаційною безпекою

Несанкціонований доступ до інформації означає отримання доступу до даних особами, які не мають відповідних прав або повноважень. Це може відбуватися внаслідок зламу комп'ютерних систем, використання чужих облікових записів або недотримання правил роботи з інформаційними системами. У медичній сфері несанкціонований доступ може призвести до розголошення персональних даних пацієнтів, медичної таємниці або результатів обстежень. Для запобігання таким випадкам використовують системи автентифікації, паролі, обмеження прав доступу та інші засоби контролю.

Втрата інформації – це повне або часткове зникнення даних, унаслідок чого їх неможливо відновити або використати. Причинами втрати можуть бути технічні несправності комп'ютерного обладнання, програмні збої, вірусні атаки, помилки користувачів або фізичне пошкодження носіїв інформації. У медичній практиці втрата інформації може призвести до втрати важливих відомостей про історію хвороби пацієнта або результати діагностичних досліджень. Саме тому важливим елементом захисту інформації є регулярне створення резервних копій даних.

Спотворення інформації означає зміну або пошкодження даних, унаслідок чого вони стають неточними, неповними або недостовірними. Таке спотворення може виникати як навмисно (наприклад, у результаті несанкціонованого втручання в систему), так і випадково – через технічні помилки або збої програмного забезпечення. У медичній інформаційній системі спотворення даних може призвести до неправильного відображення результатів аналізів чи діагнозу пацієнта. Тому важливо застосовувати засоби контролю цілісності інформації та системи перевірки достовірності даних.

Основу інформаційної безпеки становлять три взаємопов'язані принципи: конфіденційність, цілісність та доступність інформації.

Конфіденційність інформації означає забезпечення такого режиму доступу до даних, за якого інформація доступна лише авторизованим користувачам, тобто тим особам, які мають відповідні повноваження. Це особливо важливо для медичних даних, що містять персональну інформацію про пацієнтів, результати обстежень та відомості про стан здоров'я. Порушення конфіденційності може призвести

до розголошення медичної таємниці та порушення прав пацієнта. Для забезпечення конфіденційності застосовують системи розмежування доступу, паролі, шифрування даних та інші засоби захисту.

Цілісність інформації передбачає захист даних від несанкціонованої зміни або видалення, тобто збереження точності, повноти та незмінності даних під час їх зберігання, обробки та передавання. Інформація повинна залишатися достовірною і не зазнавати несанкціонованих змін. Порушення цілісності може проявлятися у випадковому або навмисному спотворенні даних, їх частковій зміні чи видаленні. У медичних інформаційних системах це може призвести до неправильного відображення діагнозу, результатів досліджень або призначеного лікування.

Доступність інформації означає гарантування безперервного доступу власника до систем та інформації, тобто забезпечення своєчасного та безперешкодного доступу до інформації для користувачів, які мають відповідні права. Це передбачає стабільну роботу інформаційних систем, збереження даних та можливість їх швидкого отримання у разі потреби. У медичній практиці доступність інформації має особливе значення, оскільки лікар повинен оперативно отримати необхідні дані про пацієнта для прийняття клінічних рішень. Для підтримання доступності використовують резервне копіювання, системи відновлення даних та надійне функціонування інформаційної інфраструктури.

У сфері охорони здоров'я інформаційна безпека має особливе значення, оскільки медичні дані містять персональну та конфіденційну інформацію про пацієнтів. Тому забезпечення належного рівня захисту інформації є важливою умовою ефективної роботи медичних інформаційних систем.

2. Медична інформація та її види

Медична інформація охоплює відомості про стан здоров'я людини, результати медичних обстежень, проведеного лікування та профілактичні заходи.

До медичної інформації належать:

- персональні дані пацієнтів (прізвище, ім'я, дата народження, контактна інформація та інші відомості, що дозволяють ідентифікувати особу);
- клінічні показники (інформація про симптоми захворювання, результати огляду лікарів, попередній та остаточний діагноз, призначене лікування);
- результати лабораторних та інструментальних досліджень (аналізи крові, сечі, дані ультразвукових, рентгенологічних, комп'ютерно-томографічних та інших обстежень);
- адміністративна інформація медичного закладу (використовується для організації роботи закладу, зокрема відомості про госпіталізацію пацієнтів, облік медичних послуг, статистичні дані та медична документація).

У сучасній системі охорони здоров'я значна частина медичної інформації зберігається в електронному вигляді у медичних інформаційних системах. Використання цифрових технологій значно полегшує доступ до даних, прискорює обмін інформацією між медичними працівниками та підвищує ефективність надання медичної допомоги, але водночас створює нові ризики, пов'язані з можливістю несанкціонованого доступу до інформації або її втрати.

3. Загрози інформаційній безпеці в медицині

Під час обробки та зберігання медичної інформації можуть виникати різні *загрози інформаційній безпеці*. До них належать:

- несанкціонований доступ до даних;
- пошкодження або знищення інформації;
- незаконне копіювання інформації та її розповсюдження.

Джерелами таких загроз можуть бути як зовнішні фактори, зокрема кіберзлочини або шкідливе програмне забезпечення, так і внутрішні – помилки персоналу або недотримання правил роботи з інформацією. У зв'язку з цим важливим завданням є своєчасне виявлення та мінімізація можливих ризиків.

4. Принципи та методи захисту медичної інформації

Для забезпечення належного рівня інформаційної безпеки застосовуються різні принципи та методи захисту інформації. До них належать:

- організаційні заходи;
- технічні та програмні засоби захисту;
- чітке розмежування прав доступу користувачів до інформаційних ресурсів.

Важливими елементами захисту є *автентифікація* та *авторизація* користувачів, що дозволяють контролювати доступ до інформації. Крім того, значну роль відіграє *регулярне резервне копіювання даних*, яке забезпечує можливість їх відновлення у разі втрати.

5. Захист інформації в медичних інформаційних системах

Особливу увагу необхідно приділяти захисту даних у медичних інформаційних системах, які використовуються для ведення електронної медичної документації. Такі системи забезпечують зберігання та обробку великих обсягів медичних даних, що потребує високого рівня їх захищеності.

Важливим аспектом є також *безпечний обмін інформацією* між різними медичними установами та підрозділами. Для підтвердження достовірності електронних документів може застосовуватися *електронний цифровий підпис*.

6. Правові та етичні аспекти захисту медичної інформації

Захист медичної інформації регулюється відповідними правовими нормами та законодавством щодо *захисту персональних даних*.

Одним із ключових принципів є *дотримання медичної таємниці*, що передбачає нерозголошення відомостей про стан здоров'я пацієнта без його згоди. Медичні працівники зобов'язані забезпечувати конфіденційність отриманої інформації та використовувати її виключно з професійною метою. Порушення цих вимог може призвести до юридичної відповідальності.

7. Організація інформаційної безпеки в закладах охорони здоров'я

Ефективний захист інформації в медичних установах потребує належної організації *системи інформаційної безпеки*. Для цього розробляються внутрішні правила та політика безпеки, що регламентують роботу з інформаційними ресурсами.

Важливу роль у забезпеченні безпеки відіграє медичний персонал, який повинен дотримуватися встановлених правил роботи з інформацією. Також важливим є проведення регулярного *навчання та контролю* за дотриманням вимог інформаційної безпеки.

8. Рекомендації щодо захисту медичної інформації

Практичне забезпечення інформаційної безпеки передбачає дотримання основних правил роботи з електронними даними. Медичні працівники повинні:

- використовувати надійні паролі;
- регулярно оновлювати програмне забезпечення;
- захищати комп'ютери від шкідливих програм тощо.

Не менш важливо дотримуватися правил безпечної роботи з електронною поштою та мережевими ресурсами. Дотримання цих рекомендацій сприяє зменшенню ризику витоку конфіденційної медичної інформації та підвищує рівень її захисту.

14.2 Кібербезпека в системі охорони здоров'я

Кібербезпека, або комп'ютерна безпека (англ. *Cybersecurity*) – це сукупність технологій, методів, заходів і рекомендацій, спрямованих на захист цифрових активів – систем, мереж, пристроїв (комп'ютерів, серверів, мобільних пристроїв) та даних, які на них зберігаються, від несанкціонованого доступу, пошкодження або викрадення зловмисниками.

Для медичної галузі кібербезпека має особливе значення, оскільки лікарні, клініки та лабораторії працюють із великою кількістю конфіденційної інформації: персональними даними пацієнтів, результатами обстежень, електронними медичними картками та даними медичного обладнання. Порушення безпеки може призвести не лише до фінансових втрат, а й до ризику для здоров'я та життя людей.

Кібербезпека застосовується у різних сферах медицини і на різних рівнях організації надання медичних послуг – від захисту окремого комп'ютера лікаря до безпеки великих лікарняних інформаційних систем і всієї електронної системи охорони здоров'я.

Основні напрями кібербезпеки в системі охорони здоров'я включають такі основні аспекти:

1. Захист даних та медичних додатків

Одним із головних завдань є захист медичної інформації від витоку або зміни сторонніми особами. Для цього використовують:

- шифрування даних – перетворення інформації у спеціальний код, який можуть прочитати лише авторизовані користувачі;
- захист веб-додатків – перевірку медичних інформаційних систем і сайтів лікарень на наявність вразливостей;
- резервне копіювання – створення копій даних для відновлення у разі втрати або кібератаки;
- антивірусний захист – виявлення та блокування шкідливого програмного забезпечення.

Наприклад, електронна медична картка пацієнта повинна бути захищена так, щоб доступ до неї мав лише медичний персонал, який бере участь у лікуванні.

2. Безпека інфраструктури та мереж

Медичні заклади використовують локальні мережі, сервери, хмарні сервіси та підключене медичне обладнання. Усі ці компоненти потребують захисту від несанкціонованого доступу; комп'ютерних вірусів; програм-вимагачів (Ransomware); DDoS-атак, які перевантажують систему та роблять її недоступною, тощо. Особливо важливо забезпечити безпеку обладнання, підключеного до мережі: томографів, моніторів пацієнта, лабораторних аналізаторів тощо. У разі кібератаки робота такого обладнання може бути порушена.

3. Управління доступом та операційна безпека

Для захисту медичних систем важливо контролювати, хто саме має доступ до інформації. З цією метою використовують:

- *логіни та паролі*;
- *багатофакторну автентифікацію* – підтвердження входу через SMS, мобільний застосунок або біометричні дані;
- *розмежування прав доступу* – кожен працівник отримує доступ лише до тієї інформації, яка необхідна для його роботи.

Наприклад, адміністратор лікарні може мати доступ до організаційних даних, але не до повної медичної інформації пацієнтів.

Операційна безпека також включає регулярне оновлення програмного забезпечення, оскільки застарілі системи часто містять вразливості.

4. Аналітика, реагування на інциденти та управління ризиками

У сучасних медичних закладах важливим є постійний моніторинг інформаційних систем для своєчасного виявлення загроз. До цього напряму належать:

- спостереження за підозрілою активністю у мережі;
- виявлення спроб злому;
- реагування на кіберінциденти;
- тестування систем на вразливості (тести на проникнення).

Наприклад, якщо система фіксує спробу входу з невідомого пристрою, доступ може бути автоматично заблокований до перевірки.

Управління ризиками допомагає оцінити, які саме загрози є найбільш небезпечними для медичного закладу, та визначити способи їх попередження.

5. Кіберграмотність та соціальний захист

Навіть найсучасніші технічні засоби не гарантують безпеки без обізнаності користувачів. Значна частина кібератак пов'язана з людським фактором. Тому медичні працівники повинні знати основні правила безпечної роботи в мережі.

Наприклад:

- не відкривати підозрілі листи та вкладення;
- перевіряти адреси сайтів перед введенням паролів;
- не передавати службову інформацію стороннім особам;
- використовувати складні паролі та регулярно їх змінювати.

Особливо поширеним видом атак є фішинг – шахрайські повідомлення або сайти, які імітують справжні ресурси для викрадення логінів, паролів чи банківських даних. Соціальна інженерія – це метод психологічного впливу, коли зловмисники намагаються отримати доступ до інформації через довіру, страх або неуважність працівників.

Розвиток телемедицини, електронних рецептів та цифрових медичних сервісів робить питання кібербезпеки дедалі важливішим для кожного фахівця у сфері охорони здоров'я.

14.3 Види кіберзагроз

Кіберзагрози (англ. *Cyberthreat*) – це потенційно небезпечні дії або події у цифровому середовищі, які можуть призвести до втрати даних, порушення роботи інформаційних систем, фінансових збитків або витоку конфіденційної інформації.

Для медичної сфери кіберзагрози є особливо небезпечними, оскільки вони можуть впливати не лише на інформаційні системи, а й на якість надання медичної допомоги та безпеку пацієнтів.

Основні види кіберзагроз – кіберзлочинність, кібератака, кібертероризм.

Кіберзлочинність – це протиправна діяльність, що здійснюється за допомогою комп'ютерних технологій та мережі Інтернет з метою отримання фінансової вигоди, викрадення інформації або порушення роботи систем.

Кіберзлочинці можуть викрадати персональні дані пацієнтів; отримувати доступ до банківської інформації; блокувати роботу медичних систем; вимагати викуп за відновлення доступу до даних. Одним із найпоширеніших прикладів є програми-вимагачі (ransomware), які шифрують файли на комп'ютері та вимагають оплати за їх розблокування. Такі атаки неодноразово призводили до зупинки роботи лікарень у різних країнах світу.

Кібератака – це навмисний вплив на комп'ютерну систему, мережу або дані з метою отримання інформації, порушення роботи системи чи завдання шкоди.

Кібератаки можуть бути спрямовані на державні установи, медичні заклади, наукові лабораторії, фармацевтичні компанії, окремих користувачів. Метою атак часто є збір конфіденційної інформації, шпигунство, отримання доступу до баз даних, порушення роботи інформаційних ресурсів. Наприклад, під час кібератаки зловмисники можуть намагатися отримати доступ до електронних медичних карток пацієнтів або результатів досліджень.

Кібертероризм – це використання інформаційних технологій для дестабілізації суспільно важливих електронних систем із метою викликати страх, паніку серед населення або порушення функціонування критичної інфраструктури.

Об'єктами кібертероризму можуть бути системи охорони здоров'я, енергетична інфраструктура, транспортні системи, державні інформаційні ресурси.

14.4 Основні методи та інструменти кібератак

Для реалізації кіберзагроз зловмисники використовують різноманітні методи та інструменти. Розглянемо деякі з них.

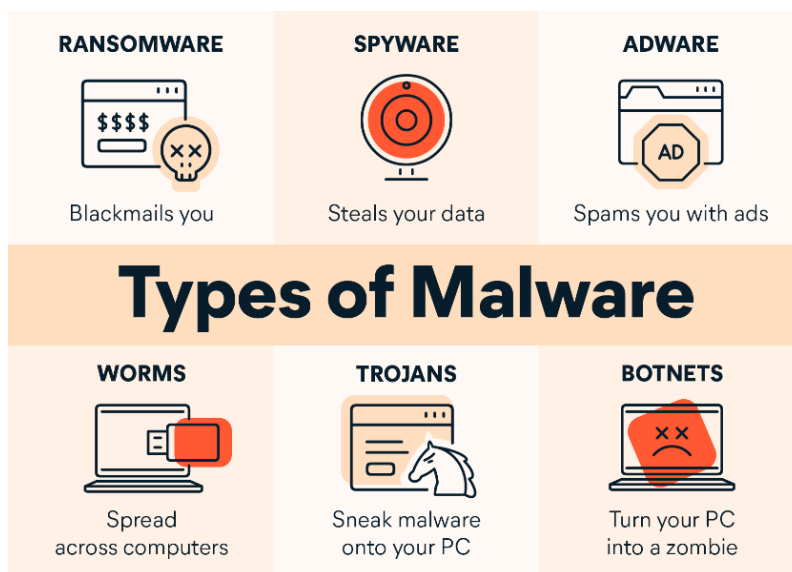
Шкідливе програмне забезпечення (англ. *Malware*) – це загальна назва програм, створених для пошкодження системи, викрадення інформації або отримання несанкціонованого доступу до пристрою.



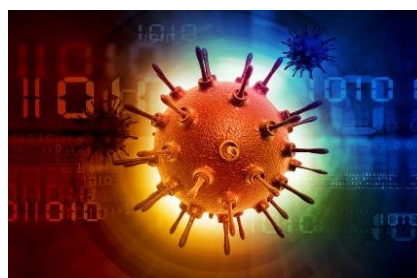
Шкідливе ПЗ є одним із найпоширеніших інструментів кіберзлочинців. Його створюють з метою пошкодження комп'ютера користувача, викрадення або знищення даних, порушення роботи програм чи повного виведення пристрою з ладу. Шкідливе ПЗ часто поширюється під виглядом безпечних файлів, програм, мобільних застосунків або вкладень до електронних листів.

Кіберзлочинці використовують таке програмне забезпечення для отримання фінансової вигоди, викрадення конфіденційної інформації, несанкціонованого доступу до систем, шпигунства або здійснення атак із політичних чи інших мотивів. Після потрапляння на пристрій шкідливе ПЗ може працювати непомітно для користувача, збирати дані, змінювати налаштування системи, блокувати доступ до файлів або використовувати комп'ютер для подальших кібератак.

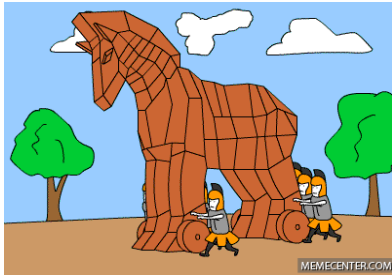
Шкідливе програмне забезпечення може мати різні форми та способи дії. Наведемо приклади кількох найбільш поширених видів шкідливого ПЗ.



• **Віруси** (англ. **Viruses**) – це програми, які заражають файли шкідливим кодом. Шкідливий код здатний самостійно копіювати себе та заражати інші файли чи програми комп'ютера. Для активації вірусу зазвичай потрібні дії користувача – наприклад, запуску зараженого ехе-файлу. Наслідками зараження можуть бути пошкодження операційної системи, видалення важливих баз даних, порушення роботи програм.



• **Трояни** (англ. **Trojans**) – шкідливе програмне забезпечення, яке маскується під корисне або легітимне ПЗ. На відміну від вірусів, трояни не вміють «саморозмножуватися», тобто самостійно поширюватися. Вони виглядають як безкоштовні ігри, активатори Windows або корисні утиліти. Отже, кіберзлочинці обманом підштовхують користувачів завантажити троян на комп'ютер, після чого збирають дані або пошкоджують їх. Небезпека троянів у тому, що вони відкривають «задні двері» для хакерів, завантажують шпигунське ПЗ або програми-вимагачі.



• **Шпигунське ПЗ** (англ. **Spyware**) – програми, які таємно відстежують дії користувача та збирають його особисті дані (наприклад, дані кредитних карток). Таке ПЗ може фіксувати натискання клавіш, робити знімки екрана, викрадати паролі з браузерів, активувати камеру або мікрофон.



Як наслідок – втрата доступу до банківських рахунків, соціальних мереж та витік приватних фото / документів. Викрадена конфіденційна інформація використовується для шантажу або продажу в Darknet.

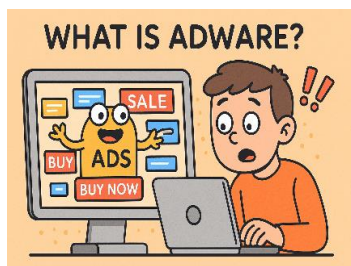


• **Програми-вимагачі** (англ. **Ransomware**) – це тип шкідливого програмного забезпечення, яке шифрує файли на комп'ютері або блокує доступ до пристрою. Після цього злочинці вимагають викуп (зазвичай у криптовалюті) за їх відновлення, стверджуючи, що інакше користувач втратить свої дані. Програми-вимагачі найчастіше потрапляють через фішингові електронні листи, шкідливі посилання,

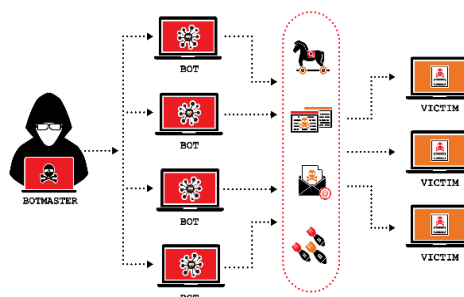
заражені вебсайти або вразливості в системі безпеки. Це одна з найнебезпечніших кіберзагроз, спрямована на фінансову наживу, яка вражає як окремих користувачів, так і великі підприємства.



• **Рекламне ПЗ** (англ. *Adware*) – це програми, які автоматично показують або завантажують небажану рекламу у вигляді банерів або спливаючих вікон. Метою зловмисників є заробіток на показах реклами та кліках користувачів. Таке ПЗ часто збирає історію переглядів для таргетування та може таємно встановлювати інші шкідливі програми.



• **Ботнети** (англ. *Botnets*) – це мережі з тисяч або мільйонів заражених шкідливим ПЗ пристроїв (комп'ютерів, смартфонів, IoT-девайсів), якими кіберзлочинці керують дистанційно без відома власника. Ботнети використовують для потужних DDoS-атак (перевантажень сайтів), масової розсилки спаму або майнінгу криптовалюти.

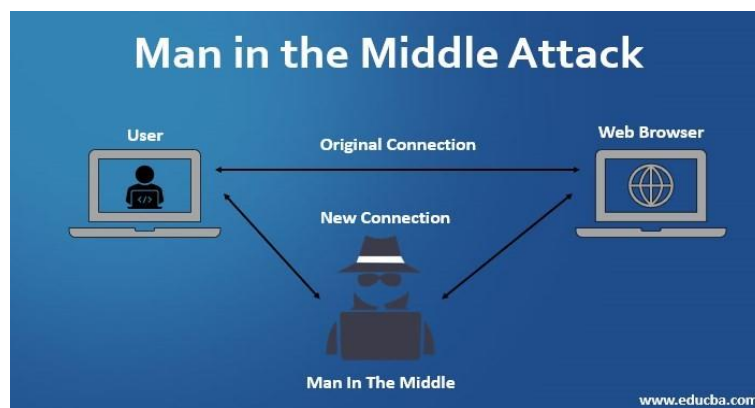


SQL-ін'єкція (англ. *SQL Injection / SQLi*) – це метод кібератаки на бази даних. Кіберзлочинці використовують уразливості у програмах, що працюють із даними, щоб поширити шкідливий SQL-код (SQL – мова керування базами даних). Як наслідок – обхід авторизації, отримання доступу до конфіденційних даних (паролів, номерів карток), видалення або зміна інформації в базі даних.

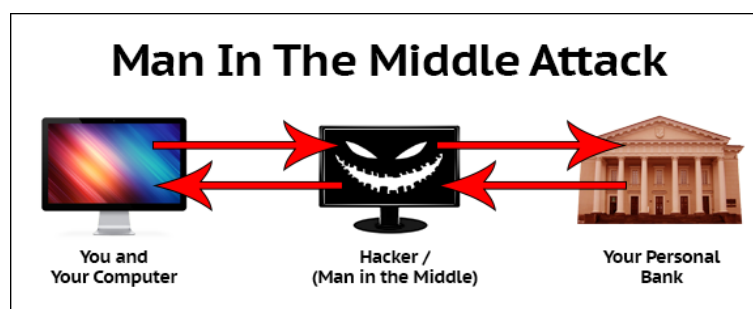
Фішинг (англ. **Phishing**) – це метод соціальної інженерії, за допомогою якого зловмисники обманом отримують конфіденційну інформацію користувачів – дані банківських карток, логіни, паролі, коди двофакторної автентифікації тощо. Зазвичай зловмисники маскуються під відомі компанії, банки або державні установи. Жертва отримує так званий «*фішинговий лист*» через електронну пошту, SMS, месенджери або соціальні мережі про, наприклад, «блокування рахунку» або про «виграш». Посилання веде на точну копію сайту банку чи соцмережі. Результат – фінансова крадіжка та миттєва втрата контролю над особистими акаунтами.



Атаки Man-in-the-Middle (MitM – «людина посередині»). Це кібератака, під час якої хакер таємно перехоплює, прослуховує або змінює дані під час їх передачі по мережі – він ніби стає проміжною ланкою у ланцюзі, а жертва навіть не підозрює про це. Мета кіберзлочинця – перехоплення незашифрованого інтернет-трафіку користувача.



Наприклад, під час зв'язку між вашим смартфоном і сайтом банку.



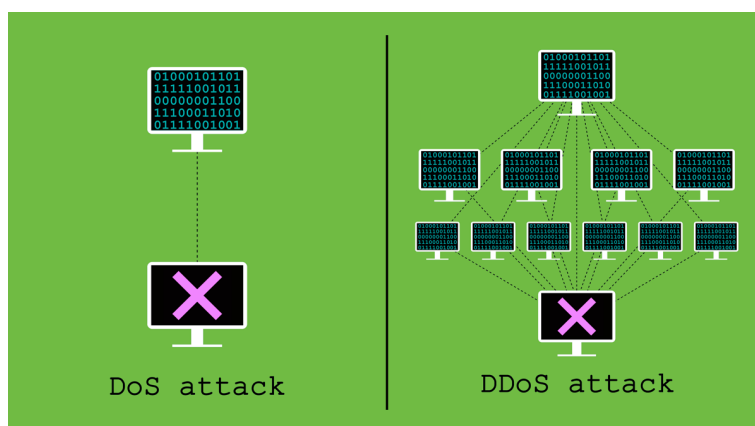
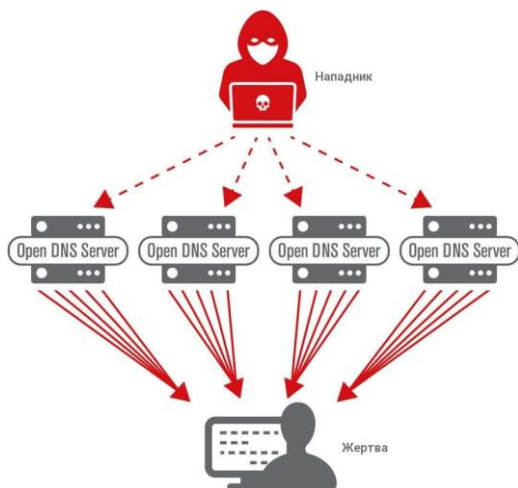
Найчастіше атака MitM відбувається через створення фальшивих безкоштовних точок Wi-Fi у публічних місцях (кав'ярні, аеропорти) або через злам домашнього роутера.

Користувач може стати жертвою такої атаки, якщо, наприклад, підключиться до незахищеної шифруванням мережі Wi-Fi.



DoS-атаки (Denial of Service – «Відмова в обслуговуванні»). Кіберзлочинці штучно створюють надмірне навантаження на мережі та сервери об'єкта атаки, через що система перестає нормально працювати. Для цього хакери надсилають на вебсайт колосальну кількість штучних запитів, які сервер не в змозі обробити, через що він «падає» або сильно гальмує. В результаті такий сайт або онлайн-сервіс стає недоступним для звичайних користувачів. Таким чином зловмисники намагаються пошкодити важливі компоненти інфраструктури, саботувати діяльність організації. Метою таких атак є зупинка бізнесу, репутаційні збитки компанії або відволікання уваги безпеки від іншого злому.

Різниця з DDoS-атаками: DoS ведеться з одного комп'ютера, а **DDoS (Distributed DoS)** здійснюється одночасно з великої кількості заражених пристроїв, об'єднаних у ботнет.

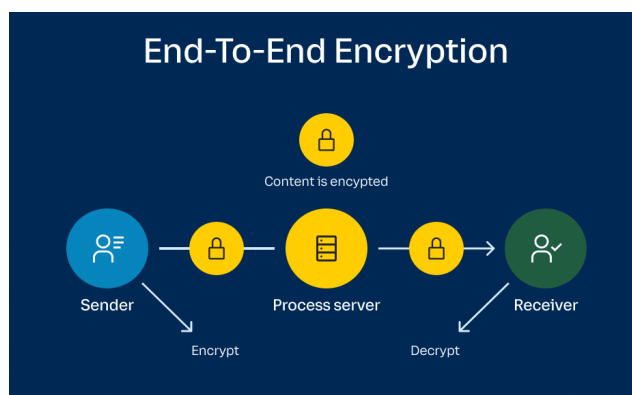


14.5 Безпека застосунків для обміну повідомленнями

Основною проблемою безпеки застосунків для обміну повідомленнями є забезпечення конфіденційності. Вона визначає, наскільки особисті повідомлення користувачів захищені від доступу третіх сторін, зокрема компаній-розробників, інтернет-провайдерів, хакерів або державних структур. Під час оцінювання безпеки застосунків для обміну повідомленнями необхідно враховувати низку ключових характеристик: наявність наскрізного шифрування, використання відкритого вихідного коду, підтримку зникаючих повідомлень, а також політику збору й обробки метаданих.

Наскрізне шифрування (англ. **End-to-End Encryption, E2EE**) – це спосіб передачі даних, за якого доступ до повідомлень або файлів мають лише учасники спілкування. У такій системі ключі для шифрування та розшифрування зберігаються виключно у відправника та отримувача повідомлення. Жодна третя сторона, включно з розробниками застосунку, інтернет-провайдерами чи кіберзлочинцями, не може отримати доступ до змісту повідомлень, оскільки не володіє ключами дешифрування.

Наскрізне шифрування сьогодні вважається стандартом безпечного приватного спілкування. Воно використовується в таких месенджерах, як Signal, WhatsApp, iMessage, а також у «секретних чатах» Telegram. Однак, навіть за умови використання E2EE певна інформація залишається відкритою. Зокрема сервери можуть бачити метадані: хто саме спілкується, коли було надіслано повідомлення, тривалість дзвінка або IP-адресу користувача. Таким чином, хоча зміст повідомлень залишається захищеним, інформація про сам факт комунікації може бути доступною.



Відкритий вихідний код (англ. **Open Source**) означає, що програмний код застосунку доступний для незалежного аналізу та перевірки фахівцями з кібербезпеки і криптографії. Це дає змогу експертам оцінити, яким чином застосунок реалізує шифрування, чи не містить він прихованих механізмів збору даних і наскільки безпечно передає інформацію.

Наприклад, месенджер Signal має повністю відкритий вихідний код. Його криптографічний протокол був перевірений великою кількістю незалежних експертів і нині використовується також у WhatsApp та Google Messages.



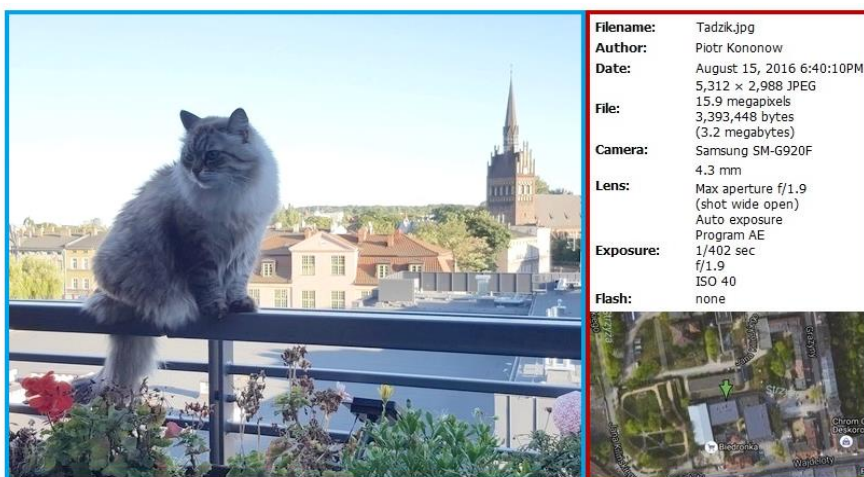
Використання відкритого вихідного коду вважається «золотим стандартом» створення захищеного програмного забезпечення, оскільки забезпечує прозорість роботи застосунку та підвищує рівень довіри користувачів.

Зникаючі повідомлення (англ. **Disappearing Messages**) – це функція автоматичного видалення повідомлень після закінчення встановленого проміжку часу. Такий механізм не стільки захищає інформацію під час передачі мережею, скільки забезпечує додатковий рівень безпеки безпосередньо на фізичному пристрої користувача.



Наявність цієї функції є важливою, оскільки навіть за умов використання наскрізного шифрування повідомлення після отримання залишаються в пам'яті смартфона або комп'ютера. Якщо пристрій буде викрадено, примусово розблоковано або заражено шпигунським програмним забезпеченням, листування може стати доступним стороннім особам. Самознищувані повідомлення зменшують ризик витоку конфіденційної інформації в подібних ситуаціях.

Використання даних та метаданих є однією з найважливіших проблем сучасних месенджерів. Навіть застосунки, що підтримують наскрізне шифрування, можуть активно збирати метадані про користувачів. Саме через аналіз таких даних можливе непряме спостереження за діяльністю людини.



Data

Metadata

До метаданих належать:

- інформація про контакти користувача;
- дата й час початку та завершення дзвінків;
- тривалість спілкування;
- IP-адреса та приблизна геолокація;
- модель пристрою та операційна система;
- частота взаємодії з певними контактами.

Аналіз навіть лише метаданих дозволяє отримати значний обсяг інформації про особу: її місцезнаходження, коло спілкування, професійні чи особисті контакти, режим дня та особливості поведінки. Наприклад, WhatsApp використовує наскрізне шифрування для захисту змісту повідомлень, однак збирає значний обсяг метаданих і передає їх компанії Meta. Натомість Signal декларує мінімальний збір даних: на серверах зберігаються лише дата реєстрації користувача та інформація про останнє підключення до мережі з точністю до дня.

Наскільки безпечні відеодзвінки та відеоконференцзв'язок?

Безпека сервісів відеодзвінків і відеоконференцій є важливою складовою сучасної цифрової комунікації, особливо у сфері медицини, де під час дистанційного консультування можуть передаватися персональні дані пацієнтів або інша конфіденційна інформація.

За результатами оцінювання, проведеного National Security Agency (США), було проаналізовано 13 популярних сервісів відеозв'язку. Дослідження показало, що кожен із сервісів має певні вразливості або обмеження з точки зору безпеки. Найвищі оцінки отримали WhatsApp, Signal та Wickr. Водночас жоден із наявних на ринку продуктів не відповідає абсолютно всім критеріям надійності та захисту інформації.

До основних аспектів безпеки відеодзвінків належать:

- наявність наскрізного шифрування аудіо- та відеопотоку;
- захист від перехоплення або несанкціонованого запису розмов;
- політика використання персональних даних користувача;
- спосіб зберігання інформації та тимчасових файлів на комп'ютері або смартфоні;
- наявність вбудованих механізмів спостереження чи збору аналітичних даних;
- ризик завантаження шкідливого програмного забезпечення під час використання сервісу.

Особливе значення ці питання мають у медичній сфері, оскільки під час онлайн-консультацій можуть використовуватися електронні медичні документи, результати обстежень або персональні дані пацієнтів. У разі недостатнього рівня захисту це створює ризик порушення лікарської таємниці та витоку конфіденційної інформації.

14.6 Кібергігієна: способи підвищення безпеки роботи користувача та передачі даних

Для забезпечення максимального рівня конфіденційності, захисту особистих пристроїв та безпечної передачі даних необхідно впроваджувати комплексний підхід. Наведемо практичні та дієві способи підвищення безпеки, розділені за категоріями.

1. Захист облікових записів та автентифікація:

- **двофакторна автентифікація (2FA)**: увімкніть її на всіх акаунтах. Використовуйте додатки-автентифікатори (Google Authenticator, Bitwarden) або апаратні ключі (YubiKey) замість вразливих SMS;
- **менеджери паролів**: використовуйте сервіси (Bitwarden, 1Password) для створення та зберігання унікальних, складних паролів (від 14 символів з різними регістрами та знаками). Не дублюйте паролі;
- **безпарольний вхід (Passkeys)**: активуйте вхід за допомогою біометрії (FaceID/TouchID), де це можливо. Ця технологія захищає від фішингу, оскільки ключ неможливо перехопити.

Двофакторна автентифікація (англ. **Two-Factor Authentication, 2FA**) – це метод захисту облікового запису (акаунту) і ідентифікації користувача в якомусь сервісі (як правило, в Інтернеті), який вимагає підтвердження особи за допомогою двох незалежних факторів перевірки.

Першим зазвичай виступає пароль або інший секретний код, відомий лише користувачу, а другим, наприклад, – одноразовий код, push-сповіщення, біометричний ідентифікатор чи апаратний ключ, що підтверджує фактичне володіння пристроєм або доступ до додаткового каналу автентифікації.



Такий метод безпеки вимагає від користувача надання двох різних типів підтвердження особи для отримання доступу до облікового запису. Він захищає дані, навіть якщо зловмисник дізнався ваш основний пароль. Запит автентифікаційних даних двох різних типів забезпечує двошаровий, а, отже, більш ефективний захист акаунту від несанкціонованого проникнення.

Можна виділити три типи факторів перевірки:

- 1 – те, що ви знаєте: пароль або PIN-код;
- 2 – те, що ви маєте: смартфон, смарт-картка або апаратний ключ;
- 3 – те, чим ви є: біометричні дані (відбиток пальця TouchID, FaceID).



На практиці це зазвичай виглядає так: перший етап – це логін і пароль, другий – спеціальний код, що надходить через SMS або електронною поштою.

Рідше другий етап захисту запитує спеціальний USB-ключ або біометричні дані користувача. Загалом суть підходу дуже проста: щоб кудись потрапити, потрібно двічі підтвердити той факт, що користувач – це він, причому за допомогою двох «ключів», одним з яких цей користувач володіє, а інший тримає в пам'яті.



Незважаючи на численні спроби сучасного людства замінити паролі чимось цікавішим, повністю позбутися цієї звичної для всіх парадигми виявилось не так просто, тому двофакторну автентифікацію можна вважати одним із найнадійніших механізмів захисту на сьогодні.

До речі, цей метод зручний ще й тим, що здатний попереджати власника акаунту про спробу зламу: якщо на телефон або пошту раптом приходить повідомлення з одноразовим кодом, хоча користувач не здійснював жодних спроб входу, значить, його акаунт намагаються зламати – саме час змінювати пароль, що виявився ненадійним.

Менеджер паролів – це спеціальна програма або вебсервіс, який безпечно зберігає ваші логіни, паролі та платіжні дані в зашифрованому вигляді. Користуючись ним, вам не потрібно запам'ятовувати десятки складних комбінацій – достатньо пам'ятати лише один головний (майстер) пароль для доступу до самого сховища.



Навіть якщо пароль складається з 20 символів, у ньому є і знаки, і цифри, і літери різних регістрів – це не гарантує безпеку акаунту. Фахівці з кібербезпеки не радять використовувати один і той самий пароль на кількох сайтах. Але ніхто не може запам'ятати унікальні паролі для величезної кількості сайтів.



Уявіть, що всі ваші паролі записали в книгу і замкнули на ключ, який є тільки у вас. Якщо перенести цю аналогію в сферу ІТ, то книга – це програма, а ключ – майстер-пароль, тобто пароль від усіх паролів. Дехто вважає, що це небезпечно, бо є ризик, що хтось отримає цей «найголовніший пароль». Можна вибрати надійний майстер-пароль, який користувач ніде раніше не використовував, і тим самим захистити свої акаунти від несанкціонованого доступу.

Менеджери паролів допомагають створювати надійні унікальні паролі під час реєстрації на вебсайтах і зберігають їх на своїх серверах. Щоб зайти на ресурс або в застосунок, можна скопіювати потрібний пароль із менеджера і вставити у відповідне поле.

Часто ці програми дозволяють не тільки запам'ятовувати, але й автоматично вводити пароль на сайті (так його ніхто не підгляне). Менеджер дозволяє створювати більш надійні та унікальні паролі для кожного сайту. Можна не хвилюватися про те, що ви їх забудете.

Популярні менеджери паролів:

- *Bitwarden* – повністю безкоштовна базова версія без обмеження кількості пристроїв; відкритий вихідний код, що гарантує високу прозорість безпеки;

- *1Password* – платний сервіс із високим рівнем безпеки та сімейними тарифними планами, має унікальний «режим подорожі», який видаляє дані з пристрою під час перетину кордону;

- *NordPass* – використовує сучасний та швидкий алгоритм шифрування XChaCha20;

- вбудовані рішення (Google, Apple, Microsoft).

2. Безпечна передача даних та мережевий захист

Протокол HTTPS: перевіряйте наявність захищеного з'єднання (іконка замочка в браузері). Використовуйте розширення типу *HTTPS Everywhere* (або вбудовані функції браузерів) для примусового шифрування трафіку;

Використання VPN: застосовуйте надійні VPN-сервіси з політикою відсутності логів (no-logs), особливо під час підключення до публічних Wi-Fi мереж. Це захищає від атак типу *Man-in-the-Middle*.

Захищені месенджери та пошта: для комунікації обирайте сервіси з наскрізним шифруванням (E2EE), відкритим кодом та мінімальним збором метаданих (наприклад, Signal для чатів, ProtonMail для пошти).

Розглянемо докладніше виконання перших двох пунктів для безпечної передачі даних.

Протокол HTTPS

HTTPS (англ. **HyperText Transfer Protocol Secure**) – це безпечна версія протоколу HTTP, яка використовується для передачі даних між браузером користувача та вебсайтом. Він забезпечує шифрування інформації за допомогою протоколів TLS або SSL, захищаючи паролі, особисті дані та банківські картки від перехоплення злоумисниками.

Якщо в адресному рядку браузера зліва від адреси сайту ви бачите зображення зеленого замочка і напис «Захищено», це має підвищити вашу довіру до сайту. У цьому випадку посилання починається з літер HTTPS, а якщо натиснути на замок, ви побачите фразу «сайт використовує захищене з'єднання».

Але HTTPS не гарантує, що сайт не несе загрози. Наприклад, що він не є фішинговим. *Безпечне з'єднання не означає безпечний сайт*. Зелений замок означає, що сайту видано сертифікат і що для нього згенеровано пару криптографічних ключів. Такий сайт шифрує інформацію, яку ви передаєте сайту і яку сайт передає вам.

У цьому випадку адреса сторінки буде починатися з HTTPS, і ця остання літера «S» означає **Secure**, тобто «безпечний». Це означає, що інформацію, якою обмінюються ваш браузер і сайт, не зможуть отримати різні треті особи – провайдери, адміністратори мереж, злоумисники, які вирішили перехопити трафік, і т. д. Тобто ви можете вводити на сайті пароль або дані банківської картки і не хвилюватися, що їх підгляне хтось сторонній.



Однак проблема в тому, що зелений замок і виданий сертифікат нічого не говорять власне про сам сайт. Фішингова сторінка з таким самим успіхом може отримати сертифікат і шифрувати всю комунікацію між вами і нею. Усе це означає, що на сайті «із замочком» ніхто сторонній не зможе підглянути і вкрасти пароль, який ви вводите. Але цей пароль може вкрасти сам сайт, на якому ви його ввели – у тому випадку, якщо сайт підроблений.

Загалом буває ще два варіанти.

Перший варіант – якщо замочка немає взагалі – це означає, що сайт не використовує шифрування і обмінюється з вашим браузером інформацією за протоколом HTTP. Браузер Google Chrome позначає такі сайти як небезпечні. Вводити чутливі дані на HTTP-сайтах не варто – їх може хтось підглянути.

Другий варіант – перекреслений замочок і виділені червоним літери HTTPS. Це означає, що сертифікат у сайту є, але він не підтверджений або застарілий. Тобто з'єднання між вами і сервером шифрується, але ніхто не гарантує, що домен справді належить тій компанії, яка зазначена на сайті. Це найбільш підозрілий варіант. Зазвичай такими сертифікатами користуються лише в тестових цілях, або ж, як варіант, у сертифіката закінчився термін дії і власник його не оновив. Браузери також позначають такі сторінки як небезпечні, але більш наочно: з'являється попередження з червоним замочком. Не слід відкривати сайти з такими сертифікатами і тим більше вводити на них будь-які особисті дані. Ніколи не вводьте свої логіни, паролі, банківські та інші особисті дані на сайті, поки остаточно не переконаєтеся в його справжності.

Якщо користувач шукає офіційну веб-сторінку організації, потрібно ретельно перевіряти доменне ім'я. Може існувати одночасно офіційний сайт та шахрайський сайт, чия адреса може відрізнятись лише на один символ. Треба відкривати лише надійні посилання. Також, якщо від користувача потребують реєстрацію на сайті, треба чітко розуміти доцільність цього.

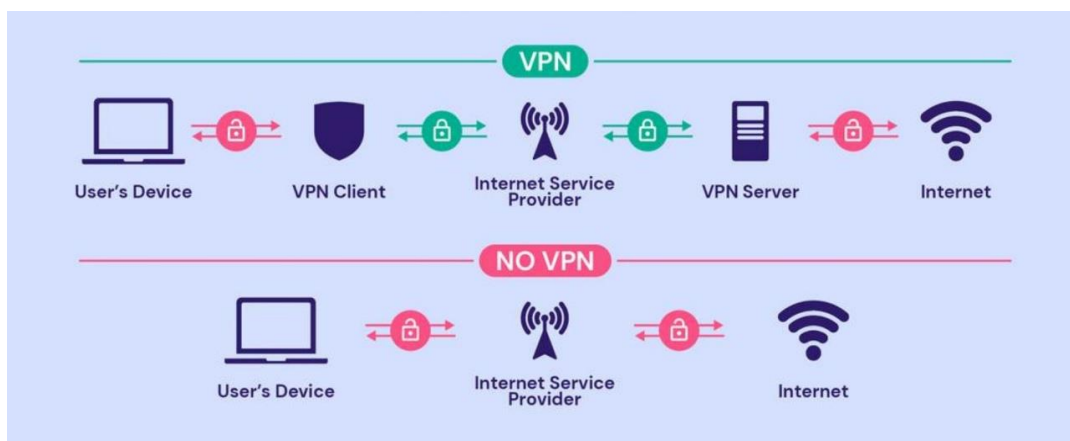
VPN-сервіси

VPN (англ. **Virtual Private Network** – віртуальна приватна мережа) – це технологія, що створює зашифрований «тунель» між вашим пристроєм (телефоном, ПК) та інтернетом. Вона приховує реальну IP-адресу та захищає особисті дані (паролі, листування) від відстеження, забезпечуючи анонімність та безпеку в мережі, особливо при використанні публічного Wi-Fi. Провайдер не бачить, які сайти ви відвідуєте. Шифрування даних захищає від перехоплення інформації зловмисниками.



VPN можна застосовувати тоді, коли необхідно обійти локальні обмеження: він дозволяє змінювати віртуальне розташування, отримуючи доступ до сайтів та контенту, заблокованих у вашому регіоні. Анонімність забезпечується тим, що він замінює вашу реальну IP-адресу на адресу VPN-сервера. Отже, VPN – це безпечне зашифроване підключення користувача

до мережі, за допомогою якого він може обходити локальні обмеження зберігати конфіденційність користувача.



Коли користувач заходить у мережу, його пристрою присвоюється унікальна IP-адреса. Вона дозволяє третім особам ідентифікувати його і стежити – дивитися, які сайти він відкриває, яку інформацію шукає у пошукових системах, що купує і т. д. Після активації VPN оригінальна IP-адреса стає невидимою. Замість неї відображається адреса віртуальної приватної мережі. Це допомагає зберігати анонімність і обходити обмеження доступу.

Віртуальна мережа означає, що на її роботу не впливає те, по яких і скількох каналах зв'язку вона прокладена. Тому що фізична мережа (група комп'ютерів або пристроїв, з'єднаних спільними каналами зв'язку) не належить користувачеві віртуальної.

Приватна мережа означає, що в ній може перебувати обмежене коло осіб. VPN маркує всіх її учасників і інформацію, яку вони передають. Дані захищаються від третіх осіб шляхом шифрування. VPN відповідає за те, щоб дані залишалися конфіденційними – не допускає сторонніх користувачів, перевіряє джерело трафіку і стежить за тим, щоб передані дані не витікали за межі мережі у відкритому вигляді.

Щоб підключитися до VPN, достатньо встановити потрібний мобільний застосунок активувати цю функцію.

Основні типи VPN

Віддалений доступ. Дозволяє підключатися до корпоративної мережі через приватний зашифрований тунель. Це актуально під час роботи з ненадійною точкою доступу, наприклад, публічним Wi-Fi.

«Вузол-вузол» (англ. Peer-to-peer). Використовується переважно в корпоративному середовищі, зокрема коли у компанії кілька офісів у різних місцях. Він з'єднує головний офіс із філіями: так створюється закрита внутрішня мережа, де всі офіси підключені між собою.

Протоколи VPN

OpenVPN – оптимальний за набором характеристик (швидкість, рівень захисту і надійність). Використовується більшістю VPN-сервісів як основний. Його перевага – відкритий вихідний код.

L2TP/IPSec – основна альтернатива *OpenVPN*. Проте його репутація значно нижча. Останні витоки свідчать про те, що в Агентства національної безпеки (АНБ) США є ключі шифрування до нього.

IKEv2 – підходить для роботи на смартфонах. Головна особливість – можливість автоматичного перепідключення до мережі у разі розриву з'єднання (наприклад, у тунелі метро). Інша перевага – висока швидкість передачі даних. Серед недоліків – обмежена кількість сумісних операційних систем і складність встановлення.

SSTP – ідеальний протокол для роботи з комп'ютером на Windows, офіційно підтримується Microsoft і є її власною розробкою.

PPTP – популярний і водночас найменш надійний протокол. Має високу швидкість підключення і дуже низький рівень захисту. Доведено, що у АНБ США є ключі шифрування до нього.

Переваги та недоліки VPN

Якщо резюмувати, навіщо потрібен VPN, то можна відзначити такі його переваги:

- *конфіденційність* – приховує історію переглядів від рекламодавців та трекерів, отже, надійний захист інформації – передана інформація доступна лише за наявності ключа шифрування;
- *безпека у публічних Wi-Fi* – захищає паролі та банківські дані від хакерів у кав'ярнях чи готелях;
- *маскування геолокації* – VPN може «підміняти» ваше місцезнаходження, тобто дані про ваше місцезнаходження надходять не з вашого пристрою, а з VPN-сервера;
- *обхід обмежень* – надає доступ до заблокованих у вашій країні сайтів та сервісів, надає доступ до регіонального контенту;
- *віддалена робота*: захищена передача даних дозволяє працівникам компаній безпечно підключатися до внутрішньої корпоративної мережі компанії під час віддаленої роботи.

Основний недолік VPN – це зниження швидкості, оскільки шифрування та передача через додатковий сервер уповільнюють інтернет.

Ризики безкоштовних сервісів: безкоштовні VPN можуть збирати та продавати ваші дані третім особам.

Чи потрібен VPN у звичайному житті? Так, може знадобитися, оскільки робить мережу надійнішою навіть під час роботи з домашнім Wi-Fi, оскільки провайдер може передавати історію браузера рекламодавцям і іншим третім особам. Користувачі також можуть постраждати від кібератак, унаслідок чого їх особисті дані можуть отримати злочинці. VPN-мережа перекриває провайдеру доступ до даних користувача.

3. Захист кінцевих пристроїв (комп'ютерів та смартфонів)

- **Регулярні оновлення ПЗ:** вчасно інстальуйте *патчі безпеки* для операційної системи (Windows, macOS, iOS, Android) та всіх встановлених програм. Це закриває критичні вразливості, які використовують віруси та трояни.
- **Шифрування дисків:** увімкніть повнодискове шифрування на пристроях (BitLocker на Windows, FileVault на macOS). У разі втрати чи крадіжки гаджета зловмисники не зможуть дістати ваші файли.
- **Контроль доступу:** фізично блокуйте пристрої під час виходу з робочого місця. Використовуйте складні PIN-коди (не менше 6 знаків) замість простих графічних ключів.
- **Антивірусне ПЗ та брандмауер:** використовуйте сучасне захисне ПЗ (наприклад, вбудований Windows Defender) та не вимикайте мережевий екран (firewall) для блокування шкідливого трафіку.

Патчі безпеки (англ. **Security Patches**) – це спеціальні оновлення програмного забезпечення, створені для усунення вразливостей, помилок та дірок у системі захисту. Розробники випускають їх для операційних систем (Windows, Android, iOS), додатків, антивірусів та прошивок роутерів, щоб запобігти хакерським атакам.



Антивірусне програмне забезпечення. MacOS і Windows мають вбудоване антивірусне програмне забезпечення. Однак, якщо користувач завантажує неліцензійні програми, варто придбати антивірус. Важливе правило: *ніколи не встановлюйте два антивіруси одночасно*.



Apple у принципі не допускає до магазину App Store антивіруси, стверджуючи, що «компанія Apple спочатку проектувала платформу iOS як захищену» і що її операційна система не потребує антивірусу. Apple iOS дійсно спроектована з акцентом на безпеку. Застосунки в iOS виконуються у власних безпечних середовищах, які ізолюють застосунки та їх дані, не дозволяючи проводити будь-які маніпуляції з файлами інших застосунків або операційної системи.

В iOS шкідливому застосунку нічого красти і ламати, оскільки він не зможе вийти за межі свого середовища, де йому доступні лише власні дані. Також Apple дозволяє встановлювати на пристрої iOS застосунки тільки зі свого офіційного магазину App Store. Apple ретельно стежить за тим, що вона додає у свій магазин, і схвалює застосунки тільки після вивчення їх коду. Таким чином, щоб на iOS потрапив шкідливий застосунок, спочатку зловмисникам потрібно не тільки його розробити, але й якимось чином провести через офіційну перевірку.

Користувачам пристроїв на Android рекомендується завантажувати програми тільки з офіційних магазинів і користуватися антивірусами. Бажано – з Google Play, оскільки для того, щоб потрапити до нього, застосунок має пройти досить серйозну перевірку. Проте доволі регулярно туди просочуються і шкідливі застосунки.

4. Резервне копіювання (захист від програм-вимагачів)

Правило «3-2-1»: зберігайте щонайменше 3 копії даних на 2 різних типах носіїв (наприклад, локальний диск та хмара), причому 1 копія повинна зберігатися географічно в іншому місці (відключена від мережі).

Ізольовані бекапи: сховища з резервними копіями не повинні мати постійного доступу до основної мережі, щоб вірус-вимагач не зміг зашифрувати їх разом із робочою системою.

5. Цифрова гігієна та протидія соціальній інженерії

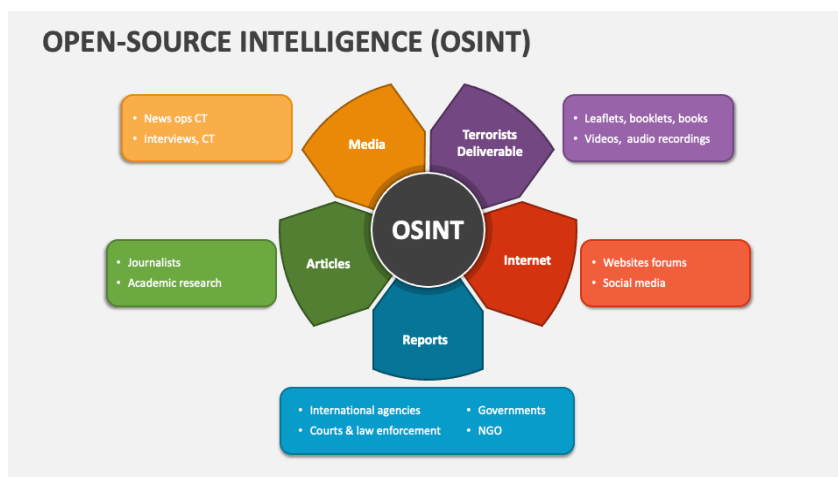
Аналіз вкладень та посилань: не відкривайте файли (особливо .exe, .scr, .zip, .docm з макросами) від невідомих відправників. Завжди перевіряйте реальну адресу відправника листа, а не лише його відображуване ім'я.

Мінімізація цифрового сліду: обмежуйте кількість особистої інформації, яку ви публікуєте в соцмережах (**OSINT**). Хакери використовують її для створення переконливих фішингових атак.

OSINT (англ. **Open Source Intelligence** – розвідка на основі відкритих джерел) – це процес збору, аналізу та використання інформації, яка є легально доступною у публічному просторі, для отримання конкретних розвідувальних даних.



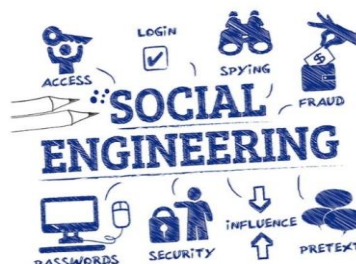
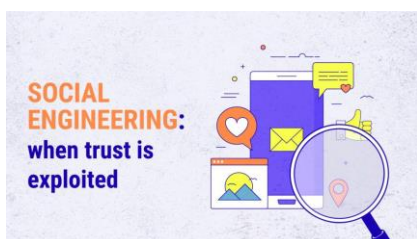
Головний принцип OSINT – легальність. Вся інформація шукається без зламу систем, використання шпигунського ПЗ чи крадіжки даних.



Приклад OSINT у дії: користувач виклав у соцмережу фото кави на тлі вікна офісу. Хакер аналізує фото: за формою даху будівлі навпроти визначає точні координати офісу; на екрані ноутбука, який випадково потрапив у кадр, бачить модель внутрішнього софту; на бейджі, що лежить на столі, зчитує ім'я та посаду. Результат: готова база для створення переконливого листа-фішингу від імені ІТ-відділу компанії.



Соціальна інженерія (англ. **Social Engineering**) – це метод маніпуляції людьми з метою отримання конфіденційної інформації, паролів, банківських даних або доступу до захищених систем. Замість зламу комп'ютерного коду зловмисники зламують «людський фактор», використовуючи психологічні тригери: довіру, страх, неуважність, цікавість, жалість тощо.



Правила цифрової гігієни. Для захисту від шкідливого програмного забезпечення та інших кіберзагроз у більшості випадків достатньо дотримуватися базових правил цифрової гігієни. До них належать використання ліцензійного програмного забезпечення, регулярне оновлення системи та антивірусних засобів, застосування двофакторної автентифікації та уважне ставлення до електронних повідомлень і вебресурсів.

Наведемо основні рекомендації з кібербезпеки:

1. *Оновлюйте програмне забезпечення та операційну систему.* Використання актуальних версій програм забезпечує отримання останніх виправлень безпеки та усунення виявлених вразливостей.

2. *Використовуйте антивірусні програми.* Сучасні антивірусні рішення допомагають виявляти, блокувати та усувати шкідливе програмне забезпечення.

3. *Створюйте надійні паролі.* Не використовуйте прості комбінації, які легко підібрати. Надійний пароль має містити великі й малі літери, цифри та спеціальні символи.

4. *Не відкривайте вкладення електронної пошти від невідомих відправників.* Такі файли можуть містити віруси або інше шкідливе програмне забезпечення.

5. *Не переходьте за підозрілими посиланнями.* Посилання від невідомих відправників або сумнівних сайтів можуть вести на фішингові сторінки чи ресурси, що заражають пристрій.

6. *Уникайте використання незахищених мереж Wi-Fi у громадських місцях.* Відкриті мережі можуть використовуватися для перехоплення даних користувачів.

7. *Завантажуйте лише ліцензійне програмне забезпечення.* Неліцензійні програми часто містять приховане шкідливе програмне забезпечення або вразливості.

8. *Не фотографуйте банківські картки та конфіденційні документи.* У разі втрати телефону або несанкціонованого доступу до галереї ці дані можуть бути використані зловмисниками.

9. *Використовуйте двофакторну автентифікацію, коли це можливо.* Додатковий рівень підтвердження значно підвищує безпеку облікового запису.

10. *Перевіряйте адресу вебсайту.* Захищені сайти використовують протокол https, який забезпечує шифрування передавання даних.

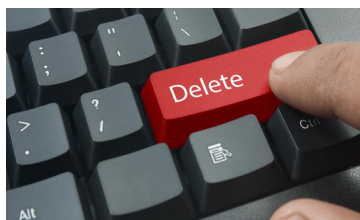
11. *Створюйте резервні копії даних.* Зберігайте копії важливих файлів на зовнішніх носіях або у хмарних сервісах.

12. *Контролюйте дозволи додатків.* Не надавайте програмам доступ до камери, мікрофона, контактів чи геолокації без реальної необхідності.

13. *Безпечно видаляйте дані.* Для конфіденційної інформації важливо використовувати методи безповоротного видалення файлів.

Безпечне видалення даних. Ще одним важливим аспектом забезпечення кібербезпеки є коректне, тобто безпечне, видалення даних.

Як відбувається видалення даних? Під час звичайного видалення файлів у операційній системі, наприклад, шляхом переміщення їх до «Кошика» у Windows, файли фактично не зникають із носія інформації. Аналогічний принцип використовується і в інших популярних операційних системах, зокрема Android та iOS.



Після видалення операційна система лише позначає файл як такий, що більше не відображається користувачеві, але самі дані продовжують фізично зберігатися на жорсткому диску або в пам'яті пристрою. Такі дані називають *залишковими даними* або *залишковою інформацією*.

За допомогою спеціалізованих програм ці дані можна повністю або частково відновити. Відновлення можливе доти, доки поверх старих даних не буде записана нова інформація.

Навіщо потрібне безповоротне видалення даних? Існує багато ситуацій, коли користувачу необхідно повністю знищити інформацію без можливості її подальшого відновлення. Це можуть бути:

- конфіденційні документи;
- персональні або медичні дані;
- фінансова інформація;
- службові матеріали;
- файли, що містять приватну або компрометуючу інформацію.

Особливо важливим це є у сфері медицини, де електронні документи можуть містити персональні дані пацієнтів, результати обстежень або іншу інформацію, що підпадає під вимоги лікарської таємниці.

Метод безпечного видалення залежить від кінцевої мети користувача:

- повне та безповоротне знищення конфіденційної інформації;
- правильне видалення програм і системного сміття для звільнення пам'яті пристрою.

Звичайне видалення файлу через «Кошик» лише приховує його від користувача, але не стирає фізично з носія інформації. Для повного видалення використовують спеціальні програми, які багаторазово перезаписують ділянки пам'яті випадковими даними, унеможливаючи подальше відновлення файлів.

На мобільних пристроях додатковим засобом захисту є шифрування пам'яті смартфона та функція дистанційного стирання даних у разі втрати або викрадення пристрою.

Список рекомендованої літератури

1. Медична інформатика : навч. посіб. для студ. мед. ун-тів / В. Г. Кнігавко та ін. Харків : ХНМУ, 2019. 82 с.
2. Медична інформатика : підручник / І. Є. Булах, Ю. Є. Лях, В. П. Марценюк, І. І. Хаїмзон. Київ : Медицина, 2012. 368 с.
3. Медична інформатика в модулях : практикум / І. Є. Булах, Л. П. Войтенко, Мруга М. Р. та ін. ; за ред. І. Є. Булах. Київ : Медицина, 2012. 208 с.
4. Булах І. Є., Хаїмзон І. І. Інформаційні технології у психології та медицині : підручник. Київ : Медицина, 2011. 216 с.
5. Мінцер О. П., Вороненко Ю. В., Власов В. В. Інформаційні технології в охороні здоров'я і практичній медицині. Кн. 5 : Оброблення клінічних і експериментальних даних у медицині : навч. посіб. Київ : Вища школа, 2003. 350 с.
6. Abdelhak M., Hanken M. A. Health Information: Management of a Strategic Resource. 6th ed. St. Louis : Elsevier, 2021. 848 p.
7. Lubliner D. J. Biomedical Informatics : An Introduction to Information Systems and Software in Medicine and Health Care. Boca Raton : CRC Press, 2015. 434 p.
8. Shortliffe E. H., Cimino J. J. Biomedical Informatics : Computer Applications in Health Care and Biomedicine. 5th ed. Cham: Springer, 2021. 1047 p.
9. Hebda T. L., Czar P. Handbook of Informatics for Nurses and Healthcare Professionals. 7th ed. Hoboken: Pearson, 2022. 720 p.
10. Hoyt R. E., Yoshihashi A. Health Informatics: Practical Guide. 8th ed. Lulu Publishing, 2023. 540 p.
11. Nelson R., Staggers N. Health Informatics : An Interprofessional Approach. 3rd ed. St. Louis : Elsevier, 2021. 640 p.
12. Topol E. Deep Medicine : How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again. New York : Basic Books, 2019. 400 p.
13. Goldschmidt P. G., Kumar S. Health Information Management: Concepts, Principles and Practice. 6th ed. Chicago : AHIMA Press, 2020. 510 p.
14. Гойко О. В. Практичне використання пакета STATISTICA для аналізу медико-біологічних даних : навч. посіб. Київ, 2004. 76 с.

15. Журибеда О. Системи керування базами даних : навч. посіб. Київ : Перше вересня, 2017. 163 с.
16. Обвінцев О. В. Інформатика та програмування : курс на основі Python : навч. посіб. Київ : Основа, 2017. 247 с.
17. Устенко С. А., Устенко І. В. Мережні інформаційні технології : навч. посіб. Миколаїв : Швець В. М., 2016. 321 с.
18. Симбірська Л. М., Симбірський Г. Д., Левтеров А. І. Інформаційні системи й технології : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2016. 129 с.
19. Добрянський Д. О., Мінцер О. П., Краснов В. В. Використання телемедицини у клінічній практиці : навч.-метод. посіб. Київ : Українсько-Швейцарська програма «Здоров'я матері та дитини», 2011. Ч. 1. 86 с.
20. Добрянський Д. О., Мінцер О. П., Краснов В. В. Використання телемедицини у клінічній практиці : навч.-метод. посіб. Київ : Українсько-Швейцарська програма «Здоров'я матері та дитини», 2011. Ч. 2. 94 с.
21. Мінцер О. П. Інформатика та охорона здоров'я // Медична інформатика та інженерія. 2010. № 2. С. 8–21.
22. Медичні інформаційні системи в діагностиці, лікуванні і прогнозуванні цукрового діабету : монографія / Злепко С. М. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2013. 187 с.
23. Готра О. З., Лотоцька Л. Б., Ткачук О. З. Європейський стандарт комп'ютерної грамотності. Ч. 1 : Базові концепції інформаційних технологій. Львів : ЛНМУ ім. Данила Галицького, 2007. 78 с.
24. Готра О. З., Лотоцька Л. Б., Ткачук О. З. Європейський стандарт комп'ютерної грамотності. Ч. 2 : Сучасні технології обробки, аналізу та представлення інформації. Львів : ЛНМУ ім. Данила Галицького, 2007. 94 с.
25. Готра О. З., Лотоцька Л. Б., Собчук І. С. Європейський стандарт комп'ютерної грамотності. Ч. 3 : Інформація і комунікація. Пошук та передача інформації. Львів : ЛНМУ ім. Данила Галицького, 2007. 102 с.
26. Sutton R. T., Pincock D., Baumgart D. C. et al. An Overview of Clinical Decision Support Systems: Benefits, Risks, and Strategies for Success // Digital Medicine. 2020. Vol. 3. Article 17.
27. Jiang F., Jiang Y., Zhi H. et al. Artificial Intelligence in Healthcare : Past, Present and Future // Stroke and Vascular Neurology. 2017. Vol. 2, No. 4. P. 230–243.

28. Reddy S., Allan S., Coghlan S., Cooper P. A Governance Model for the Application of AI in Health Care // Journal of the American Medical Informatics Association. 2020. Vol. 27, No. 3. P. 491–497.
29. Digital Health and Care in the European Union : Report. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. 156 p.
30. WHO guideline : Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening. Geneva: World Health Organization, 2019. 124 p.
31. Wang L., Zhang Z., Wang D. et al. Human-centered design and evaluation of AI-empowered clinical decision support systems : a systematic review // Frontiers in Computer Science. 2023. Vol. 5. Article 1187299. DOI: 10.3389/fcomp.2023.1187299.
32. Moazemi S., Vahdati S., Li J. et al. Artificial intelligence for clinical decision support for monitoring patients in cardiovascular ICUs : a systematic review // Frontiers in Medicine. 2023. Vol. 10. Article 1109411. DOI: 10.3389/fmed.2023.1109411.
33. Fernando M., Abell B., Tyack Z. et al. Using theories, models, and frameworks to inform implementation cycles of computerized clinical decision support systems in tertiary health care settings: scoping review // Journal of Medical Internet Research. 2023. Vol. 25. e45163.
34. Xu Q., Xie W., Liao B. et al. Interpretability of Clinical Decision Support Systems Based on Artificial Intelligence from Technological and Medical Perspective : A Systematic Review // Journal of Healthcare Engineering. 2023. Vol. 2023. Article 9919269.
35. Jiang S., Wang T., Zhang K.-H. Data-driven decision-making for precision diagnosis of digestive diseases // BioMedical Engineering OnLine. 2023. Vol. 22. Article 87.
36. Balla Y., Tirunagari S., Windridge D. Pediatrics in Artificial Intelligence Era : A Systematic Review on Challenges, Opportunities, and Explainability // Indian Pediatrics. 2023. Vol. 60. P. 561–569.
37. Nasarian E., Alizadehsani R., Acharya U. R., Tsui K.-L. Designing Interpretable ML System to Enhance Trust in Healthcare : A Systematic Review to Proposed Responsible Clinician-AI-Collaboration Framework // arXiv. 2023. arXiv:2311.11055.
38. Prentzas N., Kakas A., Pattichis C. S. Explainable AI applications in the Medical Domain : a systematic review // arXiv. 2023. arXiv:2308.05411.

39. Buess L., Keicher M., Navab N., Maier A., Arasteh S. T. From large language models to multimodal AI : A scoping review on the potential of generative AI in medicine // arXiv. 2025. arXiv:2502.09242.

40. Yang Y., Lin M., Zhao H. et al. A survey of recent methods for addressing AI fairness and bias in biomedicine // arXiv. 2024. arXiv:2402.08250.

Інформаційні ресурси та електронні джерела

1. Репозитарій Харківського національного медичного університету
<https://repo.knmu.edu.ua/>

2. Українська асоціація «Комп'ютерна медицина»
<https://uacm.com.ua/ukr/index.html>

3. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського
<https://www.nbuv.gov.ua/>

4. American Medical Informatics Association (AMIA).

5. International Medical Informatics Association (IMIA).

6. Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS).

7. Integrating the Healthcare Enterprise (IHE).

8. European Federation for Medical Informatics (EFMI).

9. Journal of Medical Internet Research (JMIR).

10. JMIR Medical Informatics.

11. BMJ Health & Care Informatics.

12. Journal of the American Medical Informatics Association (JAMIA).

13. Applied Clinical Informatics (ACI).

14. Elsevier Medical Informatics Journals.

15. World Health Organization – Digital Health.

16. U.S. Office of the National Coordinator for Health Information Technology.

17. HL7 International.

18. SNOMED International.

19. ICD-11 (WHO International Classification of Diseases).
20. PubMed / National Library of Medicine.
21. Microsoft Learn.
22. Microsoft Office Support.
23. ICDL Foundation (International Computer Driving Licence).
24. Medscape.
25. Coursera – Health Informatics Courses.
26. edX – Digital Health and Medical Informatics Courses.
27. Kaggle Datasets for Healthcare and Biostatistics .
28. R Project for Statistical Computing.
29. OpenEHR Foundation.

Навчальне видання

Зайцева Ольга Василівна
Бондаренко Марина Анатоліївна
Солодовніков Андрій Сергійович

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ СТАНДАРТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАМОТНОСТІ

Підручник

Відповідальний за випуск М. А. Бондаренко



Редактор Н. І. Дубська
Комп'ютерна верстка О. Ю. Лавриненко

Формат А4. Ум. друк. арк. 29,0. Зам. № 26-52.

**Редакційно-видавничий відділ
ХНМУ, пр. Науки, 4, м. Харків, 61022
izdatknmurio@gmail.com, vid.redact@knmu.edu.ua**

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавництв, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серії ДК № 3242 від 18.07.2008 р.