

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БІОЛОГІЇ, ГЕОГРАФІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА БІОЛОГІЇ ЛЮДИНИ ТА ІМУНОЛОГІЇ**

А.В. Шкуропат

**МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА:
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

з обов'язкової освітньої компоненти

«Медична інформатика»

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти

спеціальності І2 Медицина

Івано-Франківськ, 2026

УДК 004.5/.8:61(075)

Ш 67

Рекомендовано

вченою радою Херсонського державного університету

(протокол від «22» грудня 2025 р. №4).

Відомості про автора: Шкуропат А.В., кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології людини та імунології Херсонського державного університету

Рецензенти: КОЗОВИЙ Руслан – декан медичного факультету, д.мед.н., професор ІФНМУ

ЛЕМЕЩУК Олександр – проректор з цифровізації, інноваційної діяльності та науково-педагогічної роботи, доктор філософії з галузі знань 012 Інформаційні технології зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення

ЛЕВЧЕНКО Валерій - доктор медичних наук, професор кафедри фізичної терапії, ерготерапії КНУ імені В.Стефаника

Шкуропат А.В. Медична інформатика: навчальний посібник для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальностей І2 Медицина / А.В.Шкуропат. - Івано-Франківськ, 2026. - 88. (електронне видання)

ISBN 978-617-8670-48-1 (електронне видання)

Анотація: посібник охоплює ключові питання застосування інформаційних технологій в охороні здоров'я, включаючи теоретичні основи медичної інформатики, принципи побудови та використання Електронних медичних карток (ЕМК), а також функціонування Електронної системи охорони здоров'я України (ЕСОЗ).

Особлива увага приділяється практичним аспектам: телемедицині, підтримці прийняття клінічних рішень та перспективам мобільної медицини (mHealth) в контексті моніторингу хронічних хворих та персоналізованої профілактики.

Мета посібника — надати майбутнім лікарям необхідні знання для ефективної роботи в цифровому медичному середовищі, підвищення якості та доступності медичних послуг.

Рекомендовано здобувачам другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальностей І2 Медицина

ISBN (електронне видання) 978-617-8670-48-1

УДК 004.5/.8:61(075)

© Шкуропат А., 2026

©ХДУ, 2026

ЗМІСТ

навчального посібника

	стор
Передмова	4
Розділ 1. ВВЕДЕННЯ В МЕДИЧНУ ІНФОРМАТИКУ. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В МЕДИЦИНІ	5
Тема 1. Введення в медичну інформатику	5
Тема 2. Комп'ютерні технології в медицині	10
Тема 3. Статистичні методи в медицині	14
Розділ 2. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ОХОРОНІ ЗДОРОВ'Я. БАЗИ ДАНИХ У МЕДИЦИНІ. ЕЛЕКТРОННІ МЕДИЧНІ КАРТКИ (ЕМК). ЗАХИСТ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	38
Тема 4. Інформаційні системи в охороні здоров'я	38
Тема 5. Бази даних у медицині	46
Тема 6. Електронні медичні картки	51
Тема 7. Захист медичної інформації	57
Розділ 3. ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У МЕДИЦИНІ	67
Тема 8. Експертні системи та штучний інтелект у медицині	67
Розділ 4. ТЕЛЕМЕДИЦИНА ТА МОБІЛЬНА МЕДИЦИНА	79
Тема 9. Телемедицина та мобільна медицина	79

Шановні здобувачі освіти!

Сьогодні професійне становлення лікаря неможливе без цифрової грамотності. Сучасний медик — це не лише фахівець із клінічним мисленням, а й експерт, який вільно орієнтується в IT-рішеннях і навіть бере участь у їх створенні.

Посібник «Медична інформатика» розроблений як практичний путівник у цифровій екосистемі охорони здоров'я. Ви не просто вивчите теорію, а опануєте інструменти, необхідні магістру медицини: від роботи з електронними медичними картками (ЕМК) в системі eHealth України до використання телемедицини та систем підтримки клінічних рішень. Також ми розглянемо, як mHealth та персоналізовані гаджети (wearables) допомагають у моніторингу пацієнтів та профілактиці захворювань.

Посібник побудовано таким чином, щоб отримані знання ви могли одразу застосовувати у своїй клінічній та дослідницькій діяльності. Сподіваюся, він стане надійним путівником у світі цифрової медицини, підвищуючи якість та доступність медичних послуг, які ви надаватимете

*З повагою,
автор*

Розділ 1.

ВВЕДЕННЯ В МЕДИЧНУ ІНФОРМАТИКУ. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В МЕДИЦИНІ

Тема 1 “Введення в медичну інформатику”

Список рекомендованої літератури:

1. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
2. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mihandbook>; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
3. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
4. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&dq=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtIk&sig=b39YVoBltS3lQSJkUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwiqkeTdpIzQAUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
5. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаїмзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
6. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
7. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. –К.: Медицина, 2012. – 208 с.
8. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>
9. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
10. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
11. <https://knowledge.phc.org.ua/books>
12. <https://emedicine.medscape.com/>
13. <http://www.medscape.com>
14. <https://www.guideline.gov/>
15. <http://www.uptodate.com>
16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
17. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
18. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>
19. <https://ehealth.gov.ua/>

Питання для самопідготовки:

1. Визначення та предмет медичної інформатики
2. Історія розвитку медичної інформатики у світі та Україні

3. Основні поняття медичної інформатики (дані, інформація, знання; інформаційні процеси в медицині)

Медична інформатика — це міждисциплінарна наукова галузь, що вивчає структуру, обробку та аналіз медичних, біологічних і клінічних даних та знань, а також розробляє та застосовує інформаційні технології для вирішення проблем в охороні здоров'я, біомедичних дослідженнях та освіті.

Її предметом є інформаційні процеси, що відбуваються у сфері охорони здоров'я та біомедицини, а також методи, алгоритми та програмно-апаратні засоби, необхідні для ефективного управління цими процесами.

Сучасне трактування медичної інформатики виходить за межі простого використання комп'ютерів у лікарнях. Воно охоплює не лише збір даних, але й їхнє перетворення на знання, які можуть підтримувати прийняття клінічних рішень (наприклад, системи підтримки прийняття рішень, CDSS). Робота з масивними, складними наборами даних (геноміка, електронні медичні картки), часто з використанням методів штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання. Інформатика є ключовою для інтеграції генетичних, лабораторних і клінічних даних з метою розробки індивідуальних планів лікування та персоніфікованої медицини. Використання інформаційно-комунікаційних технологій для надання медичних послуг на відстані (телемедицина) та управління здоров'ям населення (наприклад, e-Health).

Медична інформатика функціонує на перетині кількох фундаментальних дисциплін, черпаючи з них методи та інструменти. Медицина надає предметну область (клінічні протоколи, діагностика, лікування) та кінцеву мету (покращення здоров'я пацієнтів і якості медичних послуг). Інформатика надає методи та інструменти (програмування, бази даних, алгоритми, архітектура мереж) для зберігання та обробки даних. Біологія надає основу для біоінформатики (підрозділу медичної інформатики), яка працює з молекулярними даними (геноми, протеоми) та моделюванням біологічних процесів. Кібернетика надає теорію управління, зворотного зв'язку та моделювання систем. Допомогає розробляти системи, які автоматично регулюють процеси (наприклад, моніторинг життєвих показників). Біомедична статистика та розробка ШІ надають інструменти для аналізу даних (регресія, машинне навчання, глибоке навчання) для виявлення закономірностей, прогнозування результатів та розробки діагностичних моделей.

Становлення медичної інформатики — це процес, який відображає інтеграцію обчислювальних технологій та системного аналізу в клінічну практику та біологічні дослідження. Розвиток медичної інформатики у світі можна умовно поділити на чотири основні етапи:

1. Етап автоматизації (кінець 1950-х – 1970-ті рр.)

Використання комп'ютерів для автоматизації рутинних процесів. В цей період були розроблені перші систем для білінгу (фінансові розрахунки), управління аптеками та лабораторними даними. З'явилися перші спроби створення електронних медичних карт, хоча вони були розрізненими.

2. Етап інформаційних систем (1970-ті – 1990-ті рр.)

Створення комплексних інформаційних систем на базі лікарень (Hospital Information Systems, HIS). Спостерігається розвиток систем підтримки прийняття клінічних рішень (CDSS), що ґрунтувалися на правилах. Початок стандартизації медичної термінології та обміну даними (HL7).

3. Етап геноміки та інтернету (1990-ті – 2010-ті рр.)

Використання Інтернету для доступу до медичних знань та вибуховий розвиток біоінформатики. Відбувся запуск проєкту "Геном людини", що спричинив появу масивних баз генетичних даних (GenBank, PubMed). Активний розвиток телемедицини та систем для роботи з медичними зображеннями (PACS).

4. Етап великих даних та AI (2010-ті – наш час)

Аналіз великих даних (Big Data), інтеграція даних ЕМК із геномними та популяційними даними. Спостерігається широке впровадження методів штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання для прогнозування захворювань, персоналізації лікування та аналізу медичних зображень. Перехід до концепції e-Health.

Становлення медичної інформатики в Україні. В Україні становлення галузі мало свої особливості, часто відстаючи від світових тенденцій через економічні та політичні чинники, але демонструючи значний прогрес в останні роки.

1. Дослідницький етап (Ррдянський період – 1990-ті рр.)

Наукові дослідження в галузі медичної кібернетики. У наукових інститутах (зокрема, в Києві) велися роботи з математичного моделювання біологічних систем та розробки перших алгоритмів для автоматизованої діагностики. Було закладено теоретичний фундамент.

2. Етап локальної автоматизації (1990-ті – середина 2010-х рр.)

Початок локальної комп'ютеризації окремих медичних закладів та кафедр. Поява перших комерційних лабораторних інформаційних систем (ЛІС) та локальних систем обліку пацієнтів. Створювалися перші кафедри та курси медичної інформатики у медичних університетах.

3. Етап національної трансформації (Середина 2010-х – наш час)

Системне впровадження національних медичних інформаційних систем. Відбувається запуск та розвиток Електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ/eHealth), включаючи центральну базу даних та електронну медичну картку. Впровадження електронного рецепта, направлень та медичних висновків. Це забезпечило єдиний інформаційний простір для

первинної та вторинної ланки медицини. Активне використання телемедицини та розвиток біоінформатичних кластерів.

Медична інформатика оперує ієрархією понять, які відображають шлях від простого спостереження до клінічного рішення:

Дані - неінтерпретовані, сирі факти або спостереження. Це найнижчий рівень абстракції, що не має контексту. Наприклад, числове значення 140/90; послідовність GATC в ДНК; наявність симптому "кашель".

Інформація - дані, яким надано контекст, структуру та значення. Інформація відповідає на питання "хто, що, де, коли". Наприклад, артеріальний тиск 140/90 мм рт. ст., виміряний у пацієнта К. 15.05.2025 о 10:00.

Знання - інформація, що була проаналізована, синтезована та інтегрована з іншими фактами, досвідом і теоріями. Знання дозволяють відповідати на питання "як" і "чому", підтримуючи прийняття рішень. Наприклад, стійкий тиск 140/90 мм рт. ст. у пацієнта К. (вік 55 років, ожиріння) свідчить про гіпертонію I ступеня та вимагає призначення дієти та фізичних навантажень.

У медицині інформаційні процеси охоплюють повний цикл роботи з даними, необхідний для діагностики, лікування та досліджень:

Збір (генерація) даних. Отримання первинних даних, включаючи показники життєдіяльності (пульс, АТ), результати лабораторних аналізів, медичні зображення (рентген, КТ), а також геномні дані.

Зберігання та організація. Структурування та архівування даних у безпечних системах, таких як Електронні медичні картки (ЕМК), Реєстри або Біобанки. Цей процес вимагає стандартизації (наприклад, використання кодування ICD-10 для діагнозів).

Обробка та аналіз. Трансформація сирих даних на значущу інформацію. Включає статистичний аналіз, обробку зображень, порівняння геномних послідовностей та застосування алгоритмів машинного навчання для виявлення закономірностей.

Передача та обмін. Обмін інформацією між різними суб'єктами: лікар-лабораторія, лікар-пацієнт, лікар-страхова компанія. Це забезпечується через медичні інформаційні системи (МІС) та стандарти обміну даними (HL7).

Використання (прийняття рішень). Застосування обробленої інформації та знань для підтримки клінічних рішень (вибір протоколу лікування), наукових досліджень та управління ресурсами охорони здоров'я.

В таблиці 1.1 наданий перелік офіційних джерел біомедичних даних, рекомендований МОЗ України.

Таблиця 1.1. Перелік джерел клінічних настанов*

Назва бази	Інтернет-адреса
Універсальні	
Up To Date	http://www.uptodate.com
BMJ Clinical Evidence	http://clinicalevidence.bmj.com
Medscape from WebMD	http://www.medscape.com
National Guideline Clearinghouse	https://www.guideline.gov/
Centers for Disease Control and Prevention (CDC)	https://www.cdc.gov/
The Cochrane Collaboration The Cochrane Library	http://www.cochrane.org/
Clinical Knowledge Summaries (CKS)	http://prodigy.clarity.co.uk/
World Health Organization (WHO)	http://www.who.int
The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST)	http://www.eucast.org/
Національні	
The Finnish Medical Society Duodecim	https://www.duodecim.fi/
The Association of the Scientific Medical Societies in Germany	http://www.awmf.org
The French National Authority for Health	http://www.has-sante.fr/
National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE)	https://www.nice.org.uk/
Canadian Medical Association InfoBase (CMA InfoBase: Clinical Practice Guidelines (CPGs))	http://www.cma.ca/
The National Health and Medical Research Council (NHMRC)	https://www.nhmrc.gov.au
Royal College of Physicians	https://www.rcplondon.ac.uk/
AMA (American Medical Association)	https://www.ama-assn.org/
American Academy of Family Physicians	http://www.aafp.org/home.html
American Academy of Pediatrics Policy (AAP Policy) Clinical Practice Guidelines	https://www.aap.org
European Pediatric Association, the Union of National European Pediatric Societies and Associations (EPA/UNEPSA)	http://www.epa-une psa.org/
Серцево-судинні захворювання	
American College of Cardiology	http://www.ace.org/
American Heart Association	http://news.heart.org/
European Society of Cardiology	http://www.escardio.org/
Травма	

Brain Trauma Foundation (BTF)	https://www.braintrauma.org/
	http://www.trauma.org/
Eastern Association for the Surgery of Trauma	https://www.east.org/
Western Trauma Association	https://westerntrauma.org/
Онкозахворювання	
National Comprehensive Cancer Network	https://www.nccn.org/
The European Society for Medical Oncology	http://www.esmo.org/
Невідкладна медична допомога	
American College of Emergency Physicians	https://www.acep.org/
The National Association of Emergency Medical Technicians (NAEMT)	http://www.naemt.org/
The National Association of State EMS Officials	https://nasemso.org/
The European Society for Emergency Medicine	http://eusem.org

* (додаток 4 у редакції наказу Міністерства охорони здоров'я України від 29.12.2016 р. N 1422, із змінами, внесеними згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я України від 26.09.2018 р. N 1752)

Тема 2: “Комп’ютерні технології в медицині”

Список рекомендованої літератури:

1. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
2. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mihandbook>; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
3. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
4. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&dq=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtlk&sig=b39YVoBlT31QSKUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwigkeTdpIzQAUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
5. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаїмзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
6. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
7. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. –К.: Медицина, 2012. – 208 с.
8. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>

9. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
10. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
11. <https://knowledge.phc.org.ua/books>
12. <https://emedicine.medscape.com/>
13. <http://www.medscape.com>
14. <https://www.guideline.gov/>
15. <http://www.uptodate.com>
16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
17. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
18. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>
19. <https://ehealth.gov.ua/>

Питання для самопідготовки:

1. Апаратне та програмне забезпечення.
2. Операційні системи та прикладне ПЗ.
3. Мережеві технології.

Ефективна медична інформатика вимагає надійної інтеграції високоякісного апаратного та спеціалізованого програмного забезпечення, що відповідає суворим вимогам безпеки та безперебійності роботи. Апаратні вимоги у медичній сфері визначаються критичністю даних та потребою у швидкій обробці великих обсягів інформації (зображення, геномні дані).

Програмне забезпечення є ядром медичної інформатики і повинно відповідати нормативним вимогам щодо безпеки, конфіденційності та сумісності. До основних інформаційних систем в медицині відносяться:

1. Медична інформаційна система (МІС) / Електронна медична картка (ЕМК) - центральна система для зберігання, обробки та доступу до даних пацієнтів. До цієї інформаційної системи висувається ряд вимог, таких як надійність, захист від несанкціонованого доступу, підтримка медичних стандартів (ICD-10, SNOMED CT). На 2025 рік до ЕСОЗ приєднано понад 35 медичних інформаційних систем, які розроблено провідними українськими ІТ-компаніями. Наприклад, Health24, Helsi.
2. Лабораторна інформаційна система (ЛІС) - управління процесами в лабораторії, автоматичний прийом та передача результатів аналізів до ЕМК. Це програмний комплекс, що автоматизує процеси управління роботою лабораторії, від збору зразків до видачі результатів, включаючи штрих-кодування, сортування, передачу завдань

аналізаторам, отримання результатів, їх контроль та розподіл між медичними картами пацієнтів.

3. Система архівування та передачі зображень (PACS) - це медична технологія для зберігання, управління, передачі та перегляду цифрових медичних зображень (наприклад, з рентгенів, КТ, МРТ, УЗД) у зручній цифровій мережі. Вона використовує стандарт DICOM для забезпечення сумісності зображень, усуваючи потребу в паперових архівах та забезпечуючи швидкий доступ до даних для лікарів у будь-який час і з будь-якого місця через мережу.
4. Системи підтримки прийняття клінічних рішень (CDSS). Програми, які використовують знання та алгоритми для надання лікарям рекомендацій щодо діагностики, лікування та дозування ліків.
5. Статистичні пакети та AI. Програмне забезпечення для аналізу великих масивів даних (наприклад, R, Python бібліотеки) для дослідницьких цілей та побудови прогностичних моделей.

Ефективне функціонування медичних інформаційних систем (МІС) залежить від надійності та безпеки як базового програмного забезпечення (операційних систем), так і спеціалізованого прикладного ПЗ. ОС є фундаментальною основою, яка забезпечує роботу всієї медичної інфраструктури. Вимоги до ОС в медичному середовищі:

- Безпека. ОС повинні мати надійні механізми захисту від несанкціонованого доступу, вбудовані фаєрволи та регулярні оновлення безпеки (патчі) для захисту конфіденційних даних пацієнтів.
- Стабільність та надійність. ОС на серверах, що підтримують електронні медичні картки (ЕМК) та інші критичні системи, повинні гарантувати безперебійну роботу (24/7) з мінімальним часом простою.
- Керування доступом. Підтримка деталізованих прав доступу на основі ролей користувачів (лікар, медсестра, адміністратор) для дотримання конфіденційності.

Прикладне ПЗ є кінцевим інструментом, з яким безпосередньо взаємодіє медичний працівник для виконання своїх функцій. Прикладами прикладного ПЗ є:

- Медичні інформаційні системи (МІС/ЕМК).
- Системи підтримки прийняття клінічних рішень (CDSS).
- Лабораторні та радіологічні системи (ЛІС, PACS)

Основні вимоги прикладного забезпечення стосуються інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу та швидкого доступу до даних, здатність обмінюватися даними з іншими системами. ПЗ має бути сертифіковано, тобто має бути підтверджена його відповідність стандартам якості та безпеки.

Ефективність сучасної медицини критично залежить від надійного та безпечного обміну даними між різними системами, відділеннями та медичними установами. Цей обмін забезпечується мережевими технологіями. Медичні установи використовують кілька типів мереж для забезпечення різних потреб:

- локальні обчислювальні мережі (ЛОМ, LAN). З'єднують комп'ютери, сервери та медичне обладнання (наприклад, апарати УЗД, КТ) в межах однієї лікарні. Забезпечують високу швидкість передачі даних, що необхідно для обміну великими медичними зображеннями.
- глобальні обчислювальні мережі (ГОМ, WAN). З'єднують віддалені медичні установи, регіональні eHealth центри та забезпечують роботу телемедицини та національних електронних систем (наприклад, ЕСОЗ в Україні).
- мережі тіла (body area networks, BAN). Створюються за допомогою бездротових сенсорів, імплантованих або закріплених на тілі пацієнта, для постійного моніторингу життєвих показників (ЕКГ, рівень глюкози).

Медичні мережі мають відповідати суворим вимогам, пов'язаним із критичністю та конфіденційністю інформації. Пропускна здатність повинна бути високою, особливо для систем PACS (архівація медичних зображень). Передача файлів КТ чи МРТ вимагає гігабітної швидкості, щоб лікар не чекав. Дані пацієнтів (згідно з GDPR, HIPAA або національними стандартами) вимагають шифрування (VPNs, SSL/TLS) для захисту під час передачі. Мережеві пристрої повинні бути захищені фаєрволами та системами виявлення вторгнень. Має бути запроваджена пріоритезація трафіку. Дані, критичні для життя (наприклад, моніторинг життєвих функцій або телемедичні консультації), мають мати вищий пріоритет над адміністративним трафіком. Бездротові технології широко використовуються для мобільних пристроїв (планшети, ноутбуки на візках), вони вимагають надійного покриття та наскрізного шифрування.

Для обміну даними між різними системами та сумісності даних використовують різні системи шифрування.

- DICOM (digital imaging and communications in medicine). Є стандартом для передачі, зберігання та відображення медичних зображень і пов'язаної з ними інформації. Критично важливий для відділень радіології.
- HL7 (health level seven). Набір міжнародних стандартів, що визначають формат електронного обміну клінічними, адміністративними та фінансовими даними між різними медичними інформаційними системами (ЕМК, ЛІС)

Тема 3: “Статистичні методи в медицині”

Список рекомендованої літератури:

1. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
2. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mihandbook>; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
3. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
4. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&dq=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtIk&sig=b39YVoBltS31QSJkUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwiqkeTdpIzQAUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
5. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаїмзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
6. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
7. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. –К.: Медицина, 2012. – 208 с.
8. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>
9. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
10. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
11. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. / О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук, Б. П. Орел та ін. — К: НТУУ «КПІ», 2014. — 212 с.
12. Теорія ймовірностей, математична статистика та імовірнісні процеси: навч. посіб. / Ю. М. Слюсарчук, Й. Я. Хром'як, Л. Л. Джавала та ін. — Львів: Вид. Львів. політехніки, 2015. — 364 с.
13. <https://knowledge.phc.org.ua/books>
14. <https://emedicine.medscape.com/>
15. <http://www.medscape.com>
16. <https://www.guideline.gov/>
17. <http://www.uptodate.com>
18. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
19. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
20. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>
21. <https://ehealth.gov.ua/>

Питання для самопідготовки:

1. Статистичні методи в медицині
2. Основи медичної статистики:
3. Шкали вимірювання
4. Змінна
5. Вибірка
6. Розподіл даних
7. Етапи перевірки статистичних гіпотез
8. Нульова та альтернативна гіпотеза
9. Похибка першого та другого роду
10. Чутливість, надійність, точність медичних тестів (скринінг, діагностика)
11. Статистичні критерії
12. Використання статистичних програм.
13. Візуалізація даних.

Медична статистика — це галузь, що використовує математичні та статистичні методи для збору, організації, аналізу, інтерпретації та представлення даних, пов'язаних зі здоров'ям, захворюваннями, лікуванням і профілактикою. У медичній інформатиці вона є ключовим інструментом для перетворення сирих медичних даних на клінічні знання. Статистика є основою для доказової медицини (evidence-based medicine, EBM) і виконує кілька критичних функцій. Наприклад, визначення того, чи має новий препарат або хірургічний метод значущу перевагу над існуючими. Оцінка ризику розвитку захворювання (наприклад, серцево-судинного) на основі демографічних та клінічних даних. Вивчення поширеності, причин та закономірностей розподілу захворювань у популяціях. Моніторинг та оцінка якості медичних послуг і результатів лікування у клініках. У медичній інформатиці використовуються як базові, так і складні методи аналізу даних.

Описова статистика - базові методи для організації та узагальнення медичних даних.

- показники мір центральної тенденції (середнє арифметичне, медіана, мода)
- показники варіабельності (стандартне відхилення, дисперсія, діапазон). Показують розкид даних, наприклад, коливання рівня цукру в крові протягом доби.
- частотний розподіл - використовується для опису розподілу частот симптомів, діагнозів, тощо.

Аналітична статистика - використовується для перевірки гіпотез та перенесення результатів вибірки на всю популяцію.

- перевірка статистичної значущості гіпотез - використовується для визначення, чи є відмінності між двома групами (наприклад, група,

що отримувала ліки, проти контрольної) статистично значущими чи отримані результати є випадковістю і ліки не мали вплив на досліджуваний показник. Наприклад, t-критерій, критерій Вілкоксона, метод Шапіро-Вілка, критерій χ^2 .

- регресійний аналіз - визначення зв'язку між однією або кількома незалежними змінними (факторами ризику, дозою ліків) та залежною змінною (результатом лікування, імовірністю захворювання)
- аналіз виживання - використовується в онкології та кардіології для оцінки часу до настання певної події (наприклад, рецидиву, смерті) з урахуванням різних факторів

Шкали вимірювання даних. У медичній інформатиці, як і в будь-якій науковій дисципліні, критично важливо розуміти тип даних, з якими працює дослідник, оскільки це визначає, які статистичні методи можуть бути застосовані та як слід інтерпретувати результати. Дані класифікуються за чотирма основними шкалами вимірювання.

1. **Номинальна шкала.** Найпростіша шкала, використовується для класифікації та категоризації. Числа або мітки використовуються лише для ідентифікації або групування об'єктів/явищ. Можна лише визначити рівність чи нерівність. Жодних кількісних значень чи порядку. Може бути дихотомічною (так/ні, наприклад, наявність діагнозу чи відсутність, стать - чоловіча, жіноча, статус курця - так/ні,) та категоріальною (наприклад, група крові - А, В, АВ, О; вікові групи). З даними в такій шкалі можливий лише підрахунок частоти та обчислення моди)
2. **Порядкова шкала.** Встановлює порядок або ранг між категоріями, але відстані між цими рангами (інтервали) не є однаковими або змістовними. Дані мають властивість класифікації, а також можуть бути впорядковані або ранжовані. Наприклад, шкала болю (слабкий, помірний, сильний), стадія захворювання (I, II, III, IV), результати опитування за шкалою Лайкерта (повністю не згоден, не згоден, нейтрально). Операції, які можливо проводити - обчислення медіани, квантилей, рангових кореляцій.
3. **Інтервальна шкала.** Дані мають властивості класифікації та впорядкування, а також однакові інтервали між послідовними значеннями. Різниця між значеннями змістовна. Нуль є довільною точкою (не означає повну відсутність вимірюваної властивості). Наприклад, температура тіла за Цельсієм або Фаренгейтом (різниця між 37°C і 38°C така ж, як між 38°C і 39°C, але 0°C не означає відсутність тепла). З даними цієї шкали можна робити більше операцій, наприклад, обчислення мір центральної тенденції, стандартне відхилення, t-критерій, ANOVA.

4. Шкала відношень. Включає всі властивості інтервальної шкали, але має справжню (абсолютну) нульову точку. Нуль означає повну відсутність вимірюваної властивості. Можна змістовно обчислювати відношення (наприклад, 40 мг у два рази більше, ніж 20 мг). Наприклад, доза ліків (у мг), вік пацієнта (у роках), вага (у кг), кількість лейкоцитів (у кл/мкл), час реакції. Можна проводити всі статистичні операції, допустимі для інтервальної шкали, а також коефіцієнт варіації, геометричне середнє.

Розуміння шкали вимірювання є фундаментальним для:

- Для проектування баз даних необхідно визначення правильного типу даних (наприклад, чи є поле числом або категорією).
- Валідація даних - забезпечення, що дані відповідають логіці шкали (наприклад, щоб номінальні дані не обчислювалися як середнє).
- Для проведення статистичного аналізу. Вибір найбільш потужного та коректного статистичного тесту (наприклад, параметричні тести вимагають інтервальної шкали або шкали відношень).
- Для візуалізації даних. Визначення найбільш інформативного способу представлення даних (наприклад, гістограми для інтервальних/відношень, стовпчикові діаграми для номінальних/порядкових).

Змінна. У медичній інформатиці змінна є фундаментальним поняттям, яке позначає будь-яку характеристику, властивість, атрибут або фактор, що може набувати різних значень у різних суб'єктів (пацієнтів, клітин, лікарень) або за різних умов. Дані, з якими працюють медичні інформатики, по суті, є сукупністю значень, які набувають ці змінні.

Змінна (variable) – це логічна комірка, що використовується для зберігання даних, які можуть бути виміряні, проаналізовані або якими можна маніпулювати. У контексті клінічних досліджень та медичних записів, змінні формують основу для зберігання інформації, статистичного аналізу, створення прогностичних моделей.

Змінні класифікують за кількома ознаками. Найважливішою для аналізу даних є класифікація за типом даних (що відповідає шкалам вимірювання):

1. Категоріальні або якісні змінні. Описують характеристики, які не можна виміряти чисельно, а можна лише класифікувати. Шкала вимірювання - номінальна, порядкова. Наприклад, група крові (А, В, О), стать (чол., жін.), наявність діабету (так/ні).
2. Числові або кількісні змінні. Описують характеристики, які вимірюються чисельно. Числові дані є дискретні та неперервні. Дискретні можуть набувати лише цілих значень. Наприклад, кількість госпіталізації, частота серцевих скорочень. Шкала вимірювань - відношень. Неперервні - можуть набувати будь-якого значення в

заданому діапазоні (зазвичай вимірюються). Наприклад, зріст, температура тіла, концентрація речовини, артеріальний тиск. Шкала вимірювання - інтервальна або відношень.

У медичних дослідженнях та статистичному моделюванні змінні також класифікують за їхньою роллю:

1. Незалежна змінна - змінна якою маніпулюють (у контрольованому дослідженні) або яку використовують для прогнозування чи пояснення змін. Тобто, це “причина” або “фактор”.
2. Залежна змінна - змінна, яка вимірюється і вважається результатом або наслідком впливу незалежної. Тобто, це “результат” або “наслідок”.

Вибірка. У медичній інформації, як і в епідеміології та біостатистиці, рідко необхідно чи можливо зібрати дані про всю сукупність пацієнтів, захворювань або клінічних випадків (генеральна сукупність). Замість цього використовується вибірка — менша, але ретельно відібрана підмножина сукупності. Процес відбору цієї підмножини називається вибіркою (або семплінгом).

1. Генеральна сукупність. Повний набір усіх елементів (осіб, випадків, записів), які мають певну спільну характеристику, що є об'єктом дослідження. Наприклад, усі пацієнти з цукровим діабетом 2 типу в Україні.
2. Вибірка. Частина генеральної сукупності, яка фактично використовується для збору даних та проведення аналізу. Наприклад, 500 пацієнтів з діабетом 2 типу, відібраних із карток трьох великих клінік.

Вибірка має бути репрезентативною. Репрезентативна вибірка має максимально точно відображати важливі характеристики (вік, стать, тяжкість захворювання, етнічна приналежність тощо) генеральної сукупності. Якщо вибірка нерепрезентативна (має упередження/зміщення — bias), висновки, зроблені на основі аналізу, не можуть бути достовірно екстрапольовані на всю сукупність.

Вибірка має бути рандомізована, тобто кожен елемент генеральної сукупності має відомий, ненульовий шанс бути включеним до вибірки. Вони є кращими для наукових досліджень, оскільки мінімізують зміщення. Вибірка може формуватися на основі не імовірнісного методу. Тобто елементи вибираються на основі зручності, суб'єктивного судження або доступності. Ці методи не гарантують репрезентативності і частіше використовуються для пілотних досліджень або в ситуаціях, коли рандомізація неможлива.

Залежні та незалежні вибірки. Незалежні вибірки — це вибірки, в яких відбір елементів в одну групу жодним чином не впливає на відбір елементів в іншу групу, і значення, виміряні в одній групі, не впливають на значення в іншій. Вибірки складаються з різних і непов'язаних суб'єктів

(пацієнтів). Наприклад, порівняння рівня глюкози у групі пацієнтів, що отримували Препарат А, з групою, що отримувала Препарат Б. (Кожний пацієнт належить лише до однієї групи).

Зв'язані, або пари і вибірки - один і той самий суб'єкт вимірюється двічі (або більше разів) за різних умов або в різні моменти часу. Наприклад, вимірювання артеріального тиску в одних і тих самих пацієнтів до початку лікування та після місяця лікування. (Кожний пацієнт є "парою" для самого себе).

Розподіл даних. Розподіл у статистиці та медичній інформації описує, як часто різні значення певної змінної зустрічаються в наборі даних (наприклад, у вибірці пацієнтів). Іншими словами, це систематичне розташування частот або ймовірностей усіх можливих значень змінної.

Розуміння розподілу змінних є фундаментальним, оскільки від нього залежить вибір коректних статистичних методів аналізу, які можуть бути застосовані до медичних даних.

Розподіл даних найчастіше візуалізується за допомогою гістограм або графіків щільності ймовірності. Ключові характеристики, які описують розподіл:

- центральна тенденція - визначення, де зосереджена більшість даних (середнє арифметичне, медіана, мода).
- варіабельність даних - визначення наскільки розкидані дані, тобто, наскільки крайні значення відхиляються від середнього арифметичного, медіани, моди. (стандартне відхилення, дисперсія).

Типи розподілу даних. У медичних дослідженнях та аналізі ЕМК-даних найчастіше зустрічаються такі типи розподілів:

1. Нормальний розподіл (рис. 1.1) - це симетричний розподіл, що при візуалізації частот має форму дзвона (bell curve). Більшість значень групується навколо середнього, а частота зменшується симетрично в міру віддалення від нього. Середнє = Медіана = Мода. Розподіл повністю визначається двома параметрами: середнім (M) та стандартним відхиленням (σ). Наприклад, зріст дорослих людей, артеріальний тиск у здорової популяції, результати деяких лабораторних тестів (хоча багато медичних показників не є ідеально нормальними). Якщо дані мають нормальний розподіл, можна застосовувати потужні параметричні тести (наприклад, t-критерій Стюдента, ANOVA), оскільки вони ґрунтуються на припущенні про нормальність.

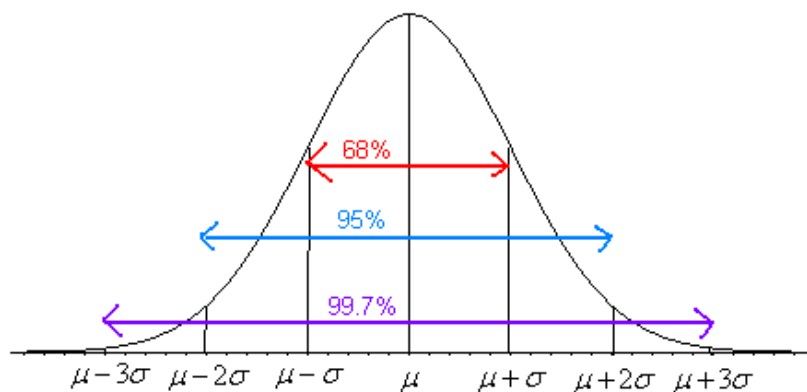


Рис. 1.1. - Нормальний розподіл

2. Скошений розподіл (Skewed Distribution). Це асиметричний розподіл, де дані "скошені" в один бік (рис. 1.2).

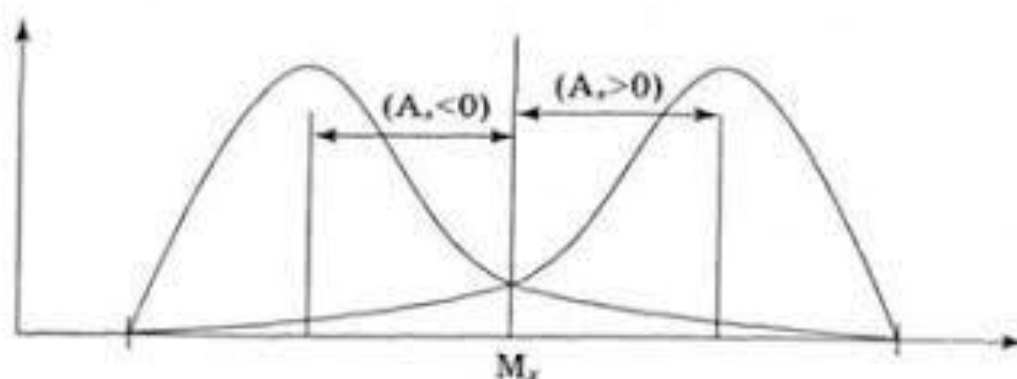


Рис. 1.2 - Відхилення з довгим правим хвостом – позитивне, відхилення з довгим лівим хвостом - негативне

Права (позитивна) асиметрія: довгий "хвіст" простягається до більших (позитивних) значень. Середнє $>$ Медіана. Приклад: тривалість госпіталізації (більшість пацієнтів виписуються швидко, але невелика частина залишається на дуже довгий термін).

Ліва (негативна) асиметрія: довгий "хвіст" простягається до менших (негативних) значень. Середнє $<$ Медіана. Приклад: вік смерті (більшість людей помирає у старості, але невелика частина — у молодому віці).

При наявності значної асиметрії середнє арифметичне стає поганим показником центральної тенденції. В таких випадках слід використовувати медіану та непараметричні тести.

3. Біноміальний розподіл (binomial distribution). Використовується для моделювання результатів дихотомічної (бінарної) змінної (так/ні, хворий/здоровий) у фіксованій кількості випробувань (рис. 1.3). Приклад: кількість пацієнтів, які одужали, із загальної групи у 100 осіб.

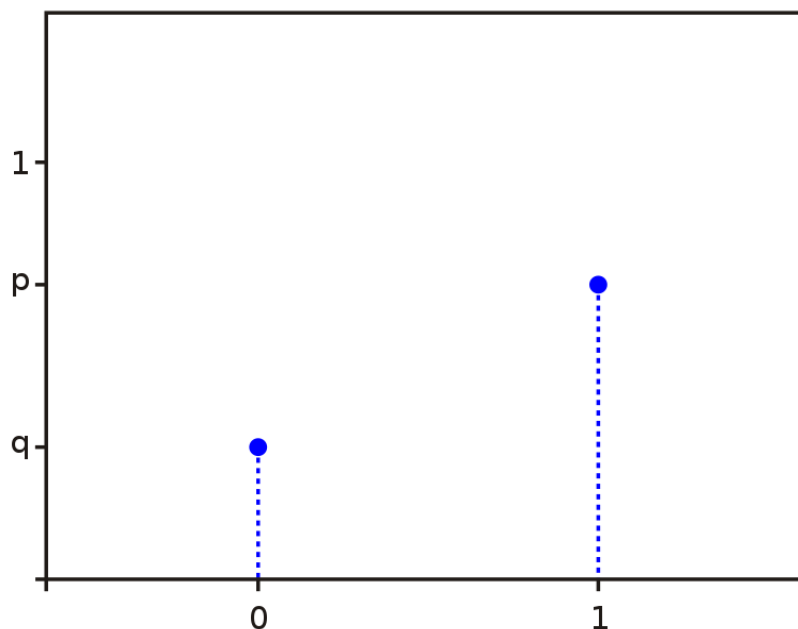


Рис. 1.3 - Біноміальний розподіл

Значення вивчення розподілу даних вибірки. Аналіз розподілу допомагає виявити аномалії або викиди (outliers) у даних ЕМК, які можуть бути результатом помилки введення або рідкісного, але важливого клінічного випадку. Підбір статистичного методу дослідження для нормального обираються параметричні критерії, для ненормального - непараметричні. Знання розподілу дозволяє коректно інтерпретувати показники. Наприклад, для скошеного розподілу доцільніше наводити Медіану та міжквартильний діапазон, а не середнє та стандартне відхилення (рис. 1.4).

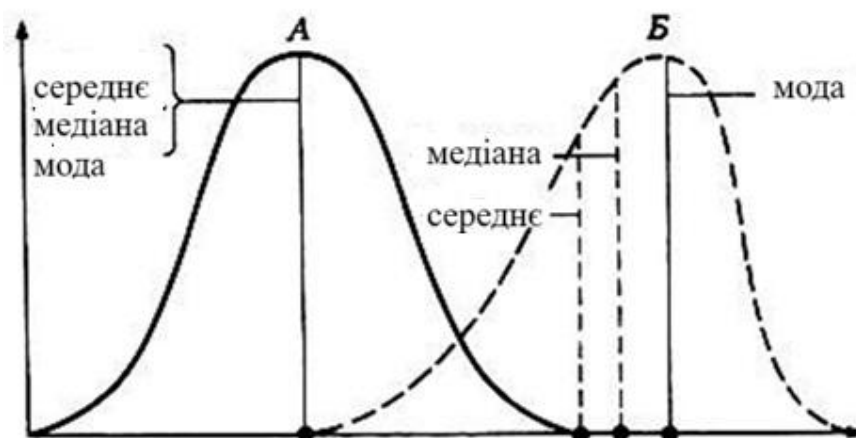


Рис. 1.4 - Порівняння мір центральної тенденції при нормальному розподілі даних та ненормальному

Перевірка статистичних гіпотез - це формалізований процедура, яка використовується для прийняття рішення про вплив, взаємозв'язок або різницю, спираючись на дані вибірки. У медичних дослідженнях цей процес

допомагає визначити, чи є спостережувані ефекти (наприклад, ефективність нового препарату) статистично значущими, чи вони є результатом випадковості.

Процес складається з п'яти основних послідовних етапів:

1. Формулювання гіпотез. На цьому етапі визначається, що саме перевіряє дослідник. Потрібно сформулювати нульову та альтернативну гіпотезу. Нульова гіпотеза (H_0) - твердження, що ефект відсутній, різниці між показниками чи взаємозв'язку між даними не спостерігається. Цю гіпотезу, як правило, дослідник намагається спростувати. Наприклад, між показниками артеріального тиску контрольної групи та групи, що приймала новий препарат, різниця відсутня. Альтернативна гіпотеза (H_1 або H_a) - це твердження, що суперечить нульовій гіпотезі, приймається тоді, коли нульову гіпотезу відхиляють. Наприклад, показники артеріального тиску контрольної групи вище за показники артеріального тиску групи, що приймала новий препарат.
2. Вибір рівня значущості та статистичного тесту - це максимальна допустима ймовірність помилки I типу (відхилити H_0 , коли вона насправді істинна). У медицині та біології α майже завжди встановлюється на рівні 0,05 (5%). Вибір статистичного тесту залежить від трьох факторів - тип змінних (номінальні, порядкові, кількісні), розподіл даних (нормальний чи ненормальний), кількість груп та їх залежність (залежні/незалежні вибірки).
3. Збір даних та обчислення тестової статистики. Використання обраного статистичного тесту для обчислення тестової статистики (наприклад, значення t , χ^2 , або F). Це єдине число, яке узагальнює, наскільки сильно спостережувані дані відхиляються від припущення, зробленого в H_0 .
4. Визначення р-значення (p-value) та критичної області. Обчислення р-значення

р-значення (p-value) — це ймовірність отримати спостережувані результати (або ще більш екстремальні), якщо нульова гіпотеза H_0 насправді істинна. р-значення розраховується на основі тестової статистики та відомого теоретичного розподілу. Дослідник проводить порівняння обчисленого р-значення та

5. Прийняття рішення та інтерпретація висновків. На основі порівняння р-значення та α приймається одне з рішень; якщо $p \leq \alpha$ (наприклад, $p \leq 0,05$), то відхиляємо нульову гіпотезу та приймаємо альтернативну. Якщо $p > \alpha$ (наприклад, $p > 0,05$), приймається нульова гіпотеза.

У статистиці та наукових дослідженнях прийняття рішень щодо перевірки гіпотез завжди супроводжується ризиком припущення помилки. Ці помилки класифікуються як похибки першого та другого роду.

1. Похибка першого роду. Похибка першого роду (також відома як α -похибка або рівень значущості) виникає, коли дослідник відкидає нульову гіпотезу (H_0), хоча насправді вона є правильною. Це "хибно позитивний" результат. Дослідник робить висновок про наявність ефекту, різниці або зв'язку, тоді як насправді жодного ефекту не існує. Наприклад, дослідник стверджує, що новий препарат значно ефективніший за плацебо, але насправді різниця в ефективності відсутня. Імовірність цієї помилки традиційно обмежується до рівня значущості α (зазвичай $\alpha=0.05$, або 5%).

$$P(\text{відхилення } H_0 | H_0 \text{ істинна}) = \alpha$$

2. Похибка другого роду. Похибка другого роду (також відома як β -похибка) виникає, коли дослідник не відкидає нульову гіпотезу (H_0), хоча насправді вона є хибною (тобто, альтернативна гіпотеза H_1 є істинною). Це "хибно негативний" результат. Дослідник не виявляє реального ефекту, різниці або зв'язку, який насправді існує. Наприклад, дослідник робить висновок, що новий препарат не має значущої переваги над старим, хоча насправді він є ефективнішим. Імовірність цієї помилки позначається як β . Як правило, дослідники прагнуть мінімізувати β .

$$P(\text{не відхилення } H_0 | H_0 \text{ хибна}) = \beta$$

Між двома типами похибок існує обернений зв'язок: якщо ми намагаємося суворо зменшити ризик помилки першого роду (α), ми автоматично збільшуємо ризик помилки другого роду (β), за умови незмінного обсягу вибірки (табл. 1.2).

З поняттям β -похибки нерозривно пов'язане поняття статистичної потужності дослідження:

$$\text{Потужність} = 1 - \beta$$

Потужність — це ймовірність правильно відхилити хибну нульову гіпотезу. Іншими словами, це здатність дослідження виявити реальний ефект, якщо він справді існує. У біомедичних дослідженнях зазвичай прагнуть досягти потужності 80% (або 0.8) і вище (рис. 1.5).

Таблиця 1.2 – Помилки першого та другого роду

Істинна гіпотеза			
		H0	H1
Результат застосування критерію	H0	H0 правильно прийнята	H0 неправильно прийнята (Похибка <i>другого</i> роду)
	H1	H0 неправильно знехтувана (Похибка <i>першого</i> роду)	H0 правильно знехтувана



Рис. 1.5 - Похибка першого та другого року

Контроль β -похибки та потужності досягається переважно через правильний розрахунок необхідного обсягу вибірки до початку дослідження.

В медичній діагностиці та скринінгу критично важливо оцінити, наскільки добре тест може правильно класифікувати пацієнтів. Для цього використовують здатність долати тести похибки першого та другого роду. Для цього використовуються три основні статистичні показники:

1. Чутливість (або справжня позитивності, true positive rate, TPR) – це частка дійсно хворих осіб, які були правильно ідентифіковані тестом як позитивні. Здатність тесту виявляти хворобу, коли вона присутня

$$\text{Чутливість} = \text{ІП} / (\text{ІП} + \text{ХН})$$

ІП - істинні позитивний (true positive)

ХН - хибно негативний (false negative)

Висока чутливість необхідна для скринінгових тестів, де важливо не пропустити жодного хворого (мінімізувати хибно негативні результати), проте, можуть зустрічатися хибні спрацювання, тобто тест показав позитивний результат там, де його не має. Наприклад, тести на важкі інфекційні захворювання, флюорографія, цитологічні мазки шийки матки.

2. Специфічність (або справжня негативність, true negative rate, TNR) – це частка дійсно здорових осіб, які були правильно ідентифіковані тестом як негативні. Це здатність тесту підтверджувати відсутність хвороби, коли вона відсутня

$$\text{Специфічність} = \text{ІН} / (\text{ІН} + \text{ХП})$$

ІП - істинні позитивний (true positive)

ХП - хибно позитивний (false positive)

Висока специфічність важлива для діагностичних тестів, де необхідно мінімізувати хибно позитивні результати, щоб уникнути непотрібного лікування, стресу чи дорогих подальших діагностичних процедур. Наприклад, визначення онкомаркерів.

3. Точність - це загальна частка правильних рішень тесту відносно усіх проведених тестів. Це загальна ефективність тесту в правильній класифікації як хворих, так і здорових.

$$\text{Точність} = (\text{ІП} + \text{ІН}) / (\text{ІН} + \text{ІП} + \text{ХП} + \text{ХН})$$

ІП - істинні позитивний (true positive)

ХП - хибно позитивний (false positive)

Точність дає загальне уявлення про ефективність, але може бути оманливою у випадках, коли поширеність (превалентність) хвороби дуже низька (наприклад, тест може мати високу точність, просто правильно визначаючи більшість здорових).

У медичній інформатиці ці показники є основою для оцінки якості діагностичних алгоритмів, систем підтримки прийняття клінічних рішень (CDSS) та моделей машинного навчання, що використовуються для автоматичного прогнозування діагнозу.

Статистичні тести — це математичні процедури, які використовуються для аналізу даних вибірки з метою перевірки статистичних гіпотез (зокрема, нульової гіпотези, H_0) та прийняття обґрунтованих висновків про генеральну сукупність.

У медицині вибір правильного критерію є критичним для забезпечення достовірності клінічних досліджень та коректного аналізу даних пацієнта.

Вибір статистичного тесту залежить переважно від двох факторів: типу даних (шкали вимірювання) та розподілу даних.

Статистичні тести поділяються на дві основні категорії, залежно від того, чи виконуються припущення про розподіл даних:

1. Параметричні тести - використовуються, коли дані відповідають певним умовам, найголовніше — припущенню про нормальний розподіл змінної (або різниць) та рівність дисперсій у порівнюваних групах. До них відноситься t-критерій Стюдента, одновибірковий t-критерій, t-критерій для залежних (парних) вибірок, ANOVA (дисперсійний аналіз), кореляція Пірсона.
2. Непараметричні тести - використовуються тоді, коли дані мають ненормальний (скошений) розподіл, змінні виміряні за номінальною або порядковою шкалою. Ці критерії не роблять припущень щодо розподілу. Наприклад, критерій Манна-Уїтні, критерій Вілкоксона, критерій Краскела-Уолліса, критерій Хі-квадрат.

Використання статистичних програм. У сучасній медичній інформатиці та біостатистиці практично неможливо проводити серйозний аналіз даних (особливо великих масивів, як ЕМК) вручну. Статистичні програмні пакети (statistical software packages) є основними інструментами, які дозволяють автоматизувати процеси описової статистики, перевірки гіпотез, моделювання та візуалізації даних.

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Дуже популярний у медицині та соціальних науках. Відомий своїм зручним графічним інтерфейсом (GUI), що робить його доступним для користувачів без глибоких навичок програмування.

SAS (Statistical Analysis System). Потужний інструмент, часто використовується у великих клінічних дослідженнях та фармацевтичній промисловості. Вимагає знання мови програмування SAS.

Stata. Популярний в епідеміології, економіці та біостатистиці. Відомий ефективною обробкою панельних даних та регресійним моделюванням.

R. Мова та середовище для статистичних обчислень та графіки. Стандарт де-факто для передових статистичних досліджень та біостатистики. Величезна кількість пакетів (наприклад, Bioconductor) для спеціалізованого аналізу.

Python. Універсальна мова, що активно використовується для аналізу великих медичних даних (Big Data) та машинного навчання (бібліотеки Pandas, NumPy, Scikit-learn).

JASP. Безкоштовна альтернатива SPSS з GUI, розроблена для полегшення доступу до складних статистичних методів.

Microsoft Excel/Google Sheets. Не є повноцінними статистичними пакетами, але є корисними для первинного керування даними, простих обчислень (середнє, стандартне відхилення) та базової візуалізації.

Студенти повинні вміти використовувати їх для підготовки даних перед експортом у спеціалізовані програми.

Міри центральної тенденції. Для проведення статистичного аналізу перше потрібно розрахувати міри центральної тенденції. До них відносяться:

Середнє арифметичне значення (або просто, середнє арифметичне) — це сума всіх значень, поділена на кількість елементів в наборі даних

Медіана (Me) — це середня величина, яка відокремлює вищу половину від нижньої в наборі даних. Медіана і мода є єдиними мірами центральної тенденції, які можуть бути використані для порядкових даних, в яких значення ранжуються по відношенню один до одного, але не вимірюються.

Мода (Mo) — це значення, яке найчастіше зустрічається в наборі даних. Це єдина міра центральної тенденції, яка може бути застосована для номінальних даних, які мають тільки сукупність числових даних

Середньоквадратичне відхилення (σ) - це міра, яка показує, наскільки сильно значення у наборі даних відхиляються (розкидані) від середнього арифметичного.

Дисперсія - це міра, яка кількісно оцінює розкид (варіабельність) набору даних.

Стандартна похибка середнього - це міра, яка показує, наскільки точно середнє арифметичне, обчислене на основі вибірки, оцінює істинне середнє генеральної сукупності.

Візуалізація медичних даних. Візуалізація даних — це графічне представлення інформації та даних. У медицині це критично важливий інструмент, який перетворює великі, складні набори медичних даних (отриманих з ЕМК, клінічних досліджень чи сенсорів) на зрозумілі та змістовні зображення. Ефективна візуалізація дозволяє медикам та дослідникам швидко ідентифікувати тенденції, аномалії, взаємозв'язки та розподіли, які можуть бути непомітними у сирих табличних даних.

Візуалізація використовується для розвідувального аналізу даних (Exploratory Data Analysis, EDA), є першим кроком для розуміння структури даних, розподілу змінних та виявлення викидів (outliers) або помилок введення. Графіки можуть наочно підтверджувати або спростовувати статистичні гіпотези перед або після застосування формальних критеріїв. Візуалізація даних пацієнта (наприклад, динаміка життєвих показників, результати лабораторних аналізів) допомагає лікарям швидше оцінити стан та реакцію на лікування.

Вибір правильного типу діаграми безпосередньо залежить від шкали вимірювання змінної та мети аналізу.

Неправильна візуалізація може спотворити висновки. Неправильний початок осі (наприклад, не з нуля) може перебільшувати або применшувати різницю між групами. Графік має бути простим і не перевантаженим кольорами чи непотрібними елементами. Використання 3D-графіків або кругових діаграм для великої кількості категорій ускладнює порівняння.

Візуалізація повинна чесно представляти дані. Зміна масштабу або вибіркове представлення даних для маніпулювання клінічними висновками є неприпустимим.

Для візуалізації медичних даних використовуються основні типи діаграм.

Стовпчасті діаграми

Стовпчаста діаграма (рис. 1.6) будується на основі даних, які впорядковано на аркуші у стовпцях або рядках. У стовпчастій діаграмі категорії (наприклад, назви груп або місяці) зазвичай розташовуються по горизонтальній осі (X), а відповідні значення (наприклад, суми або кількості) — по вертикальній осі (Y). Стовпчасті діаграми ідеально підходять для візуального порівняння різних категорій.

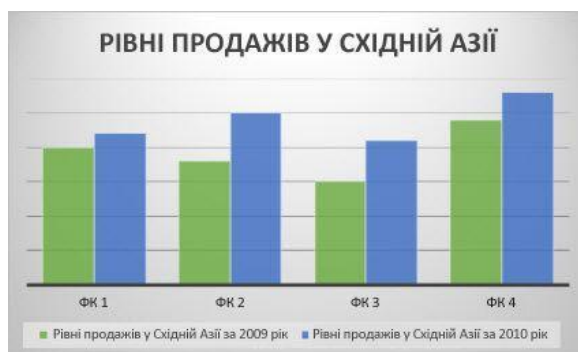


Рис. 1.6 - Приклад стовпчастої діаграми

Лінійчаті діаграми

Лінійчата діаграма (рис. 1.7) будується на основі даних, упорядкованих на аркуші у стовпцях або рядках. У лінійчатій діаграмі дані категорій розподіляються рівномірно по горизонтальній осі (X), а всі значення — по вертикальній осі (Y). Цей тип діаграми відображає безперервні дані, що змінюються з часом, ідеально підходячи для демонстрації тенденцій показників через однакові проміжки часу, такі як місяці, квартали або фінансові роки.



Рис. 1.7 - Приклад лінійчастої діаграми

Секторні та кільцеві діаграми

Секторна діаграма (або кругова діаграма; рис. 1.8) створюється на основі даних, упорядкованих на аркуші в один рядок або стовпець. Ці діаграми відображають розмір кожного елемента пропорційно до суми всіх елементів у цьому ряді. Кожна точка даних зображується як відсоткова частка від цілого круга (100%).

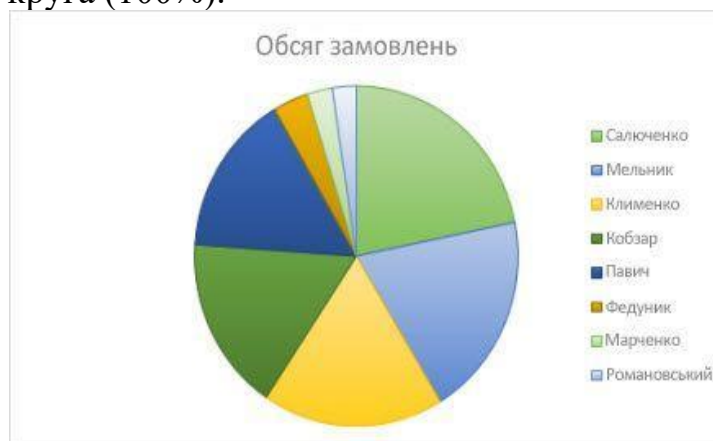


Рис. 1.8 - Приклад секторної діаграми

Секторну діаграму варто використовувати, лише коли:

1. Ви маєте лише один ряд даних.
2. Дані не містять від'ємних або нульових значень.
3. Кількість категорій не перевищує семи, і всі вони спільно представляють частини одного цілого.

Тип "Секторна діаграма" (стандартна) показує на площині відношення кожного значення до загальної суми.

Кільцеві діаграми

Кільцеву діаграму (рис. 1.9) можна побудувати на основі даних, упорядкованих лише у рядки або стовпці на аркуші. Як і секторна діаграма, кільцева діаграма візуально відображає співвідношення частин до цілого, але її ключова перевага в тому, що вона може містити кілька рядів даних.

На стандартній кільцевій діаграмі дані відображаються у концентричних кільцях, де кожне кільце відповідає окремому ряду даних. Якщо на діаграмі відображаються відсоткові значення, сума цих значень у кожному окремому кільці дорівнює 100%.

ПРИМІТКА: слід пам'ятати, що кільцеві діаграми важкі для сприйняття та порівняння візуально. Часто краще використовувати альтернативні варіанти, наприклад, стовпчасту діаграму з накопиченням або гістограму з накопиченням, які є більш ефективними для порівняння кількох рядів даних.



Рис. 1.9 - Приклад кільцевої діаграми

Гістограми

Гістограма (або горизонтальна стовпчаста діаграма; рис. 1.10) будується на основі даних, упорядкованих у рядки або стовпці на аркуші. Цей тип діаграми використовується для ілюстрації порівняння окремих елементів. На відміну від звичайної стовпчастої діаграми, у гістограмі категорії зазвичай відкладаються по вертикальній осі (Y), а значення — по горизонтальній осі (X).

Гістограми є кращим вибором у двох випадках:

1. Якщо підписи категорій є доволі довгими (горизонтальне розміщення тексту спрощує читання).
2. Коли відображувані значення являють собою проміжки часу або тривалість



Рис. 1.10 - Приклад секторної діаграми

Діаграми з областями

Діаграми з областями (рис.1.11) створюються на основі даних, упорядкованих у рядки або стовпці на аркуші, і є потужним інструментом для візуалізації інформації. Вони використовуються для відображення змін у часі та допомагають привернути увагу до значення загальної суми в існуючій тенденції. Відображаючи сукупну суму даних, діаграма з областями також наочно показує, як відношення окремих частин впливає на ціле (загальний обсяг).



Рис. 1.11 - Приклад діаграми з областями

Точкові діаграми

Точкова діаграма (рис. 1.12) створюється на основі даних, упорядкованих у рядки або стовпці на аркуші. Для її побудови необхідно розмістити значення X в одному рядку чи стовпці, а відповідні значення Y – у суміжних.

Точкова діаграма має дві числові осі: вісь абсцис (X) і вісь ординат (Y). Значення з цих осей об'єднуються в єдині точки, які відображаються у вигляді кластерів або в нерегулярних інтервалах.

Точкові діаграми зазвичай використовуються для відображення та порівняння числових значень, зокрема наукових, статистичних або інженерних даних, оскільки вони найкраще ілюструють взаємозв'язок між двома змінними.

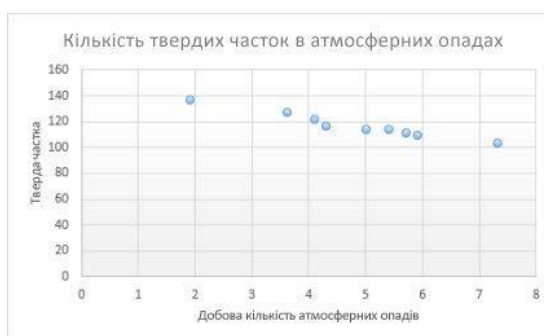


Рис. 1.12 - Приклад діаграми з областями

Діаграма Венна

Діаграма Венна (рис. 1.13) — це графічний інструмент, що використовується для ілюстрації логічних відношень між двома або більше множинами (групами об'єктів чи концепцій). Вона складається з накладених (пересічних) кіл або інших замкнених фігур, де кожна фігура представляє окрему множину. Діаграма дозволяє візуально продемонструвати, як множини перетинаються (мають спільні елементи) і як вони відрізняються. Області, які не перетинаються, містять елементи, що належать виключно до даної множини, тоді як центральна область перетину містить елементи, які є спільними для всіх представлених множин. Діаграми Венна зазвичай застосовуються для візуалізації подібностей і відмінностей, а також для наочного представлення логічних операцій, що робить їх незамінними в освіті, статистиці та логіці.



Рис. 1.13 - Приклад діаграми Венна

UpSet Plot

UpSet Plot (рис. 1.14) - це сучасний і високоефективний метод візуалізації, який використовується для відображення розмірів та перетинів великої кількості множин (категорій), де класична діаграма Венна стає нечитабельною. Структурно UpSet Plot складається з двох основних частин: основної панелі, де стовпчикова діаграма показує загальну кількість елементів у кожному конкретному перетині, та матриці перетинів, де рядки представляють унікальні комбінації множин. У матриці множини, що входять до конкретного перетину, позначаються точками, які з'єднані вертикальними смужками, що дозволяє користувачу миттєво визначити, які саме категорії (наприклад, симптоми чи гени) перетинаються і скільки елементів містить ця спільна область.

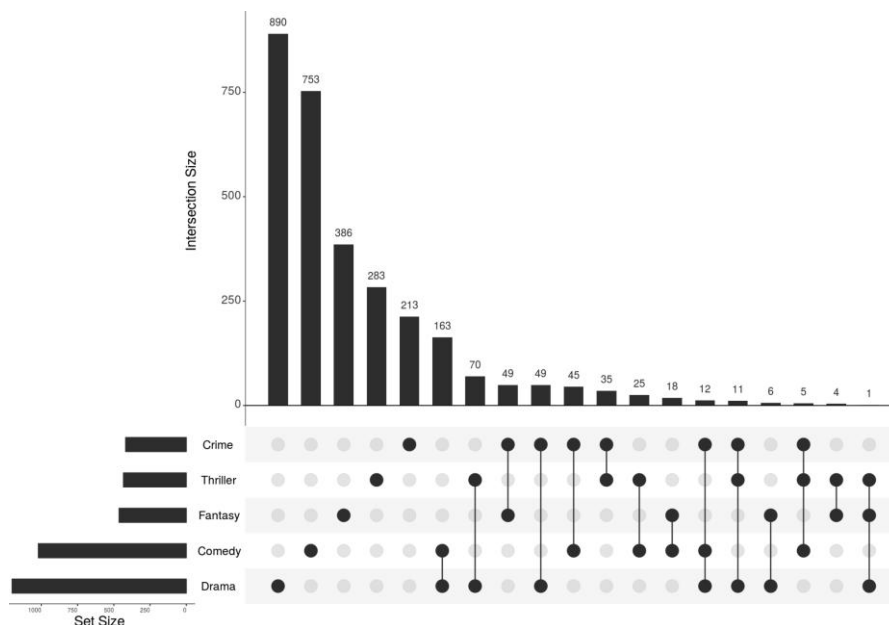


Рис. 1.14 - Приклад діаграми UpSet

Коробкова діаграма

Коробкова діаграма (рис. 1.15), відома як «ящик з вусами» (Box Plot), є потужним інструментом візуалізації, що використовується для графічного відображення розподілу числових даних і швидкої ідентифікації ключових статистичних показників у множині даних.

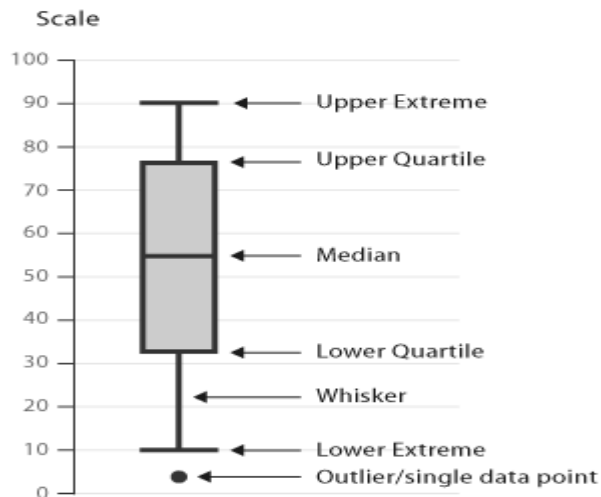


Рис. 1.15 - Приклад коробкової діаграми

Її основне призначення — наочно показати зведену статистику розподілу, що робить її ідеальною для порівняння кількох наборів даних та виявлення викидів. Діаграма будується на основі «П'ятичислового зведення»: мінімуму, першого кuartиля (Q1), медіани (Q2), третього кuartиля (Q3) та максимуму. Сам ящик охоплює центральні 50% даних (від Q1 до Q3), а його довжина представляє міжкuartильний діапазон (IQR), що є мірою розкиду. Вуса простягаються від ящика до крайніх значень, які не

є викидами, при цьому викиди позначаються окремими точками поза вусами, вказуючи на аномальні значення в наборі.

Скрипкова діаграма

Скрипкова діаграма (Violin Plot) є вдосконалим графічним інструментом для відображення розподілу числових даних (рис. 1.16), який поєднує функціональність коробкової діаграми з графіком щільності розподілу. Вона використовується для порівняння розподілу даних між різними категоріями, надаючи значно більше інформації про форму та щільність даних, ніж класичний Box Plot. Форма діаграми (ширина "скрипки" в будь-якій точці) візуально представляє частоту значень, дозволяючи легко визначити, чи є розподіл унімодальним, бімодальним чи рівномірним. Всередині "скрипки" зазвичай позначається медіана та міжквартильний діапазон, що забезпечує повне статистичне зведення. Таким чином, скрипкова діаграма є незамінною, коли важливо не лише порівняти центральні тенденції, а й зрозуміти, як саме дані розподілені по всьому діапазону.

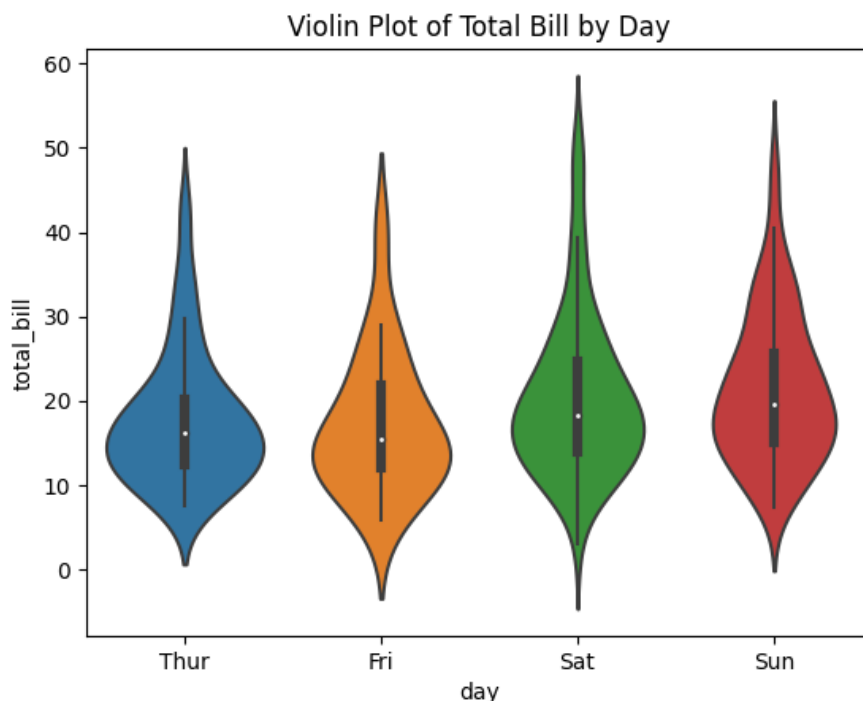


Рис. 1.16 - Приклад скрипкової діаграми

Вулкано-плот

Вулкано-плот (Volcano Plot) — це тип діаграми розсіювання, який широко використовується в біоінформатиці, генетиці та транскриптоміці (аналіз експресії генів) для візуалізації результатів статистичного тестування великих масивів даних (рис. 1.17). Вона дозволяє швидко ідентифікувати показники (наприклад, гени), які є статистично значущими

та мають велику величину зміни між двома умовами (наприклад, хворий проти здорового, лікування проти контролю).

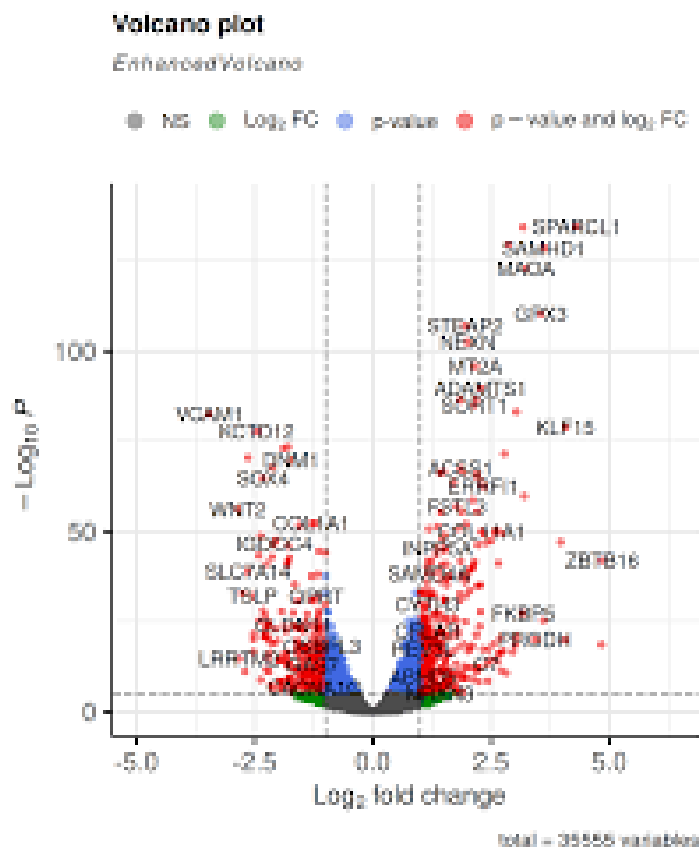


Рис. 1.17 - Приклад вулcano-плота

Манхеттен-плот

Це тип діаграми розсіювання, який широко застосовується в популяційній генетиці, зокрема в дослідженнях повногеномного пошуку асоціацій (GWAS), для візуалізації статистичної значущості асоціацій між тисячами генетичних варіантів (SNP) і певною ознакою або хворобою (рис. 1.18). Діаграма отримала свою назву через свій характерний вигляд, що нагадує силует хмарочосів. Вісь X відображає геномну локацію генетичних варіантів, розташовуючи їх послідовно по хромосомах, а вісь Y показує статистичну значущість асоціації за шкалою $\log_{10}$ p-value. Чим вище точка на осі Y, тим менше її p-значення і більш значущою є асоціація. Точки, що формують "хмарочоси" і перевищують встановлені горизонтальні лінії порогу значущості, вказують на ділянки геному, де розташовані ключові гени, що відповідають за досліджувану ознаку. Таким чином, Манхеттен-плот дозволяє дослідникам миттєво ідентифікувати найважливіші генетичні локуси серед мільйонів перевірених точок.

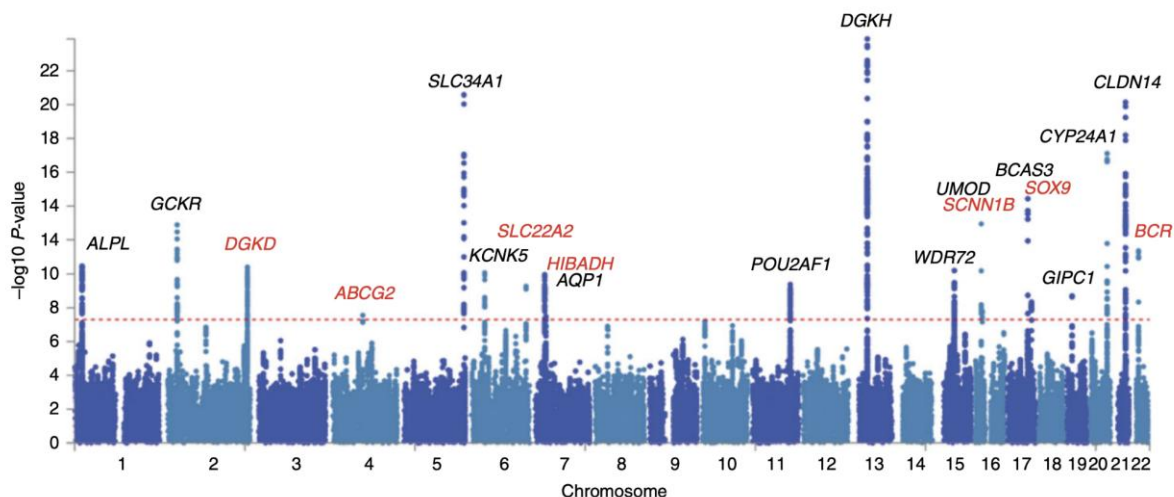


Рис. 1.18 - Приклад Манхеттен-плоту

Теплова карта

Теплова карта (heatmap) — це графічний метод візуалізації даних, де значення змінних у двовимірній таблиці (матриці) представлені за допомогою кольору (рис. 1.19).

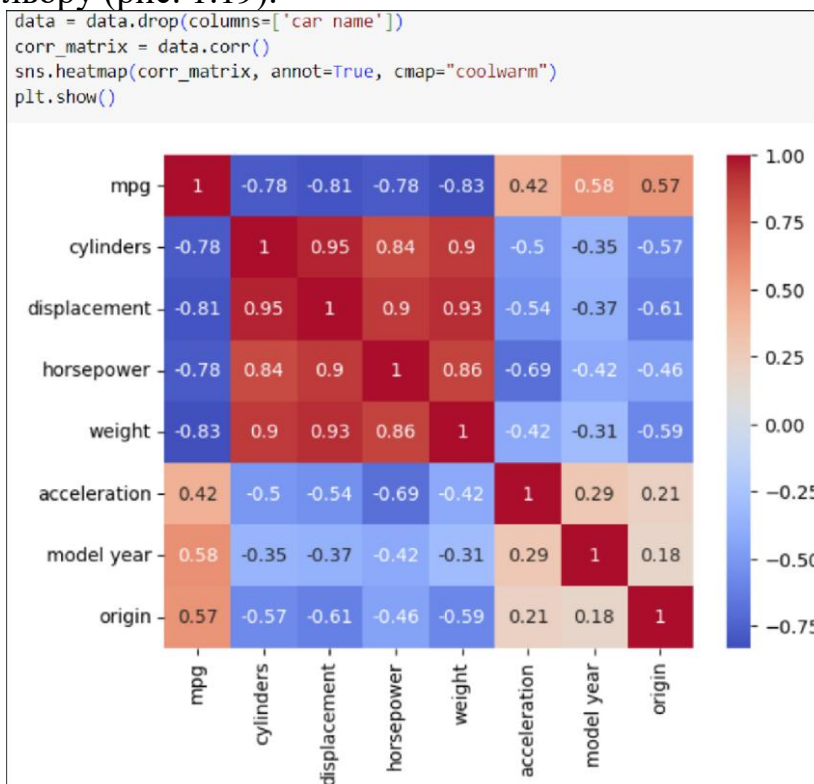


Рис. 1.19 - Приклад теплової карти

Вона забезпечує інтуїтивно зрозуміле та компактне уявлення про великі масиви числових даних, що робить її надзвичайно популярною, зокрема в біоінформатиці. У цій сітці рядки та стовпці представляють дві різні категорії (наприклад, зразки пацієнтів та гени), а колір кожної комірки

прямо пропорційно відображає її числове значення, використовуючи колірну шкалу: зазвичай, теплі кольори (наприклад, червоний) вказують на високі значення, а холодні (наприклад, синій) — на низькі. Основна перевага теплової карти полягає в її здатності швидко виявляти закономірності, кластери та викиди з першого погляду, наприклад, у генетиці вона використовується разом із кластеризацією для візуального групування зразків або генів, які мають схожі профілі експресії.

.

Розділ 2

ЕЛЕКТРОННІ МЕДИЧНІ КАРТКИ (ЕМК). БАЗИ ДАНИХ У МЕДИЦИНІ. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ОХОРОНІ ЗДОРОВ'Я. ЗАХИСТ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Тема 4 “Інформаційні системи в охороні здоров’я”

Список рекомендованої літератури:

1. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. – К.: Медицина, 2012. – 208 с.
2. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mihandbook> ; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
3. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
4. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
5. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&dq=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtIk&sig=b39YVoBltS31QsJkUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwiqkeTdpIzQAhUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
6. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаїмзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
7. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
8. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
9. Жидко, А. В., Шкуропат, А. В. (2025). Прогностичні моделі для обробки та інтерпретації зображень в онкології. Природничий альманах (біологічні науки), (37), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2025-37-1>
10. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров’я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
11. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>
12. <https://emedicine.medscape.com/>
13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
14. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
15. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>
16. <https://ehealth.gov.ua/>
17. <https://kod.poltavalk.com.ua/>

Питання для самопідготовки:

1. Визначення та роль інформаційних систем (ІС) у медицині
2. Актуальність та цілі впровадження ІС.
3. Основні типи інформаційних систем
4. Електронні медичні картки (ЕМК) / EHR Systems.
5. Системи управління лікарнями (СУЛ) / HIS (Hospital Information Systems).
6. Лабораторні інформаційні системи (ЛІС) / LIS.
7. Радіологічні інформаційні системи (РІС) / RIS та PACS.
8. Ключові функції ІС в охороні здоров'я
9. Стандарти та інтероперабельність
10. Важливість обміну даними.
11. Основні стандарти (HL7, DICOM, SNOMED CT, ICD).
12. Проблеми інтеграції різних систем.

Інформаційна система (ІС) у медицині — це організаційно-технічна система, призначена для збору, зберігання, обробки, передачі та захисту медичної та адміністративної інформації. Вона включає апаратне забезпечення, програмне забезпечення, бази даних, мережеві комунікації та, найголовніше, процедури та персонал, які забезпечують її функціонування.

Головна мета ІС — підтримка медичних фахівців та управлінців у їхній роботі для підвищення якості та ефективності охорони здоров'я

Роль ІС є багатогранною і охоплює всі аспекти функціонування медичного закладу та системи охорони здоров'я в цілому.

1. Покращення клінічного догляду та безпеки пацієнтів. ІС забезпечують надійний доступ до даних (ЕМК/ЕІХ). ІС забезпечують негайний доступ до повної, актуальної та структурованої історії хвороби пацієнта (результати аналізів, знімки, діагнози, алергії), що є критичним для швидкої та правильної діагностики. Системи підтримки прийняття рішень (СППР) використовують дані з ІС для автоматичного попередження про небезпечну взаємодію ліків, критичні відхилення показників або неправильне дозування, значно підвищуючи безпеку лікування. ІС дозволяють різним фахівцям (лікарям, медсестрам, лаборантам) координувати свої дії, отримуючи інформацію в режимі реального часу, незалежно від їхнього місцезнаходження.

2. Оптимізація управління та ефективності. ІС автоматизують рутинні адміністративні завдання, такі як реєстрація пацієнтів, планування прийомів, облік медикаментів та виставлення рахунків. Це зменшує паперовий документообіг і скорочує час очікування. Системи управління лікарнями (СУЛ/HIS) допомагають керувати ресурсами: від контролю заповненості ліжок та використання обладнання до управління запасами медикаментів та планування робочих змін. ІС забезпечують точне

кодування послуг та прозорий облік фінансових потоків, спрощуючи взаємодію зі страховими компаніями та державними регуляторами.

3. Підтримка науки та розвитку. Медичні ІС є основним джерелом агрегованих та анонізованих даних, які використовуються для наукових досліджень, виявлення епідеміологічних тенденцій та оцінки ефективності лікування на великих вибірках. Якісні, структуровані дані з ІС є необхідною основою для тренування алгоритмів ШІ та машинного навчання, які можуть допомагати у діагностиці зображень, прогнозуванні захворювань та розробці персоналізованого лікування

Впровадження ІС у сфері охорони здоров'я сьогодні є не просто технологічним оновленням, а критичною необхідністю та стратегічним пріоритетом. Актуальність ІС у медицині зумовлена низкою глобальних та національних викликів. Сучасні методи діагностики (геноміка, високоточні знімки) генерують величезні, складні масиви даних. ІС — єдиний інструмент, здатний ефективно управляти, зберігати та аналізувати цей обсяг інформації. Суспільство вимагає мінімізації лікарських помилок. ІС забезпечують стандартизацію процесів, миттєвий доступ до протоколів та системи попередження (наприклад, про алергії), що прямо впливає на безпеку пацієнтів. Системи охорони здоров'я стикаються з обмеженими бюджетами. ІС дозволяють скоротити адміністративні витрати (за рахунок автоматизації), запобігти фінансовим зловживанням і підвищити прозорість використання ресурсів. Сучасне лікування часто вимагає залучення багатьох фахівців і закладів. ІС, що підтримують інтеграбельність, дозволяють обмінюватися даними в режимі реального часу, забезпечуючи безперервність та узгодженість медичного догляду. Перехід до лікування, адаптованого під індивідуальні генетичні та клінічні характеристики пацієнта, вимагає складного аналізу даних, що можливо лише завдяки потужним інтегрованим ІС.

Впровадження інформаційних систем спрямоване на досягнення трьох основних груп цілей:

1. Клінічні цілі (покращення догляду). Надання лікарям повної та структурованої клінічної історії, а також доступ до систем підтримки рішень. Автоматичний контроль призначень, дозувань та взаємодії ліків. Гарантування того, що критичні медичні дані пацієнта доступні будь-якому уповноваженому лікарю в будь-який час і в будь-якому місці. Забезпечення дотримання єдиних клінічних протоколів та найкращих практик.

2. Адміністративні та фінансові цілі (ефективність). Автоматизація рутинного документообігу (запис на прийом, облік, виставлення рахунків), що дозволяє медичному персоналу більше часу приділяти пацієнтам. Точний облік витратних матеріалів, обладнання та планування завантаженості персоналу і палат. Забезпечення чіткого фінансового обліку та можливість формування звітів для внутрішнього управління та зовнішніх регуляторів.

3. Стратегічні та дослідницькі цілі (розвиток). Створення масивів якісних даних для аналізу, що прискорює наукові відкриття та впровадження інновацій. Можливість швидкого збору та аналізу епідеміологічних даних для моніторингу спалахів захворювань та планування профілактичних заходів. Створення технологічної платформи, здатної інтегрувати новітні технології, такі як ШІ, машинне навчання та телемедицина.

Інформаційні системи (ІС) в охороні здоров'я поділяються на кілька ключових типів, кожен з яких орієнтований на підтримку певних клінічних, адміністративних або діагностичних процесів. Їхня спільна робота забезпечує цілісність та ефективність медичного закладу. На рисунку 2.1 зображена схема взаємодії ЕСОЗ (електронна система охорони здоров'я), запроваджена в Україні.

1. Електронні медичні картки (ЕМК) / Електронні історії хвороби (EIX)

Це центральний та найбільш критичний тип ІС. Вони слугують цифровою заміною паперової медичної картки пацієнта. Збір, зберігання та керування всією клінічною інформацією пацієнта протягом його життя. Включають демографічні дані, історію хвороби, діагнози, результати лабораторних тестів, зображення, призначення ліків, нотатки лікарів та плани лікування. ЕМК не лише зберігають дані, але й часто включають системи підтримки прийняття клінічних рішень (СППР), які надають рекомендації або попередження лікарю безпосередньо в момент надання допомоги.

2. Системи управління лікарнями (СУЛ) / Hospital Information Systems (HIS). СУЛ є великими, інтегрованими системами, які охоплюють всі адміністративні, фінансові та управлінські потреби медичного закладу. Вони виконують функції оптимізації внутрішніх процесів та забезпечення ефективного функціонування лікарні як бізнес-одиниці. Управління пацієнтами (реєстрація, госпіталізація, виписка), фінансовий облік, виставлення рахунків, управління кадрами, облік матеріальних запасів (медикаменти, обладнання) та планування розкладу операційних. СУЛ виступає як інтеграційна платформа, яка пов'язує клінічні дані з фінансовими та адміністративними.

3. Лабораторні інформаційні системи (ЛІС) / Laboratory Information Systems (LIS). ЛІС спеціалізуються на управлінні процесами в клінічних та патологоанатомічних лабораторіях. Автоматизація та стандартизація робочих процесів лабораторії, від замовлення аналізу до видачі результату. Прийом замовлень на аналізи, реєстрація зразків, керування обладнанням, контроль якості, зберігання та автоматична передача результатів до ЕМК пацієнтів. Забезпечує точність, швидкість та безпеку обробки зразків, а також миттєву доставку результатів лікарям.

4. Радіологічні інформаційні системи (РІС) та PACS. Ці системи спеціалізуються на обробці медичних зображень та управлінні ними. Керує

адміністративними аспектами радіологічного відділення, включаючи планування графіків обстежень (МРТ, КТ, УЗД, рентген), відстеження пацієнтів та генерацію звітів.

PACS - це спеціалізована база даних, яка забезпечує електронне зберігання, доступ та передачу медичних зображень. Вона використовує стандарт DICOM для забезпечення сумісності. Дозволяє лікарям переглядати зображення високої роздільної здатності на робочих станціях, уникаючи використання плівки, та обмінюватися ними з іншими фахівцями.

5. Системи телемедицини (Telehealth Systems). Ці системи забезпечують надання медичних послуг на відстані. Їх призначення - дистанційна консультація, моніторинг та діагностика. Забезпечують двосторонній аудіо- та відеозв'язок у реальному часі, а також системи віддаленого моніторингу пацієнтів (наприклад, з хронічними хворобами) через носимі пристрої. Системи телемедицини розширюють географічний доступ до медичної допомоги та підвищують ефективність управління хронічними захворюваннями.



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

Рис. 2.1 – Схематичне зображення зв'язків в ЕСОЗ (електронна система охорони здоров'я)

Інформаційні системи виконують низку критично важливих функцій, які охоплюють як клінічний догляд, так і адміністративне управління, забезпечуючи перехід від паперової медицини до цифрової. До функцій ІС можна віднести:

1. Збір, зберігання та управління даними пацієнтів.

Це фундаментальна функція, яка реалізується через системи ЕМК. ІС забезпечують єдине, структуроване та безпечне сховище для всієї клінічної інформації пацієнта (діагнози, історія лікування, лабораторні результати, знімки). Системи використовують протоколи для гарантування точності, повноти та несуперечливості даних, захищаючи від випадкового видалення або пошкодження. ІС фіксують, хто, коли і навіщо отримував доступ до

медичних записів, що є критично важливим для дотримання конфіденційності та регуляторних вимог (наприклад, HIPAA).

2. Підтримка прийняття клінічних рішень (СППР/CDSS).

Ця функція перетворює збережені дані на корисні рекомендації та запобіжні заходи для лікаря. Автоматичне генерування сигналів тривоги про взаємодію ліків, алергії, результати аналізів, що виходять за межі норми. Надання лікарю доступу до клінічних протоколів та найкращих практик лікування конкретних станів.

3. Автоматизація робочих процесів.

ІС значно підвищують ефективність роботи медичного персоналу, автоматизуючи рутинні операції. Лікарі можуть вносити призначення ліків, лабораторні дослідження та радіологічні обстеження безпосередньо в систему, що замінює паперові бланки і знижує ймовірність помилок через нерозбірливий почерк. Автоматичне управління розкладом прийомів, операційних та розподілом ліжкового фонду. Безшовна передача замовлень з лікарського кабінету до лабораторії, аптеки або радіологічного відділення.

4. Управління фінансами та виставлення рахунків.

Адміністративна функція, критична для фінансової стійкості медичного закладу. Автоматичне використання стандартизованих кодів (наприклад, МКХ) для наданих послуг та діагнозів. Формування та відправка точних рахунків пацієнтам, страховим компаніям та державним фондам. Відстеження та звітність про доходи, витрати, відшкодування та заборгованість.

5. Аналіз даних та звітність.

ІС забезпечують основу для управління якістю та стратегічного планування. Збір даних про ключові показники якості (наприклад, частота повторної госпіталізації, середній час перебування у стаціонарі) для оцінки ефективності роботи відділень. Автоматична генерація звітів для органів громадського здоров'я про випадки інфекційних захворювань. Використання зібраних даних для прогнозування потреб у ресурсах, оптимізації фінансових моделей та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Інтероперабельність є критично важливою для сучасної охорони здоров'я. Це здатність різних, незалежних інформаційних систем, пристроїв та додатків обмінюватися даними, отримувати доступ до них та ефективно їх використовувати в узгоджений спосіб. Без неї якість догляду знижується, оскільки лікарі можуть не мати повної картини стану пацієнта, а адміністративні процеси сповільнюються через необхідність ручного введення інформації. Інтероперабельність необхідна для забезпечення безпеки пацієнтів, запобігання помилкам, пов'язаним із відсутністю даних, та гарантування безперервності лікування при переведенні пацієнта між різними медичними закладами.

Досягнення цієї сумісності можливе лише завдяки впровадженню єдиних стандартів. Вони регламентують структуру, формат та зміст медичних даних. Одним із найважливіших стандартів для обміну клінічними даними є HL7 (Health Level Seven). Він використовується для передачі повідомлень та інформації, наприклад, між системою електронних медичних карток та лабораторною інформаційною системою.

Сучасна версія, FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources), спрощує інтеграцію та обмін даними, зокрема з мобільними та хмарними додатками.

Для медичних зображень існує свій стандарт — DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Він забезпечує уніфікований формат для зберігання, передачі та перегляду знімків, таких як КТ, МРТ та УЗД, у радіологічних системах PACS.

Крім того, для уніфікації змісту інформації використовуються стандарти кодування. МКХ (ICD) є міжнародною класифікацією, яка застосовується для кодування діагнозів та процедур, що необхідно для фінансового обліку та епідеміологічних звітів. На більш детальному клінічному рівні використовується SNOMED CT, яка є всеосяжною термінологією, що дозволяє кодувати складні клінічні концепції та симптоми з високою точністю.

Незважаючи на наявність цих стандартів, проблеми інтеграції залишаються значними. Медичні заклади часто використовують різні версії одного стандарту або запроваджують власні "локальні" розширення, що ускладнює обмін. Найбільш складним викликом є семантична інтероперабельність — гарантія того, що дані не просто передаються, а й однаково інтерпретуються різними системами, зберігаючи свій медичний зміст. Усе це має відбуватися із суворим дотриманням політики конфіденційності та захисту персональних даних.

На сьогодні в Україні використовується Міжнародна класифікація хвороб та пов'язаних із здоров'ям проблем МКХ-10. МКХ-10 — це міжнародний стандарт для уніфікованої класифікації захворювань та офіційної звітності у сфері охорони здоров'я. Вона надає повноцінну систему кодування, яка охоплює не лише самі захворювання, але й морфологію новоутворень. Крім того, МКХ-10 містить систему табуляційних (зведених) списків для статистичного обліку смертності та захворюваності, а також відповідні номенклатурні інструкції для коректного використання.

МКХ-10 містить у собі наступні класи (основні розділи, позначені латинськими літерами; табл. 2.1):

Табл. 2.1 - Міжнародна класифікація хвороб та пов'язаних із здоров'ям проблем МКХ-10

Клас	Коди	Назва Класу
I	A00–B99	Деякі інфекційні та паразитарні хвороби
II	C00–D48	Новоутворення
III	D50–D89	Хвороби крові, кровотворних органів та окремі порушення із залученням імунного механізму
IV	E00–E90	Хвороби ендокринної системи, розлади харчування та порушення обміну речовин
V	F00–F99	Розлади психіки та поведінки
VI	G00–G99	Хвороби нервової системи
VII	H00–H59	Хвороби ока та придаткового апарату
VIII	H60–H95	Хвороби вуха та соскоподібного відростка
IX	I00–I99	Хвороби системи кровообігу
X	J00–J99	Хвороби органів дихання
XI	K00–K93	Хвороби органів травлення
XII	L00–L99	Хвороби шкіри та підшкірної клітковини
XIII	M00–M99	Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини
XIV	N00–N99	Хвороби сечостатевої системи
XV	O00–O99	Вагітність, пологи та післяпологовий період
XVI	P00–P96	Окремі стани, що виникають у перинатальному періоді
XVII	Q00–Q99	Вроджені вади розвитку, деформації та хромосомні аномалії
XVIII	R00–R99	Симптоми, ознаки та відхилення від норми, виявлені при клінічних та лабораторних дослідженнях, не класифіковані в інших рубриках
XIX	S00–T98	Травми, отруєння та деякі інші наслідки дії зовнішніх причин
XX	V01–Y98	Зовнішні причини захворюваності та смертності
XXI	Z00–Z99	Фактори, що впливають на стан здоров'я та звертання до закладів охорони здоров'я
XXII	U00–U99	Коди для спеціальних цілей (наприклад, тимчасові позначення нових захворювань)

Ознайомитися детально зі структурою класифікатора МКХ-10 можна за посиланням <https://kod.poltavalk.com.ua/>

Тема 5 “Бази даних у медицині”

Список рекомендованої літератури:

1. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. – К.: Медицина, 2012. – 208 с.
2. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mi handbook> ; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
3. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
4. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
5. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&dq=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtlk&sig=b39YVoBltS31QSIkUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwiqkeTdpIzQAhUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
6. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаїмзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
7. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
8. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
9. Жидко, А. В., Шкуропат, А. В. (2025). Прогностичні моделі для обробки та інтерпретації зображень в онкології. Природничий альманах (біологічні науки), (37), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2025-37-1>
10. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
11. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>
12. <https://emedicine.medscape.com/>
13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
14. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
15. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>
16. <https://ehealth.gov.ua/>

Питання для самопідготовки:

1. Визначення бази даних (БД) та їхньої ролі у сучасному світі.
2. Актуальність та значення БД конкретно у медицині та охороні здоров'я.
3. Типи медичних даних
4. Основні функції та застосування БД у медицині

База даних (БД) — це організована, структурована та взаємопов'язана сукупність даних, що зберігається в електронному вигляді. Ці дані зазвичай керуються за допомогою системи управління базами даних (СУБД). Головна мета БД — забезпечити ефективне зберігання, швидкий доступ, управління, модифікацію та захист великих обсягів інформації.

Ключові характеристики БД:

- Дані розміщені у таблицях, записах та полях (наприклад, ім'я, адреса, дата народження), що дозволяє їх логічно зв'язувати.
- Дані зберігаються постійно, незалежно від роботи додатків.
- Існують правила та обмеження, що гарантують точність та несуперечливість інформації.

У сучасному світі, що ґрунтується на інформації, БД є фундаментальним елементом практично всіх цифрових систем та бізнес-процесів. Вони виступають як центральне сховище пам'яті для цифрової економіки. БД лежать в основі транзакційних систем. Кожна покупка в інтернет-магазині, банківський переказ, бронювання авіаквитків або реєстрація в соціальній мережі — все це фіксується і обробляється за допомогою баз даних. Вони забезпечують надійність та безперервність комерційної діяльності.

БД збирають величезну кількість інформації, яка потім аналізується (за допомогою інструментів бізнес-аналітики та Big Data). Це дозволяє компаніям виявляти тенденції, прогнозувати попит, персоналізувати пропозиції для клієнтів та оптимізувати внутрішні процеси. Системи управління відносинами з клієнтами (CRM) використовують БД для зберігання детальних профілів клієнтів (історія покупок, уподобання, комунікації). Це дозволяє компаніям створювати персоналізований досвід та підвищувати лояльність.

У таких сферах, як медицина (геноміка, ЕМК, клінічні випробування) та фізика (дані експериментів), БД дозволяють організовувати складні, високоструктуровані або масивні неструктуровані дані, що є критично важливим для наукових відкриттів. Реєстри громадян, податкові системи, земельні кадастри, видача паспортів та водійських прав — усі ці державні сервіси працюють на базах даних, забезпечуючи точне ведення обліку та швидке обслуговування.

Таким чином, бази даних перетворилися з простих сховищ інформації на критично важливі активи, які живлять інновації, підтримують глобальну економіку та формують основу для майбутнього розвитку технологій (особливо ІІІ та машинного навчання).

У сфері охорони здоров'я, де рішення часто є питанням життя і смерті, а обсяги даних зростають експоненціально, бази даних набувають критичного, стратегічного значення. Вони є основою для трансформації медичної допомоги від реактивної до проактивної, персоналізованої та ефективної.

Актуальність БД зумовлена наступними ключовими факторами:

1. Зростання обсягу даних (Big Data). Сучасна медицина генерує величезні масиви даних щодня: результати лабораторних аналізів, діагностичні знімки (МРТ, КТ), дані з мобільних пристроїв та сенсорів, а також геномна інформація. БД є єдиним ефективним інструментом для структурованого зберігання, управління та аналізу цього "Великого медичного дайта".

2. Потреба в якісній та швидкій допомозі. БД дозволяють лікарям миттєво отримувати повну історію хвороби пацієнта (через ЕМК), що знижує ризик лікарських помилок, прискорює встановлення діагнозу та вибір оптимального лікування.

3. Еволюція до персоналізованої медицини. Щоб лікування було адаптовано до генетичного профілю та унікальних характеристик пацієнта, необхідна інтеграція та аналіз геномних, клінічних та лабораторних даних. Базы даних роблять цю комплексну інтеграцію можливою.

Стратегічне значення БД для охорони здоров'я. Базы даних мають глибоке значення для всіх рівнів системи охорони здоров'я:

1. Клінічний рівень (лікар-пацієнт)

БД забезпечують централізоване, безпечне та стандартизоване зберігання клінічних даних. Це усуває залежність від паперових архівів та гарантує, що вся медична інформація (від історії щеплень до алергій) завжди доступна. БД є джерелом знань для СППР, які можуть попереджати лікарів про небезпечну взаємодію ліків, невідповідність дозувань або необхідність додаткових обстежень на основі клінічних протоколів.

2. Дослідницький та науковий рівень.

БД використовуються для ведення реєстрів пацієнтів, обробки результатів випробувань та аналізу даних. Вони дають можливість вченим швидко виявляти закономірності у поширенні захворювань (епідеміологія) та прискорювати розробку нових ліків і вакцин. Складні нереляційні БД використовуються для зберігання та порівняння геномних послідовностей, що є основою для майбутніх проривів у лікуванні спадкових захворювань та раку.

3. Адміністративний та управлінський рівень.

Накопичення даних про завантаженість відділень, час очікування, використання обладнання дозволяє адміністраторам ефективно планувати ресурси, управляти запасами ліків та оптимізувати графіки роботи персоналу. БД допомагають у зборі показників якості медичної допомоги, моніторингу ефективності лікування та контролі фінансових потоків, що є основою для підзвітності та прозорості системи охорони здоров'я.

Таким чином, бази даних у медицині — це не просто технологія зберігання, а стратегічний інструмент, який підвищує якість догляду, прискорює наукові відкриття, забезпечує безпеку даних та оптимізує роботу всієї галузі.

Типи медичних даних. Медицина та охорона здоров'я генерують та використовують надзвичайно великий і різноманітний спектр даних. Ці дані можна класифікувати за їхнім джерелом та призначенням на три основні категорії: клінічні, адміністративні та науково-дослідні.

1. Клінічні дані - це основна група даних, що стосується безпосередньо здоров'я пацієнтів та медичних втручань. Вони складають основу електронних медичних карток.

2. Адміністративні та фінансові дані - ці дані необхідні для управління медичними закладами, організації роботи та фінансових розрахунків. До таких даних відноситься інформація про реєстрацію, розклад прийомів, виписки та переведення пацієнтів. Дані про оплату послуг, рахунки, страхові поліси, відшкодування та кодування медичних процедур (наприклад, коди МКХ-10). Облік медичного персоналу, їхнього робочого часу, управління інвентарем (ліки, обладнання, витратні матеріали). Метрики про тривалість перебування у стаціонарі, повторні госпіталізації, показники інфекцій.

3. Науково-дослідні дані - ці дані використовуються для розвитку медицини, наукових відкриттів та розробки нових методів лікування. Структуровані дані, зібрані під час тестування нових ліків чи методів лікування, включаючи дані контрольних та експериментальних груп. Складні неструктуровані дані, що містять інформацію про генетичний код пацієнта (ДНК, РНК), білки (протеоміка) та метаболіти (метаболоміка). Ці дані є критичними для персоналізованої медицини. Спеціалізовані бази даних, що збирають інформацію про пацієнтів з конкретними рідкісними або хронічними захворюваннями (наприклад, рак, діабет) для епідеміологічного аналізу та довгострокового моніторингу.

Основні функції та застосування БД у медицині

Бази даних є ядром сучасних медичних інформаційних систем, забезпечуючи надійну основу для надання якісної допомоги, управління закладами та наукових досліджень. Їхнє застосування охоплює три ключові сфери: ведення документації, підтримку рішень та управління системою (рис. 2.2).

1. Ведення електронних медичних карток

Це фундаментальна функція, що замінює паперові архіви, роблячи дані організованими та доступними. БД служать єдиним сховищем для всієї медичної інформації пацієнта: історія хвороби, діагнози, результати лабораторних тестів, знімки та призначене лікування. Лікарі можуть миттєво знайти повну історію пацієнта, що є критичним в екстрених ситуаціях. БД використовують стандарти (наприклад, HL7, DICOM) для обміну даними між різними медичними установами, лабораторіями та аптеками, забезпечуючи безперервність лікування.

2. Підтримка прийняття клінічних рішень

БД перетворюють сирі дані на корисні знання безпосередньо в момент догляду за пацієнтом. На основі збережених даних, БД можуть автоматично генерувати попередження про небезпечну взаємодію ліків (наприклад, призначенні препаратів, які не можна приймати разом); алергічні реакції (якщо в картці пацієнта є відповідна позначка); критичні відхилення у життєвих показниках.

Ідентифікаційний номер	Ім'я	По батькові	Рік народження	Стать	Номер амбулаторної картки	Наступний візит АПТ	Район (прим.) населення	Сторона	Діагноз
7204	Тетяна	Романівна	1985	Жінка	131180 від 29.11.2019			14.06.2016 12:18	10.01.2025 11:53
12043	Александр	Родіонов	1974	Жінка	180252 від 14.01.2019			06.02.2016 13:56	10.12.2024 10:34
213802	Тетяна	Рославна	1988	Чоловік	190844 від 29.11.2019		Солотвинський	12.06.2019 14:02	09.12.2024 12:11
742487	Вікторія	Сергієвна	1976	Жінка	56 від 01.10.2024			20.11.2024 10:35	06.12.2024 8:02
742502	Тетяна	Петрівна	2001	Жінка	46464 від 01.12.2024			04.12.2024 9:21	04.12.2024 12:13
742491	Вікторія	Сергієвна	1971	Жінка				20.11.2024 10:48	20.11.2024 10:48
742490	Вікторія	Сергієвна	1979	Жінка				20.11.2024 10:46	20.11.2024 10:46
742471	Тетяна	Халіла	1901	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:39
742468	Марія	Александрівна	1972	Чоловік				20.11.2024 10:35	20.11.2024 10:35
742486	Аліса	Аліса	2000	Чоловік				20.11.2024 10:35	20.11.2024 10:35
742485	Аліса	Александрівна	1960	Чоловік				20.11.2024 10:35	20.11.2024 10:35
742484	Петро	Петрович	1978	Чоловік				20.11.2024 10:35	20.11.2024 10:35
742483	Аліса	Александрівна	2000	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742482	Тетяна	Демієв	2016	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742481	Аліса	Александрівна	2024	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742480	Павло	Александрівна	2000	Жінка				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742479	Аліса	Александрівна	1997	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742478	Ольга	Іванівна	1958	Жінка				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742477	Іван	Іванов	1954	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742476	Аліса	Миколайович	1990	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742475	Жанна	Іванівна	1974	Жінка				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742474	Ольга	Павлівна	1978	Жінка				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742473	Павло	Александрівна	2000	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742472	Аліса	Баласович	2000	Чоловік				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742470	Аліса	Борисівна	1979	Жінка				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742469	Роза	Людмила	1977	Жінка				20.11.2024 10:34	20.11.2024 10:34
742468	Радислав	Аліса	1980	Чоловік				20.11.2024 10:33	20.11.2024 10:33
742467	Марія	Аліса	2000	Жінка				19.11.2024 17:20	19.11.2024 17:20
742466	Аліса	Аліса	1953	Чоловік				19.11.2024 15:57	19.11.2024 15:57
742465	Аліса	Гаврилов	1975	Чоловік				19.11.2024 15:53	19.11.2024 15:53
742464	Іван	Іванов	1980	Чоловік				19.11.2024 15:53	19.11.2024 15:53
742463	Іван	Антонівна	2000	Чоловік				19.11.2024 15:53	19.11.2024 15:53
742462	Іван	Володимирівна	1974	Жінка				19.11.2024 15:53	19.11.2024 15:53
742461	Ольга	Петрівна	1986	Жінка				19.11.2024 15:53	19.11.2024 15:53
742452	Аліса	Александрівна	1969	Чоловік				19.11.2024 15:50	19.11.2024 15:53
742460	Вікторія	Вікторівна	1987	Чоловік				19.11.2024 15:53	19.11.2024 15:53
742459	Володимир	Володимирівна	1980	Чоловік				19.11.2024 15:52	19.11.2024 15:52

Рис. 2.2 – Приклад бази даних пацієнтів медичного закладу в ЕСОЗ (електронна система охорони здоров'я)

БД порівнюють симптоми та результати аналізів поточного пацієнта з тисячами історичних випадків, допомагаючи лікарю звизити коло потенційних діагнозів. БД забезпечують дотримання уніфікованих протоколів лікування та найкращих практик, підвищуючи якість догляду.

3. Управління охороною здоров'я та ресурсами

На адміністративному рівні БД оптимізують роботу медичних закладів та фінансові потоки. Управління графіками роботи персоналу, облік ліжкового фонду, контроль запасів ліків та медичних матеріалів. Обробка рахунків, контроль страхових виплат та відшкодувань, кодування медичних послуг (коди МКХ), що є основою для фінансової прозорості. Збір та агрегація даних дозволяє керівництву оцінювати ефективність роботи (наприклад, середній час очікування, кількість повторних госпіталізацій), що необхідно для стратегічного планування та зниження витрат.

4. Медичні дослідження та епідеміологія.

БД є базою для медичних проривів та розуміння здоров'я населення. Медичні БД, що містять мільйони анонімізованих записів, використовуються для тренування моделей ШІ з метою прогнозування

спалахів захворювань або раннього виявлення рідкісних хвороб. БД організовують дані випробувань, забезпечуючи їхню цілісність та спрощуючи статистичний аналіз результатів. Відстеження поширення інфекційних хвороб, аналіз факторів ризику та ефективності профілактичних заходів на рівні населення.

Тема 6 “Електронні медичні картки”

Список рекомендованої літератури:

1. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. –К.: Медицина, 2012. – 208 с.
2. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mihandbook> ; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
3. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
4. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
5. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&dq=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtlk&sig=b39YVoBlTS31QSIkUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwiqkeTdpIzQAUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
6. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаимзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
7. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
8. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
9. Жидко, А. В., Шкуропат, А. В. (2025). Прогностичні моделі для обробки та інтерпретації зображень в онкології. Природничий альманах (біологічні науки), (37), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2025-37-1>
10. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
11. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>
12. <https://emedicine.medscape.com/>
13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
14. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
15. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>
16. <https://ehealth.gov.ua/>

Питання для самопідготовки:

1. Проблема електронного документообігу в медицині
2. Глобальні тенденції цифровізації охорони здоров'я
3. Що таке електронна медична картка (ЕМК) / Електронна медична система (ЕМС).
4. Компоненти ЕМК.
5. Демографічні дані пацієнта.
6. Історія хвороби (анамнез, діагнози, алергії).
7. Результати обстежень та процедур (лабораторні, інструментальні).
8. Призначення та лікування (е-рецепти, плани лікування).
9. Висновки та консультації лікарів різних спеціальностей.
10. Дані про вакцинацію, медичні висновки (про народження, тимчасову непрацездатність).
11. Основні функції ЕМК
12. Впровадження ЕМК та виклики
13. Переваги ЕМК для різних сторін

Проблеми документообігу в сучасній медицині. Впровадження електронних медичних карток (ЕМК) є відповіддю на низку критичних проблем, які довгий час гальмували розвиток і якість медичної допомоги в умовах традиційного паперового документообігу. Проте й сам перехід до електронного документообігу створює нові, складні виклики.

До недоліків традиційного паперового документообігу можна віднести те, що паперові медичні картки становлять значну загрозу для ефективності та безпеки лікування, оскільки вони мають ризики втрати та нерозбірливості інформації. Фізична природа паперових документів робить їх вразливими до втрати, пошкодження (наприклад, через вогонь чи вологу) або зношування з часом. Більш того, проблема нерозбірливого лікарського почерку є однією з найдавніших у медицині та залишається поширеною причиною клінічних помилок, особливо при тлумаченні дозувань ліків чи складних діагнозів. Часто записи є неповними, суперечливими або дублюють одне одного, що ускладнює формування цілісної картини стану пацієнта.

Окрім того, паперові картки мають обмежений та повільний доступ. Для прийняття швидкого та інформованого клінічного рішення лікар має миттєво отримати доступ до повної історії пацієнта. У випадку паперу це неможливо: медична картка може бути доступна лише в одному місці, а її пошук, переміщення та архівування займають значний час. Якщо пацієнт потребує консультації кількох спеціалістів або переводиться в інший заклад, оперативний обмін інформацією стає практично неможливим.

Паперові архіви вимагають великих площ і коштів на утримання. Зібрані таким чином дані майже не підлягають швидкому статистичному

аналізу чи агрегації для наукових досліджень, контролю якості або управлінського планування.

Хоча ЕМК вирішують багато проблем паперових карток, вони відкривають нові, переважно технологічні та організаційні, виклики. Найбільш критичним питанням є захист чутливої медичної інформації. Електронні системи стають мішенню для кібератак, а порушення безпеки може призвести до несанкціонованого доступу до мільйонів записів. Медичні установи мають забезпечувати суворе дотримання міжнародних та національних регуляторних вимог (наприклад, GDPR або HIPAA) щодо конфіденційності та шифрування даних.

До другої суттєвої проблеми електронного документообігу відноситься інтеперабельність та стандартизація. Велика кількість медичних закладів використовує різноманітні медичні інформаційні системи (МІС), які часто "не розмовляють" одна з одною. Ця несумісність (інтеперабельність) ускладнює обмін даними між лікарнями, поліклініками та лабораторіями, що створює "інформаційні острови" і заважає формуванню єдиного медичного простору. Необхідна уніфікація стандартів для обміну документами та медичною термінологією.

Окрім того, успіх електронного документообігу залежить від медичного персоналу. Часто спостерігається спротив змінам з боку лікарів та медсестер, які звикли до паперових процесів. Необхідне масштабне навчання та розробка інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, щоб мінімізувати час на заповнення даних і не відволікати лікаря від прямої роботи з пацієнтом.

Впровадження ЕМК – це висока вартість не лише програмного забезпечення, але й постійної підтримки, модернізації ІТ-інфраструктури та придбання обладнання. Крім того, надійне функціонування ЕДО вимагає стабільного та високошвидкісного інтернет-з'єднання, що є проблемою в багатьох сільських та віддалених регіонах.

Таким чином, цифровізація медицини є необхідним кроком, але вона вимагає комплексного підходу, який не лише усуне недоліки паперових карток, а й забезпечить технічну надійність, безпеку та широке прийняття електронних систем у медичній спільноті.

Глобальні тенденції цифровізації охорони здоров'я. Сьогоднішня медицина переживає революційну трансформацію, спричинену стрімким розвитком цифрових технологій. Глобальні тенденції цифровізації охорони здоров'я спрямовані на підвищення ефективності, доступності та, що найважливіше, якості медичної допомоги.

Ключовим фундаментальним кроком є повсюдний перехід до електронних медичних карток (ЕМК). Це стало міжнародним стандартом, замінюючи паперові архіви на централізовані цифрові системи, які забезпечують швидкий доступ до повної, актуальної та структурованої історії хвороби пацієнта, незалежно від його місцезнаходження.

Паралельно активно розвивається телемедицина та віддалений моніторинг. Відеоконсультації дозволяють лікарям надавати допомогу пацієнтам у важкодоступних регіонах або під час пандемічних криз. Пристрої, що носяться (wearable devices), і мобільні додатки забезпечують безперервний віддалений моніторинг життєво важливих показників та хронічних захворювань, дозволяючи медикам втручатися проактивно, а не реагувати на вже існуючу кризу.

Револьюційний потенціал має штучний інтелект та машинне навчання. Алгоритми ШІ здатні аналізувати медичні зображення (МРТ, рентген, КТ) зі швидкістю та точністю, що часто перевищує можливості людини, прискорюючи діагностику. Наразі розробляються алгоритми ШІ, що можна буде використовувати для прогнозування ризиків розвитку захворювань, спалахів інфекцій та для розробки персоналізованої медицини, підбираючи оптимальні схеми лікування на основі індивідуальних генетичних даних пацієнта.

Ці процеси генерують величезні масиви великих даних (Big Data). Їх аналіз дозволяє органам охорони здоров'я краще розуміти епідеміологічні тенденції, більш ефективно управляти ресурсами, контролювати якість медичних послуг і планувати державні програми.

З огляду на обсяг та чутливість цієї інформації, критичного значення набуває кібербезпека та захист даних. Світова спільнота посилює регуляторні вимоги (такі як GDPR та HIPAA) і впроваджує новітні технології (зокрема, блокчейн) для гарантування максимальної конфіденційності, цілісності та непорушності медичних записів.

Нарешті, відбувається зміна ролі пацієнта: завдяки Порталам пацієнтів та електронним сервісам пацієнти отримують прямий доступ до своїх результатів аналізів та медичних записів, можуть самостійно керувати записами на прийом, перетворюючись з пасивних отримувачів послуг на активних учасників свого лікувального процесу.

Електронна медична картка (ЕМК), або її ширше поняття електронна медична система (ЕМС) (англ. Electronic Health Record, EHR), — це централізована цифрова система, призначена для створення, зберігання, управління та обміну медичною інформацією про пацієнта в електронному форматі. По суті, це повний, систематизований та постійно оновлюваний цифровий еквівалент традиційної паперової історії хвороби (рис. 2.3).

Головною метою впровадження ЕМК є підвищення якості, безпеки та ефективності надання медичної допомоги шляхом забезпечення миттєвого та безпечного доступу до повної клінічної картини пацієнта.

ЕМК містить повний спектр даних про пацієнта:

- Демографічні дані та ідентифікатори.
- Історія хвороби (анамнез, скарги, діагнози, хронічні стани).

- Результати обстежень (лабораторні аналізи, рентгенівські знімки, КТ, МРТ).
- Призначення та лікування (електронні рецепти, плани терапії).
- Інформація про алергії та реакції на ліки.
- Висновки та консультації лікарів різних спеціальностей.
- Дані про вакцинацію та профілактичні огляди.

На відміну від паперової картки, яка є статичним документом і фізично знаходиться в одному місці, ЕМК є динамічною системою з розширеним функціоналом. Дозволяє уповноваженим медичним працівникам з різних закладів (за умови інтеграції систем, наприклад, в рамках національної ЕСОЗ) отримувати доступ до даних одночасно. ЕМС часто містить вбудовані алгоритми, які можуть автоматично перевіряти нові призначення на наявність взаємодії ліків або попереджати лікаря про зафіксовані алергії, значно знижуючи ризик лікарських помилок. Дані зберігаються у стандартизованих форматах, що робить їх зрозумілими, розбірливими та придатними для швидкого пошуку та аналізу (рис.2.4). Записи захищені шифруванням, а доступ суворо контролюється. Система реєструє (аудит) кожного, хто переглядав або редагував медичну картку, забезпечуючи високий рівень конфіденційності.

Таким чином, ЕМК є не просто цифровою копією паперу, а інтегрованим інструментом для управління медичними процесами, який є основою для сучасної, високотехнологічної охорони здоров'я.

Рис. 2.3 – Вигляд шаблону ЕМК

Основні функції ЕМК. ЕМК є не просто цифровим архівом, а інтегрованою платформою з низкою ключових функцій, спрямованих на оптимізацію клінічних, адміністративних та управлінських процесів у закладах охорони здоров'я.

1. Збереження та управління клінічними даними. Головною функцією ЕМК є надійне зберігання повного обсягу медичної інформації про пацієнта. Забезпечення стандартизованого та структурованого введення всієї інформації: від демографічних даних та історії хвороби до результатів обстежень, діагнозів (з використанням міжнародних класифікаторів, наприклад, МКХ-10) та планів лікування.

Загальне
Випадок обслуговування: Мета обслуговування:

Скарги

eHealth
Використання шаблонів
Шаблони:

Епізод Профілактика, А23 - Фактор ризику БДУ **Дата початку** 12.04.2024 10:50 **Дата закінчення** 12.04.2024 11:10

Тип взаємодії Взаємодія в закладі охорони здоров'я **Пріоритет** Планова

Направлення

Місце надання послуг КП "ЦПМСД №1 ПМР" Амбулаторія ЗПСМ №1 **Призначення** tdf|ftc

Причини звернення

Причина звернення	Опис
B25 - Страх ВІЛ / СНІД	

Клінічна оцінка

Спостереження

Діагнози

Діагноз	Роль	Клінічний статус	Статус достовірності	Дата встановлення
A23 - Фактор ризику БДУ	Основний	Активний	Заключний	12.04.2024
Z11.4 - Спеціальне скринінг...	Супутний	Активний	Заключний	12.04.2024
Z71.7 - Консультації з пит...	Супутний	Активний	Заключний	12.04.2024

Процеси медичної допомоги

Процес медичної допомоги	Опис
A46 - Консультація з лікарем ПМСД	
A50 - Призначення ліків/ін'єкції	
A45 - Нагляд/навчання/консультація/дієта	

Діагностичні звіти

Процедури

Номер	Стан	Зареєстровано	Терміновість	Код послуги	Дата та час початку	Дата та час закінчення	Результат
2	Виконана	☒	Планова	Послуга 96242-02 Видача антиретрові...	12.04.2024 10:50	12.04.2024 11:10	Процедура пров.

Імунізація

Прогнозовані варіанти врахування ДСГ (всього 0)

Пакет №	Ціна	Назва ДСГ	Умови
Увага! Сплата за послугу відбувається відповідно тільки до одної з вказаних ДСГ (вартість всіх визначених ДСГ пакету №9 буде підсумовано)			

Підписав: Стан в "eHealth": **Завершена**

Рис. 2.4 – Приклад взаємодії лікаря з ЕМК

Можливість автоматизованого формування електронних направлень, електронних рецептів, медичних висновків про тимчасову непрацездатність та інших офіційних документів. Автоматичне попередження медичного персоналу про зафіксовані алергічні реакції пацієнта та перевірка нових призначень на наявність небажаної взаємодії з ліками, які пацієнт вже приймає.

2. Забезпечення доступу та обміну даними. ЕМК забезпечує мобільність та прозорість інформації, що є неможливим у паперовому документообігу. Надання уповноваженим лікарям, незалежно від їхнього місця розташування (у межах інтегрованої системи), миттєвого доступу до повної медичної історії пацієнта, що критично важливо для невідкладної допомоги та швидкого прийняття рішень. Забезпечення технічної можливості обміну клінічними даними між різними медичними закладами, лабораторіями та спеціалізованими реєстрами (наприклад, між лікарнею та поліклінікою) з дотриманням єдиних стандартів. Надання пацієнту можливості доступу до своїх особистих медичних записів, результатів аналізів та управління записами на прийом через веб-інтерфейс або мобільний додаток.

3. Безпека, конфіденційність та підтримка рішень. Ці функції є найбільш важливими перевагами ЕМК над паперовими носіями. Захист чутливих персональних медичних даних за допомогою шифрування, багаторівневої аутентифікації та контролю доступу. Система забезпечує журнал аудиту, фіксуючи, хто, коли і навіщо переглядав чи змінював запис. Вбудовані механізми, які надають лікарю рекомендації, нагадування про профілактичні огляди, протоколи лікування та стандартизовані маршрути пацієнта. Здатність системи автоматично збирати, агрегувати та аналізувати дані для формування статистичної звітності, епідеміологічного нагляду, контролю якості та наукових досліджень. Це перетворює клінічні дані на цінний ресурс для управління охороною здоров'я.

Тема 7 “Захист медичної інформації”

Список рекомендованої літератури:

1. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. –К.: Медицина, 2012. – 208 с.
2. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mihandbook> ; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
3. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
4. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
5. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс

- <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&dq=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtlk&sig=b39YVoBlT31QJSJkUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwiqkeTdpIzQAUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
6. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаїмзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
 7. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
 8. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
 9. Жидко, А. В., Шкурпат, А. В. (2025). Прогностичні моделі для обробки та інтерпретації зображень в онкології. Природничий альманах (біологічні науки), (37), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2025-37-1>
 10. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
 11. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>
 12. <https://emedicine.medscape.com/>
 13. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
 14. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
 15. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>
 16. <https://ehealth.gov.ua/>

Питання для самопідготовки:

1. Ключові атрибути захисту інформації: конфіденційність (Confidentiality), цілісність (Integrity) та доступність (Availability)
2. Суб'єкти та об'єкти захисту
3. Нормативно-правова база захисту медичних даних
4. Загрози та ризики інформаційної безпеки
5. Технічні методи захисту медичної інформації
6. Організаційні та адміністративні заходи захисту медичних даних
7. Захист в екосистемі ЕСОЗ (електронна система охорони здоров'я)

Ключові атрибути захисту медичної інформації, що становлять основу інформаційної безпеки, відомі як триада КІД (CIA triad): конфіденційність (confidentiality), цілісність (integrity) та доступність (availability). Конфіденційність є найважливішим аспектом у сфері охорони здоров'я, оскільки вона гарантує, що персональні медичні дані (ПМД) залишаються приватними і доступні лише тим особам чи системам, які мають на це відповідний дозвіл (авторизацію), наприклад, лікуючому лікарю. Для забезпечення конфіденційності застосовують контроль доступу та шифрування даних як під час їх зберігання, так і під час передачі між медичними інформаційними системами (МІС) та ЕСОЗ. Цілісність

забезпечує, що медичні дані є точними і повними, тобто вони не були несанкціоновано змінені чи знищені. Це критично важливо, оскільки неправильні результати аналізів чи змінені дози ліків можуть мати прямі негативні наслідки для пацієнта. Цілісність підтримується за допомогою контрольних сум, журналювання всіх змін та використання електронного підпису (КЕП) для фіксації авторства та часу внесення записів. Нарешті, доступність гарантує, що авторизовані користувачі (медичний персонал) можуть своєчасно та надійно отримати доступ до медичної інформації тоді, коли вона потрібна для надання допомоги. Втрата доступності, наприклад, через збій сервера або атаку програм-вимагачів (Ransomware), може паралізувати роботу лікарні. Доступність підтримується через резервне копіювання, планування відновлення після відмови та дублювання критично важливих систем. Таким чином, збалансоване впровадження заходів для всіх трьох атрибутів тріади є необхідною умовою для безпечного та ефективного функціонування будь-якої електронної медичної системи.

Суб'єкти захисту — це фізичні або юридичні особи, які беруть участь у процесах створення, зберігання, обробки, використання та захисту медичної інформації. Вони є джерелами відповідальності та права.

Пацієнт (суб'єкт персональних даних) є ключовим суб'єктом, чії права на конфіденційність інформації про його здоров'я захищаються. Пацієнт має право знати, хто, коли і з якою метою отримав доступ до його ЕМК.

Заклад охорони здоров'я / медичний працівник (лікарня, поліклініка) є власником та розпорядником медичної інформації. Лікар, медсестра чи адміністратор є користувачами системи, які мають право доступу лише в межах своїх посадових обов'язків (рольова модель доступу). Вони несуть юридичну та професійну відповідальність за збереження лікарської таємниці та нерозголошення даних.

Медичні інформаційні системи (МІС) / ІТ-провайдери - це компанії-розробники МІС, які надають технологічне забезпечення, несуть відповідальність за технічну безпеку системи, її сертифікацію та відповідність стандартам захисту даних, що обробляються.

Державні регулятори (НСЗУ, МОЗ) - ці органи відповідають за нормативно-правову базу, функціонування електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ) та контроль за дотриманням вимог щодо захисту медичних даних на національному рівні.

Об'єкти захисту — це конкретні дані та інформаційні ресурси, які вимагають застосування заходів безпеки (конфіденційність, цілісність, доступність).

ЕМК / електронні записи про здоров'я (ЕЗЗ) - це першочерговий об'єкт. Сюди входять діагнози (МКХ-10, ІСРС-2), результати аналізів, призначення ліків, історія хвороби, згода на обробку даних та ідентифікатори пацієнта.

Медичні зображення та діагностичні дані, отримані з обладнання, такі як знімки КТ, МРТ, УЗД, рентгенограми та дані ЕКГ. Вони часто зберігаються у стандарті DICOM і вимагають окремого захисту через їхній великий обсяг.

Персональні ідентифікатор - це дані, що дозволяють прямо або опосередковано ідентифікувати пацієнта: ПІБ, дата народження, адреса, унікальні ідентифікатори в ЕСОЗ, номери телефонів, біометричні дані.

Облікові та фінансові дані - це інформація про надані послуги, рахунки, страхові випадки та оплату лікування, які також часто містять медичні посилання.

Програмне та апаратне забезпечення - самі сервери, бази даних, мережеве обладнання та пристрої, на яких зберігаються і обробляються медичні дані, є об'єктами фізичного та технічного захисту.

Захист медичної інформації в Україні та світі регулюється комплексом нормативно-правових актів, оскільки ці дані є чутливими персональними даними, що вимагають посиленого захисту.

Законодавство України

В Україні правовою основою захисту медичних даних є:

- Конституція України. Гарантує право на повагу до приватного і сімейного життя, що включає медичну інформацію.
- Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я». Встановлює поняття лікарської таємниці та визначає, що лікар зобов'язаний зберігати в таємниці відомості про хворобу, медичне обстеження, огляд та інтимне і сімейне життя пацієнта.
- Закон України «Про захист персональних даних». Це ключовий акт, який визначає загальні принципи збору, обробки та зберігання будь-яких персональних даних. Він виділяє дані про здоров'я як особливо чутливі, вимагаючи спеціальних умов для їхньої обробки, зазвичай — письмової згоди пацієнта.
- Законодавство про Електронну систему охорони здоров'я (ЕСОЗ). Регулює створення, функціонування та захист даних, що зберігаються в центральній базі даних ЕСОЗ. Всі медичні інформаційні системи (МІС), що працюють з ЕСОЗ, повинні мати атестат відповідності комплексній системі захисту інформації (КСЗІ), що підтверджує їхню технічну здатність забезпечувати конфіденційність та цілісність даних.
- Кримінальний та адміністративний кодекси. Встановлюють відповідальність (штрафи чи позбавлення волі) за незаконне розголошення лікарської таємниці та несанкціонований доступ до інформації.

Міжнародні стандарти та регулювання

Українська система захисту інформації також орієнтується на провідні міжнародні практики:

- GDPR (General Data Protection Regulation). Європейський регламент захисту даних є світовим стандартом. Він класифікує дані про здоров'я як особливі категорії персональних даних і встановлює жорсткі вимоги до їхнього збору, обробки та транскордонної передачі. Хоча GDPR є законом ЄС, він впливає на будь-яку українську медичну чи IT-установу, яка працює з даними громадян ЄС.
- HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act): Законодавство США, яке встановлює національні стандарти для захисту електронної медичної інформації (ePHI). Воно вимагає від медичних установ запровадження адміністративних, фізичних і технічних заходів безпеки та запровадило жорсткі правила щодо інформування пацієнтів про порушення безпеки (data breaches).
- Стандарти ISO/IEC 27001 - міжнародний стандарт, що визначає вимоги до системи управління інформаційною безпекою (СУІБ). Його часто використовують як основу для побудови КСЗІ у великих медичних установах.

Таким чином, ефективний захист медичної інформації вимагає від закладів охорони здоров'я не лише дотримання українських законів про лікарську таємницю та персональні дані, але й впровадження високих технічних стандартів, аналогічних міжнародним, що є необхідною умовою для забезпечення тріади КЦД (конфіденційність, цілісність, доступність) у сфері електронної охорони здоров'я.

Загрози та ризики інформаційної безпеки у сфері медичної інформатики є постійною проблемою, оскільки медичні дані є одними з найцінніших і найчутливіших об'єктів для кіберзлочинців. Усі загрози можна класифікувати за їхнім походженням, що допомагає закладам охорони здоров'я (ЗОЗ) ефективніше розробляти стратегії захисту.

Класифікація загроз інформаційній безпеці

1. Зловмисні (кіберзагрози)

Це цілеспрямовані дії, спрямовані на порушення конфіденційності, цілісності або доступності медичних даних. Для ЗОЗ це є найбільш руйнівний тип загрози.

- Ransomware (Програми-вимагачі). Це найбільша фінансова та операційна загроза для охорони здоров'я. Зловмисники шифрують усі дані ЗОЗ (ЕМК, системи керування, результати лабораторних аналізів) і вимагають викуп за їхнє розблокування. Наслідки — параліч роботи лікарні та пряма загроза життю пацієнтів через втрату доступу до критичної інформації.
- Фішинг (Phishing) та соціальна інженерія - шахрайські методи, спрямовані на медичний персонал з метою викрадення облікових даних (логінів/паролів). Успішна фішингова атака відкриває доступ до всієї мережі та ЕМК.

- Інсайдерські загрози (Insider Threats) - загрози, що походять від самого персоналу (лікарів, медсестер, адміністраторів). Вони можуть бути зловмисними (навмисне викрадення чи продаж даних) або випадковими (ненавмисне порушення політик безпеки).
- Впровадження шкідливого коду (Malware, Trojan) - спроби впровадження програм, які викрадають дані або надають зловмисникам віддалений доступ до системи.

2. Випадкові (людський фактор)

Хоча ці загрози не мають злого умислу, вони є однією з найпоширеніших причин витоку даних у медичному секторі.

- Ненавмисне розголошення. Наприклад, відправка медичного висновку не тому пацієнту або неправильне налаштування прав доступу в ЕМК.
- Втрата/крадіжка пристроїв - втрата незашифрованого ноутбука, флеш-накопичувача або смартфона, що містять конфіденційні дані пацієнтів.
- Слабкі паролі та повторне використання. Використання простих паролів, що полегшує злом облікових записів.
- Недотримання протоколів. Залишення робочих станцій без нагляду (порушення політики "чистого екрана") або спільне використання облікових записів.

3. Техногенні та природні загрози

Це зовнішні події, не пов'язані з кіберзлочинністю, але які можуть порушити цілісність та доступність медичних систем.

- Відмова обладнання та збої ПЗ. Вихід з ладу серверів, жорстких дисків або мережевого обладнання. Особливо критично, коли виходить з ладу основна база даних ЕМК.
- Помилки конфігурації та оновлення. Неправильно встановлені оновлення програмного забезпечення або помилки при налаштуванні мережових компонентів, що може призвести до збоїв у роботі або відкрити "дірки" у захисті.
- Стихійні лиха та аварії. Пожежі, повені або тривале відключення електроенергії, що руйнують фізичну інфраструктуру зберігання даних.

Управління Ризиками

Для ефективного захисту медична інформатика вимагає постійного аналізу ризиків, який передбачає:

- Ідентифікацію - визначення всіх активів (даних, систем) і можливих загроз.
- Оцінку - визначення ймовірності виникнення загрози та потенційного впливу (шкоди) на ЗОЗ.
- Мінімізацію - впровадження захисних заходів (шифрування, резервне копіювання, навчання) для зменшення ймовірності та впливу загроз.

Саме грамотне управління ризиками перетворює пасивний захист на активну та проактивну стратегію безпеки.

Ефективний захист медичної інформації неможливий без впровадження надійних технічних методів, які забезпечують реалізацію принципів конфіденційності, цілісності та доступності (тріада КІЦД) даних усередині МІС та ЕСОЗ (рис. 2.6).



Рис. 2.6 – Ключові підходи до кібербезпеки в медицині

Технічні методи захисту

1. Контроль доступу та аутентифікація.

Контроль доступу є першим бар'єром захисту. Він гарантує, що лише авторизовані особи можуть взаємодіяти з даними. Аутентифікація - процес перевірки особистості користувача. Вимагає використання складних, унікальних паролів, двофакторної або багатофакторної аутентифікації для медичного персоналу, особливо при віддаленому доступі.

Авторизація та рольова модель - визначення того, що саме дозволено робити користувачеві після його аутентифікації. У МІС доступ надається за рольовим принципом: лікар має доступ до медичних записів своїх пацієнтів, але не до фінансових даних клініки, а адміністратор має доступ до реєстраційних даних, але обмежений у клінічних. Це реалізує принцип найменших привілеїв.

Використання кваліфікованого електронного підпису (КЕП) - в українській ЕСОЗ КЕП є критично важливим технічним методом для забезпечення цілісності та невідомості медичних записів. Він підтверджує авторство та час внесення даних, роблячи запис юридично значущим.

2. Шифрування даних.

Шифрування перетворює дані на нечитабельний формат, унеможливаючи їх використання навіть у разі крадіжки. Шифрування даних під час передачі - використання захищених протоколів, таких як TLS/SSL, для створення зашифрованого тунелю між робочою станцією лікаря та сервером МІС або між МІС та центральною базою даних ЕСОЗ. Це захищає дані від перехоплення. Шифрування даних у стані спокою шифрування самих баз даних ЕМК та жорстких дисків, де вони зберігаються. Навіть якщо зловмисник фізично викраде сервер, він не зможе розшифрувати дані без ключа.

3. Журналювання та аудит.

Журналювання — це механізм контролю, який забезпечує підзвітність і цілісність. Ведення детальних логів - система має реєструвати кожну дію користувача: хто, коли і до якого саме запису пацієнта звертався чи вносив зміни. Регулярний аудит - аналіз цих журналів допомагає виявити несанкціоновану активність (наприклад, звернення лікаря до записів пацієнтів, які не є його підопічними) або підозрілі шаблони доступу, що є ознакою злому.

4. Резервне копіювання та планування відновлення.

Ці заходи є основою забезпечення доступності даних. Надійна стратегія резервного копіювання - регулярне створення повних копій медичних даних та їхнє зберігання у захищеному віддаленому (офлайн) місці (стратегія "3-2-1" - 3 копії, 2 типи носіїв, 1 офлайн-копія). Це захищає від фізичних катастроф і, що важливіше, від Ransomware-атак, які можуть зашифрувати основні копії даних.

План аварійного відновлення - чіткий, протестований набір процедур, які дозволяють швидко відновити роботу МІС та доступ до ЕМК після збою обладнання, пожежі чи кібератаки, мінімізуючи час простою.

5. Антивірусний захист та сегментація мережі

Системи виявлення загроз (IDS/IPS) - моніторинг мережевого трафіку для блокування відомих кібератак. Сегментація мережі - розділення мережі ЗОЗ на ізольовані зони. Наприклад, зона ЕМК-серверів має бути ізольована від гостьового Wi-Fi або адміністративних комп'ютерів. Це уповільнює поширення шкідливого програмного забезпечення (наприклад, вірусів-вимагачів) у разі проникнення.

Організаційні та адміністративні заходи є невід'ємною частиною системи захисту медичної інформації, оскільки жодна технічна система не буде ефективною без належного людського контролю, правил і навчання. Вони формують політику безпеки та відповідальність персоналу.

1. Політики та процедури.

Першочерговим адміністративним заходом є розробка та впровадження внутрішніх нормативних документів, які чітко регламентують поведінку з конфіденційною інформацією. Політика інформаційної безпеки - загальний документ, що визначає цілі, ролі та

обов'язки персоналу щодо захисту даних. Політика контролю доступу - визначає, хто, до яких даних і за яких умов має право доступу (наприклад, рольова модель доступу). Політика "чистого столу" та "чистого екрана" - вимагає, щоб працівники не залишали роздруковані медичні документи без нагляду та завжди блокували (або виходили із системи) комп'ютер, коли відходять від робочого місця. Регламент відповіді на інциденти - чіткий покроковий план дій у разі виявлення порушення безпеки (наприклад, витік даних, атака ransomware).

2. Навчання та культура безпеки.

Людський фактор є найслабшою ланкою в ланцюгу безпеки. Адміністративні заходи спрямовані на його посилення. Обов'язкові тренінги - регулярне навчання всього медичного та адміністративного персоналу основам інформаційної безпеки, роботі з ЕМК, правилам використання Кваліфікованого електронного підпису (КЕП) та вимогам лікарської таємниці. Протидія соціальній інженерії - навчання розпізнаванню фішингових листів, телефонного шахрайства та інших методів соціальної інженерії, спрямованих на викрадення облікових даних.

Підписання угод про нерозголошення - обов'язкове підписання співробітниками документів, що підтверджують їхнє зобов'язання не розголошувати конфіденційну інформацію.

3. Адміністративний контроль та моніторинг.

Це заходи, спрямовані на забезпечення дотримання політик. Внутрішній аудит - регулярна перевірка дотримання встановлених політик та процедур. Аудит допомагає виявити слабкі місця до того, як ними скористається зловмисник. Призначення відповідальної особи - призначення відповідального за інформаційну безпеку або координатора із захисту даних, який контролює впровадження політик та є точкою контакту для всіх питань безпеки. Управління обліковими записами - чіткий адміністративний процес надання, модифікації та, що особливо важливо, негайного блокування доступу облікових записів співробітників, які звільняються або змінюють посаду.

4. Фізичний захист.

Хоча цей захист є фізичним, його контроль є адміністративним завданням. Контроль доступу до приміщень - обмеження фізичного доступу до серверних кімнат, центрів обробки даних та критичної апаратури. Захист робочих станцій - адміністративні вимоги щодо розміщення моніторів так, щоб конфіденційна інформація не була видима стороннім, а також забезпечення захисту комп'ютерів від несанкціонованого фізичного доступу. Таким чином, організаційні та адміністративні заходи створюють необхідну правову та операційну базу, яка підтримує та інтегрує всі технічні засоби захисту, забезпечуючи дисципліну та підзвітність персоналу.

Захист даних в екосистемі ЕСОЗ

Електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ) в Україні є багаторівневою захищеною системою, що складається з центральної бази даних (ЦБД) та медичних інформаційних систем (МІС). Основна мета захисту — забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності медичних і персональних даних пацієнтів відповідно до вимог українського законодавства, зокрема Закону України «Про захист персональних даних».

Ключові механізми захисту

- Централізоване зберігання та кібербезпека. Усі дані зберігаються в центральній базі даних (ЦБД), яка належить державі (в особі Національної служби здоров'я України - НСЗУ) та відповідає високим стандартам кібербезпеки. Це запобігає неконтрольованій втраті даних, яка була поширеною при зберіганні інформації на паперових носіях у закладах.
- Ідентифікація та автентифікація. Доступ до інформації в ЕСОЗ надається виключно ідентифікованим та автентифікованим користувачам (медичним працівникам) з відповідними правами доступу. Лікарі використовують кваліфікований електронний підпис (КЕП) для підтвердження своїх дій у системі.
- Розмежування доступу та згода пацієнта. Медичні працівники можуть отримати доступ до електронної медичної картки пацієнта лише за його згодою. Це стосується як лікарів первинної ланки, так і спеціалізованої. Інформація передається між МІС та ЦБД у захищеному вигляді.
- Сертифіковані МІС. До ЦБД ЕСОЗ можуть підключатися лише ті медичні інформаційні системи (МІС), які пройшли відповідну сертифікацію та відповідають державним стандартам у сфері захисту інформації. Це створює надійний "фільтр" для входу в систему.
- Моніторинг та аудит. Стан системи постійно моніториться. Усі дії користувачів (лікарів) із даними пацієнтів фіксуються в логах, що дозволяє проводити аудит та виявляти несанкціоновані чи підозрілі дії.
- Роздільне зберігання. Персональні та медичні дані, що вносяться в ЕСОЗ (ПІБ, РНОКПП, контактні дані, медичні записи, е-рецепти, е-направлення тощо), зберігаються окремо в системі, що є додатковим рівнем захисту.

Такий комплексний підхід, регульований профільними законами та підзаконними актами, забезпечує надійність ЕСОЗ, роблячи електронні дані безумовно більш захищеними, ніж їхні паперові аналоги, та надаючи пацієнтам контроль над доступом до їхньої медичної інформації.

Розділ 3. ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У МЕДИЦИНІ

Тема 8 “Експертні системи та штучний інтелект у медицині”

Список рекомендованої літератури:

1. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. –К.: Медицина, 2012. – 208 с.
2. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mihandbook>; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
3. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
4. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
5. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&dq=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtIk&sig=b39YVoBlTS31QsJkUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwiqkeTdpIzQAhUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
6. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаїмзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
7. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
8. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
9. Жидко, А. В., Шкурпат, А. В. (2025). Прогностичні моделі для обробки та інтерпретації зображень в онкології. Природничий альманах (біологічні науки), (37), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2025-37-1>
10. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
11. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>
12. <https://knowledge.phc.org.ua/books>
13. <https://emedicine.medscape.com/>
14. <http://www.medscape.com>
15. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
16. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
17. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>

Питання для самопідготовки:

1. Основні принципи функціонування експертних систем: база знань, механізм висновків, інтерфейс користувача.

2. Застосування ШІ в діагностиці захворювань: аналіз медичних зображень (рентген, КТ, МРТ), розпізнавання патернів.
3. Штучний інтелект у прогнозуванні та персоналізованій медицині.
4. Роль ШІ в розробці нових лікарських засобів та клінічних дослідженнях.
5. Використання експертних систем для підтримки прийняття клінічних рішень (Clinical Decision Support Systems - CDSS).
6. Етичні та правові аспекти впровадження ШІ в охороні здоров'я: відповідальність, конфіденційність даних, регулювання.
7. Проблеми та виклики впровадження ШІ та ЕС в українській медичній практиці.

Основні принципи функціонування експертних систем

Експертна система (ЕС) — це комп'ютерна програма, що імітує процес прийняття рішень людиною-експертом у певній вузькій предметній області. Її функціонування ґрунтується на взаємодії трьох ключових компонентів: бази знань, механізму висновків та інтерфейсу користувача (рис. 3.1).

База знань є серцем експертної системи і містить накопичені знання та досвід експерта або групи експертів у певній галузі (наприклад, діагностика конкретних захворювань). Ці знання зазвичай представлені у формі правил типу «ЯКЩО (умова), ТО (дія)» або фреймів. Чим більше повна і точна база знань, тим вища якість рішень, які може приймати система. Саме база знань відрізняє експертну систему від звичайного програмного забезпечення, оскільки вона зберігає не просто дані, а евристичні знання — правила, які експерти використовують на практиці.

Механізм висновків (або машина логічного виведення) — це програмний модуль, який обробляє інформацію, що міститься в базі знань, і застосовує її до вхідних даних, наданих користувачем. Його завдання — генерувати нові факти та формувати рішення або рекомендації. Механізм висновків використовує одну з двох основних стратегій:

- Пряме виведення (від даних до цілі). Система починає з наявних фактів (наприклад, симптомів пацієнта) і послідовно застосовує правила для отримання кінцевого висновку (діагнозу).
- Зворотне виведення (від цілі до даних). Система починає з гіпотетичної мети (можливого діагнозу) і шукає в базі знань факти (симптоми), необхідні для підтвердження цієї гіпотези, запитуючи їх у користувача.



Рис. 3.1 - Структура експертної системи

Крім того, механізм висновків включає пояснювальний модуль, який дозволяє системі пояснити користувачеві, як саме був отриманий той чи інший висновок (наприклад, "Діагноз X підтверджено, оскільки присутні симптоми А і Б, відповідно до Правила 5").

Інтерфейс користувача забезпечує взаємодію людини із системою. Він слугує мостом між неспеціалістом або лікарем та складною внутрішньою структурою ЕС. Через інтерфейс користувач вводить початкові дані (наприклад, результати аналізів чи скарги пацієнта) та отримує остаточні рекомендації або діагнози. Якісний інтерфейс має бути інтуїтивно зрозумілим, забезпечувати чітке представлення як вхідних даних, так і пояснень до отриманих висновків, роблячи експертну систему доступним інструментом підтримки прийняття рішень.

Застосування ШІ в діагностиці захворювань: аналіз медичних зображень (рентген, КТ, МРТ), розпізнавання патернів

Штучний інтелект (ШІ), зокрема технології глибокого навчання (Deep Learning), сьогодні вже активно використовується в клінічній практиці для аналізу медичних зображень, значно підвищуючи швидкість та точність діагностики (рис. 3.2).

Аналіз медичних зображень

Зараз алгоритми ШІ, в основному згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNNs), застосовуються для обробки та інтерпретації великих обсягів візуальних даних, отриманих з різних діагностичних методів:

Рентгенографія (X-ray) - ШІ використовується для автоматизованого виявлення патологічних змін на рентгенівських знімках. Наприклад, системи ШІ можуть швидко ідентифікувати ознаки пневмонії, туберкульозу, переломів або колапсу легень на знімках органів грудної

клітки. Вони слугують інструментом "другої думки" для радіолога або системою пріоритизації, яка виділяє знімки з критичними знахідками.

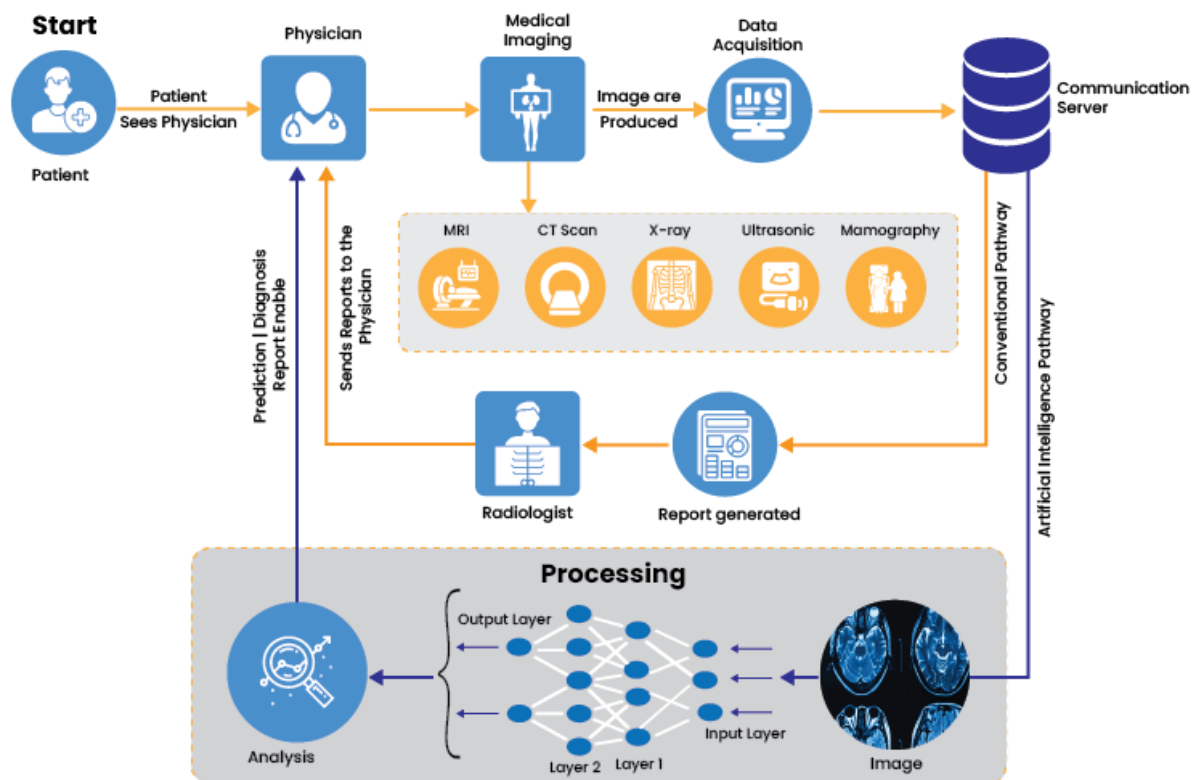


Рис. 3.2 - Схема трансформації діагностики з використання ШІ

Комп'ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ) - на цих багатошарових знімках ШІ вже використовується для сегментації (виділення) органів, тканин і пухлин. Це допомагає кількісно оцінити розмір і форму уражень. Зокрема, у неврології ШІ застосовується для виявлення гострого інсульту та аневризми, а в онкології — для вимірювання об'єму пухлин і моніторингу їхньої реакції на лікування.

Офтальмологія - системи ШІ на основі аналізу зображень очного дна використовуються для скринінгу та діагностики діабетичної ретинопатії та вікової макулярної дегенерації. У багатьох країнах ці системи вже інтегровані в рутинні скринінгові програми.

Патогістологія (мікроскопічні зображення) - ШІ допомагає патологоанатомам аналізувати зображення біопсійних зразків для автоматичного підрахунку клітин, класифікації пухлин і визначення стадії раку. Це прискорює процес і зменшує суб'єктивність людського фактора.

Розпізнавання патернів

Основний принцип роботи ШІ в діагностиці — це розпізнавання патернів, тобто виявлення і класифікація візуальних ознак, які людина-експерт асоціює з певною хворобою. Навчена на тисячах (іноді мільйонах) маркованих зображень, нейронна мережа здатна виявляти найдрібніші

зміни. ШІ може розпізнавати патерни, які є занадто тонкими або нечіткими для людського ока, особливо на ранніх стадіях захворювання (рис. 3.3).

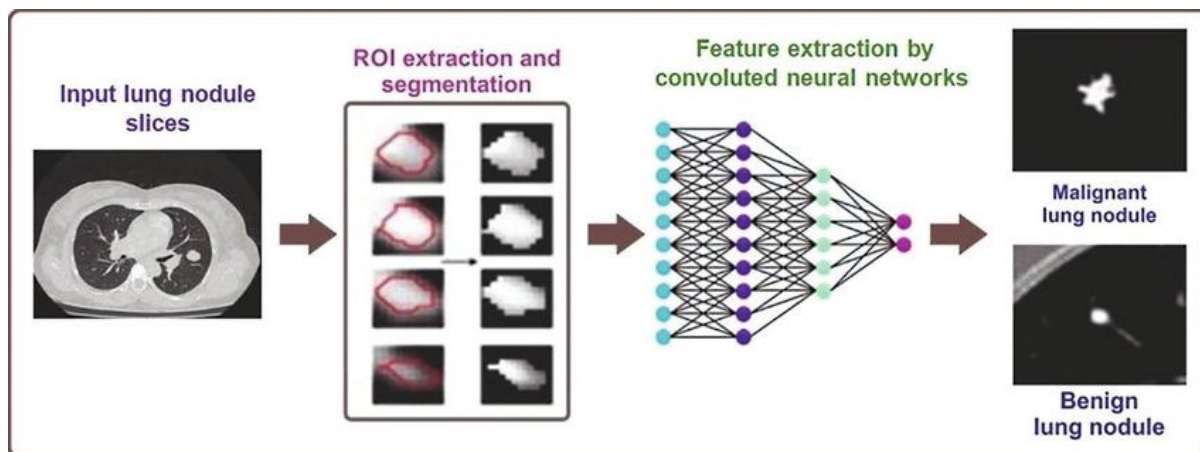


Рис. 3.3 - Обробка КТ-зображення лімфатичного вузла легені за допомогою ШІ

ШІ може класифікувати знахідки, система здатна класифікувати виявлені патології (наприклад, доброякісна чи злоякісна пухлина) із зазначенням рівня впевненості у своєму висновку.

Таким чином, ШІ функціонує як потужний інструмент автоматизації та підтримки, який допомагає медичним фахівцям пришвидшити обробку даних і сфокусувати увагу на найскладніших випадках.

Штучний інтелект у прогнозуванні та персоналізованій медицині

ШІ став ключовим фактором, що трансформує підходи до прогнозування захворювань та персоналізованої медицини. Використовуючи методи машинного навчання (ML) і глибокого навчання (DL), ШІ здатний аналізувати величезні масиви геномних, клінічних, лабораторних даних та даних з Електронних медичних карток для розробки високоефективних, індивідуальних стратегій лікування.

1. Визначення ризиків та раннє прогнозування

Основна перевага ШІ полягає у його здатності виявляти складні, нелінійні патерни у даних, які залишаються непоміченими для людського ока або традиційної статистики. Це дозволяє здійснювати точне прогнозування на ранніх стадіях:

Прогностичне моделювання ризиків. ШІ-моделі навчаються на мільйонах записів пацієнтів, щоб оцінити індивідуальну ймовірність розвитку певного захворювання (наприклад, серцево-судинних захворювань, діабету 2 типу або раку) протягом наступних 5–10 років. Модель може враховувати сотні факторів: вік, стать, генетичні мутації, показники крові, спосіб життя та історію хвороби.

Раннє виявлення та скринінг. Системи глибокого навчання (зокрема, згорткові нейронні мережі) використовуються для аналізу медичних

зображень (рентген, МРТ, КТ, мамографія). ШІ може ідентифікувати ознаки патології, наприклад, злоякісні новоутворення, на стадіях, коли вони ще невидимі або неочевидні для радіолога, що критично збільшує шанси на успішне лікування.

Оцінка ризику повторної госпіталізації. ШІ аналізує історію лікування, супутні захворювання та соціальні чинники, щоб спрогнозувати ймовірність повторної госпіталізації пацієнта після виписки. Це дозволяє лікарям вжити превентивних заходів (наприклад, посилити домашній догляд чи моніторинг).

2. Розробка індивідуальних планів лікування (персоналізована медицина)

Прогнозування ризику є лише першим кроком; справжня цінність ШІ полягає у його застосуванні для персоналізації терапії.

Фармакогеноміка та вибір ліків. ШІ зможе аналізувати геномні дані пацієнта, щоб передбачити, як його організм реагуватиме на конкретні ліки. Це допоможе уникнути неефективних або токсичних препаратів, вибираючи оптимальну молекулу та дозування. Наприклад, в онкології ШІ зможе ідентифікувати специфічні мутації пухлини для підбору таргетної (цільової) терапії.

Оптимізація дозування. У випадках, де дозування ліків є критичним (наприклад, інсулін, антикоагулянти), моделі ШІ можуть безперервно аналізувати дані пацієнта (показники глюкози, рівень згортання крові) та надавати рекомендації щодо найбезпечнішого та найефективнішого дозування в реальному часі.

Планування хірургічних втручань. У нейрохірургії та ортопедії ШІ використовується для тривимірного моделювання операцій, аналізуючи анатомічні особливості пацієнта та симулюючи потенційні результати різних хірургічних підходів.

Персоналізована променева терапія. ШІ допомагає оптимізувати плани опромінення в онкології, точно визначаючи межі пухлини та мінімізуючи дозу опромінення для здорових тканин, ґрунтуючись на індивідуальній толерантності пацієнта.

Таким чином, інтеграція ШІ дозволяє медичній інформатиці перейти від загальних клінічних рекомендацій, розроблених для "середнього пацієнта", до високоспецифічних прогностичних висновків та терапевтичних стратегій, що знаменує собою еру справді персоналізованої медицини.

Роль ШІ в розробці нових лікарських засобів та клінічних дослідженнях

Штучний інтелект (ШІ) радикально трансформує фармацевтичну галузь, значно прискорюючи та оптимізуючи два найважливіші,

найдорожчі та найтриваліші етапи — розробку нових лікарських засобів та проведення клінічних досліджень.

III в розробці нових лікарських засобів (Drug Discovery). Використання алгоритмів машинного та глибокого навчання дозволяє замінити традиційні, повільні методи "спроб і помилок" на цілеспрямований та інтелектуальний пошук. III-системи аналізують величезні масиви даних (геномні послідовності, протеомні дані, наукові публікації) для виявлення нових біологічних мішеней (білків чи генів), пов'язаних із захворюванням. Це скорочує роки лабораторних робіт, швидко виявляючи найбільш перспективні напрямки для втручання.

III-моделі можуть генерувати мільйони нових хімічних структур (De Novo Design), які потенційно можуть взаємодіяти з обраною мішенню. Вони оптимізують ці структури за такими параметрами, як ефективність, біодоступність та мінімальна токсичність, ще до того, як молекула буде синтезована в лабораторії. III аналізує існуючі схвалені ліки та їхні побічні ефекти, щоб знайти нові способи їх використання для лікування інших захворювань (Drug Repurposing). Це значно знижує витрати та час, оскільки безпека цих препаратів уже відома. Алгоритми можуть прогнозувати потенційну токсичність та побічні ефекти нових сполук на ранніх стадіях, відсіваючи небезпечні кандидати до початку дорогих доклінічних випробувань.

III в оптимізації клінічних досліджень. Клінічні дослідження є найдорожчим етапом, що часто займає до десяти років. III допомагає зробити цей процес швидшим, дешевшим та ефективнішим, при застосуванні на наступних етапах:

Вибір пацієнтів та рекрутинг. III використовує дані з електронних медичних карток та генетичні дані для точної ідентифікації та рекрутингу пацієнтів, які максимально відповідають критеріям дослідження. Це забезпечує вищу гомогенність вибірки, збільшуючи статистичну потужність результатів.

Оптимізація дизайну досліджень. III застосовується для створення адаптивних дизайнів клінічних досліджень. Це дозволяє динамічно змінювати параметри дослідження (наприклад, дозування або критерії включення/виключення) на основі проміжних даних, прискорюючи отримання остаточних висновків.

Моніторинг та аналіз даних. Системи III можуть безперервно моніторити великі обсяги даних, що надходять з клінічних центрів та пристроїв пацієнтів (наприклад, wearables). Це забезпечує швидке виявлення побічних явищ, контроль за дотриманням протоколу та виявлення викидів чи помилок у даних.

Синтетичні контрольні групи. У деяких випадках, особливо для рідкісних захворювань, III може створювати віртуальні контрольні групи на основі високоякісних даних пацієнтів. Це дозволяє зменшити кількість

пацієнтів, яким необхідно призначати плацебо, підвищуючи етичність та швидкість дослідження.

Таким чином, ШІ відіграє вирішальну роль у зниженні ризиків, зменшенні вартості та скороченні термінів виведення нових, більш ефективних лікарських засобів на ринок.

Використання експертних систем для підтримки прийняття клінічних рішень (CDSS).

Експертні системи, або системи підтримки прийняття клінічних рішень (CDSS), є ключовим компонентом сучасної медичної інформатики, призначеним для підвищення якості, безпеки та ефективності медичної допомоги. CDSS – це будь-яка комп'ютеризована програма, що аналізує дані пацієнта та надає лікарю персоналізовані, науково обґрунтовані рекомендації в критичний момент прийняття рішення (рис. 3.4).

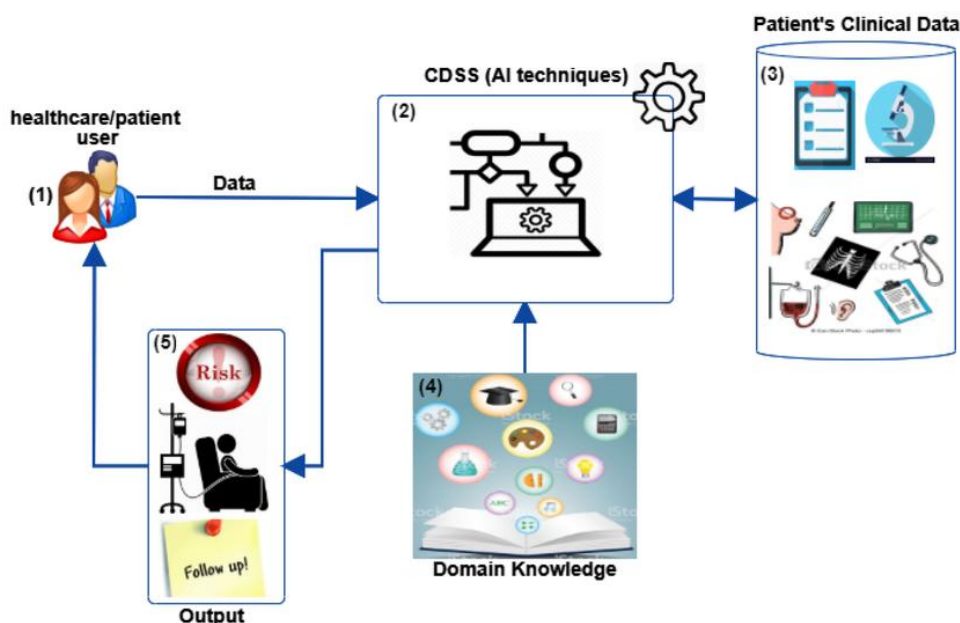


Рис. 3.4 - Схематичне зображення системи підтримки прийняття клінічних рішень (CDSS)

Базові експертні системи працюють на основі бази знань, яка містить клінічні протоколи, настанови та медичні факти, та механізму висновків, який застосовує ці знання до конкретних даних пацієнта. Сучасні CDSS часто інтегрують елементи штучного інтелекту та машинного навчання, що дозволяє їм не лише слідувати протоколам, але й виявляти нові патерни. CDSS тісно інтегруються з електронними медичними картками, автоматично отримуючи необхідні дані, такі як діагнози, результати аналізів та призначені ліки.

Ключові функції та переваги. Однією з найбільш критичних функцій CDSS є попередження про алергічні реакції та взаємодію ліків. Система

автоматично сканує список призначень і порівнює їх з відомими алергіями пацієнта та іншими медикаментами, видаючи критичне попередження у випадку небезпечної взаємодії. Крім того, CDSS забезпечує попередження про дозування, перевіряючи, чи відповідає призначене дозування стандартним клінічним нормам, що допомагає запобігти помилкам.

Системи також надсилають лікарю або пацієнту нагадування та профілактичні повідомлення про необхідність планового скринінгу або вакцинації. У сфері діагностики CDSS може аналізувати симптоми та результати тестів, пропонуючи диференційний діагноз, ранжований за ймовірністю, що є особливо корисним для дотримання клінічних протоколів та уніфікації медичної допомоги.

Переваги CDSS - підвищення безпеки та зменшення медичних помилок, що також сприяє економії коштів за рахунок уникнення ускладнень та надлишкових тестів.

Незважаючи на значні переваги, впровадження CDSS стикається з низкою викликів. Однією з головних проблем є надмірні попередження: занадто велика кількість некритичних попереджень призводить до того, що лікарі починають їх ігнорувати, підвищуючи ризик пропустити справді важливі сповіщення. Також існує складна проблема підтримки бази знань, оскільки клінічні настанови постійно оновлюються, і системи мають бути актуальними. Технічні складнощі виникають через проблеми інтеграції CDSS у різні, часто застарілі, ЕМК-системи. Нарешті, залишається етична та юридична невизначеність щодо відповідальності, якщо рішення, прийняте на основі рекомендації CDSS, виявилось хибним.

Експертні системи не замінюють клінічне мислення лікаря, а виступають у ролі інтелектуального помічника, який забезпечує лікаря найбільш релевантною та своєчасною інформацією для прийняття обґрунтованого рішення.

Етичні та правові аспекти впровадження ІІІ в охороні здоров'я: відповідальність, конфіденційність даних, регулювання

Впровадження ІІІ в охорону здоров'я обіцяє значні переваги, але водночас створює складні етичні та правові виклики, які вимагають чіткого регулювання. Ці питання зосереджені навколо відповідальності, конфіденційності даних та необхідності створення адекватних регуляторних механізмів.

1. Відповідальність та прийняття рішень.

Одне з найскладніших правових питань — це визначення відповідальності у разі, якщо діагностична помилка, зроблена ІІІ-системою, призвела до шкоди для пацієнта. Хто несе відповідальність? На відміну від лікарської помилки, де відповідальність чітко лежить на медичному працівнику, у випадку ІІІ виникає ланцюжок потенційної відповідальності:

Розробник ІІІ-системи (за дефекти алгоритму або недостатнє тестування).

Медичний заклад (за неналежне впровадження або обслуговування системи).

Лікар, який використовував рекомендацію ІІІ (за невиконання обов'язку критично оцінювати висновок системи).

Принцип "Останнього слова". На сьогодні більшість правових систем схильється до того, що остаточне клінічне рішення завжди приймає лікар. Таким чином, ІІІ розглядається як інструмент підтримки, а не автономний суб'єкт, що зберігає за лікарем основну відповідальність за наслідки.

2. Конфіденційність та безпека медичних даних.

ІІІ-системи вимагають доступу до великих масивів високочутливих медичних даних (ЕМК, геномні дані), що значно збільшує ризик порушення конфіденційності. Ключовим етичним та правовим завданням є забезпечення ефективної анонімізації даних, які використовуються для навчання ІІІ-моделей. Недосконала анонімізація може дозволити зворотну ідентифікацію пацієнта.

Упередженість даних (Bias). Якщо навчальні дані ІІІ-системи не є репрезентативними (наприклад, містять дані лише однієї етнічної групи чи статі), алгоритм може бути упередженим, що призведе до неточних або дискримінаційних діагнозів для певних груп пацієнтів. Це є серйозним етичним порушенням принципу справедливості.

Кібербезпека. Зростає ризик цілеспрямованих кібератак на бази даних, що містять навчальні матеріали для ІІІ, оскільки ці дані мають високу ринкову вартість.

3. Регулювання та прозорість.

Чинні регуляторні рамки часто не встигають за темпами розвитку ІІІ, створюючи правову невизначеність.

Сертифікація та валідація. Існує потреба у створенні чітких міжнародних та національних стандартів для валідації та сертифікації медичних ІІІ-систем як медичних виробів. Ці стандарти мають забезпечувати, що система є безпечною, ефективною та нешкідливою.

Прозорість (Explainability/XAI). Вимоги до прозорості роботи алгоритмів (Explainable AI, XAI) стають критичними. Лікарі та пацієнти мають право розуміти, як саме ІІІ-система прийшла до свого діагнозу чи рекомендації, особливо у випадках, коли рішення ІІІ суперечить клінічному досвіду. Непрозорий "чорний ящик" є етично неприйнятним у медицині.

Поінформована згода. Необхідно розробити нові форми поінформованої згоди, які чітко пояснюють пацієнтам, як їхні дані будуть використовуватися для навчання ІІІ та яку роль ІІІ відіграватиме у процесі їхнього лікування.

Успішне впровадження ШІ вимагає не лише технологічного прогресу, а й міцної етичної основи та адаптованого правового поля, що гарантують безпеку та довіру пацієнтів до нових технологій.

Проблеми та виклики впровадження ШІ та ЕС в українській медичній практиці

Впровадження систем штучного інтелекту (ШІ) та експертних систем (ЕС), зокрема систем підтримки клінічних рішень (CDSS), в українську медичну практику стикається з низкою специфічних і комплексних проблем, що охоплюють технологічні, правові, фінансові та кадрові аспекти.

1. Якість та структурованість даних.

Найбільшим технологічним бар'єром є якість, кількість та гомогенність медичних даних. Низька якість та неструктурованість даних. Хоча електронна система охорони здоров'я (ЕСОЗ) та електронні медичні картки (ЕМК) впроваджені, значна частина клінічної інформації залишається неструктурованою (у вигляді вільного тексту в полях "анамнез" чи "опис") або містить помилки. ШІ потребує чистих, стандартизованих і закодованих даних (наприклад, за МКХ-10 чи ICD-2) для ефективного навчання.

Упередженість даних (Bias). Навчальні набори даних можуть відображати особливості діагностики та лікування лише в певних регіонах або типах закладів, що призводить до створення ШІ-моделей, які неадекватно працюють з іншими групами пацієнтів.

2. Регуляторно-правова невизначеність.

Відсутність чіткої законодавчої бази для ШІ створює значні правові ризики. Чинне українське законодавство не визначає відповідальності розробника, медичної інформаційної системи (МІС) або лікаря у разі, якщо помилка, спричинена рекомендацією ШІ-системи, призводить до шкоди пацієнту. Це гальмує використання ШІ для критичних діагностичних рішень.

В Україні досі не існує спеціалізованого та чіткого механізму сертифікації ШІ-алгоритмів як медичних виробів чи діагностичного програмного забезпечення, що ускладнює їхнє офіційне впровадження. Попри існування Закону "Про захист персональних даних", постійне використання та передача великих масивів чутливих медичних даних для навчання ШІ підвищує ризики порушення конфіденційності та вимагає нових захисних протоколів.

3. Кадрові та культурні бар'єри.

Успіх технологій залежить від їхнього прийняття кінцевими користувачами — лікарями. Існує недовіра до висновків "чорного ящика" ШІ, особливо серед досвідчених лікарів. Це може призводити до ігнорування або надмірного покладання на рекомендації системи. В українських ЗОЗ бракує фахівців, які поєднують медичні знання з

навичками медичної інформатики та аналізу даних, необхідних для впровадження, обслуговування та критичної оцінки роботи ІІІ-систем.

Проблема "Alert Fatigue". Неякісно налаштовані CDSS часто генерують надмірну кількість попереджень, більшість з яких є некритичними. Це призводить до ігнорування всіх сповіщень, включаючи дійсно важливі.

4. Фінансові та інфраструктурні обмеження.

Розробка, ліцензування та підтримка сучасних ІІІ-рішень є дороговартісною інвестицією, яка часто недоступна для регіональних або невеликих муніципальних закладів охорони здоров'я. Необхідність у потужних серверах, високошвидкісних мережах та відповідному рівні кібербезпеки для обробки великих обсягів даних ІІІ (особливо медичних зображень) є значним інфраструктурним викликом, який не завжди може бути забезпечений на місцях.

Розділ 04

ТЕЛЕМЕДИЦИНА ТА МОБІЛЬНА МЕДИЦИНА

Тема 9 “Телемедицина та мобільна медицина”

Список рекомендованої літератури:

18. Медична інформатика в модулях: практикум / І.Є.Булах, Л.П.Войтенко, М.Р.Мруга та ін.; за ред. І.Є.Булах. –К.: Медицина, 2012. – 208 с.
19. Handbook of Medical Informatics. Editors: J.H. van Bommel, M.A. Musen. – <http://www.mieur.nl/mihandbook>; <http://www.mihandbook.stanford.edu>
20. Mark A. Musen B. Handbook of Medical Informatics // Електронний ресурс <ftp://46.101.84.92/pdf12/handbook-of-medicalinformatics.pdf>
21. Edward H., Shortliffe J., Cimino J. Biomedical Informatics, 2014 // Електронний ресурс <http://www.rhc.ac.ir/Files/Download/pdf/nursingbooks/Biomedical%20Informatics%20Computer%20Applications%20in%20Health%20Care%20and%20Biomedicine-2014%20-%20CD.pdf>
22. Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine, 2011 // Електронний ресурс <https://books.google.com.ua/books?id=WYvaBwAAQBAJ&pg=PA321&lpg=PA321&q=book++medical+informatics&source=bl&ots=VjPvStLtIk&sig=b39YVoBltS31QSIJkUf4bnAjTqfY&hl=uk&sa=X&ved=0ahUKEwiqkeTdpIzQAhUGWSwKHTyIBfw4ChDoAQhHMAc#v=onepage&q=book%20%20medical%20informatics&f=false>
23. Medical Informatics=Медична інформатика: підручник / І.Є. Булах, Ю.Є. Лях, В.П. Марценюк, І.Й. Хаїмзон. – К.: ВСИ «Медицина», 2012. – 368 с.
24. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
25. Різак Г.В., Кампі Ю.Ю., Якименко В.В. (2023) Перспективи розвитку доказової медицини в умовах наявності штучного інтелекту й сучасних технологій: роль закладів вищої медичної освіти в Україні. 2023. Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина») № 12(30) 2023
26. Жидко, А. В., Шкуропат, А. В. (2025). Прогностичні моделі для обробки та інтерпретації зображень в онкології. Природничий альманах (біологічні науки), (37), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2025-37-1>
27. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8 -21
28. Медична інформатика та інженерія. Науково—практичний журнал. — <http://www.irbis—nbuv.gov.ua/>; <http://inmeds.com.ua/periodics/mii/>
29. <https://knowledge.phc.org.ua/books>
30. <https://emedicine.medscape.com/>
31. <http://www.medscape.com>
32. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
33. <https://moz.gov.ua/material-dlja-treningu>
34. <https://icd.who.int/browse/2024-01/mms/en>

Питання для самопідготовки:

1. Телемедицина - використання електронних комунікацій для надання клінічних послуг на відстані.

2. Мобільна медицина (mHealth): використання мобільних пристроїв (смартфонів, планшетів, носимих гаджетів) для підтримки медичної практики.

3. Ключові форми телемедицини

4. Технологічна база мобільної медицини (mHealth)

5. Виклики та регулювання телемедицини

6. Практичне застосування в українській охороні здоров'я

Дистанційна медицина є однією з найбільш динамічних та перспективних галузей сучасної медичної інформатики, що використовує телекомунікаційні та інформаційні технології для надання медичних послуг, навчання та управління охороною здоров'я на відстані. Завдяки стрімкому розвитку цифрових технологій вона стала не просто допоміжним інструментом, а невід'ємною частиною сучасної медичної практики.

Телемедицина (Telemedicine) традиційно фокусується на наданні клінічних послуг пацієнтам, використовуючи електронні комунікації. Прикладом є відеоконсультація лікаря з пацієнтом чи дистанційна діагностика. Водночас, **мобільна медицина (mHealth)** охоплює використання мобільних пристроїв – смартфонів, планшетів, а також носимих гаджетів (wearables) – для підтримки здоров'я, збору фізіологічних даних та надання інформації пацієнтам. Найширшим поняттям є телеохорона здоров'я (telehealth), яке включає як клінічні, так і неклінічні функції, наприклад, дистанційне навчання медичного персоналу, адміністративні зустрічі та обмін медичною інформацією.

Історично телемедицина розвивалася як спосіб забезпечення доступу до висококваліфікованої допомоги для жителів віддалених та сільських регіонів. Однак у сучасному світі, особливо в контексті пандемій чи надзвичайних ситуацій, як-от воєнні дії в Україні, її роль значно зросла. Вона забезпечує безпечний, швидкий та географічно необмежений доступ до консультацій, моніторингу хронічних захворювань та підтримки пацієнтів, мінімізуючи необхідність фізичного відвідування медичних закладів. Таким чином, дистанційна медицина є ключовим інструментом для підвищення доступності, ефективності та стійкості системи охорони здоров'я.

Історичний розвиток дистанційної медицини розпочався задовго до появи інтернету. Перші спроби використання технологій для передачі медичних даних припадають на кінець XIX століття, коли лікарі почали передавати електрокардіограми (ЕКГ) телефоном. У 1920-х роках у США навіть використовували радіозв'язок для надання медичних консультацій у віддалених районах. Однак, справжній поштовх розвитку телемедицини отримав у 1960-х роках завдяки космічним програмам NASA, де телеметрія застосовувалася для моніторингу життєвих показників астронавтів, а також

для надання медичної допомоги в ізольованих арктичних та військових умовах.

Сучасна роль телемедицини. Сьогодні телемедицина перетворилася на багатофункціональну та стратегічно важливу складову охорони здоров'я:

- Подолання географічних бар'єрів. Дистанційна медицина є життєво необхідною для сільських, гірських або військових регіонів, де доступ до вузькопрофільних спеціалістів (наприклад, радіологів, психіатрів чи неврологів) обмежений. Вона забезпечує рівний доступ до кваліфікованої допомоги незалежно від місця проживання пацієнта.
- Управління хронічними захворюваннями. Методи дистанційного моніторингу пацієнтів (RPM) дозволяють лікарям безперервно відстежувати показники пацієнтів із хронічними хворобами (діабет, гіпертонія, серцева недостатність), швидко реагувати на погіршення стану та коригувати лікування, запобігаючи госпіталізації.
- Кризове реагування. Телемедицина відіграла вирішальну роль під час пандемії COVID-19, дозволивши продовжувати консультації та сортування пацієнтів, мінімізуючи ризик інфікування як для медичного персоналу, так і для пацієнтів. В умовах воєнного стану в Україні вона забезпечує можливість надання допомоги населенню на тимчасово окупованих або прифронтових територіях, а також проведення телеконсиліумів для військових лікарів.
- Ефективність та економія. Дистанційні консультації, особливо для рутинних візитів або контролю, скорочують час очікування, зменшують транспортні витрати пацієнтів та знижують навантаження на стаціонари.

Таким чином, сучасна роль телемедицини полягає у підвищенні доступності, стійкості, безпеки та економічної ефективності медичної допомоги.

Телемедицина не є єдиним методом надання допомоги, а охоплює кілька різноманітних форм, які класифікуються за способом та часом обміну інформацією. Розуміння цих форм є важливим для ефективного впровадження телемедичних послуг у практику.

1. Відеоконференцзв'язок

Ця форма передбачає пряму двосторонню комунікацію між пацієнтом та лікарем або між двома медичними працівниками, що відбувається в режимі реального часу (рис.4.1). Це найбільш схоже на традиційний візит до лікаря, але здійснюється через захищені відеоплатформи. Основне використання — це первинні консультації, контроль хронічних станів, телеконсиліуми, коли вузький спеціаліст дистанційно бере участь у лікуванні пацієнта в іншому закладі. Головна вимога до цієї форми — надійна та якісна інтернет-зв'язок, що забезпечує безперервність аудіо та відеосигналу, а також високий рівень конфіденційності каналу передачі даних.

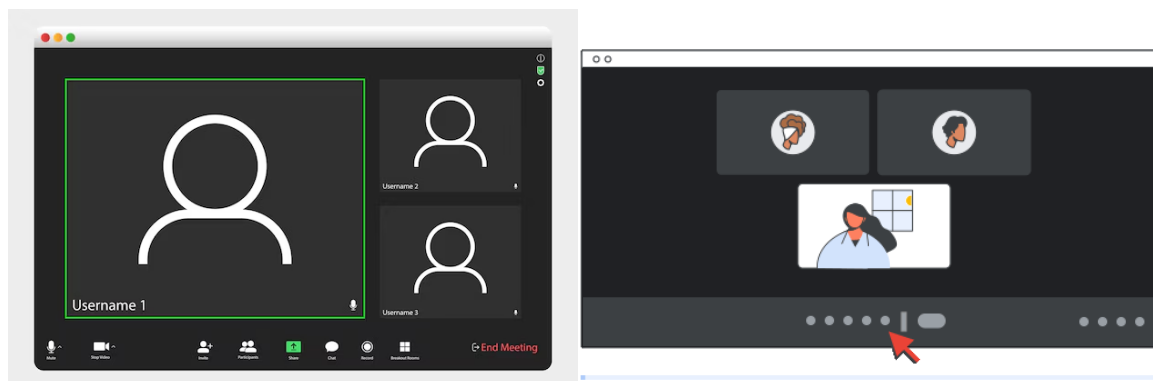


Рис. 4.1 - Приклади інтерфейсу програм для відеозв'язку

2. "Збережи та передай"

Цей асинхронний метод передбачає, що медичні дані пацієнта (наприклад, знімки, відео, результати лабораторних тестів, ЕКГ, дерматоскопічні зображення) збираються, зберігаються у захищеному сховищі (наприклад, у ЕМК) і пізніше передаються спеціалісту для аналізу. Обмін не вимагає присутності обох сторін одночасно. Цей метод широко використовується у телерадіології, де лаборант робить знімок, а лікар-радіолог аналізує його через кілька годин, а також у теледерматології для діагностики шкірних захворювань за якісними фотографіями. Перевагою є можливість використання експертів з будь-якої точки світу без прив'язки до часових поясів.

3. Дистанційний моніторинг пацієнтів (RPM)

RPM використовує технології для збору фізіологічних даних про пацієнта поза межами клініки, часто в домашніх умовах (рис. 4.2). За допомогою спеціальних пристроїв (наприклад, глюкометрів з Bluetooth, електронних тонометрів, носимих ЕКГ-датчиків) дані автоматично передаються до медичного закладу. Ця форма є надзвичайно ефективною для управління хронічними захворюваннями (цукровий діабет, гіпертонія, серцева недостатність). Система може бути налаштована на видачу автоматичних попереджень лікарю, якщо показники пацієнта виходять за встановлені межі, що дозволяє швидко втрутитися і запобігти кризовій ситуації.

Усі ці форми можуть комбінуватися в єдиному плані лікування, створюючи гнучку та всебічну систему дистанційної медичної допомоги. Застосування телемедицини регулюється відповідними наказами МОЗ України, як-от наказ № 681 від 19.10.2015 «Про затвердження нормативних документів щодо застосування телемедицини у сфері охорони здоров'я» (zareєстрований як 1400/27845, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1400-15#Text>).

Мобільна медицина (mHealth) є підмножиною телемедицини, яка базується на використанні портативних, бездротових технологій для підтримки медичної практики, збору даних пацієнтів та прямої взаємодії з

ними. Її технологічна база швидко еволюціонує, спираючись на три основні компоненти.



Рис. 4.2 - Приклади приладів дистанційного моніторингу: А - глюкометр, Б - тонометр, В - датчик ЕКГ, Г - смарт-годинник

1. Носимі пристрої та сенсори

Сучасні носії даних є основою для дистанційного моніторингу пацієнтів. До них відносяться:

- "Розумні" годинники та фітнес-трекери. Збирають дані про фізичну активність, сон, частоту серцевих скорочень (ЧСС), а деякі моделі можуть здійснювати базову електрокардіографію (ЕКГ).
- Спеціалізовані медичні сенсори. Включають системи безперервного моніторингу глюкози (CGM) для пацієнтів із діабетом, портативні пульсоксиметри та електронні тонометри з можливістю бездротової передачі даних.

Дані з цих пристроїв автоматично передаються через Bluetooth на смартфон пацієнта, а потім можуть передаватися через захищену мережу – до медичної інформаційної системи (МІС) лікаря.

2. Мобільні додатки

Мобільні додатки слугують основним інтерфейсом між пацієнтом та системою охорони здоров'я. Вони поділяються на дві категорії (рис. 4.3):

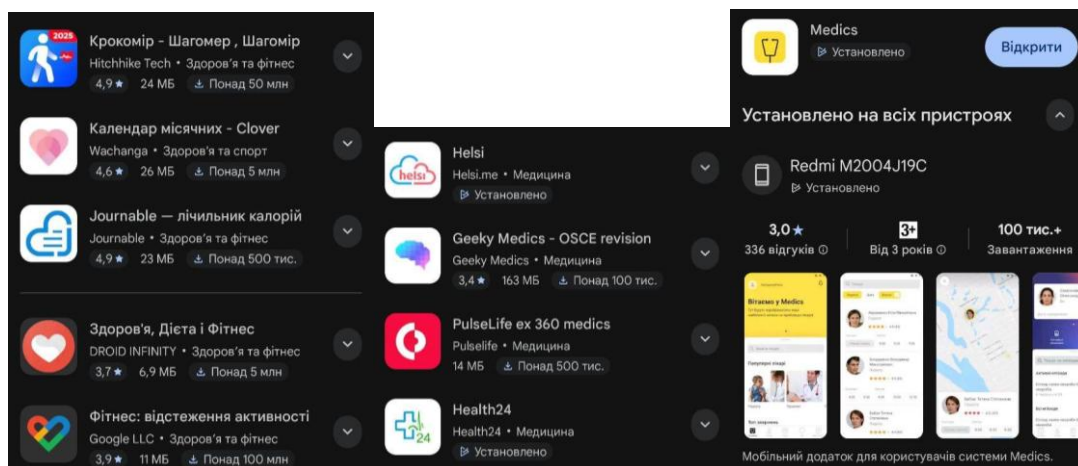


Рис. 4.3 - Приклади клінічних мобільних додатків та мобільних додатків для здоров'я

- Додатки для здоров'я та велнесу. Допмагають користувачам контролювати харчування, сон, рівень стресу, але не є медичними виробами, і їхні висновки не використовуються для діагностики.
- Клінічні додатки. Використовуються для підтримки лікування, наприклад, нагадування про прийом ліків, ведення щоденника симптомів або збір структурованих даних для лікаря перед консультацією. Існують також додатки, що допомагають лікарям у розрахунку дозувань або наданні доступу до клінічних настанов. Проблема валідації таких додатків є ключовим викликом: лише ті додатки, що пройшли клінічні випробування та регуляторну сертифікацію, можуть використовуватися для діагностики.

3. Стандарти обміну та інтеграція з ЕМК

Щоб дані, зібрані mHealth-пристроями, мали клінічну цінність, вони повинні бути безпечно та структуровано інтегровані в офіційну медичну документацію.

FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources). Цей міжнародний стандарт став ключовим для інтеграції. Він дозволяє стандартизувати дані, отримані з різних джерел (різні виробники годинників, сенсорів, мобільних додатків), та записувати їх безпосередньо в ЕМК пацієнта.

Cloud computing. Хмарні рішення використовуються для зберігання величезних обсягів даних RPM, забезпечуючи їх доступність для лікарів з будь-якої точки та гарантуючи безпеку відповідно до національних та міжнародних стандартів (наприклад, вимог до КСЗІ).

Безпека. Усі канали зв'язку між пристроєм та сервером мають використовувати шифрування (TLS/SSL) для захисту конфіденційності даних відповідно до вимог українського законодавства про захист персональних даних.

Таким чином, технологічна база mHealth забезпечує безперервний потік медичних даних від пацієнта до лікаря, перетворюючи мобільні пристрої на ключовий елемент дистанційної медичної допомоги.

Швидке впровадження телемедицини породжує низку етичних, правових та технічних викликів, які вимагають негайного вирішення та чіткого регулювання.

1. Етичні та правові аспекти

Однією з головних проблем є надання медичних послуг через географічні та державні кордони. Зазвичай лікар має ліцензію лише на практику в певній країні чи регіоні. Телемедицина стирає ці межі, порушуючи питання, за законодавством якої країни має нести відповідальність лікар, що консультує пацієнта, який знаходиться в іншій юрисдикції.

У разі діагностичної помилки, скоєної під час дистанційної консультації, складніше визначити ступінь провини лікаря, оскільки він не мав можливості провести фізичний огляд. Регулювання має чітко встановити стандарти якості для дистанційної допомоги, які відповідають стандартам очної.

Пацієнт має надати чітку згоду на отримання послуг дистанційно, розуміючи обмеження такого формату (наприклад, неможливість пальпації чи аускультації).

2. Конфіденційність та безпека даних

Телемедицина створює нові точки вразливості для конфіденційності медичних даних, особливо під час передачі. Необхідно забезпечити, щоб усі платформи для відеоконференцій та передачі даних (включно з мобільним інтернетом) використовували надійне шифрування та відповідали вимогам захисту персональних даних (в Україні – Закону України "Про захист персональних даних"). Дані, зібрані через мобільні пристрої (mHealth), мають бути безпечно інтегровані в ЕМК. Недостатньо захищені мобільні додатки можуть стати джерелом витоку інформації.

Також, потрібні суворі механізми журналювання та аудиту, щоб фіксувати, хто і коли отримував доступ до даних під час телемедичної сесії.

3. Технологічні та соціальні виклики

Телемедицина може посилити соціальну нерівність, оскільки пацієнти з низьким доходом, літні люди або ті, хто проживає в регіонах із поганим інтернетом, не матимуть можливості повноцінно користуватися цими послугами.

Виникає потреба у створенні універсальних технічних стандартів (наприклад, на основі FHIR), щоб дані, зібрані різними пристроями та програмами (наприклад, "розумними" годинниками та клінічними додатками), могли коректно читатися і використовуватися в будь-якій МІС.

Не всі mHealth-пристрої та додатки є медичними виробами, тому існує виклик щодо валідації їхньої точності та надійності перед використанням для клінічних діагнозів.

В Україні телемедицина та мобільна медицина набули особливого значення, ставши не лише інструментом модернізації, але й критичним елементом забезпечення доступності медичної допомоги в умовах реформи та воєнних викликів.

1. Телемедицина в ЕСОЗ

Функціонал телемедицини інтегровано насамперед на рівні первинної ланки та в рамках роботи ЕСОЗ.

Дистанційні консультації та зв'язок. Сімейні лікарі широко використовують синхронну телемедицину (телефонний або відеозв'язок) для контролю пацієнтів, які вже перебувають на обліку. Це дозволяє здійснювати моніторинг хронічних станів, проводити рутинні контрольні візити та вирішувати прості питання, знижуючи навантаження на очний прийом.

Електронні інструменти. Дистанційна взаємодія підтримується цифровими інструментами, які є частиною ЕСОЗ:

- дистанційне виписування електронних рецептів (е-Рецепт). Пацієнту з хронічними захворюваннями лікар може виписати рецепт без його фізичної присутності.
- електронні направлення (е-Направлення). Направлення до вузьких спеціалістів або на планові дослідження можуть бути створені після дистанційної консультації.
- спеціалізовані телемедичні мережі. На регіональному рівні функціонують телемедичні центри, які дозволяють лікарям районних чи сільських амбулаторій консультиватися з висококваліфікованими спеціалістами обласних клінік, використовуючи асинхронний метод ("збережи та передай") для обміну ЕКГ, рентгенівськими знімками чи іншими даними.

2. Застосування в умовах кризи та воєнного стану

Телемедицина забезпечила безперервність надання медичної допомоги, незважаючи на переміщення населення та руйнування інфраструктури.

Доступ для ВПО. Внутрішньо переміщені особи можуть отримати медичну консультацію у свого сімейного лікаря, який залишився в іншому місті, незалежно від їхнього поточного місця перебування, якщо лікар має доступ до ЕМК.

Підтримка на відстані. Забезпечення консультацій пацієнтам на прифронтових територіях або тим, хто має обмежений доступ до функціонуючих лікарень.

Телеконсилиуми для військових лікарів. Використання телекомунікаційних каналів для обміну інформацією між лікарями у

військових госпіталях та цивільними експертами для складних клінічних випадків.

3. Перспективи мобільної медицини (mHealth)

Хоча офіційна інтеграція mHealth-даних (з wearables) в ЕМК ще перебуває на початковій стадії, її потенціал великий.

Проактивний моніторинг. Збір даних із "розумних" годинників та фітнес-трекерів може бути використаний для раннього виявлення погіршення стану або для управління факторами ризику, що може стати основою для програм персоналізованої профілактики.

Моніторинг хронічних хворих. Розширення програм дистанційного моніторингу, наприклад, для пацієнтів із цукровим діабетом, які використовують сенсори безперервного моніторингу глюкози (CGM), з автоматичною передачею даних лікарю.

Таким чином, українська охорона здоров'я активно використовує телемедицину як інструмент підвищення доступності та стійкості системи, спираючись на вже створену ЕСОЗ.

Шкуропат Анастасія Вікторівна

**МЕДИЧНА ІНФОРМАТИКА:
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

з обов'язкової освітньої компоненти

«Медична інформатика»

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності І2 Медицина

ISBN 978-617-8670-48-1 (електронне видання)

Херсонський державний університет