

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

НАВЧАЛЬНО–НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра системного аналізу

Пояснювальна записка

до магістерської роботи
на ступінь вищої освіти магістр

на тему: **«ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ
ЗАХВОРЮВАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО
ІНТЕЛЕКТУ»**

Виконав: студент 6 курсу, групи САДМ-61
спеціальності

124 Системний аналіз

(шифр і назва спеціальності)

Петровська А.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Козаченко С.Я.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

_____ (прізвище та ініціали)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Кафедра Системного аналізу

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 124, Системний аналіз

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

системного аналізу

Гордієнко Т.Б.

“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ

Петровській Анастасії Геннадіївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптимізація процесу попередньої діагностики захворювань з

Керівник роботи	Козаченко Сергій Якович
-----------------	-------------------------

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від“_____” 2022 року №_____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи

5.2
5.3
5.4

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір науково-технічної літератури		Виконала
2			Виконала
3			Виконала
4			Виконала
5			Виконала
6			Виконала
7			Виконала
8	Попередній захист роботи		Виконала
9	Пред'явлення роботи в деканат		Виконала

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Петровська А.Г.
(прізвище та ініціали)

Козаченко С.Я.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Текстова частина бакалаврської роботи nn с., n табл., nn рис., nn джерел.

ЯКІСТЬ, ПЕРСОНАЛ, АНАЛІЗ, МОТОДИ, ОЦІНЮВАННЯ, РОЗРАХУНОК, МОДЕЛЮВАННЯ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, АЛГОРИТМ.

Об'єкт дослідження –

Предмет дослідження –.

Мета роботи –.

Методи дослідження —.

Отримані результати –

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ІТ ТЕХНОЛОГІЙ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ.....	10
1.1 Методи попередньої діагностики захворювань	10
1.2 Методи та моделі ІТ технологій діагностики захворювань.....	15
1.3 Переваги та недоліки методів діагностики захворювань.....	22
1.4 Мета і задачі магістерської роботи	26
2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ.....	28
2.1 Алгоритм оцінки ефективності.....	28
2.2 Моделювання та математичний розрахунок.....	34
3. ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ.....	43
3.1 Методи порівняння (метрики, моделі, математичні моделі)	43
3.2 Порівняння результатів до та після.....	53
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ).....	63
ДОДАТОК А.....	64
ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА	78

ВСТУП

Розвиток медицини в останнє століття дає можливість людству проживати своє життя якісніше і довше. Незважаючи на це, у пацієнтів відсутня культура своєчасного відстеження стану свого здоров'я через недоступність для широкого кола людей пізнань в цій області. Тому на сьогоднішній день зволікання з профілактикою здоров'я є серйозним недоліком у системі охорони здоров'я. Щороку мільйони людей вмирають від причин, яких можна запобігти. З огляду на підвищену поширеність хронічних захворювань і смертність від цих захворювань у всьому світі, роль профілактичної охорони здоров'я особливо важлива. На сьогоднішній день не існує рішення, комплексно спрямованого на зниження проблеми відсутності ранньої діагностики захворювань. Однією з причин є нерозуміння медичних термінів для звичайних пацієнтів при отриманні даних лабораторних досліджень. У напрямку розшифровки медичних досліджень пропонується консультація фахівців або використання таблиць з референтними показниками норми для відповідної групи людей, що відштовхує кінцевих користувачів через неможливість самотійно легко розібратися в результатах дослідження.

Задачі дипломної роботи:

1. Визначення недоліків існуючих підходів до зменшення проблеми відсутності ранньої діагностики.
2. Аналіз бланків лабораторних досліджень.
3. Аналіз існуючих одиниць вимірювань на прикладі загального аналізу крові.
4. Аналіз референтних значень (норми) на прикладі результату дослідження загального аналізу крові.
5. Створення функціональної моделі запропонованого рішення у нотації IDEF0.
6. Побудова дерева рішень для визначення референтних значень дослідження відносно усіх можливих груп пацієнтів.
7. Порівняльний аналіз моделей AS-IS та TO-BE у нотації BPMN.

8. Програмна реалізація запропонованого рішення на прикладі загального аналізу крові та аналіз отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – процес ранньої діагностики захворювань на основі даних лабораторних досліджень

Предмет дослідження – методи та засоби розшифрування результатів медичних лабораторних досліджень з метою ранньої діагностики.

Мета роботи – спрощення процесу ранньої діагностики захворювань за рахунок використання автоматизованих засобів для розшифрування результатів лабораторних досліджень.

Система ранньої діагностики захворювань на основі лабораторних досліджень забезпечить своєчасний контроль здоров'я, надасть можливість швидше оцінити стан здоров'я людини, виявити патології або приховані захворювання, щоб запропонувати пацієнтові раннє лікування. Використання такої системи дозволить по-перше, спростити та пришвидшити роботу медичного персоналу, який виконує розшифровку лабораторних досліджень, по-друге, знизити вимоги до кваліфікації цього персоналу, по-третє, забезпечити можливість як самодіагностики, так і додаткового контролю результатів розшифровки лабораторних досліджень.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ІТ ТЕХНОЛОГІЙ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ

1.1 Методи попередньої діагностики захворювань

З середини 19 століття технології почали відігравати значну роль у медицині, і багато вчених аналізували роль технологій у медицині. Паралельно з цим розвитком відбувалися всеосяжні дебати щодо концепції хвороби. Ця стаття об'єднує ці сфери та досліджує вплив технологій на концепцію хвороби. Посилаючись на літературу, він намагається розробити чітке пояснення конститутивної ролі технологій у зв'язку з концепцією хвороби. Буде стверджувати, що технологія створює поняття хвороби трьома глибокими способами[5].

По-перше, технологія надає фізіологічні, біохімічні та біомолекулярні елементи, які застосовуються для визначення хвороб. По-друге, це встановлює спосіб, яким ми намагаємося отримати знання про хворобу, і спосіб, яким ми розпізнаємо хворобу на практиці.

Технологія створює ознаки, маркери та кінцеві точки, які визначають сутності хвороби, і вона сильно впливає на пояснювальні моделі хвороби, а також на медичну таксономію. По-третє, технологія встановлює, як ми діємо щодо хвороби: технологія ретельної діагностики та лікування встановлює дії, які складають концепцію хвороби. Загалом цей конститутивний технологічний вплив на концепцію хвороби вважається технологічним винаходом хвороби.

Сучасний період розвитку світового суспільства характеризується багаторівневою цифровою трансформацією.

До нашого життя все активніше входять різні технології безперервного моніторингу стану людини та навколишнього середовища (wearable technology) – фітнес- і кардіобраслети і годинники; «розумні» взуття і одяг, які можуть інтерактивно взаємодіяти з тілом людини і навколишнім середовищем, реєструвати і відсилати сигнали, обробляти інформацію і видавати рекомендації у

реальному часі, та ін.[10].

Все ширше використовується концепція цифрового двійника (Digital Twin), яка базується на цифровій копії фізичного об'єкту або процесу і дозволяє моделювати і оптимізувати ефективність діагностики, профілактики, лікування і реабілітації пацієнтів з різними хворобами завдяки використанню технологій штучного інтелекту (ШІ) [3].

Для виконання цих завдань потрібні детальні бази даних (БД) відповідних фізіологічних параметрів статистично репрезентативних груп як здорових індивідів різного віку, так і груп хворих на ті чи інші гострі та хронічні захворювання. Подібні БД існують на рівні окремих медико-діагностичних центрів різних країн, але вони відрізняються способами отримання, зберігання і обробки фізіологічних даних, а також самим типами даних у вигляді часових рядів, медичних зображень, числових значень і словесного опису, методів кодування та ін. [14].

Технологічний прогрес/нові відкриття/інновації змінюють методи надання медичної допомоги та покращують досвід обслуговування пацієнтів. Необхідно розробити докази того, як інновації/досягнення в охороні здоров'я можна зробити доступними для всіх економічно ефективним способом.

Це також потреба часу розгорнути такі технологічні досягнення в найближчому пункті медичної допомоги (РОС), доступному для кожної звичайної людини. РоС вважається будь-яке місце, де надається допомога пацієнтам (наприклад, клініка, біля ліжка, будинок або машина швидкої допомоги)[12].

Таким чином, ця концептуальна стаття зосереджена на використанні орієнтованих на пацієнта цифрових технологій охорони здоров'я (РС-DHT) для надання найкращої медичної допомоги місцевому населенню в сільських і напівміських районах Індії та віддалених місцях ОАЕ шляхом створення віртуальних медичних клінік, підключення пацієнтів до лікарів-спеціалістів. Після віртуальної консультації та необхідного обстеження діагноз захворювання фіксується в електронних медичних картах (EHR). Після встановлення діагнозу РС-DHT може допомогти скласти детальний цілісний план лікування. За

допомогою веб- та мобільних додатків пацієнту будуть надані цілісні плани лікування з детальною інформацією про діагноз, графік лікування, призначення, дієту, фізичні вправи тощо.

Дані, отримані таким чином із кількох РОС, стають доступними для різних дослідників у консорціумі установ. завдяки безпечній та ефективній архітектурі керування та аналізу даних (DMA). Ця архітектура DMA допоможе отримати більше інформації, заснованої на фактах, яка допоможе в адаптивному навчанні для економічно ефективної цілісної діагностики, лікування та дистанційного управління[12].

Існують різноманітні та складні дебати щодо поняття хвороби. Було обговорено, чи є «хвороба» теоретичним чи практичним поняттям.

Крім того, широко обговорювалися логічний, онтологічний і нормативний статус поняття хвороби.

Паралельно з дискусією про концепцію хвороби точилася дискусія про роль технологій у медицині. Існує однаковість у тому, що технології відіграють важливу роль у розвитку медичної теорії, а також клінічної практики. Технології стали рушійною силою розвитку медицини.

Це змінило медичні знання, а також практику. Відкриття бактерій, розробка пеніциліну та розробка діагностичного та терапевтичного обладнання — електрокардіографів (ЕКГ), рентгенівських променів, магнітно-резонансної томографії (МРТ), ендоскопії, генетичних і фармацевтичних продуктів — усе це відіграло еволюційну роль у медицині за останні два століття.

Хоча як концепція хвороби, так і роль технології в медицині є центральними питаннями філософії медицини, лише деякі вчені детально розглянули питання про те, як технологія впливає на концепцію хвороби. Мета цієї статті полягає в тому, щоб на основі наявної літератури розробити чітке пояснення конститутивної ролі технологій у понятті хвороби[9].

Технологія може впливати на охорону здоров'я загалом і на концепцію хвороби зокрема різними способами. По-перше, згідно з загальною версією, технології викоринили багато хвороб, зменшили поширеність інших і покращили

здоров'я людської раси[8].

Технологія має великий потенціал для зменшення інвалідності та смерті, якої можна уникнути, покращення якості життя та продовження життя високої якості.⁶ Тобто технологія змінює виникнення хвороб.

По-друге, стверджується, що технологічний розвиток змінює фізичне та соціальне середовище людства, створюючи нові захворювання. Життя в сучасних міських суспільствах спонукає людину розвивати нові хвороби.⁷ По-третє, сучасна медицина стала залежною від технічного озброєння, яке вона застосовує, і змінила його. Вона змінила зміст і конфігурацію своїх знань. І в теорії, і на практиці технологія є складовою медичної діяльності та її основних понять.

У цьому дослідженні буде розглянуто лише одну з цих трьох точок зору. Перспектива технології викорінення хвороб є епідеміологічним питанням і тут не розглядатиметься. Другий, аналіз того, як технологія змінює людське середовище і, отже, поширення та визначення захворювань, є непрямим поглядом. Навіть якщо існує правдоподібне пояснення того, як технологія вплинула на середовище існування людини, це не обов'язково пояснює появу нових хвороб[7].

Тому ця справа більше не розглядатиметься. Третя точка зору, однак, представляє найсильнішу вимогу. Якщо можна стверджувати, що технологія забезпечує базові явища, які визначають хворобу, і справді генерує та формує медичні знання та дії, має існувати істотний зв'язок між технологією та концепцією хвороби[4].

Метою цього огляду є дослідження такої можливості. Це буде зроблено з посиланням на літературу про концепцію хвороби та про техніку в медицині.

Технологія забезпечує сутності та події, які застосовуються для визначення захворювань як у діагностиці, так і в лікуванні, у клінічній практиці та в дослідженнях.

Патологічна морфологія, хімічні речовини, біохімічні агенти та біомолекулярні послідовності, які вивчаються в дослідженнях, виявляються в діагностиці та маніпулюються в терапії, засновані на технології. «Саме рентгенівські знімки, лабораторні дослідження, звіти про патологію... розглядаються як центральне

явище хвороби».

Технологія забезпечує базові сутності для визначення хвороби. Світлова мікроскопія встановлює основні структури, такі як клітина, тоді як плями та культури становлять вірусні та бактеріальні агенти, а електронна мікроскопія визначає ряд захворювань.

Комплекс QRS, еходопплерівське зображення та відповідні йому показники, сцинтиграма та ангіограма, встановлюють широкий спектр серцевих захворювань, які генеруються такими технологіями, як електрокардіограф, ультразвуковий апарат, гамма-камера та рентген.

Такі сутності, як *Helicobacter pylori*, сечовина, холестерин і дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК), є основними для визначення таких захворювань, як виразкова хвороба, ниркова недостатність, холестеринемія та хвороба Гентінгтона[12].

Еванс стверджує, що технологія є етіологічними факторами, які визначають захворювання. Наприклад, технологія, яка культивує та ідентифікує бактеріальну культуру, привела до відкриття більшості бактерій, що викликають захворювання: розробка флуоресцентних антитіл привела до відкриття *M pneumoniae* та етіології інфекційного мононуклеозу[11].

Крім того, ріст людських В- і Т-лімфоцитів у суспензійних культурах привів до відкриття кількох важливих груп вірусів.

Таким чином, технологія склала низку хвороб.

Відповідно, явища, що становлять епілепсію, в давнину уявлялися як гуморальні та духовні (священна хвороба). Завдяки технології, наприклад, електроенцефалографії та хімічним аналізаторам, конститутивними явищами епілепсії стали електрична активність мозку та пароксизмальна функція церебральних нервових клітин.

Крім того, ми не сприймаємо такі сутності, як *Helicobacter pylori* та ДНК безпосередньо, а скоріше вони надаються технологією. Ми не маємо доступу до часових затримок (T1 і T2), що становлять магнітно-резонансне зображення, окрім як через апарат МРТ. ЕКГ, яка дає ознаки різних серцевих захворювань, не

існує окремо від електрокардіографа. Вони складаються з самого озброєння.

Таким чином, основні явища та сутності, які застосовуються для визначення багатьох центральних захворювань, забезпечуються технологією. Однак технології також впливають на те, як ми виявляємо, ідентифікуємо та інтерпретуємо ці явища. Тобто технології сильно впливають на зміст і формування медичних знань. Це буде досліджено в наступному розділі.

1.2 Методи та моделі ІТ технологій діагностики захворювань

У даний час фактично в усі галузі охорони здоров'я впроваджені інформаційні технології (ІТ). Завдяки цьому медицина набула сьогодні абсолютно нових рис.

Цей процес супроводжується суттєвими змінами в медичній теорії та практиці, пов'язаними з внесенням коректив до підготовки медичних працівників. ІТ допомагають лікарю проводити об'єктивну діагностику захворювань, накопичувати й ефективно використовувати отриману інформацію на всіх стадіях лікувального процесу і, що найважливіше для медичної науки, є неоціненними у науковому пізнанні[10].

Основні напрями застосування сучасних інформаційних технологій наступні[12]:

Комп'ютерна томографія (КТ) – сучасний метод променевої діагностики, за допомогою якого можна отримати пошарове зображення будь-якої області людини товщиною зрізу від 0,5 до 10мм, а також визначити локалізацію і поширеність патологічного процесу, оцінити стан органів і тканин, що досліджуються.

Робота рентгенівського томографа ґрунтується на просвічуванні області, що досліджується тонким пучком рентгенівських променів по колу та перпендикулярно осі тіла, реєстрації випромінювання, що ослабло з протилежного боку системою детекторів для подальшого перетворення в електричні сигнали.

Рентгенівські промені поглинаються різними тканинами в різній кількості, проходячи через тіло людини. Після цього х-промені потрапляють на чутливу матрицю, яка зчитується комп'ютером.

Тому є можливість отримати чітке зображення декількох зрізів тіла, які при обробці стають діагностично придатним тривимірним зображенням, яке дає можливість дослідити топографію органів пацієнта, локалізацію, протяжність і характер спалахів захворювань, їх зв'язок з іншими тканинами навколо.

Всі цифрові методи пошарових досліджень, такі як: магнітно-резонансна терапія, однофазна емісійна комп'ютерна томографія, цифрова рентгенографія, позитронно-емісійна комп'ютерна томографія є нащадками рентгенівської комп'ютерної томографії[20].

Комп'ютерна томографія є провідним сучасним методом вивчення хвороб головного та спинного мозку, хребта, легенів та середостіння, печінки, підшлункової, нирок та наднирників і ряду інших органів. Зазвичай РКТ називають просто комп'ютерною томографією[21].

Рентгенівська комп'ютерна томографія має ряд переваг[19]:

1. Висока тканинна роздільна здатність;
2. Відсутнє накладення органів і тканин – немає закритих зон;
3. Надає можливість оцінки співвідношення органів, що досліджуються;
4. Можливість отримати різну додаткову інформацію через використання сторонніх програм.

Головною відмінністю КТ від звичайного рентгена є те, що комп'ютерний томограф дає можливість дослідити м'які тканини. Це в свою чергу дає можливість виявлення хвороб на ранніх стадіях. Наприклад вилікувати пухлину, доки вона не великих розмірів і піддається хірургічному лікуванню.

Охорона здоров'я формується на наших очах завдяки прогресу в цифрових медичних технологіях, таких як штучний інтелект (ШІ), 3D-друк, робототехніка, нанотехнології тощо.

Оцифрована охорона здоров'я надає численні можливості для зменшення людських помилок, покращення клінічних результатів, відстеження даних у часі.

, тощо[18].

Методи штучного інтелекту від машинного до глибокого навчання відіграють ключову роль у багатьох сферах, пов'язаних із благополуччям, включаючи вдосконалення нових клінічних систем, інформацію про пацієнтів і записи, а також лікування різних захворювань (Usyal та ін. 2020; Zebene та ін. 2019).

Методи штучного інтелекту також є найбільш ефективними для визначення діагнозу різних типів захворювань. Наявність комп'ютеризованого обґрунтування (ШІ) як методу покращення медичних послуг пропонує безпрецедентні можливості для відновлення результатів пацієнтів і клінічних груп, зниження витрат тощо[19].

Використовувані моделі не обмежуються лише комп'ютеризацією, як-от забезпечення пацієнтів «сім'єю», а також експерти з медичних послуг для створення даних і пропозицій, а також розкриття даних для побудови спільної оцінки.

Штучний інтелект також може допомогти розпізнати точні демографічні чи екологічні зони, де існує частота захворювань або поведінка високого ризику. Дослідники ефективно використовували класифікації глибокого навчання в діагностичних підходах до обчислення зв'язків між антропогенним середовищем і частотою ожиріння[7].

Алгоритми штучного інтелекту повинні бути навчені на репрезентативній інформації для населення, щоб досягти рівнів представлення, необхідних для адаптивного «досягнення».

Тенденції, такі як плата за приховування та керування реальністю, збір інформації за допомогою електронних записів про благополуччя і експоненціальний стан інформації про клієнтів, створили біологічну систему медичної допомоги, багату даними.

Таке розширення даних про охорону здоров'я бореться з відсутністю добре організованих механізмів для інтеграції та узгодження цих даних перед тим, як вони є силосними. Однак численні структури та принципи полегшують

підсумовування та забезпечують адекватну кількість даних для штучного інтелекту.

Проблеми, пов'язані з оперативним динамізмом технологій штучного інтелекту в системах охорони здоров'я, незмірні, незважаючи на інформацію про те, що це одна з найважливіших областей розширення біомедичних досліджень[11].

Спільнота штучного інтелекту повинна розробити інтегрований метод найкращої практики для виконання та захисту шляхом включення активних найкращих практик принципової інклюзивності, розвитку програмного забезпечення, науки про впровадження та взаємодії особи та робочої станції. У той же час програми штучного інтелекту мають величезну здатність працювати над результатами лікування пацієнтів.

Одночасно вони можуть створити значну небезпеку, пов'язану з невідповідною оцінкою ризику пацієнта, діагностичною неточністю, рекомендаціями щодо лікування, порушенням конфіденційності та іншою шкодою.

Дослідники використовували різні методи на основі штучного інтелекту, такі як машини та моделі глибокого навчання, щоб виявляти захворювання шкіри, печінки, серця, хворобу Альцгеймера тощо, які потрібно діагностувати на ранній стадії. Таким чином, у відповідній роботі представлені такі методи, як машина Больцмана, К найближчого сусіда (kNN), машина опорних векторів (SVM), дерево рішень, логістична регресія, нечітка логіка та штучна нейронна мережа для діагностики захворювань, а також їх точність[13].

Наприклад, дослідження Dabowska et al. (2017) використовували нейронну мережу зворотного поширення для діагностики захворювань шкіри, щоб досягти найвищого рівня точності. Автори використовували реальні дані, зібрані з дерматологічного відділення. Ансарі та ін. (2011) використовували рекурентну нейронну мережу (RNN) для діагностики вірусного гепатиту захворювання печінки та досягли 97,59%, тоді як нейронна мережа прямого зв'язку досягла 100%.

Овасіс та ін. (2019) отримали 97,057 площі під кривою за допомогою залишкової нейронної мережі та довготривалої короткочасної пам'яті для діагностики захворювань шлунково-кишкового тракту. Khan and Member (2020) представили комп'ютеризовану структуру організації для відновлення дизайну даних[17].

Вони запропонували п'ятифазний конвеєр машинного навчання, який додатково розбив кожен етап на різні підрівні. Вони створили структуру класифікатора разом зі зміною інформації та виділили процедури вибору, вставлені в план тестування та дослідження інформації.

Skaane та ін. (2013) дослідили властивість цифрового томосинтезу молочної залози на період і виявили рак у резидентів на основі скринінгу. Вони провели обстеження подвійного аналізу, залучивши жінок віком 50–69 років, і порівняли повнопольну цифрову мамографію та інструмент збору даних із повнопольною цифровою мамографією[18].

Накопичення інструменту створення даних призвело до незначного підвищення чутливості на 76,2% і значного збільшення на 96,4%. Тігга та ін. (2020) мали на меті оцінити ризик діабету серед пацієнтів на основі їх способу життя, розпорядку дня, проблем зі здоров'ям тощо[24].

Вони експериментували з 952 опитувальниками, зібраними за допомогою офлайн- та онлайн-анкет. Те саме було застосовано до бази даних Pima Indian Diabetes. Класифікатор випадкового лісу виявився найкращим алгоритмом. Альфіан та ін. (2018) представили персоналізовану систему моніторингу охорони здоров'я за допомогою датчиків на базі Bluetooth і обробки даних у реальному часі.

Він збирає дані життєво важливих показників користувача, такі як артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, вага та рівень глюкози в крові, із сенсорних вузлів на смартфон. Кетрін та інші надали огляд типів даних, які зустрічаються під час встановлення хронічного захворювання[22].

Використовуючи різні алгоритми машинного навчання, вони пояснили теорію екстремальних значень для кращої кількісної оцінки тяжкості та ризику

хронічних захворювань. Gonsalves та ін. (2019) мали на меті прогнозувати ішемічну хворобу серця, використовуючи історичні медичні дані за допомогою технології машинного навчання.

Представлена робота підтримувала три методи навчання під наглядом під назвою «Наївний Байєс», «Машина опорних векторів» і «Дерево рішень», щоб знайти кореляції в ішемічній хворобі серця, що допомогло б покращити швидкість прогнозування. Автори працювали над набором даних про захворювання серця в Південній Африці, що складається з 462 випадків і методів машинного навчання, використовуючи 10-кратну перехресну перевірку.

Момін та ін. (2019) запропонували безпечну систему охорони здоров'я на основі Інтернету речей, яка використовує мережу датчиків тіла, яка називається догляд за мережею датчиків тіла, для ефективного виконання вимог. Датчики використовували аналого-цифровий перетворювач, мікроконтролер, хмарну базу даних, мережу тощо[11].

Дослідження Ijaz et al. (2018) використовували IoT для системи моніторингу охорони здоров'я пацієнтів з діабетом і гіпертонією вдома та використовували персональні медичні пристрої, які сприймають і оцінюють біомедичні сигнали людини.

Система може сповіщати медичний персонал у режимі реального часу, коли у пацієнтів виникають надзвичайні ситуації. Шабут та ін. (2018) запровадив іспит для вдосконалення розумного, універсального, уповноваженого майстра для розігрування запрограмованого відкриття туберкульозу. Вони застосували адміністрований метод штучного інтелекту для досягнення паралельного групування з вісімнадцятої нижчої хвилини затінення запиту. Їхній тест показав точність 98,4%, особливо для ідентифікації антигену туберкульозного антигену на портативному столі.

Тран та ін. (2019) надав глобальні тенденції та розробки додатків штучного інтелекту, пов'язаних з інсультом та серцевими захворюваннями, щоб виявити прогалини в дослідженнях і запропонувати майбутні напрямки досліджень. Матусока та ін. (2020) зазначили, що уважність, лікування та контроль гіпертонії

є найважливішими у подоланні інсульту та серцево-судинних інфекцій.

Rathod та ін. (2018) запропонували автоматизовану систему пошуку захворювань шкіри на основі зображень із використанням класифікації машинного навчання. Срінівасу та ін. (2021a, b) запропонували ефективну модель, яка може допомогти лікарям ефективно діагностувати захворювання шкіри. Система об'єднала нейронні мережі з MobileNet V2 і довготривалою короткостроковою пам'яттю (LSTM) із рівнем точності 85%, що перевищує інші найсучасніші глибокі моделі[5].

Щоб повністю зрозуміти, як штучний інтелект допомагає в діагностиці та прогнозуванні захворювання, важливо розуміти використання та застосовність різноманітних методів, таких як SVM, KNN, Naive Bayes, Decision Tree, Ada Boost, Random Forest, K-Mean clustering, RNN, згорточні нейронні мережі (CNN), Deep-CNN, генеративні змагальні мережі (GAN) і довготривала короткочасна пам'ять (LSTM) і багато інших для різних систем виявлення захворювань (Owasis та ін. 2019; Nithya та ін. 2020) .

Було проведено масштабне опитування на основі моделей машинного та глибокого навчання для діагностики захворювань. Дослідження охоплює огляд різноманітних захворювань та методів їх діагностики за допомогою методів ШІ. Цей внесок пояснюється шляхом розгляду чотирьох дослідницьких питань[23]:

1. Які найсучасніші дослідження штучного інтелекту в діагностиці захворювань?
2. Які є різні типи захворювань, при яких застосовується ШІ?
3. Які обмеження та виклики виникають у літературі для цієї галузі досліджень?
4. Які майбутні шляхи в охороні здоров'я можуть отримати користь від застосування ШІ?

Захворювання зазвичай кількісно визначають за ознаками та симптомами. Ознака ідентифікується як об'єктивний прояв захворювання, який можуть визначити лікарі, тоді як симптом є певною ознакою хвороби пацієнта.

Таким чином, кожна хвороба має різні ознаки та симптоми, такі як

лихоманка, яка зустрічається в незліченних станах.

Кількість документів, розглянутих за основними пунктами звітності для систематичних оглядів і рекомендацій мета-аналізу (PRISMA) для різних типів захворювань з використанням штучного інтелекту з 2009 по 2020 рік.

У цій роботі наголошується на різних захворюваннях і їх діагностика вимірюється за допомогою машинних і глибоких класифікацій навчання. Наскільки нам відомо, більша частина минулої роботи була зосереджена на діагностиці захворювань для однієї або двох систем прогнозування захворювань. Отже, у цьому дослідженні вивчаються десять різних симптомів захворювання та їх виявлення за допомогою методів ШІ.

1.3 Переваги та недоліки методів діагностики захворювань

Виявлення будь-якої непереборної хвороби є майже подальшим кроком, а запобігання її поширенню вимагає постійних даних і обстеження. Таким чином, швидкі дії з точними даними суттєво впливають на життя людей у всьому світі в соціальному та фінансовому плані.

Найкраще у застосуванні штучного інтелекту в охороні здоров'я — це перейти від збору й обробки цінних даних до програмування роботів-хірургів. У цьому розділі розповідається про різні методи та застосування штучного інтелекту, симптоми захворювань, проблеми діагностики та структуру для моделювання виявлення захворювань за допомогою моделей навчання та штучного інтелекту в програмах охорони здоров'я.

ШІ описує здатність машини вивчати спосіб навчання людини, наприклад, за допомогою ідентифікації зображення та виявлення шаблону в проблемній ситуації. ШІ в охороні здоров'я змінює те, як інформація компонується, аналізується та розробляється для догляду за пацієнтами[22].

Системне планування є фундаментальним абстрактним дизайном системи. Він містить погляди фреймворку, напрямки дій фреймворку та те, як фреймворк працює за чітких умов. Міцне захоплення дизайном фреймворку може допомогти

клієнту усвідомити обмеження та межі згаданого фреймворку.

Під час попередньої підготовки реальна інформація потребує підтримки та попередньої підготовки перед тим, як її оброблятимуть обчислення.

Через виправдане пояснення дані реального світу регулярно містять помилки щодо використовуваних заходів, але не можуть практикувати такі помилки.

Відповідно, попередня підготовка інформації бере цю необроблену інформацію, циклює її, усуває помилки та позбавляє її додаткової перевірки. Під час попередньої обробки інформація проходить послідовність кроків: інформація очищається різними стратегіями очищення інформації. Ці стратегії включають збір інформації, наприклад, заповнення інформаційних просторів, які залишилися ясними, або зменшення інформації, наприклад видалення ком або інших незрозумілих символів. В інформаційному осмосі інформація поєднується з комбінації джерел[23].

Потім інформація змінюється для будь-якої суміші помилок, і вони швидко виправляються. Зміна інформації: дані в цій прогресії стандартизовані, що залежить від даного розрахунку. Стандартизацію інформації можна здійснити кількома способами.

Ця прогресія є обов'язковою для більшості обчислень видобутку інформації, оскільки інформація має бути якомога досконалішою. Тоді інформація є взаємною та розвивається. Зменшення інформації: цей прогрес у стратегії спрямований на зменшення інформації до більш корисних рівнів. Інформаційна колекція та тестова інформація: Інформаційна колекція розділена на частини, які готують і тестують інформаційні показники. Інформація про підготовку використовується для оцінки фактичних прикладів даних.

Еквівалент інформації, необхідної для підготовки та тестування, експериментальні дані часто копіюються з аналогічного інформаційного показника. Після того, як модель була попередньо оброблена, одним миттєвим кроком є перевірка точності каркаса.

Систематична модель: аналітичні стратегії відображення використовуються

для розрахунку ймовірності даної функції виникнення з урахуванням факторів зобов'язання, і це дуже продуктивно в очікуванні захворювання. Він має тенденцію уявляти, що відчуває людина в світлі її інформаційних вказівок і попередніх визначень.

Клінічна візуалізація використовується для призначення процедур, які створюють зображення внутрішньої частини тіла. Процедура та цикли використовуються для фотографування людського тіла в клінічних цілях, наприклад для виявлення, аналізу або огляду травми, зламу та патології[15].

Результати сканування комп'ютерної томографії (КТ) є чудовим уявленням про корисну індикативну візуалізацію, яка заохочує точні висновки, посередництво та оцінку шкоди та дисфункцій, на які фактичні консультанти постійно звертаються.

Методи штучного інтелекту можуть впливати на кілька аспектів лікування раку, включаючи відкриття ліків, розробку ліків і клінічну перевірку цих ліків. Pradhan та ін. (2020) оцінили кілька алгоритмів машинного навчання, які є гнучкими для розпізнавання раку легенів у зв'язку з Інтернетом речей. Вони переглянули різні документи, щоб передбачити різні захворювання за допомогою алгоритму машинного навчання.

Вони також визначили та відобразили різні напрямки досліджень на основі існуючих методологій. Мемон та ін. (2019) запропонували симптоматичну структуру на основі розрахунків штучного інтелекту, яка адекватно згрупувала загрозливих і сприятливих осіб в кліматі Інтернету речей. Вони випробували запропоновану стратегію на Вісконсінському діагностичному відділі раку молочної залози.

Вони продемонстрували, що обчислення рекурсивного визначення елементів вибрало найкращу підмножину яскравих моментів і машину опорного вектора класифікатора, яка досягла високого порядку точності 99% і ефектності 98%, а коефіцієнт Метью становить 99%. Das та ін. (2019) запропонували іншу структуру, яка називається методом глибокого навчання на основі вододілу Гаусса, щоб відобразити злоякісне ушкодження росту на оброблених

томографічних зображеннях печінки.

Вони провели тест із 225 зображень, які використали для створення запропонованої моделі. Юе та ін. (2018) розглянули методи машинного навчання, які включають штучні нейронні мережі, опорні векторні машини, дерева рішень і k-найближчий сусід для діагностики захворювань. Автор дослідив програми, пов'язані з раком молочної залози, і застосував їх до бази даних раку молочної залози Вісконсіна. Хан та ін. (2020) зосереджено на дослідженні та зручному дизайні інтелектуальної моделі рекомендацій для схем реабілітації хворих на рак. Їхній прогноз також досяг 92%.

Родрігес та ін. (2020) запропонував використовувати підхід навчання руху та підхід глибокого навчання в рамках IoT, щоб допомогти фахівцям проаналізувати поширені виразки шкіри, середні невуси та меланому. У цьому дослідженні використовувалися два набори даних: перший надав Міжнародна співпраця з візуалізації шкіри на всесвітньому симпозіумі з біомедичної візуалізації.

Модель вилучення DenseNet201, об'єднана з класифікатором найближчих сусідів K, досягла точності 96,805% для набору даних Міжнародного товариства біоломінесценції та хемілюмінесценції – Міжнародної стандартної промислової класифікації.

Хуан та ін. (2020) проаналізували літературу про застосування штучного інтелекту для діагностики та прогнозування раку та продемонстрували, як ці методи просуваються в галузі. Kather та ін. (2019) використовували глибоке навчання для отримання клінічно корисної інформації з гістології. Він також може передбачити виживання та молекулярні зміни при раку шлунково-кишкового тракту та печінки.

Крім того, ці методи можна використовувати як недорогий біомаркер лише за умови використання робочих процесів патології. Кольбергер та ін. (2019) створили нейронну організацію згортки, щоб обмежити та виміряти серйозність неоднорідних районів на оцифрованих слайдах. Зіставляючи його та якість центру, перевірену патологоанатомом, ConvFocus досягав коефіцієнтів рангу

Спірмена 0,81 і 0,94 на двох сканерах і відтворив типові конструкції з перевірки стека. Tschandl та ін. (2019) створили штучний інтелект на основі зображень для діагностики раку шкіри, щоб усунути вплив різноманітних представлень клінічного досвіду та кількох клінічних робочих процесів.

1.4 Мета і задачі магістерської роботи

Конструкція медичних ІТ має потенціал для підтримки процесу діагностики. Зокрема, підтримуючи осіб, які беруть участь у діагностичному процесі та завданнях, які вони виконують, ІТ охорони здоров'я може покращити продуктивність діагностики та зменшити ймовірність діагностичних помилок. Зростаюча складність охорони здоров'я вимагає від медичних працівників знання та застосування величезних обсягів інформації, і ці вимоги перевищують людські когнітивні здібності та ускладнюють діагностику.

Ель-Каре та ін. стверджував, що «лікарі, які не мають допомоги, часто роблять діагностичні помилки», тому що вони «вразливі до помилкової людської пам'яті, різноманітних проявів захворювання, клінічних процесів захворювання, уражених провалами комунікації, і серії добре - задокументовані «евристики», упередження та підводні камені, пов'язані з хворобою».

Загальновідомо, що інформаційні технології охорони здоров'я можуть допомогти медичним працівникам усунути або пом'якшити ці людські обмеження.

Хоча ІТ-втручання в галузі охорони здоров'я не підходять для вирішення будь-якої проблеми, пов'язаної з якістю медичної допомоги, є можливості покращити діагностику шляхом відповідного використання ІТ у сфері охорони здоров'я.

Наприклад, добре розроблена ІТ-система охорони здоров'я може сприяти своєчасному доступу до інформації; спілкування між медичними працівниками, пацієнтами та їхніми родинами; клінічне обґрунтування та прийняття рішень; а також зворотній зв'язок і подальше спостереження в процесі діагностики.

Ряд дослідників виявили ризики для безпеки пацієнтів, які можуть

виникати внаслідок погано розроблених ІТ-інструментів охорони здоров'я. Визнаючи ці ризики, у звіті МОМ за 2012 рік описано ключові атрибути ІТ для безпечного здоров'я, зокрема:

1. Легке отримання точних, своєчасних і надійних рідних і імпортованих даних;
2. Система, з якою користувач хоче взаємодіяти;
3. Просте та інтуїтивно зрозуміле відображення даних;
4. Зручна навігація;
5. Докази на момент надання допомоги для прийняття рішень;
6. Покращення робочого процесу, автоматизація повсякденних завдань і оптимізація роботи без збільшення фізичного чи когнітивного навантаження;
7. Легка передача інформації до та від інших організацій та клініцистів;
8. Жодних непередбачуваних простоїв.

Якщо ІТ-продукти охорони здоров'я не мають цих функцій, користувачам може бути складно ефективно взаємодіяти з технологією, сприяючи обхідним шляхам (альтернативні шляхи досягнення певної функції) або небезпечному використанню технології, а також помилкам, пов'язаним із правильним використання технології.

Хоча багато з цих ризиків широко поширюються на охорону здоров'я, комітет дійшов висновку, що ІТ-ризики для здоров'я є особливо занепокоєними для діагностичного процесу. Поганий дизайн, погана реалізація та неналежне використання ІТ охорони здоров'я можуть перешкоджати діагностичному процесу на різних етапах протягом усього процесу.

Наприклад, заплутаний або захащений інтерфейс користувача може сприяти помилкам в інтеграції та інтерпретації інформації, що призводить до діагностичних помилок. Погана інтеграція ІТ-інструментів охорони здоров'я в клінічний робочий процес може створити когнітивний тягар для клініцистів, що забирає час на клінічні міркування.

2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ

2.1 Алгоритм оцінки ефективності

Проблеми старіння населення, збільшення потоку пацієнтів, значне зростання баз даних та науково-методичних матеріалів, що підлягають обробці,— все це виклики для охорони здоров'я. З огляду на цих змін підвищується навантаження на лікарський персонал, брак якого відчутна нині.

Водночас система охорони здоров'я швидко змінюється, трансформуючись із аналогового в цифрове інформаційне середовище та набираючи величезні масиви даних. Обчислювальні потужності розвиваються за законом Мура, подвоюючи кожні два роки.

Ці компоненти зумовлюють необхідність та можливість аналізу великих даних. У світлі вищепереліченого можливим рішенням є використання систем автоматичного аналізу даних, заснованих на алгоритмах машинного навчання— «штучного інтелекту» (далі—ІІ).

Валідований алгоритм ІІ можна порівняти з роботою лікаря щодо якості аналізу матеріалу, але перевищує його за швидкістю обробки та охоплення даних, що сприяє вдосконаленню лікувально-діагностичних процесів.

Іншими словами, можливості ІІ дозволяють здійснювати додаткове навчання на клінічних даних, оптимізувати лікування, прогнозування та тактику ведення пацієнта, покращувати процес відбору пацієнтів для участі у клінічних випробуваннях, знижувати кількість помилок.

Сприятлива основа для розвитку алгоритмів ІІ — структуровані та стандартизовані дані, саме тому в нашому випадку вони становлять найбільшу цінність.

Підвищення навантаження на медичний персонал веде до збільшення ймовірності лікарських помилок через вплив людського фактора. Це потребує

пошуку нових інструментів, спрямованих на підвищення швидкості та якості роботи медичного персоналу. II в такій ситуації може виявитися надзвичайно ефективним. У перспективі можлива передача II частини лікарських компетенцій першого (елементарного) рівня.

II необхідний головним чином підвищення доступності медичної допомоги через оптимізацію сортування пацієнтів, тобто визначення ймовірності захворювання і формування «першої думки» до інтерпретації даних лікарем. Так, багато вендори представляють свої рішення II для аналізу рентгенографії органів грудної клітини, проте комп'ютерна томографія (далі КТ) має більш високу діагностичну цінність щодо тактики ведення пацієнта.

Крім цього, II або інші методи кількісного аналізу зображень необхідні для прискорення аналізу медичних зображень під час епідемії COVID-19. В даний час дослідження в області II привели до використання таких інструментів, як об'єктивна оцінка обсягу неушкодженої тканини легені порівняно з ураженою.

Однак досі відсутні публікації, присвячені використанню II як ефективного інструмента підвищення доступності лікувально-діагностичних заходів за допомогою збільшення пропускної спроможності діагностичних каналів через сортування пацієнтів на ранніх етапах діагностики. Варто зазначити, що в умовах епідемії поява автоматизованого інструменту, здатного вплинути

на сортування первинних пацієнтів являє собою важливий організаційно-управлінський аспект у боротьбі з COVID-19. До цього часу не проводилося порівняння можливостей II на підготовленому тестовому датасеті та в реальній практиці для тріажу (сортування) пацієнтів в умовах пандемії.

Все це стає актуальнішим у контексті поточних епідеміологічних викликів, які відчувають на міцність національні системи охорони здоров'я.

Швидкі темпи пандемії коронавірусної хвороби 2019 (COVID-19), спричиненої коронавірусом 2 важкого гострого респіраторного синдрому (SARS-CoV-2), створюють проблеми для надійного збору даних у масштабі населення для вирішення цієї глобальної кризи охорони здоров'я. Ми створили Консорціум епідеміології пандемії коронавірусу (COPE), щоб об'єднати вчених, які мають

досвід дослідження великих даних та епідеміології, для розробки мобільного додатка COVID Symptom Study, раніше відомого як COVID Symptom Tracker. Ця програма, яка пропонує дані про фактори ризику, прогнозні симптоми, клінічні результати та географічні точки доступу, була запущена у Великій Британії 24 березня 2020 року та Сполучених Штатах 29 березня 2020 року та зібрала понад 2,8 мільйона користувачів станом на 2 травня 2020. Наша ініціатива пропонує доказ концепції для перепрофілювання існуючих підходів, щоб забезпечити можливість швидкого масштабованого збору та аналізу епідеміологічних даних, що є критично важливим для відповіді на цю проблему громадському здоров'ю на основі даних.

Дослідники медичної наукової компанії ZOE у співпраці з Массачусетською загальною лікарнею, Королівським коледжем Лондона та Ноттінгемським університетом розробили діагностику за допомогою штучного інтелекту, яка може передбачити ймовірність захворювання на COVID-19 на основі її симптомів. Початкова фаза дослідження зараз опублікована в провідному медичному журналі Nature Medicine.

Модель штучного інтелекту використовує дані програми COVID Symptom Study, яка лише за шість тижнів зросла до понад 3 мільйонів людей, які повідомили про своє здоров'я, щоб допомогти боротися з епідемією. Модель здатна передбачити зараження COVID-19 без необхідності тестування пацієнтів, порівнюючи їх з людьми, які використовували додаток, щоб поділитися своїми симптомами та результатами традиційних тестів на COVID. Два клінічні випробування мають розпочатися найближчим часом у США та Великобританії. Діагностика є некомерційною ініціативою, яка не може повністю замінити клінічні тести, але може мати великі перспективи для населення, де доступ до тестування обмежений. Додаток не відстежує місцезнаходження та не відстежує людей.

Дослідницька група дослідила, які симптоми, пов'язані з COVID-19, найімовірніше пов'язані з позитивним тестом. Дослідження демонструє широкий спектр симптомів, спричинених COVID, порівняно із застудою та грипом, а

також небезпеку зосереджуватися лише на лихоманці та кашлі, оскільки світ очікує відновлення без повторного розпалювання епідемії.

Втрата смаку та нюху (аносмія) була особливо вражаючою: дві третини користувачів із позитивним результатом тесту на коронавірусну інфекцію повідомили про цей симптом порівняно з трохи більше ніж п'ятою частиною учасників, які дали негативний результат. Отримані дані свідчать про те, що аносмія є сильнішим провісником COVID-19, ніж лихоманка, підтверджуючи анекдотичні повідомлення про втрату нюху та смаку як поширений симптом захворювання.

Використання II в діагностиці захворювань в умовах медичних організацій, що надають амбулаторну допомогу в період пандемії COVID-19, на думку авторів, є ефективним як з лікувально-діагностичної, так і з організаційно-управлінської точок зору.

Застосування II у охороні здоров'я дозволяє підвищити ефективність діагностики захворювань. Застосування алгоритмів II в умовах пандемії COVID-19 обґрунтовано щодо проведення медичного сортування результатів КТ органів грудної клітини.

Використання II у роботі амбулаторно-поліклінічної ланки охорони здоров'я дозволяє підвищити кількісні показники доступності надання медичної допомоги населенню через збільшення пропускної спроможності (навантаження) діагностичних підрозділів за збереження належної якості оцінки результатів КТ-досліджень на етапі медичного сортування.

Збір даних є основною перепорою у машинному навчанні та активною темою досліджень у багатьох спільнотах. Існує в основному дві причини за якими збір даних став критично важливим питанням. По-перше, оскільки машинне навчання стає все більш широко використовуваним, ми бачимо нові програми, які не обов'язково мають достатньо маркірованих даних.

По-друге, на відміну від традиційного машинного навчання, де інженерна характеристика є основною перепорою, глибокі методи навчання автоматично генерують характеристики, але замість цього вимагають великих обсягів

маркірованих даних.

Ми живемо в захоплюючі часи, коли машинне навчання має величезний вплив на широке коло додатків, від розуміння тексту, розпізнавання зображень і мови, до медичної допомоги та геноміки.

Яскравим прикладом, як відомо, є методики глибокого навчання точність виявлення діабетичних захворювань очей на зображеннях яких стоїть на рівні з офтальмологами.

Значна частина недавнього успіху пояснюється кращою обчислювальною інфраструктурою та великими обсягами навчальних даних. Серед численних проблем, що виникають у машинному навчанні, збір даних стає однією з критичних проблем.

Відомо, що більша частина часу для впровадження алгоритмів машинного навчання у систему витрачається на підготовку даних, що включає в себе збір, очищення, розуміння та інженерну характеристику. Хоча всі ці кроки вимагають багато часу, збір даних нещодавно став проблемою через наступні причини.

Медичні предметні рубрики (Medical Subject Headings, скорочено MeSH) – всеосяжний контрольований словник, що індексує журнальні статті та книги з природничих наук; може також служити в якості тезауруса, що полегшує пошук інформації.

Створено і оновлюється Національної медичної бібліотекою США, використовується в базах статей Medline і PubMed. MeSH може бути переглянутий і безкоштовно завантажений по Інтернету через Medline. Щорічне друковане видання припинило випускатися в 2007 році, і в даний час MeSH доступний тільки через Інтернет.

Спочатку створений англійською мовою, MESH був переведений на багато інших мов. Версія MeSH 2009 року містить у цілому 25186 предметних рубрик (дескрипторів). Більшість з них супроводжуються коротким описом або визначенням, посиланнями на інші дескриптори, а також списком синонімів або схожих термінів.

Завдяки спискам синонімів, MeSH може використовуватися як тезаурус.

Medline (MEDlars onLINE) – найбільша бібліографічна база статей з медичних наук, створена Національною медичною бібліотекою США (U.S. National Library of Medicine, NLM). Охоплює близько 75% світових медичних видань. Використовує словник MeSH.

MEDLINE є ключовою складовою PubMed. База містить понад 18,8 млн записів про публікації з 1950 року і до теперішнього часу. Спочатку база містила статті, написані після 1965 року народження, але потім були додані і більш ранні публікації. В даний час публікації з 1966 року входять в MEDLINE, а раннє цього року – в OLDMEDLINE.

Для записів, доданих в 1995-2003 році: близько 48% опубліковано в США, близько 88% англійською мовою і для 76% є абстракти англійською мовою, надані авторами роботи. Існує кілька інтерфейсів, за допомогою яких здійснюється доступ до бази даних Medline.

Серед них є інтерфейси у відкритому доступі, такі як PubMed і HubMed, і комерційні, наприклад, Ovid Technologies, SwetsWise і деякі інші. PubMed – англomовна текстова база даних медичних та біологічних публікацій, створена Національним центром біотехнологічної інформації (NCBI) на основі розділу «біотехнологія» Національної медичної бібліотеки США (NLM). Ключовою складовою PubMed є MEDLINE.

Побудова необхідного набору даних на основі симптомів вимагає базової таксономії захворювань і симптомів, а також корпусу даних, з яких можна витягти їхні відносини.

Після оцінки декількох можливих варіантів ми вибрали комбінацію лексики MeSH і бази даних PubMed. Класифікація MeSH визначається фахівцями і пропонує комплексний словник для всіх категорій хвороб (на відміну від, наприклад, OMIM, який фокусується на моногенних захворюваннях), систематично організований в ієрархічному дереві (на відміну від, наприклад, ICD, який має лише два рівні).

Найважливішою перевагою для наших цілей є те, що MeSH використовується безпосередньо для індексування всіх статей у масовій базі

даних PubMed.

Індексація проводиться вручну кваліфікованими фахівцями і відповідно до стандартизованих процедур, що забезпечує високу точність виконання завдань. Крім того, цей процес полегшує основний виклик у видобутку медичних текстів – неоднозначності та різні синоніми одного терміна у номенклатурі, оскільки номенклатура MeSH включає синонімічні псевдоніми для будь-якого терміну. Основні дані, що використовуються в нашому дослідженні, також мають певні обмеження.

Словник MeSH відносно старий і негнучкий, з лише щорічними оновленнями. Це може обмежити ступінь, до якого визначені асоціації охоплюють останні результати досліджень, що швидко розвиваються, у галузі медицини.

З іншого боку, стабільні та усталені умови можуть також призвести до більш надійних асоціацій для наших цілей. Іншими важливими недоліками є те, що MeSH має відносно небагато термінів захворювань (порівняно з, наприклад, ICD) і що наші асоціації не походять безпосередньо з клінічної діагностики, а з наукових статей.

2.2 Моделювання та математичний розрахунок

Використовуючи інтерфейс веб-сервісу E-Utility API Національного центру біотехнологічної інформації, була розроблена програма JAVA для автоматичного пошуку всіх бібліографічних записів MEDLINE, що публікуються з 1966 року.

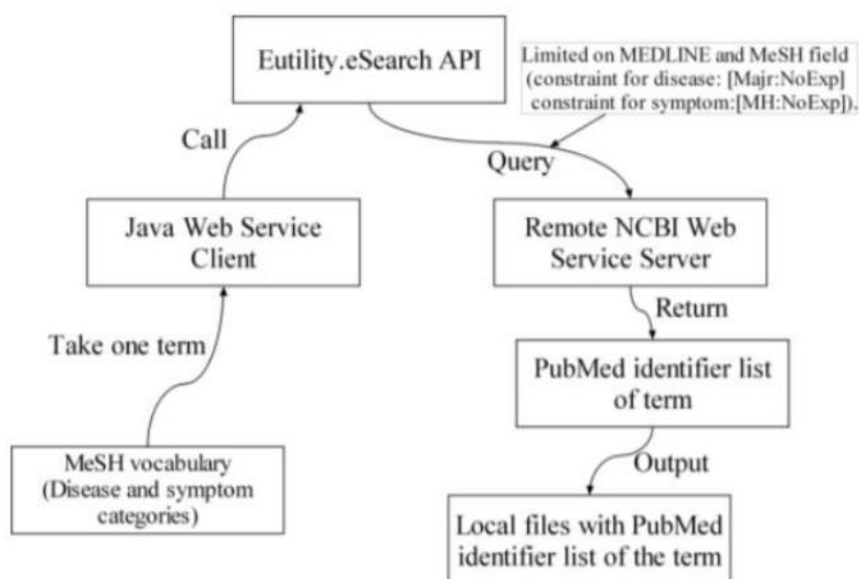


Рисунок 2.1 – Ілюстрація автоматизованого протоколу для отримання бібліографічних даних пов'язаних із захворюваннями та симптомами

Зауважу, що не був виконан повнотекстовий пошук статей або їх рефератів, а лише пошук по їх метаданим. Потім були визначені кількісні асоціації між симптомами і захворюваннями за допомогою терміну cooccurrence (кількість ідентифікаторів PubMed, в яких два терміни з'являються разом).

Подібні методи широко використовуються як надійний підхід до виявлення асоціацій між різними медичними сутностями [18].

Зауважимо, що цей підхід не враховує можливих взаємодій між симптомами, але вважає, що різні симптоми даного захворювання є 40 незалежними один від одного.

Детальне знання про зв'язок симптом-хвороба є основою для будьякого клінічного діагнозу, особливо для клінічних синдромів і традиційних класифікацій захворювань. Для систематичного запису та обробки таких клінічних даних було розроблено декілька медичних термінологій.

Найбільш помітним прикладом є SNOMED-CT (клінічні терміни) [19], що містить комплексний набір понять з концепцій клінічної практики та їх

взаємозв'язків. Основним застосуванням SNOMED-CT є управління клінічними даними, але він також може бути використаний для біоінформатики [20].

Оскільки відносини в SNOMED-CT безпосередньо впливають з клінічної практики, вони забезпечують ідеальну основу для вивчення зв'язків із симптомами захворювання. Тому цей варіант був проаналізований, використовуючи дані SNOMED-CT, включені в систему UMLS (UMLS 2012 AA).

Оскільки семантичні типи «Знак і Симптом» і «Хвороба або Синдром» в UMLS кодуються відповідно T184 і T047 відповідно, були отфільтровані записи відносин з обмеженнями цих двох семантичних типів. Всього було отримано 2340 зв'язків між 1623 захворюваннями та 817 симптомами. Було виявлено, що 1250 (77,0%) захворювань мають лише одну споріднену симптоматику і 236 (14,5%) захворювань мають два пов'язаних симптоми.

Розлад мігрені, наприклад, має уніфікований ідентифікатор концепції UMLS (CUI) C0149931 і ідентифікатор SNOMED 37796009. У цих даних є лише один запис відносини, в якому симптом є «головний біль» (CUI: C0018681). Хоча головний біль є найбільш домінуючим симптомом мігрені, він, звичайно, не єдиний, ця хвороба має різні супутні симптоми, такі як нудота, запаморочення [21], блювота, світлобоязнь і втома [22].

Природа системи ставить такі умови, що у нас не буде спочатку необхідної кількості даних для класифікації діагнозу, тому просте впровадження класифікатора не є вирішенням проблеми.

За цією причиною в системі присутній модуль збору даних для класифікації діагнозу у форматі інтерв'ю – тобто процесу задавання питань про наявність симптомів у певній черговості. На перший погляд здається що для вирішення даного завдання підходить алгоритм побудови дерева рішень на основі початкових симптомів, за яким і буде визначатися хід інтерв'ю і класифікуватися діагноз.

Вузлами б в даних деревах були симптоми, переходи далі по гілках здійснювалися б на підставі відповідей про наявність у користувача цих симптомів, а кінцями гілок – діагнози.

Але недоліками дерев рішень є те що вони чутливі до помилкового введення (наприклад користувач помилився в тому що у нього є певний симптом, або він просто в нього не проявився). Хоча є певні підходи до вирішення даної проблеми (наприклад RANSAC – стабільний метод оцінки параметрів моделі на основі випадкових вибірок).

Але проаналізувавши плюси і мінуси даного підходу, а також провівши додаткові практичні дослідження було прийнято рішення відмовитися від використання даного алгоритму.

Наступним кандидатами стали алгоритми використовуючи байєсову логіку, наприклад байєсовські мережі. Хоча даний підхід і показує хороші результати в сфері даної задачі, а також використовується в більшості комерційних аналогічних системах, саме з цієї причини було вирішено відмовитися від даного підходу.

Надалі, при розробці і проведенні досліджень над обраним методом класифікації, порівняння проводилося саме з системами на основі даного алгоритму.

При побудові класифікатора у вигляді байєсівської мережі ми оперуємо зв'язками у вигляді Parent -> Child, а вся мережа має вигляд спрямованого зваженого графа. Для поточної предметної області у вигляді Parent виступають симптоми (наприклад кашель або головний біль), а у вигляді Child – хвороби або діагнози (наприклад застуда або COVID-19).

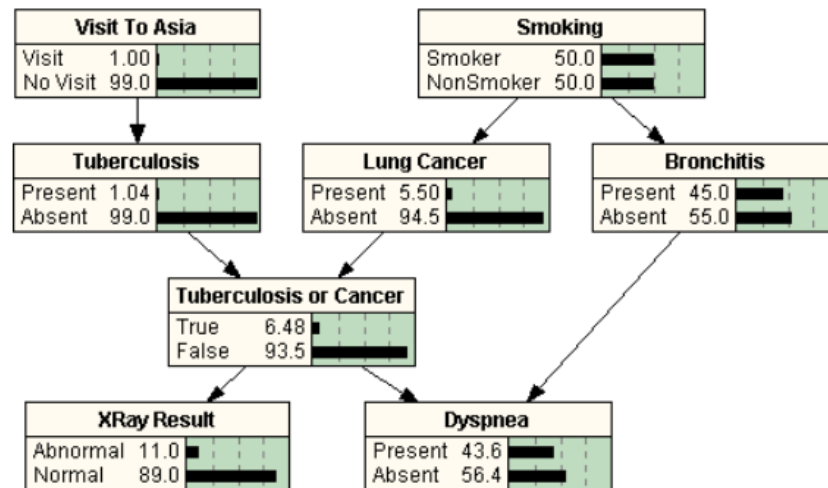


Рисунок 2.2 – Приклад байєсовської мережі для діагностики захворювань

Класифікація при використанні байєсовських мереж відбувається за формулою підрахунку ймовірностей:

$$P(A|B) = P(B|A)P(A)/P(B), 0 \leq P(A|B) \leq 1,$$

Якщо говорити байєсовською логікою, то питання виду "Яка ймовірність того що у мене хвороба D при наявності симптомів A, B, C?" буде виглядати наступним чином:

$$P(D|A, B, C) = P(A, B, C|D)P(D) / P(A, B, C)$$

За ітогом було прийнято рішення розробити алгоритм класифікації спеціально для даного завдання, а потім використати ансамбль із нового алгоритма та байєсовської мережі.

В результаті як новий алгоритм був використаний алгоритм з сімейства nearest-neighbor, розроблений в двох варіантах за використанням двох мір подібності – на основі коефіцієнта Жаккара і підходу, що використовується в текстовому пошуку – term frequency - inverse document frequency.

Індекс Жаккара, також відомий як перетин над союзом і коефіцієнт подібності Жаккар, є статистичною мірою, що використовується для оцінки

подібності та різноманітності наборів прикладів.

Коефіцієнт Жаккара вимірює подібність між множинами кінцевих прикладів і визначається як розмір перетину, поділений на розмір об'єднання наборів вибірок:

$$J(A, B) = |A \cap B| / |A \cup B| = |A \cap B| / (|A| + |B| - |A \cap B|), 0 \leq J(A, B) \leq 1,$$

В даному випадку набором є хвороба, а саме асоційований з нею набір симптомів. Аналізуючи раніше зібрані дані, було виявлено що якщо уявити значення co-occurrence у зв'язку хвороба-симптом як bag of words або просто бінарне значення 1 – присутній, а відсутність зв'язку хвороба-симптом як бінарне значення 0 – відсутня, і висловити у вигляді двовимірної матриці, то на виході вийде матриці бінарних значень, де у рядів, відповідних за хвороби буде мала кількість значень 1, і велика кількість значень 0.

Якщо по такому набору розраховувати стандартну міру подібності (наприклад cosine similarity), то вийде ситуація де у хвороб, у яких практично немає перетинів присутніх симптомів, буде високе значення міри подібності, так як у них велика кількість співпадаючих симптомів.

Проблема полягає в тому що у ситуацій рівності позитивних бінарних значень вага така ж, як і ситуацій рівності негативних значень. Але якщо мати на увазі предметну область, то можна побачити, що якщо у списку введених користувачем симптомів і у розглянутій хвороби є перетини присутніх симптомів, то для діагностики вага цього спостереження вище ніж збіги відсутності симптомів. Для даних ситуацій відмінно підходить міра подібності Жаккара.

Дерево рішень - це інструмент підтримки з деревоподібною структурою, який моделює ймовірні результати, вартість ресурсів, комунальних послуг та можливі наслідки. Дерева рішень дають спосіб представити алгоритми з умовними оперативними операторами. Вони включають відділення, які представляють кроки прийняття рішень, які можуть призвести до сприятливого результату.

Структура блок-схеми включає внутрішні вузли, які представляють тести

або атрибути на кожному етапі. Кожна гілка означає результат для атрибутів, тоді як шлях від листа до кореня представляє правила класифікації.

Дерева рішень - одна з найкращих форм навчання алгоритмів, заснованих на різних методах навчання. Вони покращують прогнознi моделі з точністю, простотою інтерпретації та стабільністю. Інструменти також ефективні у пристосуванні нелінійних взаємозв'язків, оскільки вони здатні вирішувати проблеми, пов'язані з пристосуванням даних, такі як регресія та класифікації.

Дерево рішень наглядно демонструє, які гілки подій приймає кожне з досліджень перш ніж проаналізувати результат пацієнта. Воно допомагає зрозуміти як саме проходить фільтрація даних по таким показникам, як стать, вік, вагітність та одиниці виміру. Нижче зображена модель на прикладі лейкоцитів. Існує два основних типи дерев рішень, які базуються на цільовій змінній, тобто категоріальні дерева рішень змінних та безперервні дерева рішень змінних.

1. Дерево рішень категоріальних змінних.

Дерево рішень категоріальних змінних включає категоріальні цільові змінні, які поділяються на категорії. Наприклад, категорії можуть бути так чи ні. Категорії означають, що кожен етап процесу прийняття рішень підпадає під одну з категорій, і немає посередників.

2. Безперервне дерево рішень змінних.

Дерево рішень безперервної змінної - це дерево рішень із неперервною цільовою змінною. Наприклад, дохід особи, дохід якої невідомий, може бути передбачений на основі наявної інформації, такої як її професія, вік та інші постійні змінні.

Одне із застосувань дерев рішень включає оцінку перспективних можливостей зростання бізнесу на основі історичних даних. Історичні дані про продажі можуть бути використані в деревах рішень, які можуть призвести до кардинальних змін у стратегії бізнесу, щоб допомогти розширенню та зростанню.

Ще одне застосування дерев рішень полягає у використанні демографічних даних для пошуку потенційних клієнтів. Вони можуть допомогти в упорядкуванні маркетингового бюджету та у прийнятті обґрунтованих рішень на цільовому

ринку, на який орієнтований бізнес. За відсутності дерев рішень, бізнес може витратити свій ринок збуту без урахування конкретної демографічної ситуації, що вплине на загальний дохід.

Кредитори також використовують дерева рішень, щоб передбачити ймовірність невиконання клієнтом кредиту, застосовуючи прогнозну генерацію моделі, використовуючи попередні дані клієнта. Використання інструменту підтримки дерева рішень може допомогти кредиторам у оцінці кредитоспроможності клієнта для запобігання збиткам.

Дерева рішень також можуть бути використані для дослідження операцій при плануванні логістики та стратегічному управлінні. Вони можуть допомогти у визначенні відповідних стратегій, які допоможуть компанії досягти запланованих цілей. Інші галузі, де можна застосовувати дерева рішень, включають інженерію, освіту, право, бізнес, охорону здоров'я та фінанси [9].

Однією з переваг дерев рішень є те, що їх результати легко читати та інтерпретувати, навіть не вимагаючи статистичних знань. Наприклад, використовуючи дерева рішень для представлення демографічної інформації про клієнтів, співробітники відділу маркетингу можуть читати та інтерпретувати графічне представлення даних, не вимагаючи статистичних знань.

Дані також можуть бути використані для отримання важливого уявлення про ймовірності, витрати та альтернативи різним стратегіям, сформульованим відділом маркетингу.

Порівняно з іншими методами прийняття рішень, дерева рішень потребують менше зусиль для підготовки даних. Однак користувачі повинні мати готову інформацію для того, щоб створювати нові змінні з можливістю передбачення цільової змінної. Вони також можуть створювати класифікації даних без необхідності обчислювати складні розрахунки. У складних ситуаціях користувачі можуть поєднувати дерева рішень з іншими методами.

Ще однією перевагою дерев рішень є те, що після створення змінних потрібно менше очищення даних. Випадки відсутніх значень та викидів мають менше значення для даних дерева рішень.

На рис. 2.2 представлено дерево рішень для визначення референтного значення пацієнта по одному з лабораторних досліджень пакета щагального аналізу крові при умові, що дане дослідження має по два варіанти одиниць вимірювання.

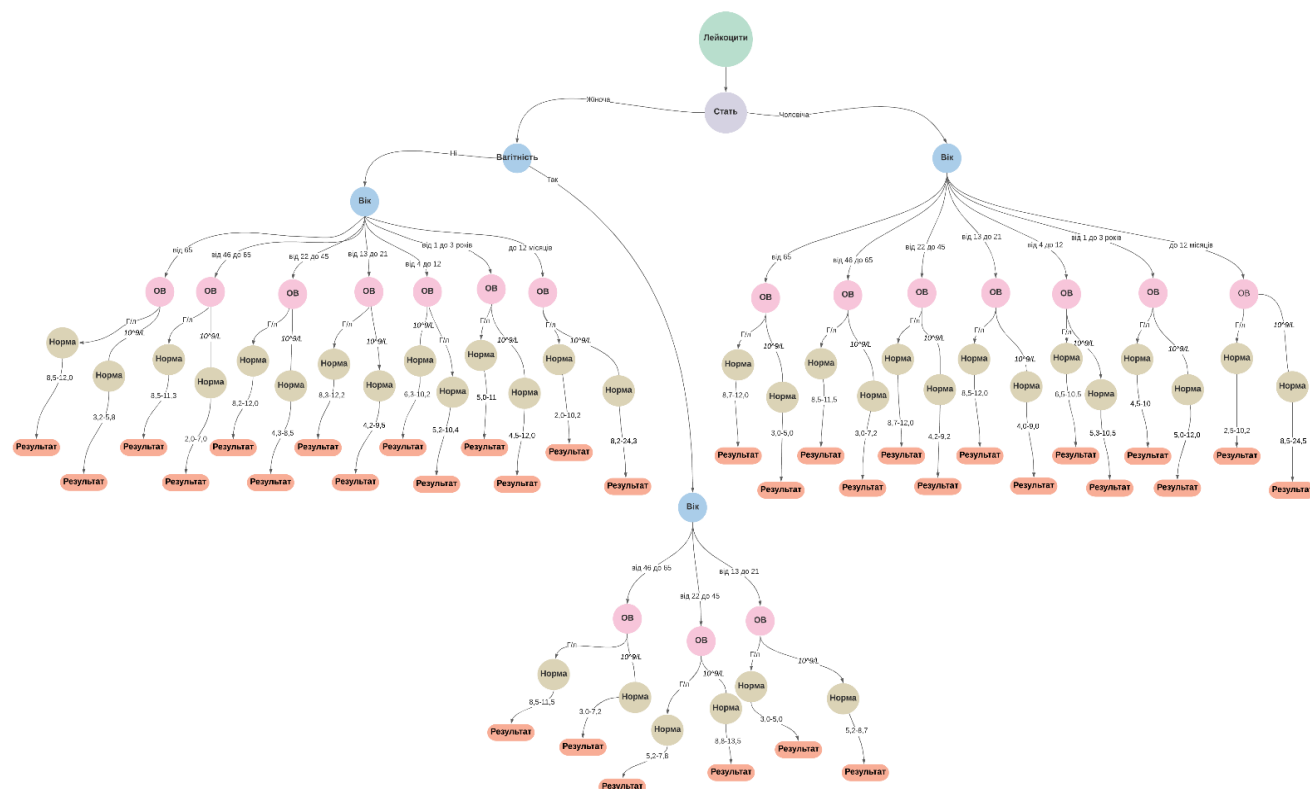


Рисунок 2.3 – Дерево рішень для визначення референтних значень на прикладі лейкоцитів

3. ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ ТА МЕТОДІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ

3.1 Методи порівняння (метрики, моделі, математичні моделі)

Для кожної хвороби у базі знань є відповідна їй інформація о наявності 322 симптомів. Очевидно що під час інтерв'ю користувач не буде відповідати на 322 питання о наявності в нього цих симптомів. Завдяки характеристикам системи і методам визначення важливих для ходу інтерв'ю симптомів середня кількість питань в одному інтерв'ю знаходиться у діапазоні 10-20 питань. Тому у проведених тестах використовується саме такий розмір векторів, представляючих хвороби, з випадково обраними симптомами. Також для більшого реалізму у тестові дані були додані помилки, як будто їх джерелом була людина. Перший тест проводився для класифікації за мірою подібності Жаккара, за якою для визначення результату хвороби сортуються. Так як система не повинна видавати один результат, а видає декілька найімовірніших діагнозів, точність була розрахована для 1-3 найвищих діагнозів у списку результатів. Перший тест проводився для даних з відсутніми шумами (помилками).

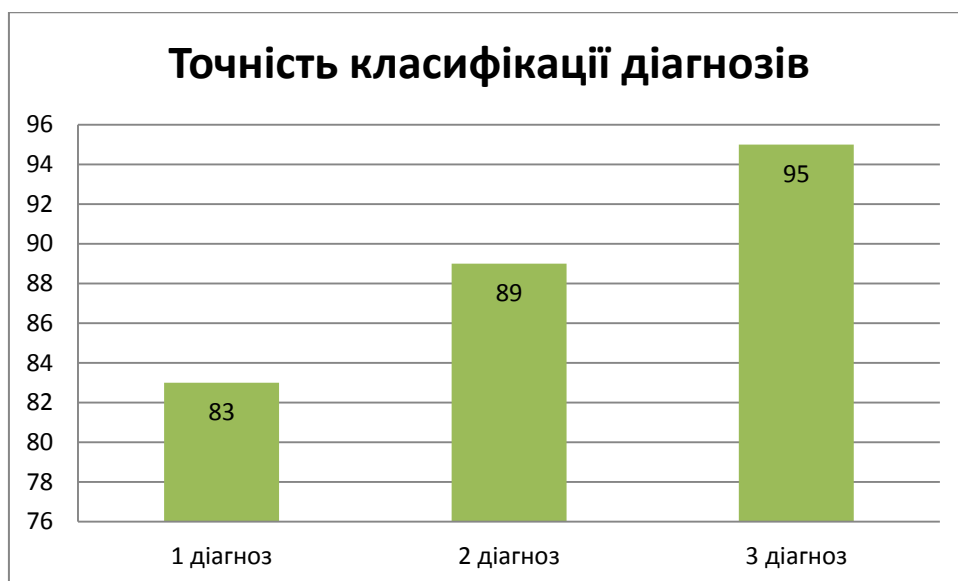


Рисунок 3.2 – Гістограма точності класифікації за допомогою коефіцієнта

Жаккара, коректні тестові дані

Як можна побачити використання міри подібності Жаккара показує добрі результати, навіть тільки при класифікації за 15 83 89 95 76 78 80 82 84 86 88 90 92 94 96 1 діагноз 2 діагноза 3 діагноза Точність класифікації , % Кількість діагнозів у результаті Точність класифікації діагнозів, Жаккар 57 характеристиками (симптомами) при наявних 322 можливих характеристики. Треба помітити що при реальному інтерв'ю точність повинна бути більше, так як там буде застосовуватися система визначення важливих характеристик, а не простий випадковий вибір як при практичних дослідженнях.

Далі були проведені практичні дослідження результатів роботи алгоритму класифікації на основі байєсовської мережі побудованої із зв'язків Симптом - Хвороба при відсутності шумів.

Під час дослідження візуалізації мозку експерименти проводитимуться на дрібних тваринах, таких як щури, під наркозом, оскільки діяльність мозку буде важко контролювати без анестезії. Макіто Харута та ін. [15] розробили ультрамалий пристрій візуалізації CMOS для моніторингу діяльності мозку без анестезії. Крім того, автор продемонстрував визначення швидкості кровотоку в мозку за допомогою CIS протягом тривалого періоду без анестезії. Цей пристрій візуалізації імплантовано в голову щура для демонстрації, показаної в цитованій статті.

Майбутні очікування цього пристрою сприятимуть фактичним функціональним механізмам поведінки тварин у мозку.

Найпоширенішим захворюванням обміну речовин у всьому світі є цукровий діабет, основним симптомом якого є високий рівень глюкози в крові. Це викликає такі проблеми, як ниркова недостатність і втрата зору, тому щоденний контроль рівня глюкози має вирішальне значення для хворих на діабет. Для щоденного моніторингу рівня глюкози необхідно брати зразок крові з кінчика пальця. Такаші

Токуда та ін. [16] використовує схему оптичного зондування, унікальну техніку, в якій датчики глюкози використовують флуоресцентний гідро гель.

Жасмін Праміла Девадхасан та ін. [17] розробили систему імунодіагностики на основі CIS для виявлення (ВІЛ) вірусу імунодефіциту людини. Датчик зображення в системі підраховує фотони щодо концентрації антигену ВІЛ і перетворює кількість фотонів у цифрові числа. Цукровий діабет є найпоширенішим захворюванням, яке стрімко зростає у всьому світі. Регулярний моніторинг рівня глюкози є найбільш підходящим методом контролю діабету у людей похилого віку, не створюючи у них схильності до периферичної нейропатії. Жасмін Праміла Девадхасан та ін. [18] розробили систему аналізу рівня глюкози в цільній крові за допомогою камери смартфона з використанням методології надання медичної допомоги.

Використовуючи ферментний кінетичний метод, аналіз глюкози береться, реагує з іммобілізованим реагентом для аналізу, а потім піддається впливу світла, що створює колір, який фіксує CIS. Відповідне цифрове значення відображається на екрані смартфона.

Виявлення солоності також є одним із важливих параметрів для моніторингу для захисту управління океаном. Якщо рівень морської солі перевищує норму, це може спричинити зміни концентрації кисню та осмосу. Іфтак Хусейн та ін. [19] розробили датчик солоності на основі смартфона для моніторингу рівня солі в морському середовищі.

Виявлення та аналіз солоності виконується на двох різних платформах Android. За допомогою смартфона можна спілкуватися та обмінюватися даними в режимі реального часу з віддаленого центру до блоку моніторингу морської води. Автор також зазначив, що цей прилад призначений для вимірювання добової норми споживання солі пацієнтами з діабетом.

Токсичні гази, такі як фтористий водень, аміак і хлор, спричиняють шкідливий вплив на людину, наприклад шкірні захворювання та діарею, а іноді призводять до смерті. Жасмін Праміла Девадхасан та ін. [20] розробили пристрій

виявлення токсичних газів на основі смартфона, який є портативним пристроєм, керованим у режимі реального часу.

У цьому процесі виявлення токсичні гази виявлятимуться за допомогою наночастинок титану, які змішуються з гідрогелевими смужками полівінілового спирту, а потім змішуються з хімічно реактивними фарбами. Ці кольори змінюватимуться залежно від кислотно-основних реакцій. Смуги масиву контролюватимуть систему колориметрії та сортуватимуть їх у формі даних кольоровості.

Ці сигнали надсилатимуться на смартфон і відображатимуть рівні токсичних газів, виявлених на екрані, відкривши програму смартфона під назвою «виявлення токсичних газів».

Виявлення токсичних газів також допомагає уникнути впливу різних токсичних газів, спричиняючи анемія, захворювання крові.

Анемія є поширеним захворюванням крові в усьому світі, яке також називають глобальним тягарем хвороби. Зокрема, залізодефіцитна анемія, від якої страждає приблизно 1,5 мільярда людських життів, спричинена недостатньою кількістю заліза, змушує ваше тіло не виробляти достатньо еритроцитів для перенесення кисню (гемоглобіну). Дефіцит гемоглобіну викликає стоматологічні захворювання, неврологічні розлади, хвороби серця, метаболічні зміни, ендокринні розлади [3]. Джунхо Лі та ін. розробили безхімічну систему визначення концентрації гемоглобіну на основі смартфона, використовуючи технологію фототермічного кутового розсіювання (PTAS), скорочено m-PTAS.

Згідно з отриманими даними, системи діагностики захворювань класифікуються на три категорії, які використовуються для вимірювання гемоглобіну, вимірювання та аналізу глюкози та аналізу цільної крові. Анемія, цукровий діабет та імунодефіцит є основними захворюваннями, спричиненими відповідно нестачею гемоглобіну, високим рівнем глюкози та дефіцитом еритроцитів.

Для вимірювання гемоглобіну ми вивчили три діагностичні системи, а саме вимірювання гемоглобіну, аналіз крові, портативний безхімічний аналіз

гемоглобіну з їх функціональними параметричними даними, доступними в їхніх статтях, такими як розмір, частота помилок і коефіцієнт варіації та розмір зразка крові, в якому портативний безхімічний аналіз гемоглобіну є ефективною системою завдяки таким перевагам, як вимога щодо найменшого розміру зразка крові менше ніж 1 мкл, що дає результат менш ніж за 8 с з точність 99% і має переваги такої низької вартості, процедури без хімікатів і відсутності потреби в медичному персоналі. Для вимірювання рівня глюкози ми досліджували системи, а саме датчик рівня глюкози та аналіз рівня глюкози в цільній крові, у яких визначення рівня глюкози є безперервним процесом вимірювання шляхом імплантації маленького чіпа зі сталевим покриттям у тіло людини.

На відміну від цього, аналіз рівня глюкози в цільній крові є повністю зовнішньою програмою, яка використовує смартфон шляхом взяття зразка крові. Серед них повний аналіз глюкози крові є ефективним завдяки своїм розумним функціям, відсутності внутрішніх неспецифічних взаємодій, а також уникненню процедур імплантації, які спричиняють ризик інфікування.

Для аналізу цільної крові ми досліджували системи, а саме мікрофлюїдний цитометр, лабораторний чіп для аглютинації з пальцем, аналіз крові з точки зору розміру зразка крові та функціональних можливостей, у яких аналіз крові є Ефективна система, оскільки розмір її зразка крові становить 10 мкл, вона забезпечує результат за 10 секунд із точністю 93%, і вона повністю керується смартфоном, який може передавати дані бездротовим способом, що полегшує дистанційне зондування.

Технологія оптогенетики є вимогливою технологією для реалізації світлочутливості на різних клітинних мембранах за допомогою генетичної основи. Ця технологія створила різні методи для дослідження нейронних систем, таких як периферична нервова система та мозок. Т. Токуда та ін. розробили інтегровану матрицю microLED з функцією оптичного зображення.

Зріз мозку розміщується на верхній частині поверхні інтегрованого нейронного пристрою, і світло стимулюється багатофункціональним CIS, який прикріплено під світлодіодом. масив. Застосовуються стимуляції на одній та

кількох ділянках і отримано зображення фрагмента гіпокампу миші на чіпі, яке використовується для спостереження за нейронною активністю. Цей пристрій добре підходить для візуалізації мозку на чіпі для експериментів *in vivo* та *in vitro*.

Для спостереження за нейронною діяльністю в мозку краще використовувати вимірювання флуоресценції, ніж метод електричного виявлення, оскільки метод виявлення флуоресценції здатний вимірювати велику кількість даних на великій території. Джун Охта та ін. [24] розробили імплантований пристрій візуалізації CMOS для запису нейронної активності в мозку миші з мінімальною інвазивністю.

Цей пристрій можна імплантувати безпосередньо в мозок, і він має повністю виділену CIS для збудження флуоресценції на гнучкій підкладці. Голова пристрою імплантується в мозок миші, а частина, що залишилася за межами мозку, підключається до міні-друкованої плати, яка знаходиться на задній частині миші. Кабель був підключений від РСВ до миші для переміщення. Щоб імплантувати багато чіпів у маленьких тварин, дуже важливо доставляти живлення та сигнали без проводів, тому що більше проводів може обмежити вільну емоційну поведінку миші. Для задоволення цієї вимоги Kiyotaka Sasagawa et al. розробили підхід до зв'язку та передачі потужності та сигналів на короткій відстані.

Джан Нікола Ангоці та ін. розробили імплантований зонд CIS для одночасних великомасштабних нейронних записів під назвою «SiNAPS». Було запропоновано відповідати вимогам нейронауки для аналізу складних функцій мозку. Включення цього пристрою в процедури дозволить зафіксувати величезну розподілену клітинну обробку, яка характеризує та виконує складні функції мозку, що буде корисно для спостережень нейронної активності.

Обов'язковим є моніторинг нейронної активності мозку, щоб виявити ранні стадії пов'язаних із мозком розладів, таких як епілепсія, хвороба Паркінсона, Альцгеймера та пухлини. Ми вивчали системи з точки зору інвазивності, розміру пікселя та розміру пристрою для вимірювання нейронної активності. Серед них

вимірювання нейронної активності є ефективним завдяки мінімальній інвазивності з розміром пікселя 7,5 мкм для зображення нейронної активності. Крім того, представлено два типи датчиків зображення, а саме плоский і голчастий тип.

Передача зображення всередині мозку ефективна завдяки таким функціональним можливостям, як бездротова передача та глибоке зображення мозку з однаковим розміром пікселя 7,5 мкм, тоді як для одночасних вимірювань біовізуалізація на чіпі, оптогенетичний пристрій, і SiNAPS, в якому оптогенетичний пристрій є кращим через його низький розмір пікселя та одночасну продуктивність візуалізації мозку та оптичної стимуляції. Позитронна візуалізація забезпечує 100% ефективність виявлення з бездротовою передачею, але вона впливає на фізичну активність через можливість імплантації.

З останнього десятиліття дослідження біомедичних інструментів охорони здоров'я стрімко розрослися в усьому світі. Інвестиції в розробку компактних програм з низьким енергоспоживанням, які могли б зберігати широкий діапазон інформації про здоров'я, користуються великим попитом.

Під час професійної роботи співробітники та інтервенційні радіологи часто піддаються впливу іонізуючого випромінювання в низьких дозах. Ці впливи можуть спричинити старіння шкіри, депіляцію рук і радіодерматит або можуть спричинити рак шкіри. Еліа Конті та ін. зосередився на одному з цих можливих застосувань в інтервенційній радіології (IR), пристрої для виконання онлайн-моніторингу всіх людей, залучених до інтервенційної діяльності. Цей портативний пристрій може вимірювати накопичену дозу в режимі реального часу та мати сигналізацію, щоб зменшити ймовірність дози та збирати результати вимірювання дози в автономному режимі для створення тимчасового профілю для вимірювання поглиненої дози. Це пов'язується з діяльністю персоналу під час дослідження.

Ця запропонована система є частиною італійського проекту Active Pixel Dosimetry (RAPID) у реальному часі.

Ця система є портативною та допомагає в реальному часі контролювати

персонал, який бере участь в ІР, таким чином допомагаючи інтервенціоністам оцінити радіаційну стійкість і спланувати подальші процедури втручання. Проте технологічно дозиметр не відповідає всім видам інтервенційних лабораторних процедур.

База знань таблиці референтних значень для 33 досліджень займає понад 900 записів. Якщо система буде розширена з урахуванням інших пакетів досліджень, кількість даних значно зросте. Також медичні технології розвиваються і у світі створюються нові обладнання з новими референтними значеннями. Це говорить про те, що дані повинні зберігатись на сервері.

Нижче наведена архітектура системи (рис.3.3).

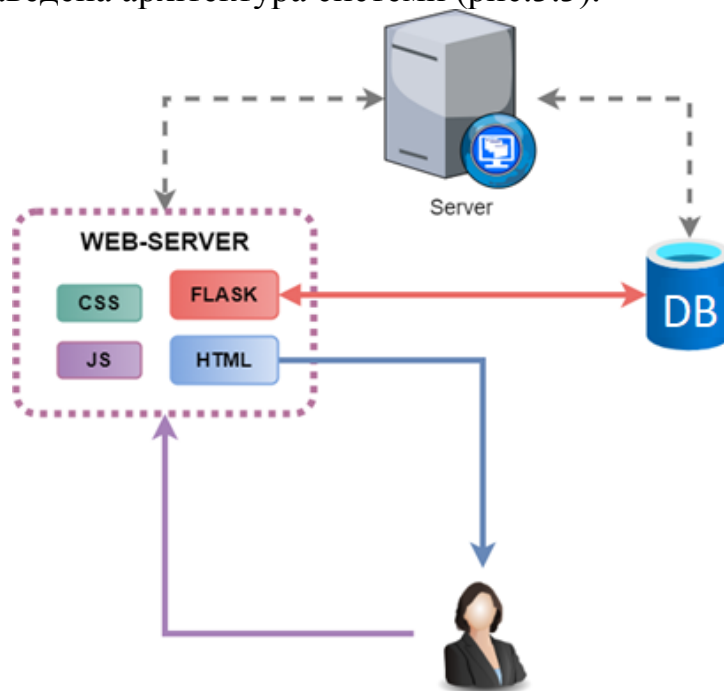


Рисунок 3.3. Архітектура системи

При першій взаємодії пацієнта з доменом програмного продукту, до сервера надходить HTTP-запит. Сервер в свою чергу складається з бази даних та веб-сервера. До веб-сервера відноситься програмна реалізація, а саме HTML, CSS, Python, Java Script, Framework Flask.

Flask - це веб-фреймворк. Це означає, що Flask надає інструменти, бібліотеки та технології, що дозволяють створювати веб-додаток. Ця веб-програма може бути декількома веб-сторінками, щоденником, вікі-програмою чи мати такий великий розмір, як веб-програма календаря чи комерційний веб-сайт. Після цього, веб-сервер повертає користувачеві HTML сторінку. Після виконання надсилання запиту, Framework Flask звертається до бази даних, яка в свою чергу передає інформацію до веб-серверу. Далі веб-сервер надсилає знову інформацію користувачеві[12].

У програмному продукті передбачається можливість вибирати із групи досліджень зі списку можливих пакетів лабораторних досліджень той, що

цікавить клієнта. Для прикладу було реалізовано в якості демонстрації такі групи досліджень:

- Пакетні
- Мікробіологія
- Загально клінічні
- Гормональні
- Інфекційні

Ця функціональність доступна у шапці сторінки. Передбачається, що до кожної групи досліджень буде використовуватись свої підгрупи досліджень. В рамках дипломного проекту було реалізовано програмне рішення на прикладі загального аналізу крові.

Після вибіру групи дослідження, користувачеві необхідно заповнити анкету: вік та стать. Інтерфейс сторінки приведено на рисунку 3.4.

Anastasiia Petrovskaya Project

Пакетні ▾ Мікробіологія ▾ Загально клінічні ▾ Гормональні ▾ Інфекційні ▾

Загальний аналіз крові

Вкажіть ваш вік* Чоловік ▾ ☐ Наявність вагітності

Показник	Од. виміру	Від*	До*	Результат
Гемоглобін(HGB)	▾	Від*	До*	Результат
Лейкоцити(WBC)	▾	Від*	До*	Результат
Еритроцити(RBC)	▾	Від*	До*	Результат
Гематокрит	▾	Від*	До*	Результат
Тромбоцити	▾	Від*	До*	Результат

☐ Я згоден, що результати розшифровки аналізів носять тільки інформаційний характер, не є діагнозом і не замінюють очну консультацію лікаря.

[Розшифрувати](#)

① Самолікування шкодить вашому здоров'ю. Будь ласка, зверніться до лікаря для коректного призначення лікування.

② Для чого необхідно вносити свої дані та одиниці виміру?
В залежності від віку, статі, наявності вагітності та одиниць вимірювання визначаються показники норми для кожного з досліджень. Щоб допомогти нам проаналізувати результати медичного обстеження більш якісно та коректно встановити референтні значення, будь ласка, внесіть інформацію вказану на бланці Вашого лабораторного дослідження.

Рисунок 3.4. UI програмної реалізації продукта

Далі користувачеві необхідно вказати одиниці виміру по кожному з показників дослідження. Ця інформація завжди розташована на медичних бланках з результатами лабораторних досліджень.

В залежності від вибраних показників з бази даних підтягується норма, яка влаштовує усі вказані умови. Наступним кроком пацієнту необхідно ввести свої результати лабораторних досліджень, які представила лабораторія (рис. 3.5.)

Загальний аналіз крові

Жінка ▾

☒ Наявність вагітності

Показник	Од. виміру	Норма	Результат
Гемоглобін(HGB)	g/L ▾	5.3 10.7	8.3
Лейкоцити(WBC)	10 ⁹ /L ▾	6.5 11.5	12.1
Еритроцити(RBC)	T/l ▾	4.5 12.3	7.5
Гематокрит	% ▾	5.0 12.0	12.0
Тромбоцити	10 ⁹ /L ▾	8.6 9.2	9.0

☒ Я згоден, що результати розшифровки аналізів носять тільки інформаційний характер, не є діагнозом і не замінюють очну консультацію лікаря.
 Розшифрувати

1 Самолікування шкодить вашому здоров'ю. Будь ласка, зверніться до лікаря для правильного призначення лікування.

1 Для чого необхідно вносити свої дані та одиниці виміру? В залежності від віку, статі, наявності вагітності та одиниць вимірювання визначаються показники норми для кожного з досліджень. Щоб допомогти нам проаналізувати результати медичного обстеження більш якісно та коректно встановити референтні значення, будь ласка, внесіть інформацію вказану на бланці Вашого лабораторного дослідження.

Рисунок 3.5. UI програмної реалізації продукту після заповнення полей

Далі користувачеві необхідно погодитись з інформаційним повідомленням. Поки не буде виставлено показник, розшифрування дослідження неможливо.

Також на сторінці діють додаткові обмеження. У разі якщо жінка вагітна, при виставленні показника вагітності, поле зі статтю автоматично заповнюється на Жінка та стає неперекладним. Також додатковим обмеженням є вказання занадто високого віку, або вказання одиниць виміру до вказання віку. Для поля вік неможливо вносити ніякі символи окрім чисел (рис. 3.6).

Пакетні ▾ Мікробіологія ▾ Загально клінічні ▾ Гормональні ▾ Інфекційні ▾

Загальний аналіз крові

Жінка ▾

☒ Наявність вагітності

Показник	Од. виміру	Норма	Результат
Лейкоцити	В/д*	До*	Результат
Еритроцити	10 ⁹ /L	В/д*	До*
Гемоглобін	g/L	В/д*	До*
Гематокрит	В/д*	До*	Результат
Тромбоцити	В/д*	До*	Результат

☒ Я згоден, що результати розшифровки аналізів носять тільки інформаційний характер, не є діагнозом і не замінюють очну консультацію лікаря.
 Розшифрувати

1 Самолікування шкодить вашому здоров'ю. Будь ласка, зверніться до лікаря для правильного призначення лікування.

1 Для чого необхідно вносити свої дані та одиниці виміру? В залежності від віку, статі, наявності вагітності та одиниць вимірювання визначаються показники норми для кожного з досліджень. Щоб допомогти нам проаналізувати результати медичного обстеження більш якісно та коректно встановити референтні значення, будь ласка, внесіть інформацію вказану на бланці Вашого лабораторного дослідження.

Рисунок 3.6. UI програмної реалізації з обмеженнями

Програмний продукт також адаптовано під мобільну версію, що дозволяє користувачам використовувати програмне рішення зі зручного для них пристрою.

Вигляд програмного рішення у мобільній версії представлений на рисунку 3.7.

Anastasiia Petrovskaya Project

Загальний аналіз крові

Вкажіть ваш вік*

Жінка

☒ Наявність вагітності

Показник	Од. виміру	Норма	Результат
Лейкоцити	▼	Від* До*	Резуль
Еритроцити	▼	Від* До*	Резуль
Гемоглобін	▼	Від* До*	Резуль
Гематокрит	▼	Від* До*	Резуль
Тромбоцити	▼	Від* До*	Резуль

☒ Я згоден, що результати розшифровки аналізів носять тільки інформаційний характер, не є діагнозом і не замінюють очну консультацію лікаря.

Розшифрувати

Самолікування шкодить вашому здоров'ю. Будь ласка, зверніться до лікаря для коректного призначення лікування.

Для чого необхідно вносити свої дані та одиниці виміру?
В залежності від віку, статі, наявності вагітності та одиниць вимірювання визначаються показники норми для кожного з досліджень. Щоб допомогти нам проаналізувати результати медичного обстеження більш якісно та коректно встановити референтні значення, будь ласка, внесіть інформацію вказану на бланці Вашого лабораторного дослідження.

3.2 Порівняння результатів до та після

При отриманні даних від користувача, експертна система повинна задати

якомога менше запитань і уникати питань, відповіді яких вимагатимуть важкого або тривалого дослідження користувача. Існує два способи встановлення стратегії, яка буде використовуватися експертною системою для вибору запитань: програміст, який розробляє систему, може запрограмувати стратегію явно або стратегія може автоматично визначатися системою виконання формалізму в якій експертна система реалізована.

Явно запрограмований контроль над введенням / виведенням вимагає імперативного формалізму – наприклад, імперативних систем на основі правил. У чисто декларативних формалізмах, таких як декларативні системи, засновані на правилах, генерація питання повинна виконуватися автоматично системою під час виконання формалізму. Обмеження є декларативними конструкціями і, отже, не можуть використовуватися програмістом експертної системи для вказівки вводу / виводу. Замість цього, в експертних системах, заснованих на обмеженнях, генерація питання повинна виконуватися автоматично за допомогою спеціальних алгоритмів.

Для експертної системи, що базується на декларативних правилах, досить легко вирішити, які питання задати користувачеві. Гіпотези системи містять коріння набору переплечених дерев, листя яких являють собою можливі точки даних; при розгляді гіпотези, система розгортає ланцюжок від кореня до її листя, задаючи питання про них.

Вирішення, які питання задавати, є більш складним для експертної системи на основі обмежень. Для поточної розроблюваної системи був розроблений спеціальний підхід, який генерує питання про наявність симптомів у користувача ґрунтуючись на попередніх відповідях. Інтерв'ю складається з трьох стадій: – введення початкових симптомів.

На початку користувач просто шукає симптоми, на які він скаржиться, в списку, що надається системою і відзначає їх; – пропозиція часто зустрічаються симптомів. На цьому етапі система пропонує користувачу список з декількох симптомів, які найчастіше зустрічаються з тими, які він ввів на початку; – опитування по черзі. Це основний етап інтерв'ю в якому користувачеві по черзі

задається питання про наявність симптомів. Вибір цих симптомів здійснюється на основі попереднього введення за допомогою спеціально розробленого евристичного алгоритму.

Суть алгоритму основної частини інтерв'ю полягає в наступному. На вхід системи передається список симптомів. Використовуючи метод випадкових підмножин система робить з цього списку симптомів кількапересічних підмножин. Далі проводиться пошук найбільш часто зустрічаються симптомів разом з цими підмножинами симптомів. Це проводиться для кожної підмножини. На виході з цього виходить список симптомів.

Далі для кожного з цих симптомів розраховується коефіцієнт вигоди за формулою:

$$Qi = N+ / N- ,$$

де $N +$ – це кількість хвороб у яких спостерігається цей симптом; $N -$ – то кількість хвороб у яких відсутній цей симптом.

Далі симптоми сортуються відповідно отриманими значеннями, і симптом з найменшим значенням коефіцієнта вибирається для наступного питання. Даний підхід показує себе набагато краще ніж підхід у систем на основі правил, де питання йдуть по заздалегідь побудованому дереву. На відміну від цього підходу, підхід розроблений в даній системі є стійким до помилкового введення симптомів користувачем.

Медичний діагноз — це фраза, яка якнайточніше визначає конкретну клінічну проблему, яка викликає захворювання.

Це включає як процес спроби визначити, так і ідентифікувати можливе захворювання чи розлад, що вражає пацієнта. Діагностичний процес – це складний процес, який зазвичай починається з історії хвороби самого пацієнта та закінчується результатами, які можна згрупувати від однієї точки до іншої залежно від зібраних симптомів.

Цей конкретний крок у медицині є дуже важливим і важливим для лікування кожного пацієнта; Тому це дуже серйозно ставиться до розробки та впровадження кожної експертної чи інтелектуальної системи в галузі медицини. Якщо цей модуль у процесі розробки програмного забезпечення несправний, система не буде ефективною.

Діагностичні процедури є дуже важливими інструментами, які допомагають лікарям підтвердити або виключити наявність розладу чи іншого захворювання у пацієнта.

Діагноз можна назвати спробою класифікувати стан пацієнта на блоки чітко визначених категорій, які дозволяють медичному експерту зробити медичне рішення щодо лікування та встановлення діагнозу. Згодом думку про вирішення проблеми часто описують у термінах захворювання чи іншого стану, але у випадку неправильного діагнозу фактичне захворювання чи стан пацієнта не збігається з діагнозом, поставленим людиною.

Програмне забезпечення було б дуже хорошим посібником для окремих осіб і медичного персоналу у віддалених районах, де медичного персоналу не вистачає. Воно також зменшить навантаження на лікарні, лікарів і медсестер, пропонуючи медичну діагностику майже безкоштовно для пацієнтів. Програмне забезпечення ще більше мінімізує зловживання наркотиками та покращить якість надання медичних послуг і зменшить смертність у деяких ситуаціях. У майбутньому будуть потрібні подальші дослідження для розробки веб-версії та версії мобільного додатку цієї системи.

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломною роботи було виконано усі зазначені задачі. Визначено недоліки існуючих підходів до зменшення проблеми відсутності ранньої діагностики. Було проведено аналіз лабораторних бланків з результатами медичних досліджень і виявлено, що результати досліджень не пристосовані до розуміння непрофільними спеціалістами. Це впливає на низький показник профілактичної діагностики, що не дає можливість виявити захворювання на ранніх стадіях.

Проаналізовано бланки лабораторних досліджень з яких видно відмінність однакових пакетів досліджень у різних лабораторіях. Відмінність у переліку досліджень, одиницях виміру та показнику норми

Проаналізовано існуючі одиниці вимірювання на прикладі загального аналізу крові, що демонструє, що по однаковому типу дослідження в лабораторія більшість показників референтних значень відрізняється

Проаналізовано референтні значення (норми) на прикладі результату дослідження загального аналізу крові. Аналіз виявив, що в залежності від обладнання на якому було виконано обстеження залежить одиниця виміру.

Створено функціональні моделі запропонованого рішення у нотації IDEF0.

Модель чорного ящика зображує усі необхідні механізми: пацієнт, програмний продукт; керування: лабораторний протокол, правила відповідностей, бланк; вхідні дані: дані про пацієнта, одиниці виміру, референтні значення, результат дослідження та вихідний параметр – розшифровані дані лабораторних досліджень Побудовано дерево рішень для визначення референтних значень дослідження відносно усіх можливих груп пацієнтів. Дерево рішень продемонструвало, як для одного з досліджень вираховується референтне значення в залежності від статі, вагітності, віку та одиниць виміру.

Порівняно моделі AS-IS та TO-BE у нотації BPMN, що демонструє, як життєвий цикл пацієнта від моменту реєстрації на дослідження до моменту розуміння результатів значно скорочується після впровадження пропонуємого програмного рішення.

Програмно реалізовано запропоноване рішення на прикладі загального аналізу

крові. У програмному продукті передбачається можливість вибрати із групи досліджень зі списку можливих пакетів лабораторних досліджень той, що цікавить клієнта. Після внесення даних про пацієнта (вік, стать, наявність вагітності), пацієнту необхідно внести у програмне рішення одиниці виміру по кожному з досліджень. Це дозволить програмі автоматично розрахувати показники норми. Далі, після надання згоди з тим, що програмне рішення є лише інформаційним додатком, користувач має змогу отримати розшифровані дані лабораторних досліджень. Система надасть інформацію про дослідження, вкаже перевищує, недолік або норма показників, та надасть інформацію про передбачувані причини відхилення у разі, якщо вони виявлені.

У подальшому програмне рішення може виконувати аналіз усіх показників та робити найбільш вірогідний діагноз в цілому, робити висновки щодо діагнозів, спираючись на медичні опитування та мати систему нагадувань для виконання регулярних обстежень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hinton G. E., Vinod Nair. Rectrified Linear Units Improve Restricted Boltzmann Machines. 2011. – pp. 56–66.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 635 с.
3. Katkovnik, V. “Spatially adaptive support as a leading model selection tool for image filtering” / V. Katkovnik, A. Foi, K. Dabov, and K. Egiazarian // Proc. First Workshop Inf. Th. Methods Sci. Eng., WITMSE, Tampere, August 2008. – pp. 365–457.
4. Антонов А. О., Антонов О. С., Лыткин С. А. // Мед. техника. -1995.- № 3 — с. 3–6
5. S. Watanabe, T. Hiroyasu, and M. Miki, “NCGA: Neighborhood Cultivation GeneticAlgorithm for Multi-Objective Optimization Problems,” Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2002, pp. 458-465.
6. H. Lee, R. Grosse, R. Ranganath, and A. Y. Ng, (2009a). Convolutional deep belief networks for scalable unsupervised learning of hierarchical representations. In ICML’2009.
7. Nitish Srivastava, Geoffrey Hinton, Alex Krizhevsky? Ilya Sutskever, Ruslan Salakhutdinov. Dropout: A simple way to prevent Neural networks from Overfitting (2014).
8. Коновалов О. Н., Корнієнко В.Н. Комп’ютерна томографія в нейрохірургічній клініці. -М. :Медицина, 1988. — 346 с.
9. . Глибовець М.М., Олецький О.В. Системи штучного інтелекту. — К.: КМ Академія, 2002. — 366 с.
10. Руденко О. Г., Бодянський Є. В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. — Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. — 404 с.
11. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень. Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. — 341 с

12. Системи штучного інтелекту в плануванні, моделюванні та управлінні : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л. С. Ямпольський, Б. П. Ткач, О. І. Лісовиченко. — К. : ДП «Вид. дім «Персонал», 2011. — 544 с. : іл. — Бібліогр. : с. 523– 532.
13. Фізика візуалізації зображень до медицини: У 2-х томах. Т. 1: Пер. з англ. /Под ред. С. Уэбба. -М. :Мир, 1991.- 408 с
14. Nitish Srivastava, Geoffrey Hinton, Alex Krizhevsky? Ilya Sutskever, Ruslan Salakhutdinov. Dropout: A simple way to prevent Neural networks from Overfitting (2014).
15. Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel, “Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition,” Neural Computation, Winter, 1989, pp. 541- 551
16. Tegunov D, Cramer P. Real-time cryo-electron microscopy data preprocessing with warp. *Nat Med.* 2019;16:1146–1152. doi: 10.1038/s41592-019-0580-y. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
17. Tegunov D, Cramer P. Real-time cryo-electron microscopy data preprocessing with warp. *Nat Med.* 2019;16:1146–1152. doi: 10.1038/s41592-019-0580-y. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
18. M. Burtsev Design of computer-based intelligent support decision systems for medicine / M. Burtsev, A. Povoroznjuk, O. Povoroznjuk, A. Filatova // Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM), 2013 12th International Conference on the. – Lviv: Lviv Polytechnic National University. – 2013. – P. 45-52
19. Бурцев М.В. Подсистема хранения данных и знаний системы поддержки принятия решений в медицине, основанной на комбинированном решающем правиле / М.В. Бурцев, А.И. Поворознюк // Інформаційні технології, економіка та право: стан та перспективи розвитку (ІТЕП-2012): матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, 28- 31 березня 2012 р. / У 2 частинах. Ч. 1 / МОНМСУ, ПВНЗ «Буковинський університет». – Ченівці : Книги – XXI, 2012. – С. 45-46
20. Загородній Г.М. Нова обчислювальна технологія для науки / Г.М. Загородній, Є.С. Зинов'єв, В.М. Мартинов, В.М. Шадура ГРІД // Вісник НАН України, 2005. – № 6. – С.17–19. 7. Кожем'яко В.П. Комп'ютерні технології підвищення інформативності променевих методів візуалізації внутрішніх органів / В.П. Кожем'яко, В.З. Свиридчук, Б.П. Олійниченко // Оптико-електронні інформаційноенергетичні технології. Вінницький національний технічний університет, 2008. – № 2. – С.135–138.
21. Калиновский Д.К. Возможности создания системного программного продукта для

работы с медицинскими базами данных / Д.К. Калиновский, И.Н. Матрос-Таранец, А.Г. Пономаренко, М.В. Пристром, О.В. Ченгарь // Збірник наукових статей Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. – Запоріжжя: Видавництво ЗДМУ, 2007. – Вип. XVIII. – С.127–135.

22. Литвин В.В. Интеллектуальні системи: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.В. Литвин, В.В. Пасічник, Ю.В. Яцишин. – Львів:Новий світ-2000, 2009. – 406 с. – С. 35–46.

23. Методи та системи штучного інтелекту: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки» / Уклад. : А.С. Савченко, О. О. Синельніков. – К. : НАУ, 2017. – 190 с.

24. Омар А.Х. Методи і моделі створення природно-мовного інтерфейсу експертної системи медичної діагностики: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.06 “Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології “/ А.Х. Омар. – Харків: Нац. техн. ун-т "Харк. політехн. ін-т", 2006. – 20 с.

25. Павлиш В.А. Новітні інформаційні технології в клініці пульмонологічного профілю // Практична медицина, 2008. – Т. 14. – № 3. – С.115–122.

26. Павлиш В.А. Перспективи застосування інформаційних технологій в галузі доказової медицини фтизіопульмонологічного профілю // Практична медицина, 2008. – Т. XIV. – № 1. – С. 75–77.

27. Попова Е. Инновационные технологии в повседневной клинической практике // Врач, 2008. –№ 12. – С. 42–44.

28. Ухаль О.М. Сучасні технології в діагностиці та лікуванні набутих кіст передміхурової залози у хворих на хронічний простатит // Здоровье, 2008. – № 4. – С.67–68.

29. Digestive Diseases—Centers for Disease Control and Prevention. [(accessed on 27 December 2020)]; Available online: <https://www.cdc.gov/nchs/fastats/digestive-diseases.html>

30. Subasi A. Use of artificial intelligence in Alzheimer’s disease detection. *AI Precis Health*. 2020 doi: 10.1016/B978-0-12-817133-2.00011-2.

31. Spann A, Yasodhara A, Kang J, Watt K, Wang B, Bhat M, Goldenberg A. Applying machine learning in liver disease and transplantation: a survey. *Hepatology*. 2020;71:1093–1105. doi: 10.1002/hep.31103.

32. Shkolyar E, Jia X, Chnag T, Trivedi D. Augmented bladder tumor detection using deep learning. *Eur Urol*. 2019;76:714–718. doi: 10.1016/j.eururo.2019.08.032.

33. Vikas T. T. Design and implementation of an efficient relative model in cancer disease recognition. Toronto: IJARCSSE, 2013. 10 p.

34. Bach S. H., He B. D., Ratner A., Re C. Learning the structure of generative models without labeled data. Deli: ICML, 2017. 273 p.

35. Lowe H.J., Barnett G.O. Understanding the medical subject headings (MeSH) vocabulary to

perform literature searches. *Deli: JAMA*, 1994. 20 p.

36. Dee C.R. The development of the Medical Literature Analysis and Retrieval System (MEDLARS). Beijing: J Med Libr Assoc, 2007. 25 p.

37. Swanson D.R., Smalheiser N.R., Torvik V.I. Ranking indirect connections in literature-based discovery: The role of medical subject headings. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2006. No. 57. P. 42-49

38. Ohta J., Kitsumoto C., Noda T., Sasagawa K., Tokuda T., Motoyama M., Ohta Y., Kobayashi T., Ishikawa Y., Shiosaka S. A micro imaging device for measuring neural activities in the mouse deep brain with minimal invasiveness; Proceedings of the 2012 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS); Hsinchu, Taiwan. 28–30 November 2012; pp. 244–247. [[Google Scholar](#)]

39. Conti E., Placidi P., Biasini M., Bissi L., Calandra A., Checcucci B., Chiocchini S., Cicioni R., Di Lorenzo R., DiPilato A.C., et al. Use of a CMOS Image Sensor for an Active Personal Dosimeter in Interventional Radiology. *IEEE Trans. Instrum. Meas.* 2013;**62**:1065–1072. doi: 10.1109/TIM.2012.2223331. [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

40. Kang H., Abbasi W.H., Kim S.-W., Kim J. Fully Integrated Light-Sensing Stimulator Design for Subretinal Implants. *Sensors*. 2019;**19**:536. doi: 10.3390/s19030536. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)



Міністерство освіти і науки України
Державний університет телекомунікацій
Навчально-науковий інститут телекомунікацій
Кафедра системного аналізу



Магістерська робота
за темою «ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ
ПОПЕРЕДНЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ
З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО
ІНТЕЛЕКТУ »

Виконав: студентка групи САД-61
Петровська А. Г.

Науковий керівник:
доцент кафедри Системного аналізу, кандидат економічних наук
Козаченко Сергій Якович

Київ-2022

1

ДОДАТОК А

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <link href="static/styles/style.css" rel="stylesheet">
  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-beta3/dist/css/bootstrap.min.css"
rel="stylesheet" integrity="sha384-
eOJMYsd53ii+scO/bJGFsiCZc+5NDVN2yr8+0RDqr0Ql0h+rP48ckxlpbzKgwra6"
crossorigin="anonymous">
  <title>APP</title>
</head>
<body>
  <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-light bg-light">
    <div class="container-fluid">
      <a class="navbar-brand">Anastasiia Petrovskaya Project</a>
      <button class="navbar-toggler" type="button" data-bs-toggle="collapse" data-bs-
target="#navbarSupportedContent" aria-controls="navbarSupportedContent" aria-expanded="false" aria-
label="Toggle navigation">
        <span class="navbar-toggler-icon"></span>
      </button>
      <div class="collapse navbar-collapse container" id="navbarSupportedContent">
        <ul class="navbar-nav me-auto mb-2 mb-lg-0">

          <li class="nav-item dropdown">
            <a class="nav-link dropdown-toggle active h5" aria-current="page" href="#"
id="navbarDropdown" role="button" data-bs-toggle="dropdown" aria-expanded="false">
              Пакетні
            </a>
            <ul class="dropdown-menu" aria-labelledby="navbarDropdown">
              <li><a class="dropdown-item" href="#">Загальний аналіз крові</a></li>
              <li><a class="dropdown-item" href="#">Another action</a></li>
              <li><a class="dropdown-item" href="#">Another action</a></li>
            </ul>
          </li>

          <li class="nav-item dropdown">
            <a class="nav-link dropdown-toggle h5" href="#" id="navbarDropdown" role="button" data-bs-
toggle="dropdown" aria-expanded="false">
              Мікробіологія

```

```

</a>
<ul class="dropdown-menu" aria-labelledby="navbarDropdown">
  <li><a class="dropdown-item" href="#">Action</a></li>
  <li><a class="dropdown-item" href="#">Another action</a></li>
</ul>
</li>
<li class="nav-item dropdown">
  <a class="nav-link dropdown-toggle h5" href="#" id="navbarDropdown" role="button" data-bs-
toggle="dropdown" aria-expanded="false">
    Загально клінічні
  </a>
  <ul class="dropdown-menu" aria-labelledby="navbarDropdown">
    <li><a class="dropdown-item" href="#">Action</a></li>
    <li><a class="dropdown-item" href="#">Another action</a></li>
  </ul>
</li>
<li class="nav-item dropdown">
  <a class="nav-link dropdown-toggle h5" href="#" id="navbarDropdown" role="button" data-bs-
toggle="dropdown" aria-expanded="false">
    Гормональні
  </a>
  <ul class="dropdown-menu" aria-labelledby="navbarDropdown">
    <li><a class="dropdown-item" href="#">Action</a></li>
    <li><a class="dropdown-item" href="#">Another action</a></li>
  </ul>
</li>
<li class="nav-item dropdown">
  <a class="nav-link dropdown-toggle h5" href="#" id="navbarDropdown" role="button" data-bs-
toggle="dropdown" aria-expanded="false">
    Інфекційні
  </a>
  <ul class="dropdown-menu" aria-labelledby="navbarDropdown">
    <li><a class="dropdown-item" href="#">Action</a></li>
    <li><a class="dropdown-item" href="#">Another action</a></li>
  </ul>
</li>
</ul>
</div>
</div>
</nav>

```



```

<figure class="text-center" id="head">
  <h1 class="display-1">Загальний аналіз крові</h1>
</figure>
<div>
  <div class="container align-items-center">
    <form class="row gx-3 gy-2 align-items-center" id="formPatientInfo" name="patient_info"
onsubmit="return validate()">
      <div class="col-sm">
        <input type="text" class="form-control" id="InputAge" name="input_age" placeholder="Вкажіть
ваш вік*" onKeyPress ="if ((event.keyCode < 48) || (event.keyCode > 57))
event.returnValue = false;" required>
      </div>
      <div class="col-sm">
        <select class="form-select" id="SexSelect">
          <option selected>Чоловік</option>
          <option id="sexW">Жінка</option>
        </select>
      </div>
      <div class="col-sm">
        <div class="form-check">
          <input class="form-check-input" type="checkbox" id="autoSizingCheck2"
onclick="CheckBoxCheck()">
            <label class="form-check-label" for="autoSizingCheck2">
              Наявність вагітності
            </label>
          </div>
        </div>
      </div>
    </form>
  </div>

  <div class="container gx-3 gy-2" id="FormResearch">
    <div class="row justify-content-md-center">
      <div class="col">
        <table class="table table-borderless">
          <thead>
            <tr>
              <th scope="col" class="text-center">Показник</th>
              <th scope="col" class="text-center">Од. виміру</th>
              <th scope="col" class="text-center">Норма</th>
              <th scope="col" class="text-center">Результат</th>
            </tr>
          </thead>
        </table>
      </div>
    </div>
  </div>

```

```

</tr>
</thead>
<tbody>
  {% for name_res in data_for_create_table %}
    <tr>
      <td scope="row">{{ name_res }}</td>
      <td>
        <select name="units_select" class="form-select" onclick="CheckData()">
          <option value="1" selected></option>
          {% if data_for_create_table[name_res] is string %}
            <option>{{ data_for_create_table[name_res] }}</option>
          {% else %}
            {% for units in data_for_create_table[name_res] %}
              <option>{{ units }}</option>
            {% endfor %}
          {% endif %}
        </select>
      </td>
      <td class="row">
        <input type="text" class="form-control col-sm mx-sm-1" disabled
placeholder="Від*">
        <input type="text" class="form-control col-sm mx-sm-1" disabled
placeholder="До*">
      </td>
      <td>
        <input type="text" class="form-control col-sm" placeholder="Результат">
      </td>
    </tr>
  {% endfor %}
</tbody>
</table>
<div class="form-group form-check">
  <input type="checkbox" class="form-check-input" id="exampleCheck1">
  <label class="form-check-label" for="exampleCheck1">Я згоден, що результати
розшифровки аналізів носять тільки інформаційний характер, не є діагнозом і не замінюють очну
консультацію лікаря.</label>
</div>
<div class="text-center">
  <button type="submit" class="btn btn-primary col-3"
id="button_dec">Розшифрувати</button>

```

```

    </div>
</div>

<div class="col col-lg-4">
    <div class="alert alert-light d-flex flex-row" role="alert">
        

        <div class="media-body">
            <p>Самолікування шкодить вашому здоров'ю. Будь ласка, зверніться до лікаря для
коректного призначення лікування.</p>
        </div>
    </div>

    <div class="alert alert-light d-flex flex-row" role="alert">
        

        <div class="media-body">
            <strong>Для чого необхідно вносити свої дані та одиниці виміру?</strong><br>
            <p>В залежності від віку, статі, наявності вагітності та одиниць вимірювання
визначаються показники норми для кожного з досліджень. Щоб допомогти нам проаналізувати
результати медичного обстеження більш якісно та коректно встановити референтні значення, будь
ласка, внесіть інформацію вказану на бланці Вашого лабораторного дослідження.</p>
        </div>
    </div>
</div>
</div>
</div>
</div>
<script type="text/javascript" src="static/scripts/validation.js"></script>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-beta3/dist/js/bootstrap.bundle.min.js"
integrity="sha384-
JEW9xMcG8R+pH31jmWH6WWP0WintQrMb4s7ZOdauHnUtxwoG2vI5DkLtS3qm9Ekf"
crossorigin="anonymous"></script>
</body>
</html>

```

```

PRAGMA foreign_keys = off;
BEGIN TRANSACTION;
-- Таблица: Age
CREATE TABLE Age (ID_age INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT NOT NULL, "From"
INTEGER NOT NULL, "To" INTEGER NOT NULL);

```

```

INSERT INTO Age (ID_age, "From", "To") VALUES (1, 0, 1);
INSERT INTO Age (ID_age, "From", "To") VALUES (2, 1, 3);
INSERT INTO Age (ID_age, "From", "To") VALUES (3, 4, 12);
INSERT INTO Age (ID_age, "From", "To") VALUES (4, 13, 21);
INSERT INTO Age (ID_age, "From", "To") VALUES (5, 22, 45);
INSERT INTO Age (ID_age, "From", "To") VALUES (6, 46, 65);
INSERT INTO Age (ID_age, "From", "To") VALUES (7, 65, 999);

```

-- Таблица: Age_Sex

```

CREATE TABLE Age_Sex (ID_age_sex INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT, FK_sex
INTEGER REFERENCES Sex (ID_sex) NOT NULL, FK_age INTEGER REFERENCES Age (ID_age)
NOT NULL);

```

```

INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (1, 1, 1);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (2, 1, 2);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (3, 1, 3);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (4, 1, 4);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (5, 1, 5);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (6, 1, 6);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (7, 1, 7);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (8, 2, 1);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (9, 2, 2);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (10, 2, 3);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (11, 2, 4);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (12, 2, 5);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (13, 2, 6);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (14, 2, 7);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (15, 3, 4);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (16, 3, 5);
INSERT INTO Age_Sex (ID_age_sex, FK_sex, FK_age) VALUES (17, 3, 6);

```

-- Таблица: Lab_Research

```

CREATE TABLE "Lab_Research" (ID_resrch INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT NOT
NULL, Name_of_resrch VARCHAR (256) NOT NULL);
INSERT INTO "Lab_Research" (ID_resrch, Name_of_resrch) VALUES (1, 'Лейкоцити ');
INSERT INTO "Lab_Research" (ID_resrch, Name_of_resrch) VALUES (2, 'Еритроцити');
INSERT INTO "Lab_Research" (ID_resrch, Name_of_resrch) VALUES (3, 'Гемоглобін
');
INSERT INTO "Lab_Research" (ID_resrch, Name_of_resrch) VALUES (4, 'Гематокрит
');
INSERT INTO "Lab_Research" (ID_resrch, Name_of_resrch) VALUES (5, 'Тромбоцити

```

);

-- Таблица: Norm

```
CREATE TABLE Norm (ID_norm INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT, FK_resrch_unit
INTEGER REFERENCES Research_Units (ID_resrch_units) NOT NULL, FK_age_sex INTEGER
REFERENCES Age_Sex (ID_age_sex) NOT NULL, Norm_from INTEGER NOT NULL, Norm_to
INTEGER NOT NULL);
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (1, 1, 1,
'8,5', '24,5');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (2, 1, 2,
'2,5', '10,2');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (3, 1, 3,
5, 12);
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (4, 1, 4,
'4,5', 10);
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (5, 1, 5,
'5,3', '10,5');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (6, 1, 6,
'6,5', '10,5');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (7, 1, 7,
4, 9);
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (8, 1, 8,
'8,5', 12);
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (9, 1, 9,
'4,2', '9,2');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (10, 1,
10, '8,7', 12);
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (11, 1,
11, 3, '7,2');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (12, 1,
12, '8,5', '11,5');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (13, 1,
13, 3, 5);
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (14, 1,
14, '8,7', 12);
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (15, 1,
15, '6,5', '10,5');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (16, 1,
16, 3, '7,2');
```

```
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (17, 1,
```

```

17, '8,5', '24,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (18, 2, 1,
'8,2', '24,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (19, 2, 2,
2, '10,2');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (20, 2, 3,
'4,5', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (21, 2, 4,
5, 11);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (22, 2, 5,
'5,2', '10,4');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (23, 2, 6,
'6,3', '10,2');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (24, 2, 7,
'4,2', '9,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (25, 2, 8,
'8,3', '12,2');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (26, 2, 9,
'4,3', '8,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (27, 2,
10, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (28, 2,
11, 2, 7);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (29, 2,
12, '8,5', '11,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (30, 2,
13, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (31, 2,
14, '8,5', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (32, 2,
15, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (33, 2,
16, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (34, 2,
17, '4,3', '8,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (35, 3, 1,
'8,5', '24,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (36, 3, 2,
'2,5', '10,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (37, 3, 3,

```

```

5, '12,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (38, 3, 4,
'4,5', 11);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (39, 3, 5,
'5,3', '10,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (40, 3, 6,
'6,5', '10,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (41, 3, 7,
4, '9,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (42, 3, 8,
'8,5', '12,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (43, 3, 9,
'4,2', '9,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (44, 3,
10, '8,7', '12,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (45, 3,
11, 3, '7,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (46, 3,
12, '8,5', '11,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (47, 3,
13, 3, '5,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (48, 3,
14, '8,7', '12,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (49, 3,
15, '6,5', '10,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (50, 3,
16, 3, '7,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (51, 3,
17, '8,5', '24,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (52, 4, 1,
'8,2', '24,4');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (53, 4, 2,
2, '10,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (54, 4, 3,
'4,5', '12,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (55, 4, 4,
5, 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (56, 4, 5,
'5,2', '10,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (57, 4, 6,

```

```

'6,3', '10,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (58, 4, 7,
'4,2', '9,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (59, 4, 8,
'8,3', '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (60, 4, 9,
'4,3', '8,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (61, 4,
10, '8,2', '12,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (62, 4,
11, 2, '7,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (63, 4,
12, '8,5', '11,4');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (64, 4,
13, '8,2', '12,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (65, 4,
14, '8,5', '12,1');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (66, 4,
15, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (67, 4,
16, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (68, 4,
17, '4,3', '8,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (69, 5, 1,
'8,5', '24,7');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (70, 5, 2,
'2,5', '10,4');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (71, 5, 3,
5, '12,2');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (72, 5, 4,
'4,5', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (73, 5, 5,
'5,3', '10,7');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (74, 5, 6,
'6,5', '10,7');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (75, 5, 7,
4, '9,2');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (76, 5, 8,
'8,5', '12,2');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (77, 5, 9,

```


'4,2', '9,4');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (78, 5, 10, '8,7', '12,2');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (79, 5, 11, 3, '7,4');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (80, 5, 12, '8,5', '11,7');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (81, 5, 13, 3, '5,2');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (82, 5, 14, '8,7', '12,2');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (83, 5, 15, '6,5', '10,7');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (84, 5, 16, 3, '7,4');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (85, 5, 17, '8,5', '24,7');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (86, 6, 1, '8,2', '24,5');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (87, 6, 2, 2, '10,4');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (88, 6, 3, '4,5', '12,2');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (89, 6, 4, 5, 13);

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (90, 6, 5, '5,2', '10,6');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (91, 6, 6, '6,3', '10,4');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (92, 6, 7, '4,2', '9,7');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (93, 6, 8, '8,3', '12,4');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (94, 6, 9, '4,3', '8,7');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (95, 6, 10, '8,2', '12,2');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (96, 6, 11, 2, '7,2');

INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (97, 6,

```

12, '8,5', '11,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (98, 6,
13, '8,2', '12,2');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (99, 6,
14, '8,5', '12,2');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (100, 6,
15, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (101, 6,
16, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (102, 6,
17, '4,3', '8,7');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (103, 7,
1, '8,5', '24,8');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (104, 7,
2, '2,5', '10,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (105, 7,
3, 5, '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (106, 7,
4, '4,5', 13);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (107, 7,
5, '5,3', '10,8');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (108, 7,
6, '6,5', '10,8');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (109, 7,
7, 4, '9,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (110, 7,
8, '8,5', '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (111, 7,
9, '4,2', '9,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (112, 7,
10, '8,7', '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (113, 7,
11, 3, '7,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (114, 7,
12, '8,5', '11,8');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (115, 7,
13, 3, '5,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (116, 7,
14, '8,7', '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (117, 7,

```

```

15, '6,5', '10,8');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (118, 7,
16, 3, '7,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (119, 7,
17, '8,5', '24,8');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (120, 8,
1, '8,2', '24,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (121, 8,
2, 2, '10,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (122, 8,
3, '4,5', '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (123, 8,
4, 5, 14);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (124, 8,
5, '5,2', '10,7');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (125, 8,
6, '6,3', '10,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (126, 8,
7, '4,2', '9,8');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (127, 8,
8, '8,3', '12,5');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (128, 8,
9, '4,3', '8,8');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (129, 8,
10, '8,2', '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (130, 8,
11, 2, '7,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (131, 8,
12, '8,5', '11,6');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (132, 8,
13, '8,2', '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (133, 8,
14, '8,5', '12,3');
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (134, 8,
15, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (135, 8,
16, '8,2', 12);
INSERT INTO Norm (ID_norm, FK_resrch_unit, FK_age_sex, Norm_from, Norm_to) VALUES (136, 8,
17, '4,3', '8,8');

```

-- Таблица: Research_Units

```
CREATE TABLE Research_Units (ID_resrch_units INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,
FK_resrch INTEGER REFERENCES "Lab_ Research" (ID_resrch) NOT NULL, FK_units INTEGER
REFERENCES Units (ID_units) NOT NULL);
```

```
INSERT INTO Research_Units (ID_resrch_units, FK_resrch, FK_units) VALUES (1, 1, 5);
```

```
INSERT INTO Research_Units (ID_resrch_units, FK_resrch, FK_units) VALUES (2, 1, 3);
```

```
INSERT INTO Research_Units (ID_resrch_units, FK_resrch, FK_units) VALUES (3, 2, 6);
```

```
INSERT INTO Research_Units (ID_resrch_units, FK_resrch, FK_units) VALUES (4, 2, 4);
```

```
INSERT INTO Research_Units (ID_resrch_units, FK_resrch, FK_units) VALUES (5, 3, 3);
```

```
INSERT INTO Research_Units (ID_resrch_units, FK_resrch, FK_units) VALUES (6, 4, 2);
```

```
INSERT INTO Research_Units (ID_resrch_units, FK_resrch, FK_units) VALUES (7, 5, 5);
```

```
INSERT INTO Research_Units (ID_resrch_units, FK_resrch, FK_units) VALUES (8, 5, 3);
```

-- Таблица: Sex

```
CREATE TABLE Sex (ID_sex INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT NOT NULL,
Name_of_sex VARCHAR (256) NOT NULL);
```

```
INSERT INTO Sex (ID_sex, Name_of_sex) VALUES (1, 'Чоловік');
```

```
INSERT INTO Sex (ID_sex, Name_of_sex) VALUES (2, 'Жінка');
```

```
INSERT INTO Sex (ID_sex, Name_of_sex) VALUES (3, 'Вагітна жінка');
```

-- Таблица: Units

```
CREATE TABLE Units (ID_units INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT NOT NULL,
Name_of_units VARCHAR (256) NOT NULL);
```

```
INSERT INTO Units (ID_units, Name_of_units) VALUES (1, 'fL');
```

```
INSERT INTO Units (ID_units, Name_of_units) VALUES (2, '%');
```

```
INSERT INTO Units (ID_units, Name_of_units) VALUES (3, 'g/L');
```

```
INSERT INTO Units (ID_units, Name_of_units) VALUES (4, 'T/л');
```

```
INSERT INTO Units (ID_units, Name_of_units) VALUES (5, '10^9/L');
```

```
INSERT INTO Units (ID_units, Name_of_units) VALUES (6, '10^12/L');
```

ДОДАТОК Б

ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРОЛЕРА

[illegible]