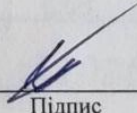
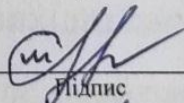
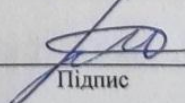


КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

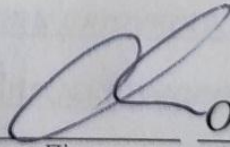
на тему Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

Галузь знань 12 – Інформаційні технології
Шифр і назва галузі знань
Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки
Шифр і назва спеціальності
Освітня програма Комп'ютерні науки
Назва освітньої програми

Виконав: студент 3 курсу, група КНс-20-1
Курс, група виконавця
Підпис  І.А. Тимофієв
Ініціали, прізвище
Керівник: к.т.н., доцент кафедри КН
Науковий ступінь, посада
Підпис  О.В. Мазурець
Ініціали, прізвище
Нормоконтроль: к.т.н., доцент кафедри КН
Науковий ступінь, посада
Підпис  Р.О. Багрій
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри КН, д.т.н., професор

 О.В. Бармак
Підпис Ініціали, прізвище

05 06 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

Освітній ступінь бакалавр

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма освітньо-професійна програма підготовки бакалавра

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних наук

(підпис)

д.т.н., професор О.В. Бармак

« 06 » 03 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею»

2. Завдання видано студенту Тимофієву Іллі Анатолійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

3. Керівник роботи доцент кафедри КН Мазурець Олександр Вікторович
(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

4. Затверджено наказом університету від « 01 » 03 2023 р. № 5

5. Дата видачі завдання студенту: « 03 » 03 2023 р.

6. Зміст пояснювальної записки (перелік задач) та вихідні дані:

Провести аналіз предметної області, визначити особливості застосування згорткових нейронних мереж для задач класифікації. Виконати аналіз існуючих рішень для подібних задач. Розробити метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею. Розробити архітектуру нейронної мережі для діагностування хвороб ока. Спроекувати структуру інформаційної системи й структуру відповідної бази даних. Спроекувати та створити застосунок що реалізує розроблений метод, виконати його тестування.

7. Календарний план виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

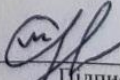
№	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи бакалавра з керівником	грудень 2022	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю, формулювання мети та задач дослідження, визначення об'єкта та предмета дослідження	січень 2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – Характеристика предметної області та постановка задачі	січень 2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейронною мережею	березень 2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – Програмна реалізація інформаційної системи діагностування хвороб ока	квітень 2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	травень 2023	виконано
7	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	травень 2023	виконано
8	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра на засіданні Екзаменаційної комісії	червень 2023	виконано

Виконавець: студент 3 курсу, група КНс-20-1
Курс, група виконавця


Підпис

I.A. Тимофіїв
Ініціали, прізвище

Керівник: к.т.н., доцент кафедри КН
Науковий ступінь, посада


Підпис

O.V. Мазурець
Ініціали, прізвище

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

Виконавець кваліфікаційної роботи бакалавра: студент групи КНс-20-1 Тимофієв Ілля Анатолійович

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра: к.т.н., доцент кафедри КН Мазурець Олександр Вікторович

Кваліфікаційна робота бакалавра містить:

Пояснювальна записка				Кількість додатків
Сторінок	Рисунків	Таблиць	Джерел інформації	
65	42	18	25	5

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка та програмна реалізація методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є створений метод діагностування хвороб ока та відповідна інформаційна система, яка дозволяє за зображеннями ока людини визначати хвороби ока за допомогою згорткової нейронної мережі. Інформаційна система представлена трьома основними модулями, які мають власні графічні інтерфейси. Модулями розробленої системи є: нейромережевий модуль, графічний модуль та модуль виявлення патологій очей.

Ключові слова: діагностування хвороб ока, технологія, згорткова нейронна мережа, нейромережа.

Виконавець: студент 3 курсу, група КНс-20-1
Курс, група виконавця


Підпис

І.А. Тимофієв
Ініціали, прізвище

Зміст

Перелік скорочень	4
Вступ.....	5
Розділ 1 Характеристика предметної області та постановка задачі	7
1.1 Аналіз предметної області	7
1.2 Особливості застосування згорткових нейронних мереж для задач класифікації	9
1.3 Аналіз існуючих рішень для подібних задач	13
1.4 Мета, задачі та вимоги до реалізації програмної системи.....	17
1.5 Висновки до розділу 1	17
Розділ 2 Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейронною мережею	19
2.1 Схема та кроки методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею	19
2.2 Розробка архітектури нейронної мережі для діагностування хвороб ока....	21
2.3 Підготовка робочих вхідних даних для системи	23
2.4 Проектування структури інформаційної системи діагностування патологій очей	25
2.5 Даталогічна модель бази даних інформаційної системи діагностування хвороб ока	27
2.6 Вибір метрик оцінки точності нейромережевої класифікації для діагностування хвороб ока	35
2.7 Висновки до розділу 2	37
Розділ 3 Програмна реалізація інформаційної системи діагностування хвороб ока	39
3.1 Структура модулів інформаційної системи, їх взаємозв'язок	39
3.2 Особливості реалізації інформаційної системи діагностування хвороб ока	41
3.3 Опис функціональних можливостей інформаційної системи	45

3.4 Дослідження ефективності методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею	59
3.5 Висновки до розділу 3	60
Висновки	62
Перелік посилань.....	64
Додатки	

Перелік скорочень

Скорочення, термін, позначення	Пояснення
ВООЗ	Всесвітня організація охорони здоров'я
CNN	Convolutional Neural Network
КРБ	Кваліфікаційна робота бакалавра
КН	Комп'ютерні науки
FNN	Feedforward Neural Networks
RNN	Recurrent Neural Networks
LSTM	Long Short-Term Memory

Вступ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці методу діагностування хвороб ока та відповідної інформаційної системи, яка дозволяє за зображеннями ока людини визначати хвороби ока за допомогою згорткової нейронної мережі.

Актуальність. Діагностування хвороб ока є актуальною темою, так як хвороби ока можуть не тільки значно погіршити якість життя людини, а й призвести до важких наслідків, якщо їх не буде виявлено вчасно.

За даними ВООЗ, хвороби ока є однією з головних причин сліпоти в світі, понад 285 мільйонів людей мають проблеми з зором. Більшість таких хвороб можуть бути успішно вилікувані, якщо їх буде виявлено на ранній стадії, коли лікування вважається найефективнішим.

Завдяки новим технологіям, таким як сканування ока та іншим методам образної діагностики, лікарі можуть практично точно діагностувати хвороби ока та визначити найбільш ефективний метод лікування. Тому діагностування хвороб ока залишається актуальним напрямом інформаційних технологій, що вимагає постійної уваги від медичних працівників та науковців.

Об'єкт дослідження – процес діагностування хвороб ока людини за зображеннями ока людини.

Предмет дослідження – моделі, методи, алгоритми та засоби для діагностування хвороб ока людини.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка та програмна реалізація методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею.

Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра – виконати аналіз предметної області діагностування хвороб ока людини, визначити особливості застосування згорткових нейронних мереж для задач класифікації та провести аналіз існуючих рішень для подібних задач. Розробити технологію діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею.

Розробити архітектуру нейронної мережі для діагностування хвороб ока за їх зображеннями. Спроекувати структуру інформаційної системи діагностування хвороб ока й структуру відповідної БД. Виконати вибір засобів розробки інформаційної системи діагностування хвороб ока. Виконати програмну реалізацію інформаційної системи діагностування хвороб ока та провести тестування створеної інформаційної системи.

Розділ 1 Характеристика предметної області та постановка задачі

1.1 Аналіз предметної області

Захворювання очей є очними патологіями різного походження, що часто супроводжуються порушенням зорового аналізу, а також супроводжуються сприйняття, і знижують при цьому якість життя людини [1]. За винятками спадкових та вроджених хвороб очей, статистика проблем із зором говорить про значне погіршення стану порівняно з показниками 20-річної давності

Причини захворювання очей можуть бути досить різними. До таких причин відносять [1]:

- обтяжену спадковість;
- TORCH-інфекції та прийом препаратів, що здатні порушувати розвиток плоду під час вагітності;
- нехтування базовими правилами гігієни, аналогічно ігноруванню догляду за окулярами чи контактними лінзами;
- зниження імунітету;
- тривалий час та без перерв на зміну діяльності роботу чи розвагу за пристроями відеовиводу;
- хвороби, які впливають на функціонування зорового апарату, наприклад, артеріальна гіпертензія, наявність цукрового діабету 2-го типу, гіпертиреозу, ревматизму, ревматоїдного артрити чи туберкульозу;
- наявність алергії;
- механічні травми голови та очей;
- термічний, хімічний чи променевий впливи на тканини ока;
- онкологію.

Морфологічна класифікація хвороб очей наведена у таблиці 1.1 [1, 2].

Таблиця 1.1 – Морфологічна класифікація хвороб очей

Локалізація патології	Назва хвороби
Повіко	ячмінь, блефарит, заворіт/виворіт, птоз, трихіаз, набряк, спазм
Слізний апарат	дакріоцистит, дакріоаденіт, рак слізної залози
Кон'юнктива	сухість, кон'юнктивіт, ксерофтальмія, птеригіум, пінгвекул
Рогівка ока	астигматизм, кератит, більмо, дистрофія, кератоконус, виразка
Склера ока	склерит, епісклерит
Райдужна оболонка	іридоцикліт, аніридія, гетерохромія, полікорія, кіста
Зіниця ока	анізокорія, коректопія
Сітківка ока	ретинопатія, відшарування, дистрофія, ретиніт, розрив
Кришталік ока	вивих, афакія, колобома, катаракта, астигматизм
Макула	набряк, дистрофія, дегенерація, мембрана, отвір
Орбітальні тканини	целюліт, орбітопатія, пухлини
Очне яблуко	екзофтальм, контузія, розрив
Скловидне тіло	крововилив в склоподібне тіло, відшарування
Внутрішньоочні рідини	ендофтальміт
Судинна оболонка	ангіопатія, увеїт, панувеїт
Судини	оклюзії центральної вени та артерії сітківки
М'язи, апарат рефракції	косоокість, далекозорість, амбліопія, короткозорість, ністагм
Зоровий нерв	набряк, атрофія, глаукома, неврит, нейропатія, офтальмоплегія

Оскільки багато захворювань очей протікає латентно і викликає типові симптоми лише на пізніх стадіях, важливо хоча б раз на рік відвідувати

офтальмолога, щоб виявляти можливу хворобу очей на ранніх стадіях, коли це ще можливо лікувати.

На сьогоднішній день рання діагностика захворювання очей, здійснюється за допомогою апаратів УЗД, мікроскопів, аналізаторів, томографів, а також і комп'ютерних програм [3].

Вид діагностики зору, що відбувається за фотографічним зображенням ока, називається фундус-офтальмоскопія або ретинальна офтальмоскопія [4]. Даний метод діагностики використовує спеціальний інструмент під назвою офтальмоскоп, що потрібно для отримання зображення задньої частини ока, включно з сітківкою та зоровим нервом.

Під час фундус-офтальмоскопії, лікарем використовується більшість звичайних видів офтальмоскопів, які проєктують світло в око і збирають його для створення зображення. Зображення може бути збережене для майбутнього порівняння, або ж оброблене програмним забезпеченням, з метою виявлення будь-яких аномалій чи патологій в структурах ока, що можуть вказувати на проблеми зі здоров'ям зору.

Оскільки людське око не завжди здатне виконати точний аналіз зображення та ідентифікувати всі наявні дефекти, ці процеси потребують автоматизації, тому використання інформаційних технологій є доцільним.

1.2 Особливості застосування згорткових нейронних мереж для задач класифікації

Нейронні мережі вважаються найефективнішим способом для вирішення сучасних проблем ШІ [5]. Вони також є однією з особливо широко досліджених областей інформатики, та на сьогодні їх налічується доволі велика кількість. Існує декілька видів класифікацій нейронних мереж [6], одна з яких є за типом навчання (рисунок 1.1).

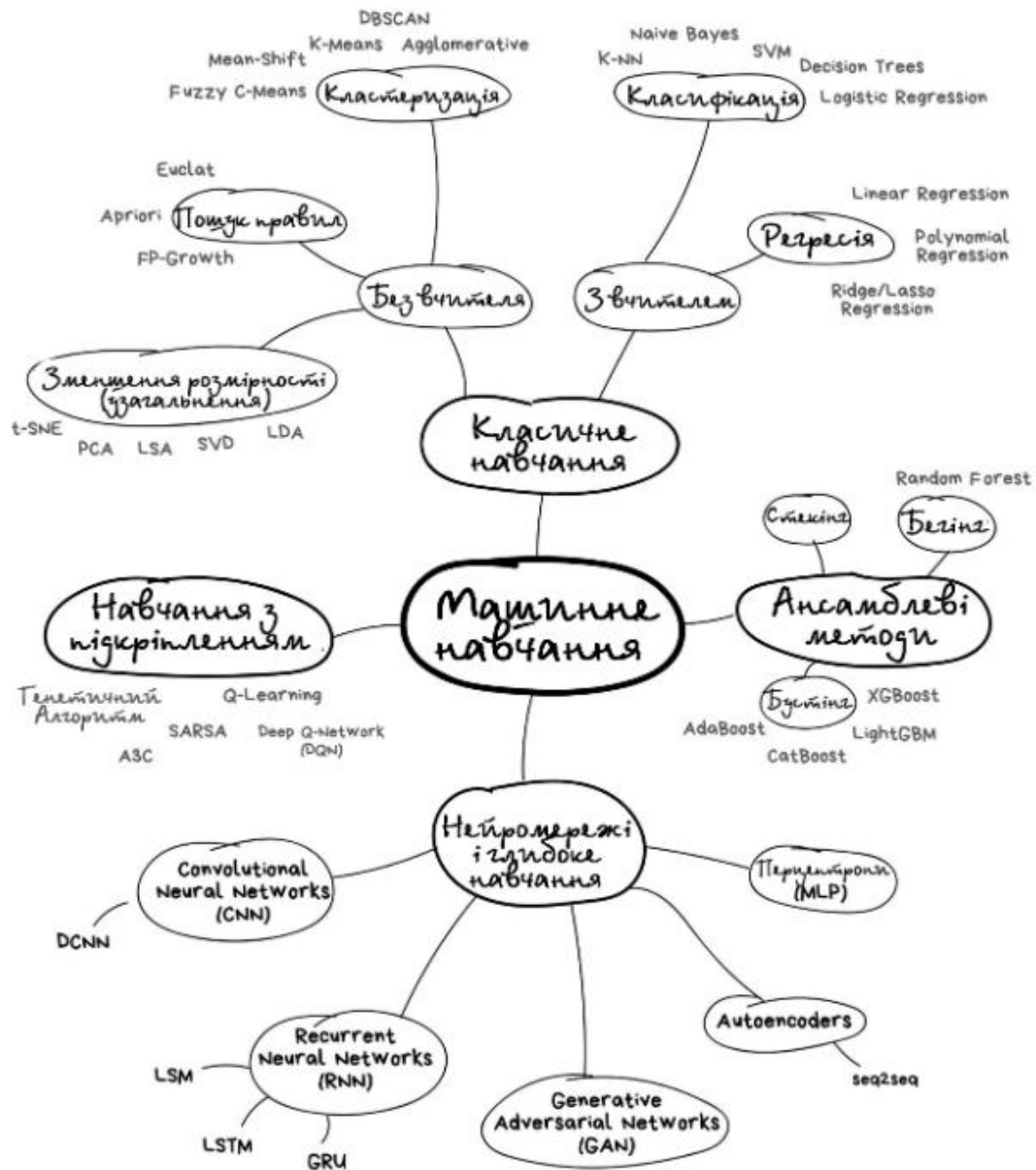


Рисунок 1.1 – Класифікація нейромереж за типом навчання [7]

Конкретні типи штучних нейронних мереж включають [8]:

1. Штучні нейронні мережі прямого поширення (Feedforward Neural Networks) характеризуються простою архітектурою нейромережі, де інформація передається в одному напрямку, слідуючи від входу до виходу через різні шари. FNN не мають циклів чи зворотних зв'язків і складаються з одного або кількох прихованих шарів [9].

Згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks) характеризуються архітектурою, розробленою спеціально для роботи з даними, що мають просторову структуру (наприклад, зображення). Вони використовують

згорткові шари для автоматичного виявлення особливостей зображень, замість ручного інженерного проектування особливостей [8].

Типова архітектура загорткової нейромережі зображена на рисунку 1.2.

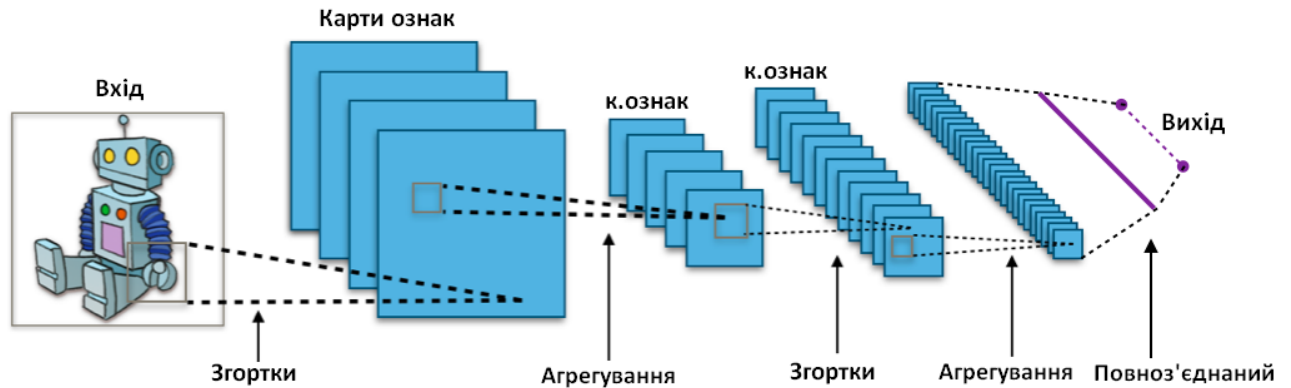


Рисунок 1.2 – Архітектура загорткової нейромережі [10]

Згортковий шар або Convolutional Layer є основним будівельним блоком згорткових нейронних мереж. Даний шар використовується для виявлення локальних особливостей та ознак у вхідних зображеннях [10].

У шарі згортки використовуються фільтри (ядро), що рухаються по вхідному зображенню та виконують операцію згортки. Під час виконання операції згортки фільтр буде застосовуватись до кожного невеликого регіону вхідного зображення, при цьому обчислюючи зважену суму значень пікселів. Це дозволяє виокремити локальні ознаки, такі як границі, кути, текстури тощо.

Шар агрегування (Pooling Layer) допомагає зменшити просторовий обсяг даних та підсилює виділені ознаки. Найпоширенішою операцією агрегування є операція пулінгу з використанням максимуму (Max Pooling), де обираються найбільші значення з певного регіону зображення, а решта значень викидаються. Це дозволяє знизити розмірність зображення, зберігаючи важливі ознаки.

Застосування таких шарів, як згортки та агрегування, дозволяють поетапно вилучати та абстрагувати відомості про об'єкти на зображенні, створюючи при цьому ієрархічні представлення ознак. Це допомагає забезпечити ефективну класифікацію зображень.

Рекурентні нейронні мережі (Recurrent Neural Networks) характеризуються архітектурою, призначена для роботи з послідовними даними, такими як текст чи часові ряди. Мають зворотні зв'язки, які дозволяють моделі "пам'ятати" інформацію з попередніх кроків, яка в свою чергу допомагає краще розуміти контекст.

Довга короткочасна пам'ять (Long Short-Term Memory) є різновидом рекурентної нейромережі, що вирішує проблему затухання градієнта, що виникає при навчанні традиційних RNN. LSTM має свою спеціальну структуру вузлів, що дозволяють моделі "пам'ятати" або ж "забувати" інформацію протягом тривалого періоду часу.

Мережі згорткового автоенкодера (Convolutional Autoencoders) є нейромережами, що навчаються кодувати вхідні дані в компактне представлення, а потім з цього представлення реконструюють вихідні дані [8].

CNN на відміну від інших видів нейромереж для класифікування зображень характеризуються використовують порівняно малого обсягу попередньої обробки. Це означає, що нейромережа сама навчається фільтрів, які в традиційних алгоритмах машинного навчання конструювали вручну. Ця незалежність у процесі конструювання ознак щодо апріорних знань та людських зусиль є значною перевагою [11].

Вони використовуються для пошуку об'єктів на фото і відео, розпізнавання осіб, перенесення стилю, генерації і домальовування зображень, створення ефектів типу слоу-мо і поліпшення якості фотографій. Сьогодні CNN застосовують всюди, де є картинки або відео.

Зокрема, використання згорткових нейронних мереж може бути корисним для діагностування різних захворювань ока, таких як глаукома, діабетична ретинопатія, макулярна дегенерація та інші. Перераховані захворювання можуть виявлятися на фотозображеннях ока, що робить згорткову нейромережу ефективним інструментом для їх діагностики.

1.3 Аналіз існуючих рішень для подібних задач

З вищесказаного, тема діагностування хвороб ока за їх зображеннями є актуальною, і має різноманітні програмні реалізації. Однією із програмних реалізацій є застосування «EyeQue» [12].

EyeQue є компанією, що пропонує різноманітні рішення для самостійного вимірювання зору, а також його контролю зору за допомогою мобільних пристроїв. Одним із їх основних продуктів є EyeQue Vision Monitoring Kit, який дозволяє користувачам перевіряти свій зір безпосередньо вдома. Інтерфейс застосування зображено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Інтерфейс програми EyeQue [13]

EyeQue Vision Monitoring Kit складається з двох основних компонентів: EyeQue Insight, що пристосований для вконання дослідження ближнього зору та зіниць, і EyeQue Personal Vision Tracker, що забезпечує контроль за далекозорістю та вимірює сферу, циліндр та вісь очей. Комплект також містить спеціальні прилади для смартфона, що призначені для вимірювання та детальних інструкцій щодо використання.

Після отримання EyeQue Vision Monitoring Kit користувачі можуть завантажити застосування EyeQue на свій смартфон та створити свій особистий обліковий запис. Потім, за допомогою приладів та застосування, користувачі

можуть проводити регулярні вимірювання зору, зберігати результати та відстежувати їх динаміку з часом.

EyeQue також пропонує можливість використання своїх продуктів у вигляді онлайн-послуги. Користувачі можуть завантажити фотографії зі своїх вимірювань на вебпортал EyeQue та отримати детальну інформацію щодо свого зору, включаючи значення сфери, циліндра, осі та інших важливих параметрів.

Ще однією із практичних реалізацій за напрямком кваліфікаційної роботи бакалавра є система скринінгу очей зі штучним інтелектом «EyeArt» [14]

Система EyeArt є найбільшою широко перевіреною технологією штучного інтелекту для автономного виявлення діабетичної ретинопатії, що протестована в реальних умовах більш ніж на півмільйоні пацієнтів і майже двох мільйонах зображень сітківки по всьому світу. Інтерфейс програми зображено на рисунку 1.4.

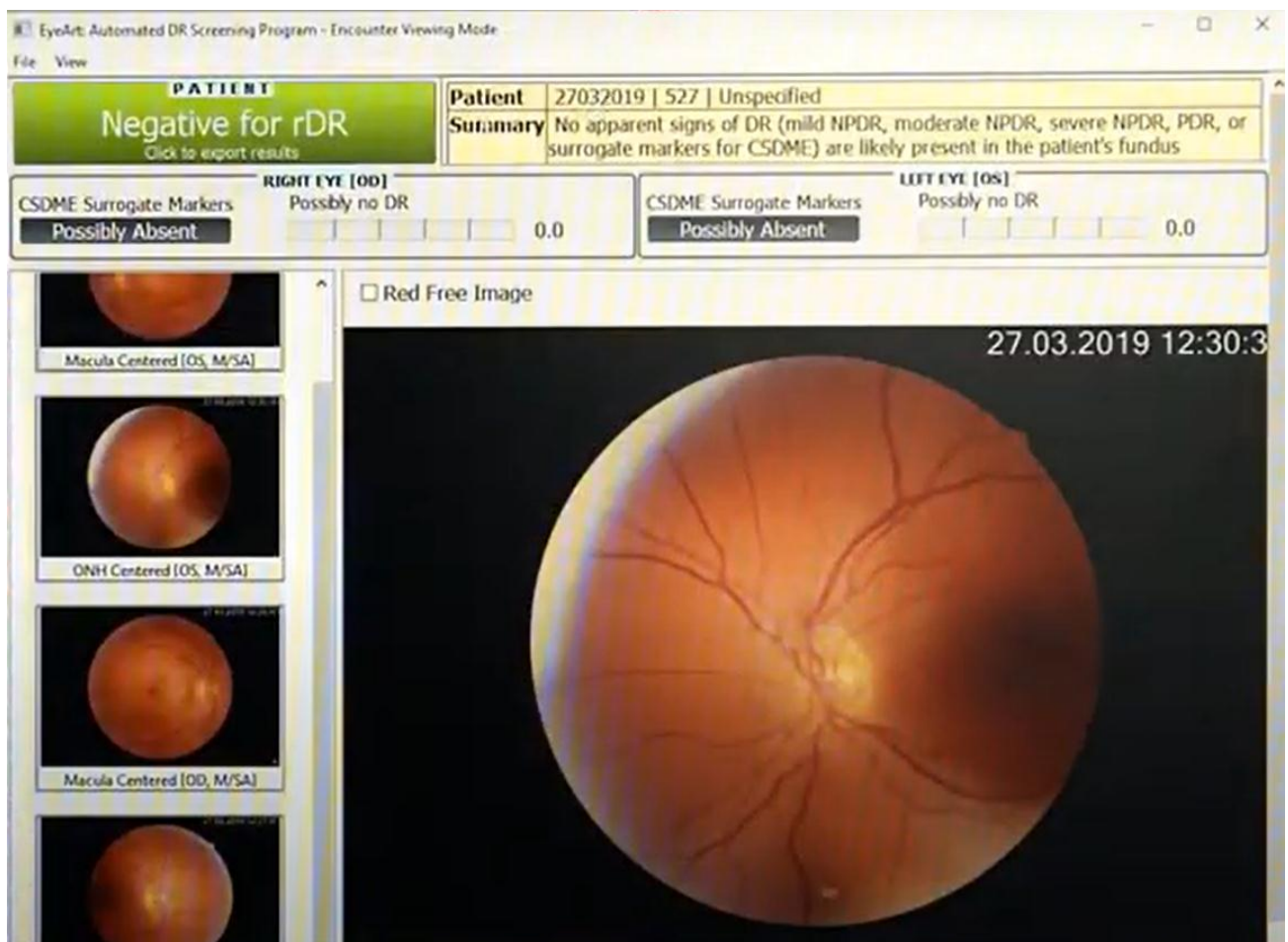


Рисунок 1.4 – Інтерфейс програми «EyeArt AI» [14]

Пропонована система скринінгу очей «EyeArt AI» робить можливим скринінг діабетичної ретинопатії в клініці в режимі реального часу. Це може бути корисно для лікарів первинної медико-санітарної допомоги, діабетичних центрів і кабінетів оптометрії, що дозволить лікарям швидко та точно виявляти пацієнтів з діабетичною ретинопатією, що підлягають регулярному напрямку пацієнта з діабетом.

Програмний продукт EyeChecker є системою ранньої діагностики на основі штучного інтелекту, призначена для швидкого аналізу захворювань сітківки на кольорових зображеннях очного дна [15].

Ця технологія використовує штучний інтелект для автоматичного виявлення аномалій і патологічних змін у структурі очного дна, зокрема на сітківці. Вона дозволяє швидко скринінгувати великий обсяг зображень очних ділянок та автоматично виділяти потенційно проблемні області для подальшого аналізу офтальмологом. Інтерфейс зображено на рисунку 1.5.

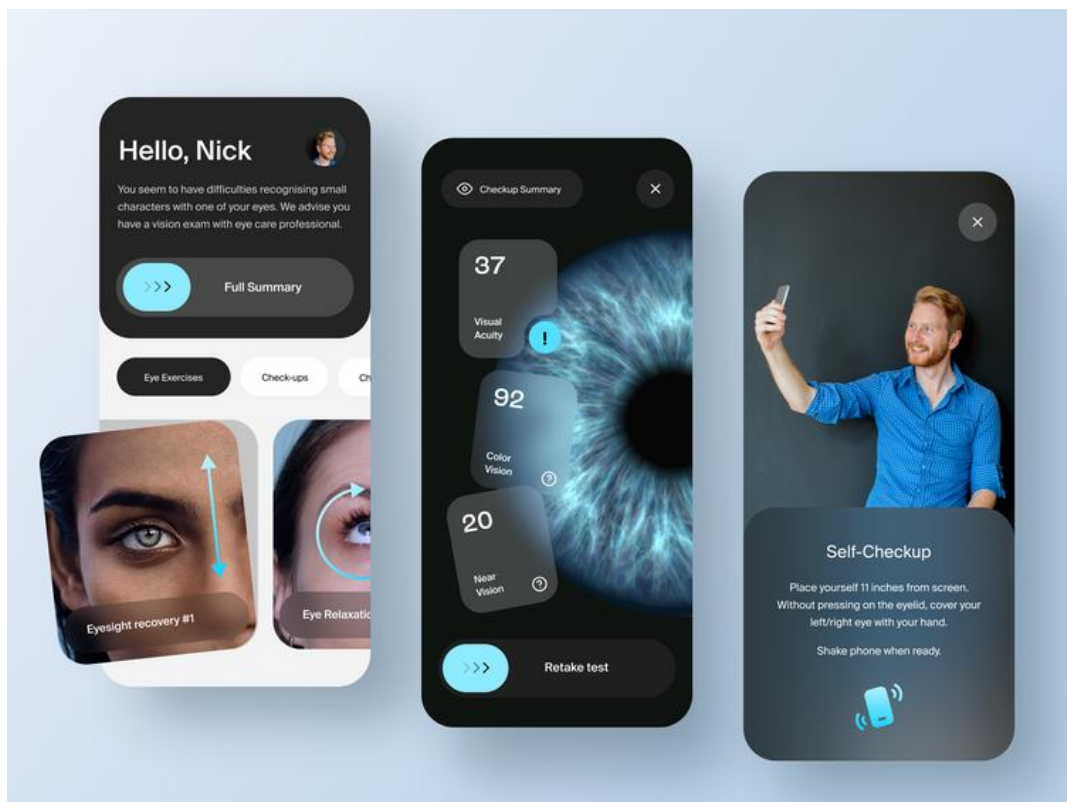


Рисунок 1.5 – Інтерфейс програми [16]

EyeCheckup допомагає спростити процес діагностики ока, візуалізуючи аномалії при близько 20 різних захворюваннях, включаючи діабетичну ретинопатію, вікову дегенерацію жовтої плями, глаукому, закупорку вен сітківки та катаракту. Вона надає медичним фахівцям, зокрема офтальмологам, додаткову інформацію і підтримку при постановці діагнозу та прийнятті рішень щодо лікування.

EyeCheckup працює в хмарному середовищі, що дозволяє завантажувати фотографії очних ділянок та отримувати швидкі та точні результати аналізу захворювань. Це забезпечує зручний та ефективний спосіб скринінгування очей та направлення пацієнтів з патологічними змінами до офтальмолога для подальшого обстеження та лікування.

Дослідження, проведені [17] показують, що принаймні 2,2 мільярда людей у світі мають деякі порушення зору або ж сліпоту. Поширеність у людей станів, що прогресують до сліпоти, якій можна запобігти є досить високою. Стає доступною все більше і більше загальнодоступних наборів даних, проте практичне застосування нейромереж глибокого навчання в клінічній практиці є все ще відкритою проблемою. Науковцями було створено практичну придатну модель, яка ідентифікує «рекомендовані» розлади сітківки, що можна лікувати або ж знаходяться на стадії, достатньо прогресуючій для початку лікування, на відміну від розладів на занадто ранній стадії, які не потребують лікування.

У проведеному дослідженні науковці досліджували використання методології глибокої згорткової нейронної мережі для автоматичної класифікації захворювань очей за кольоровими зображеннями очного дна. Більше 10 захворювань сітківки були ефективно класифіковані за допомогою запропонованої моделі. Пропонований спосіб апробований з використанням публічного набору даних та набору даних EyeCheckup, який був створений авторами. Пропонована модель глибокого навчання досягнула точності 0,86 з тестовим набором даних.

Отже, зважаючи на те, що наявні програмні продукти усі є комерційними й наявні напрямки подальшої роботи, подальші дослідження проблем

автоматизації діагностування хвороб очей за їх фотозображеннями є актуальним напрямком.

1.4 Мета, задачі та вимоги до реалізації програмної системи

Метою роботи є розробка та програмна реалізація методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею, для чого слід вирішити наступні задачі:

- розробити метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею;
- розробити архітектуру нейронної мережі для діагностування хвороб ока за їх зображеннями;
- спроектувати структуру інформаційної системи діагностування хвороб ока й структуру відповідної БД;
- виконати вибір метрик оцінки нейромережі;
- виконати програмну реалізацію інформаційної системи діагностування хвороб ока;
- провести тестування створеної інформаційної системи.

Розроблюваний метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею має забезпечувати перетворення набору зображень для навчання нейромережі та зображення для класифікації хвороб ока у числову оцінку наявності кожної з хвороб.

1.5 Висновки до розділу 1

Під час виконання аналізу предметної області було визначено, що одним з основних критеріїв класифікації хвороб ока є візуальні ознаки хвороби, такі як зміни в очах, які можуть бути помічені під час офтальмологічного обстеження.

Оскільки людське око не завжди здатне виконати точний аналіз зображення та ідентифікувати всі наявні дефекти, а отже, такі процеси

потребують автоматизації, тому використання інформаційних технологій є доцільним.

Встановлено, що використання згорткових нейронних мереж може бути корисним для діагностування різних захворювань ока, таких як: глаукома, діабетична ретинопатія, макулярна дегенерація та інші. Вищенаведені захворювання можуть виявлятися на фотозображеннях ока, що робить згорткову нейромережу ефективним інструментом для їх діагностики.

Беручи до уваги той факт, що наявні програмні продукти усі є комерційними, розробки та подальші дослідження проблем діагностування хвороб очей за їх фотозображеннями є актуальним напрямком подальших досліджень. Тому було поставлено задачу розробки методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею, який призначений для перетворення набору зображень для навчання нейромережі та зображення для класифікації хвороб ока у числову оцінку наявності кожної із хвороб.

Розділ 2 Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейронною мережею

2.1 Схеми та кроки методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

Загальна схема та кроки методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями показана на рисунку 2.1

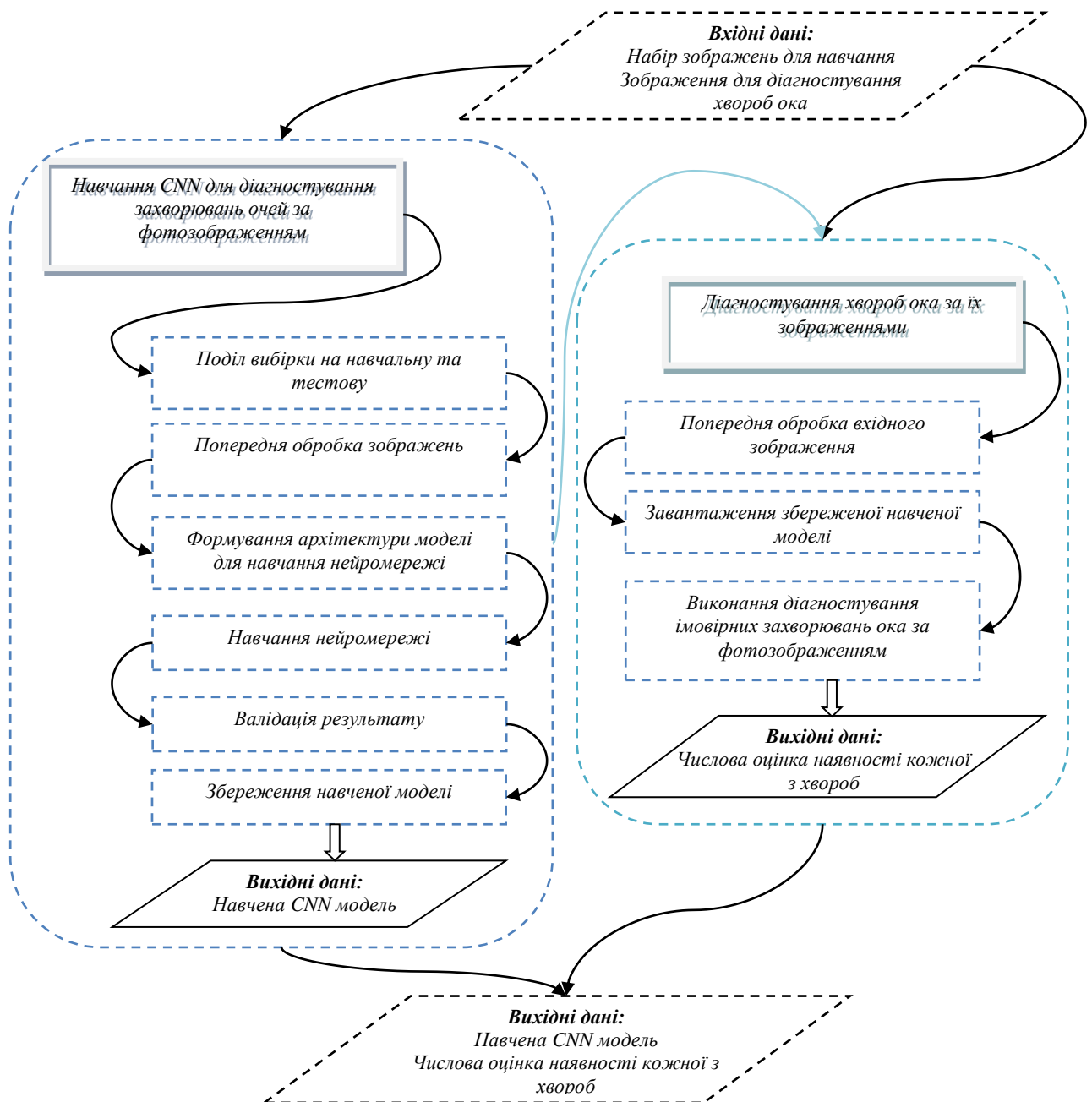


Рисунок 2.1 – Схеми методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями

Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею призначений для перетворення вхідних даних у вигляді набору зображень для навчання нейромережі та зображення для класифікації хвороб ока у вихідні дані навченої CNN моделі та числової оцінки наявності кожної з хвороб.

У якості набору зображень для навчання повинна бути використана вибірка із достатньою кількістю розмічених навчальних образів. Пропонований метод передбачає класифікацію таких основних захворювань:

- Наявність або відсутність захворювання сітківки очей. Значення 1 вказує на наявність захворювання, а значення 0 – на його відсутність.
- Ризик захворювання діабетичною ретинопатією. Значення 1 вказує на високий ризик, а значення 0 – на низький ризик.
- Наявність альтернативної форми мокрої форми вікової макулярної дегенерації. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.
- Наявність макулярної дірки. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.
- Наявність діабетичної нейропатії. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.

В рамках роботи метода першим кроком є навчання нейромережі. Вхідними даними даного кроку є набір розмічених зображень для навчання, а вихідними – навчена нейромережева модель, що вміє здійснювати мультикласову класифікацію.

Під час навчання нейромережі, підкроком першого кроку є поділ вибірки на навчальну та тестову. Далі відбувається процес попередньої обробки зображень для початку навчання нейромережі, що включає в себе перетворення всіх наявних зображень до одного розміру – 224 на 224.

Наступним підкроком є формування архітектури моделі для навчання нейромережі. Зважаючи на великі обсяги даних та потребу у мультикласовій класифікації, модель буде мати 11 шарів.

Після обрання архітектури, запропонована модель буде навчена на 10-и епохах, після завершення яких буде виведено статистику навчання нейромережі та її оцінку.

Навчена модель буде збережена та використана для другого кроку – діагностування хвороб ока за їх зображеннями.

У межах другого кроку буде завантажено результуючу збережену нейромережеву модель, на вхід якої буде подано попередньо оброблене зображення, яке потрібно класифікувати. У якості вихідних даних другого кроку виступають числові оцінки приналежності завантаженого зображення до класів, з якими працює нейронна мережа.

Отже, згорткові нейромережі здатні вчитися на основі великої кількості зображень та виконувати класифікацію хвороб ока за зображенням з високою точністю. Таким чином, реалізація методу діагностики хвороб ока, що призначений для перетворення вхідних даних у вигляді розміченого набору зображень для навчання нейромережі та зображення для класифікації хвороб ока у вихідні дані у формі навченої CNN моделі та числової оцінки наявності кожної з хвороб, може значно поліпшити процес діагностики та допомогти лікарям швидко та точно визначити захворювання ока.

2.2 Розробка архітектури нейронної мережі для діагностування хвороб ока

Для діагностування хвороб ока було запропоновано архітектуру нейромережі, що зображена на рисунку 2.2. Вхідними даними є пакет зображень для навчання нейромережі, а вихідними – побудована модель мультикласової багатолейблової класифікації.

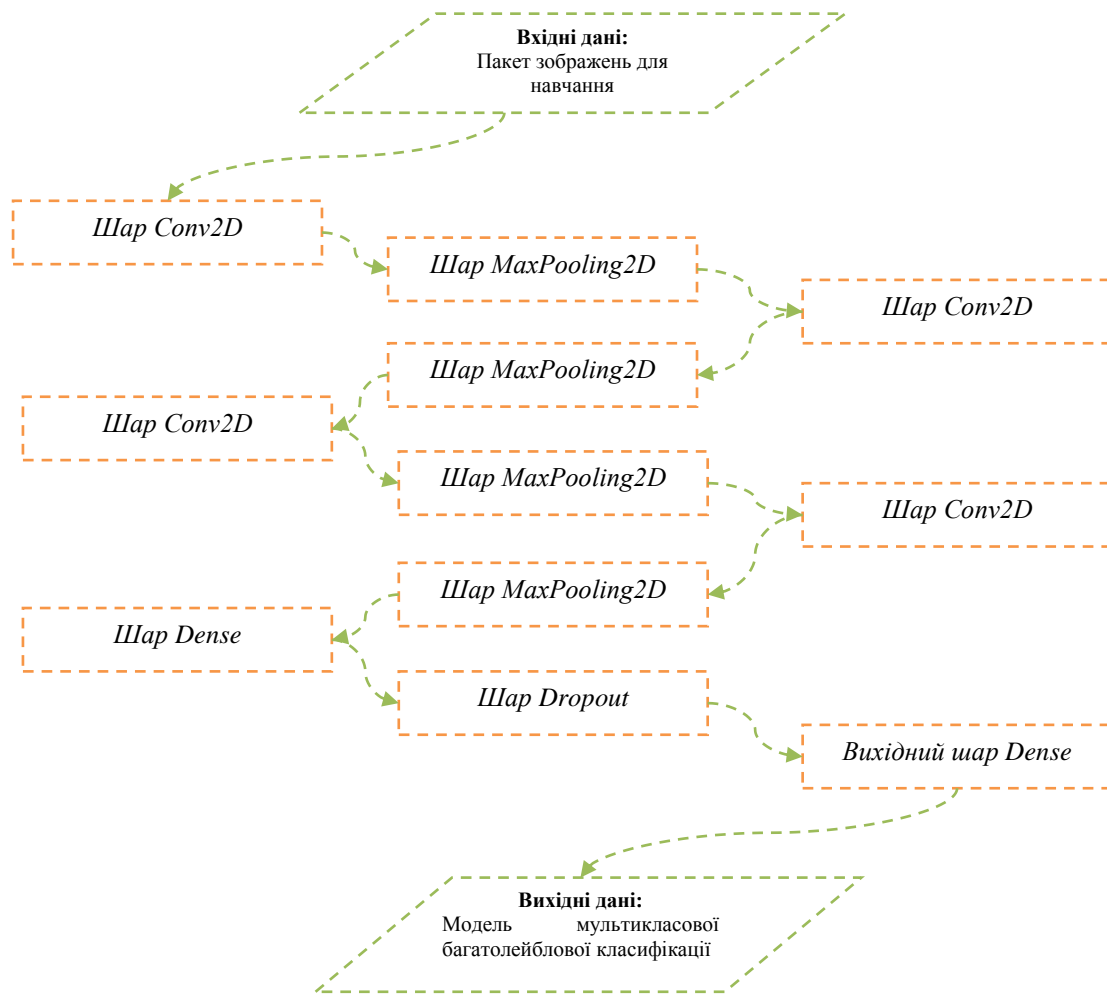


Рисунок 2.2 – Схема архітектури нейронної мережі

Пропонована модель мультикласової багатокласової класифікації є згортковою нейронною мережею, що призначена для класифікації зображень за п'ятьма класами. Основні компоненти моделі включають:

- Чотири шари згортки (Conv2D) із різною кількістю фільтрів та розмірами ядер. Кожен шар згортки використовує функцію активації ReLU для виявлення різних ознак у зображеннях.

- Чотири шари пулінгу (MaxPooling2D), що слугують для зменшення розмірності зображення та виділення найважливіших ознак.

- Повнозв'язаний шар (Dense) із 512 нейронами та функцією активації ReLU, що дозволяє наявній моделі виконувати абстрактне узагальнення ознак.

- Шар Dropout, що відповідає за запобігання перенавчанню, тому випадковим чином вимикає 50% нейронів.

– Вихідний шар з 5 нейронами та функцією активації sigmoid, яка видає ймовірності належності зображення до кожного з 5 класів.

Отже, запропоновано архітектуру нейромережі, що призначена для діагностування хвороб ока. Відповідно до неї, вхідними даними запропонованої нейромережі є пакет зображень для навчання, а вихідними – побудована модель мультикласової багатолейблової класифікації.

2.3 Підготовка робочих вхідних даних для системи

Відповідно до Всесвітньої доповіді ВООЗ про зір за 2019 рік, кількість людей з порушеннями зору в усьому світі оцінюється не менш як у 2,2 мільярда осіб, з яких не менше 1 мільярда мають порушення зору, що можна було б запобігти або які ще є можливість вирішити [18]. Світ стикається зі значними проблемами в галузі догляду за очима, включаючи нерівність у охопленні та якості послуг з профілактики, лікування та реабілітації. Раннє виявлення та діагностика очних патологій може дозволити запобігти погіршенню зору.

Тому було створено набір зображень очного дна сітківки людського ока з множинними захворюваннями (RFMiD), що складається в цілому з 3200 зображень очного дна, отриманих за допомогою трьох різних камер очного дна, з 46 станами, анотованими на основі узгодженого рішення двох старших експертів з сітківці.

Приклад зображень з датасету зображено на рисунку 2.4.

Датасет містить зображення, що мають маркування за 24-ма маркерами, найпоширенішими з яких є:

– Disease_Risk: цей клас вказує на наявність або відсутність захворювання сітківки очей. Значення 1 вказує на наявність захворювання, а значення 0 – на його відсутність.

– DR: цей клас вказує на ризик захворювання діабетичною ретинопатією. Значення 1 вказує на високий ризик, а значення 0 – на низький ризик.

– ARMD: цей клас вказує на наявність альтернативної форми мокрої форми вікової макулярної дегенерації. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.

– MH: цей клас вказує на наявність макулярної дірки. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.

– DN: цей клас вказує на наявність діабетичної нейропатії. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.

– MYA: цей клас вказує на наявність макулярного аденоїдного росту. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.

– BRVO: цей клас вказує на наявність гілкової вени сітківки. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.

– TSLN: цей клас вказує на наявність прозорого склерального нерва. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.

Отже, обраний датасет буде використано для навчання згорткової нейронної мережі для діагностування хвороб ока.

2.4 Проектування структури інформаційної системи діагностування патологій очей

На основі методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею, спроектовано структуру інформаційної системи діагностування патологій очей, що зображена на рисунку 2.6.

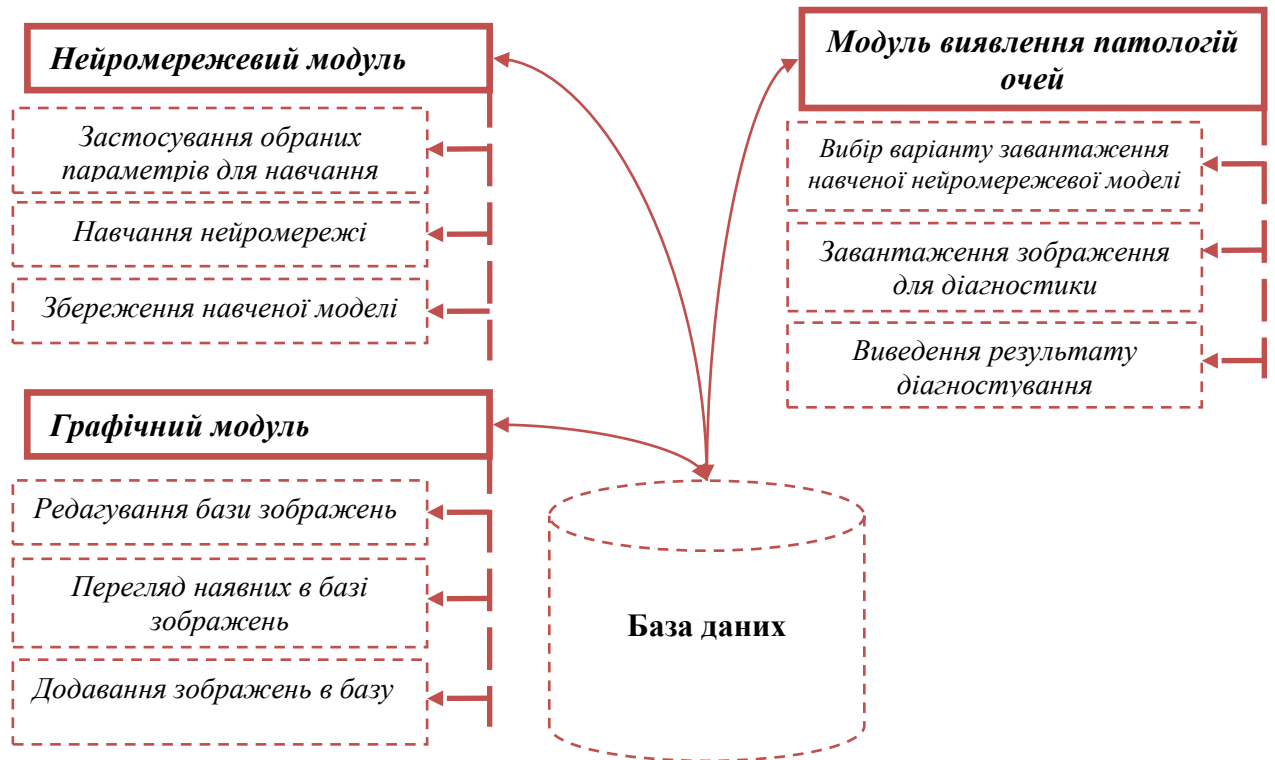


Рисунок 2.6 – Структура інформаційної системи діагностування патологій очей

Інформаційна система діагностування патологій очей складається з трьох основних модулів: нейромережевого модуля, графічного модуля та модуля виявлення патологій очей.

Головним модулем є модуль виявлення патологій очей, що призначений для діагностування очей за фотографічним зображенням очного дна пацієнта. Оскільки у одного пацієнта може бути одразу декілька захворювань очей, в рамках діагностування вирішується задача мультілейблової мультікласової класифікації. Функціями модуля є вибір варіантів навченої нейронної мережі, якою буде проводитись класифікація, можливість завантаження власного зображення очного дна для діагностування. Виведення результатів опрацювання навченою моделлю нейромережі обраного фото із зазначеним результатом імовірної наявності чи відсутності патологій.

Нейромережевий модуль призначений для тренування та збереження навчених варіантів нейромереж. Серед функцій є вибір користувацьких параметрів навчання нейромережі (кількість епох, навчальна вибірка, розмір

батча). Також основною функцією є навчання та оцінка результату навченої нейромережі для класифікації зображень на наявність патологій. Після навчання модель буде збережено у базу.

Графічний модуль призначений для роботи з базою зображень. Серед основних функцій є можливість редагування бази зображень, видалення обраного зображення з бази та видалення відповідної стрічки-запису кодування міток. Додавання нового зображення та додавання відповідних міток. Перегляд наявних у базі зображень, із мітками наявності захворювань, що підлягають класифікації.

Проміжною ланкою у структурі системи є база даних, яка зберігає в собі відомості про нейронну мережу, навчені моделі з параметрами, базу фотографічних зображень з файлом розмітки.

Отже, для методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею, що призначений для перетворення вхідних даних у якості набору зображень для навчання нейромережі та зображення для класифікації хвороб ока у вихідні дані навченої CNN моделі та числової оцінки наявності кожної з хвороб, було спроектовано відповідну структуру інформаційну систему діагностування патологій очей.

2.5 Даталогічна модель бази даних інформаційної системи діагностування хвороб ока

Для прикладної реалізації методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею необхідно створити відповідну базу даних. Для навчання згорткової нейромережі потрібна велика кількість адекватних та репрезентативних даних. Також БД дозволяє провести тестування та оцінку продуктивності нейромережі. Використання незалежного набору даних для тестування дозволяє оцінити, наскільки добре модель здатна узагальнювати та класифікувати нові зображення хвороб ока. Це допомагає виявити потенційні проблеми та покращити продуктивність моделі.

Створення бази даних з зображеннями хвороб ока також сприяє обміну знаннями та дослідженнями в галузі діагностики ока. База даних може стати цінним ресурсом для вчених, медичних фахівців та розробників, які працюють у цій області. Вона може служити основою для нових досліджень, порівняння результатів та розробки нових методів діагностики.

На рисунку 2.7 наведено схему бази даних методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею за реалізованими таблицями та зв'язками між ними.

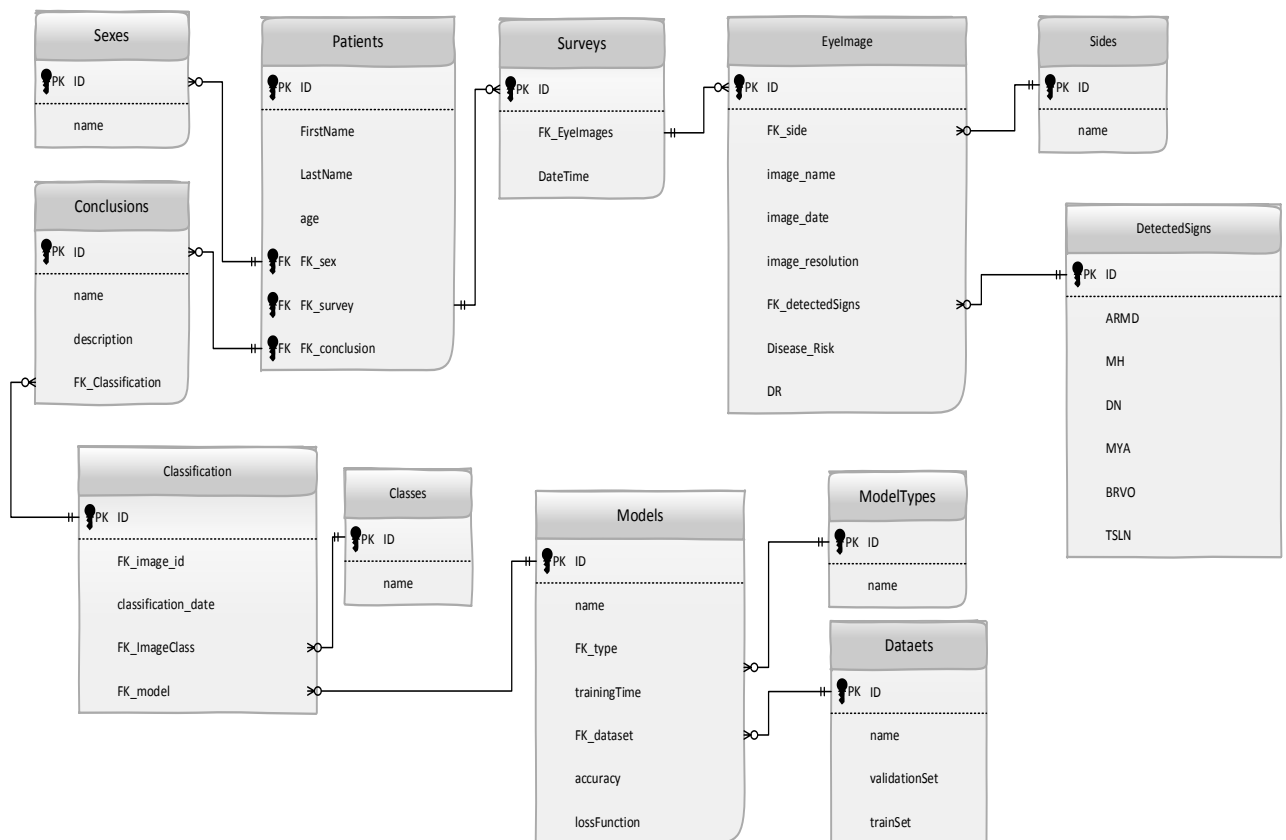


Рисунок 2.7 – Схема бази даних методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

Таблиця «Patients» (таблиця 2.1) містить інформацію про пацієнтів, що проходять обстеження очного дна, містить наступну інформацію: прізвище та ім'я пацієнта, вік, стать, посилання на відповідний запис дослідження та висновок, сформований за результатами роботи нейромережі.

Таблиця 2.1 – Атрибути таблиці «Patients»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	FirstName	varchar(50)	Ім'я пацієнта, що проходять обстеження.
3.	LastName	varchar(50)	Прізвище пацієнта, що проходять обстеження.
4.	age	int	Вік пацієнта, що проходять обстеження.
5.	FK_sex	int	Вторинний ключ, посилання на відповідний запис таблиці «Sexes» для співставленням із відповідним записом про стать пацієнта, що проходить обстеження.
6.	FK_survey	int	Вторинний ключ, посилання на відповідний запис таблиці «Surveys» для співставленням із відповідним записом про дослідження, що проводилось.
7.	FK_conclusion	int	Вторинний ключ, посилання на відповідний запис таблиці «Conclusions» для співставленням із відповідним записом про висновок, сформований в результаті роботи нейромережевого програмного застосунку.

Таблиця «Sexes» (таблиця 2.2) містить інформацію про назви статей пацієнтів.

Таблиця 2.2 – Атрибути таблиці «Sexes»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	name	varchar(50)	Назва статі пацієнта, що проходить обстеження.

Таблиця «Conclusions» (таблиця 2.3) містить інформацію про висновки обстежень пацієнтів, містить наступну інформацію: повну назву захворювання, опис захворювання та результат роботи нейромережі – згенерований висновок.

Таблиця 2.3 – Атрибути таблиці «Conclusions»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	name	varchar(50)	Повна назва виявленого захворювання пацієнта.
3.	description	text	Детальний опис виявленого захворювання пацієнта.
4.	FK_Classification	int	Вторинний ключ, посилання на відповідний запис таблиці «Classification» для співставлення із відповідним записом про висновок, сформований в результаті роботи нейромережевого програмного застосування.

Таблиця «Surveys» (таблиця 2.4) містить інформацію про обстеження очного дна, що проводяться.

Таблиця 2.4 – Атрибути таблиці «Surveys»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	FK_EyeImage	int	Вторинний ключ, посилання на відповідний запис таблиці «EyeImages» для співставлення із відповідним записом про зображення очного дна пацієнта.
3.	DateTime	datetime	Дата й час проведення обстеження.

Таблиця «EyeImage» (таблиця 2.5) містить інформацію про зображення очного дна, що досліджуються, зокрема таблиця містить поля для збереження: сторони розташування ока пацієнта, назви зображення, дати й часу здійснення фото, розширення зображення та ознак, що були класифіковані програмним застосунком.

Таблиця 2.5 – Атрибути таблиці «EyeImage»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	FK_Side	int	Вторинний ключ, посилання на відповідний запис таблиці «Sides» для співставлення із відповідним записом про положення ока.
3.	Image_name	varchar(50)	Назва зображення очного дна пацієнта.
4.	Image_date	datetime	Дата й час зйомки зображення очного дна пацієнта.
5.	Image_resolution	int	Розширення зображення очного дна пацієнта.
6.	FK_detectedSigns	int	Вторинний ключ, посилання на відповідний запис таблиці «DetectedSigns» для співставлення із відповідним записом про положення ока.
7.	Disease_risk	double	Значення показника, що вказує на наявність або відсутність захворювання сітківки очей. Значення 1 вказує на наявність захворювання, а значення 0 – на його відсутність.
8.	DR	double	Значення показника, що вказує на ризик захворювання діабетичною ретинопатією. Значення 1 вказує на високий ризик, а значення 0 – на низький ризик.

Таблиця «Sides» (таблиця 2.6) містить інформацію про сторони розташування ока пацієнта

Таблиця 2.6 – Атрибути таблиці «Sides»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	name	int	Назва сторони розташування ока пацієнта.

Таблиця «DetectedSigns» (таблиця 2.7) містить інформацію про значення класифікованих лейблів на зображеннях. Таблиця містить поля відповідні до назв класифікаторів.

Таблиця 2.7 – Атрибути таблиці «DetectedSigns»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	ARMD	int	Параметр, що вказує на наявність альтернативної форми мокрої форми вікової макулярної дегенерації. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.
3.	MH	int	Параметр, що вказує на наявність макулярної дірки. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.
4.	DN	int	Параметр, що вказує на наявність діабетичної нейропатії. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.
5.	MYA	int	Параметр, що вказує на наявність діабетичної нейропатії. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.
6.	BRVO	int	Параметр, що вказує на наявність гілкової вени сітківки. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.
7.	TSLN	double	Параметр, що вказує на наявність прозорого склерального нерва. Значення 1 вказує на наявність, а значення 0 – на відсутність.

Таблиця «Classification» (таблиця 2.8) містить інформацію про здійснені розпізнавання захворювань на фотографічних зображеннях очного дна пацієнтів.

Таблиця 2.8 – Атрибути таблиці «Classification»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	FK_imageID	int	Вторинний ключ, посилання на таблицю «EyeImages» для співставлення із відповідним записом зображення.
3.	classificationDate	int	Дата й час аналізу зображення очного дна пацієнта.
4.	FK_imageClass	int	Вторинний ключ, посилання на таблицю «Classes» для співставлення із відповідним записом про назву класифікованого захворювання.
5.	FK_model	int	Вторинний ключ, посилання на таблицю «Models» для співставлення із відповідним записом про нейромережеву модель.

Таблиця «Classes» (таблиця 2.9) містить інформацію про назви захворювань, що можуть бути класифіковані нейромережею.

Таблиця 2.9 – Атрибути таблиці «Classes»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	name	varchar(50)	Назва захворювання.

Таблиця «Models» (таблиця 2.10) містить інформацію про нейромережеві моделі та їх властивості, що можуть бути застосовані під час проведення діагностування захворювань очного дна пацієнтів.

Таблиця 2.10 – Атрибути таблиці «Models»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	name	varchar(50)	Назва нейромережевої моделі.
3.	FK_type	int	Вторинний ключ, посилання на таблицю «ModelTypes» для співставлення із відповідним записом про тип моделі нейронної мережі.
4.	FK_dataset	int	Вторинний ключ, посилання на таблицю «Datasets» для співставлення із відповідним записом про датасет, що використовувався для навчання.
5.	trainingTime	datetime	Дата й час проведення навчання нейромережі.
6.	accuracy	double	Значення отриманого параметру «Accuracy».
7.	lossFunction	double	Значення отриманого параметру «Loss Function».

Таблиця «ModelTypes» (таблиця 2.11) містить інформацію про типи нейромережевих моделей.

Таблиця 2.11 – Атрибути таблиці «Models»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	name	varchar(50)	Назва типу нейромережевої моделі.

Таблиця «Datasets» (таблиця 2.12) містить інформацію про набори даних, що можуть бути використані для навчання.

Таблиця 2.12 – Атрибути таблиці «Datasets»

№ п/п	Назва атрибуту	Тип даних	Опис
1.	id	int	Первинний ключ, числовий ідентифікатор для однозначного визначення запису таблиці.
2.	name	varchar(50)	Назва типу нейромережевої моделі.
3.	validationSet	int	Вага вибірки для валідації, Мб.
4.	trainSet	int	Вага вибірки для навчання, Мб.

Таким чином, було створено базу даних для програмного застосування на основі методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею, створено відповідні таблиці та зв'язки між ними. Таблиці було заповнено початковими даними.

2.6 Вибір метрик оцінки точності нейромережевої класифікації для діагностування хвороб ока

Важливо обирати метрики оцінки точності залежно від конкретної задачі, адже це є важливо з наступних причин. Кожна задача має свої унікальні цілі і

вимоги. Вибір вірних метрик допомагає спрямувати увагу на ключові аспекти цих цілей. Наприклад, якщо мета полягає в максимізації точності, то метрика Accuracy є відповідною. Якщо ціль полягає в уникненні помилкових позитивних результатів, то метрика Precision є більш доцільною та ілюстративною [19].

Різні додатки можуть мати різні вимоги щодо продуктивності моделі. Наприклад, у випадку медичних діагнозів можуть бути важливі висока чутливість і специфічність, щоб уникнути помилкових діагнозів. У випадку систем рекомендацій можуть бути важливими метрики, які відображають точність рекомендацій користувачам.

Вибір вірних метрик також залежить від контексту даних, які використовуються для навчання і оцінки моделі. Якщо дані незбалансовані, деякі метрики, такі як F1-оцінка, можуть бути більш відповідними, оскільки вони враховують як помилки «false positive», так і «false negative» [20].

Для валідації моделі методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею було використано параметр Accuracy та Loss Function.

Accuracy (точність) – це метод вимірювання продуктивності класифікаційної моделі. Зазвичай параметр виражається у відсотках. Крім того, це кількість прогнозів, в яких передбачене значення дорівнює істинному значенню. Accuracy є бінарним параметром (істина/хибність) для конкретної вибірки [21]. Також часто відображається на графіку і відстежується на етапі навчання, хоча це значення часто пов'язане із загальною або кінцевою точністю моделі.

Функція втрат (loss function), також відома як функція витрат (cost function), враховує ймовірність або невизначеність прогнозу на основі того, наскільки прогноз відрізняється від істинного значення. Це дає більш детальне уявлення про те, наскільки добре працює модель [22].

На відміну від точності, втрата – це не відсоток, а сума помилок, допущених для кожної вибірки в навчальній або валідаційній вибірці. Втрати часто використовуються в процесі навчання для пошуку «найкращих» значень

параметрів моделі (наприклад, ваг у нейронній мережі). В процесі навчання метою є мінімізація цього значення.

Найпоширенішими функціями втрат є \log -loss і cross-entropy loss (які дають однаковий результат при обчисленні рівня помилки від 0 до 1), а також середньоквадратична помилка і ймовірнісна втрата.

На відміну від точності, втрати можуть використовуватися як в задачах класифікації, так і в задачах регресії.

Для реалізації методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею було обрано параметри Accuracy та Loss Function, адже вони є стандартними метриками, які широко використовуються в галузі машинного навчання і нейромережових моделях. Вони дозволяють порівнювати результати між різними моделями та підходами. Дані метрики є загальними і прийнятними у багатьох випадках, що спрощує порівняння результатів досліджень, зокрема діагностуванні хвороб ока.

2.7 Висновки до розділу 2

Було розроблено метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею, який призначений для перетворення вхідних даних у формі набору зображень для навчання нейромережі та зображення для класифікації хвороб ока у вихідні дані навченої CNN моделі та числової оцінки наявності кожної з хвороб та може поліпшити процес діагностики та допомогти лікарям швидко та точно визначити захворювання ока.

У рамках розробки методу запропоновано архітектуру нейромережі, що призначена для діагностування хвороб ока. Вхідними даними для запропонованої нейромережі є пакет зображень для навчання, а вихідними – побудована модель мультикласової багатолейблової класифікації.

Для навчальних та тестових даних навчання нейромережі був використаний датасет RFMiD, що містить набір зображень очного дна сітківки людського ока з множинними захворюваннями, що складається в цілому з 3200

зображень очного дна, отриманих за допомогою трьох різних камер очного дна, з 46 станами, анотованими на основі узгодженого рішення двох старших експертів з сітківці.

Також було спроектовано інформаційну систему діагностування патологій очей, яка складається з трьох основних модулів: нейромережевого модуля, графічного модуля та модуля виявлення патологій очей.

Розділ 3 Програмна реалізація інформаційної системи діагностування хвороб ока

3.1 Структура модулів інформаційної системи, їх взаємозв'язок

Структура модулів інформаційної системи діагностування хвороб ока та їх взаємозв'язок зображено на рисунку 3.1. Інформаційна система представлена трьома основними модулями, які мають власні графічні інтерфейси. Модулями розроблюваної системи є: нейромережевий модуль, графічний модуль та модуль виявлення патологій очей.

Клас Window1 реалізовує нейромережевий модуль, у якому є функції для навчання нейромережі за користувацькими параметрами, збереження навченої моделі нейромережі. Метод `startTraining()` призначений старту процесу навчання нейромережі за уведеними користувацькими параметрами, такими як: шлях до файлу розмітки, шлях до каталогу із навчальними зображеннями, кількістю епох та розміру батча. Метод `saveModel()` призначений для виклику діалогового вікна та збереження навченої моделі.

Клас Window2 реалізовує модуль виявлення патологій очей. У даному модулі користувач може обрати зображення для діагностування та побачити ризики таких захворювань, як: наявність захворювання сітківки очей, ризик захворювання діабетичною ретинопатією, наявність мокрої форми вікової макулярної дегенерації, наявність макулярної дірки та наявність діабетичної нейропатії.

Для установлення діагностування за обраним фотозображенням використовується метод `diagnose()`. Для обирання зображення з метою подальшої діагностики використовується метод `openImageDialog()`. Для показу обраного зображення на екрані призначений метод `displayImage()`.

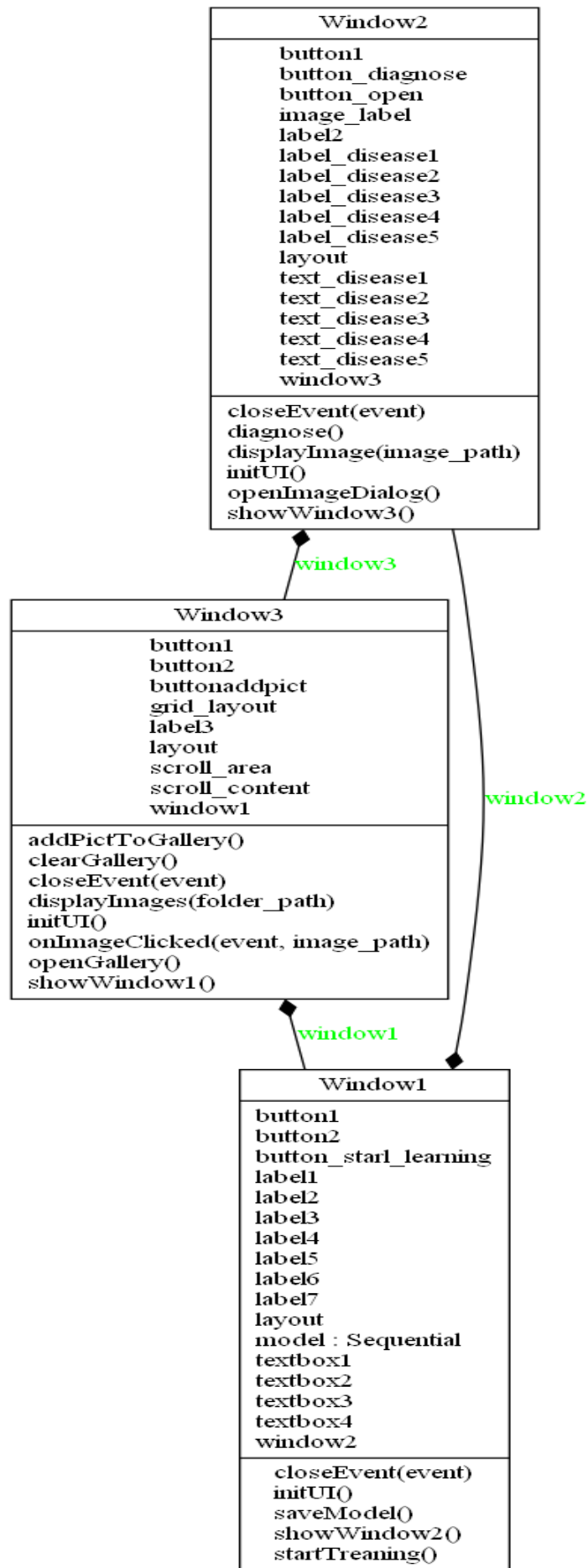


Рисунок 3.1 – Діаграма класів інформаційної системи діагностування хвороб ока

Клас Window3 відповідає за реалізацію графічного модуля, який дозволяє виконувати перегляд наявних в датасеті зображень, додавати нові зображення, або ж видаляти непотрібні. Метод `addPictToGallery()` відповідає за додавання графічного файлу з файлової системи комп'ютера до датасету. Метод `openGallery()` відповідає за вибір вибірки для подальшого відображення на екрані користувача. Метод `displayImages()` відповідає за показ картинок обраної вибірки. Метод `onImageClicked()` відповідає за можливість обробки натиснення на картинку для подальшого видалення. Викликає діалогове вікно, де користувач зможе обрати за потреби чи потрібно видаляти обране зображення.

Отже, таким чином визначено структуру модулів для інформаційної системи діагностування хвороб ока за фотозображенням та їх взаємозв'язок. Всі наведені модулі мають посилання на взаємні переходи один на одного.

3.2 Особливості реалізації інформаційної системи діагностування хвороб ока

За створеною структурою основних модулів, інформаційна система діагностування патологій очей складається з неймережевого модуля, графічного модуля та модуля виявлення патологій очей.

Для написання програмного продукту було обрано мову програмування Python, яка має доволі багату екосистему для машинного навчання [23, 24]. Python має широкий вибір бібліотек і фреймворків для розробки нейронних мереж, зокрема TensorFlow, PyTorch та Keras, які надають потужні засоби для побудови та тренування CNN. Для реалізації інтерфейсу користувача було обрано PySide2.QtWidgets, яка має багато інформаційних ресурсів для простого освоєння [25], що є бібліотекою для розробки графічного інтерфейсу користувача в Python, яка надає доступ до багатьох віджетів і інструментів для створення інтерактивних застосунків.

Неймережевий модуль має своїм призначенням тренування та збереження навчених варіантів неймереж. Серед функцій є вибір

користувачьких параметрів навчання нейромережі (кількість епох, навчальна вибірка, розмір батча). Також основною функцією є навчання та оцінка результату навченої нейромережі для класифікації зображень на наявність патологій. Після навчання модель буде збережено у базу даних. Інтерфейс модуля проілюстровано на рисунку 3.2.

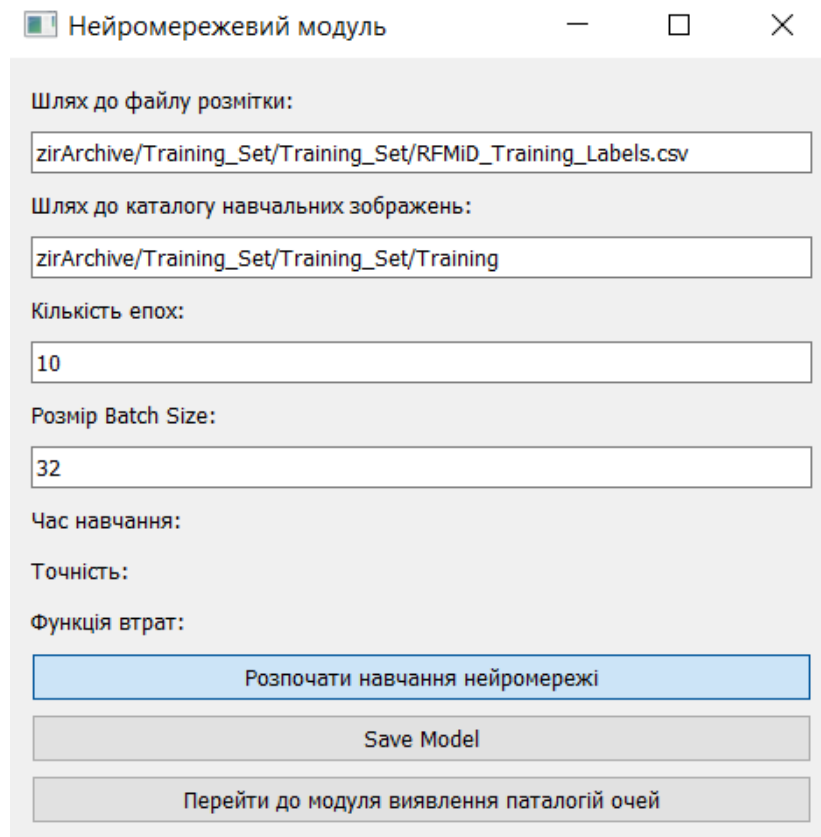


Рисунок 3.2 – Інтерфейс нейромережевого модуля системи діагностування патологій очей

Для побудови нейромережевої моделі мультілейблової багатокласової класифікації використано методи стандартних бібліотек TensorFlow та Keras, які є двома відомими бібліотеками для розробки моделей машинного навчання та глибокого навчання.

TensorFlow є відкритою бібліотекою для чисельних обчислень, що забезпечує потужні інструменти для побудови та навчання широкого спектру моделей машинного навчання. TensorFlow надає гнучкість для роботи з багатовимірними масивами даних та підтримує розподілене обчислення для

прискорення навчання на багатоядерних системах та графічних процесорах (GPU). У свою чергу Keras є високорівневим API для побудови та навчання моделей глибокого навчання. Він зручний у використанні та спрощує процес створення нейронних мереж та буде використано для системи діагностування патологій очей визначено архітектуру CNN, яка буде призначена для класифікації хвороб ока за зображенням. Основним компонентом моделі є послідовний (*Sequential*) клас, який дозволяє визначити модель шар за шаром.

Перший шар здійснює згортку зображень за допомогою фільтрів. Параметр 32 вказує на кількість фільтрів, а параметр (3,3) – на розмір фільтра 3x3. Функція активації «*relu*» буде застосована після згортки.

Другим шаром згідно до програмного коду є шар *MaxPooling2D*. Він здійснює пулінг зображень, який допомагає зменшити розмірність зображення і виділити важливі особливості. Заданий параметр 2x2 вказує на розмір пулінгу.

Перший та другий шар по чергово застосовуватимуться чотири повтори.

Наступним після завершення чергування шарів пулінгу та згортки є шар «*Flatten*». Даний шар перетворює вихід попередніх шарів в одновимірний вектор перед передачею його в повнозв'язаний шар.

Далі модель буде мати шар «*Dense*», який є повнозв'язаним шаром, в якому кожен нейрон пов'язаний з кожним нейроном попереднього шару. Заданий параметр 512 вказує на кількість нейронів у поточному шарі. У якості функції активації було прийнято рішення використовувати «*relu*».

Наступний шар використовується для запобігання перенавчанню. Він називається «*Dropout*» і працює шляхом випадкового вимкнення деяких нейронів під час навчання. Задане значення параметру 0.5 вказує на ймовірність вимкнення нейрона.

Останнім є «*Dense*» шар, що має 5 нейронів, які відповідають кількості класів для класифікації зображень. У якості функції активації було взято «*sigmoid*», що зручно використовувати для багатокласової класифікації.

Далі здійснюється процес компіляції і валідації наведеної моделі. Модель компілюється із заданими параметрами, параметр `optimizer='adam'`, що вказує на

оптимізатор "adam". Оптимізатор відповідає за налаштування параметрів моделі під час навчання з метою мінімізації втрати. Параметр `loss='categorical_crossentropy'` вказує на функцію втрати "categorical_crossentropy". Ця функція використовується для багатокласової класифікації, параметр `metrics=['accuracy']` вказує на метрику "accuracy" для оцінки продуктивності моделі під час навчання.

Далі для навченої моделі здійснюється оцінка на тестових даних. Після закінчення навчання програма пропонує зберегти навчену модель, та виводить на екран подробиці навчання (точність, час, значення функції втрат). Результат навчання наведеної моделі зображено на рисунку 3.3.

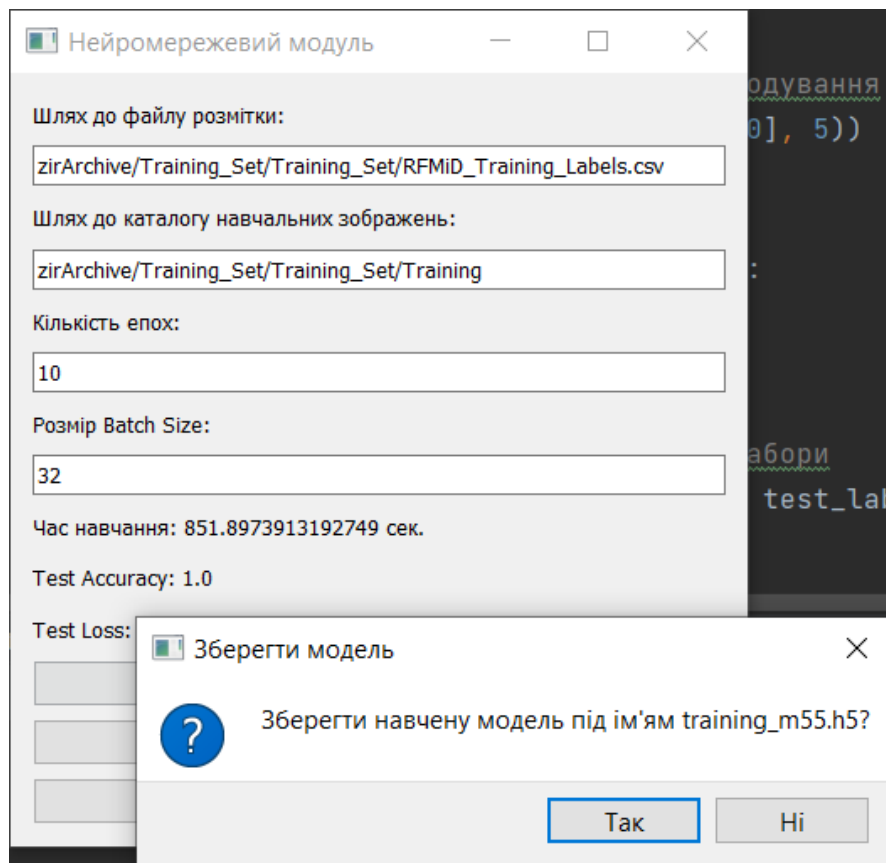


Рисунок 3.3 – Результат навчання моделі

Решта програмних складових реалізована засобами побудови інтерфейсів бібліотеки «PySide2.QtWidgets» та їх розширень, що містить стандартні методи для роботи з даними та файловою системою.

Запропонована архітектура дозволяє досягти точності класифікації понад 85%, що є досить високим показником для багатокласової мультилейблової класифікації.

Таким чином було здійснено програмну реалізацію інформаційної системи діагностування патологій очей, що складається із трьох модулів: нейромережевого модуля, графічного модуля та модуля виявлення патологій очей.

3.3 Опис функціональних можливостей інформаційної системи

Для перевірки працездатності реалізованої інформаційної системи діагностування патологій очей проведено тестування засобами тест-кейсів.

Таблиця 3.1 – Тест-кейс VK0001

Тест-кейс ID: VK0001	Приоритет: 1	Створено: 10.05.2023, Тимофієв І.А.
Назва: Перевірка зчитування значень параметрів користувацьких полів та старт навчання нейромережі.		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> Запустити програму Увести у поля значення для налаштувань процесу навчання: шлях до файлу розмітки RFMiD_Training_Labels.csv, шлях до теки з графічними файлами zirArchive/Training_Set/Training_Set/Training, кількість epoch: 12, розмір батча 64. Натиснути кнопку «Розпочати навчання нейромережі» 		<p>У відповідних полях будуть вказані уведені користувацькі значення</p> <p>Повідомлення «Ваші параметри прийнято, навчання розпочато»</p>
Результат виконання тест-кейсу: перевірку пройдено успішно.		

Першим тестовим випадком є початок старту навчання і коректне зчитування значень користувацьких полів нейромережевого модуля інформаційної системи діагностування патологій очей. Кроки тестового випадку наведені в таблиці 3.1.

Тест пройдено успішно, після виконання кроків, що описані в таблиці 3.1, користувач побачить повідомлення про успішний початок навчання (рисунок 3.4).

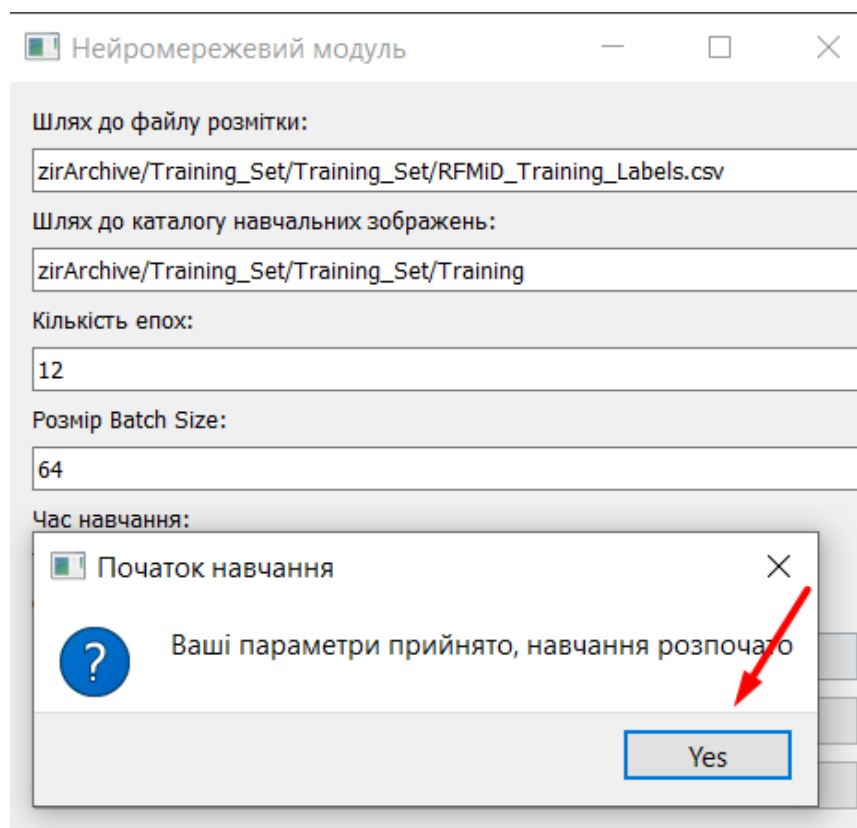


Рисунок 3.4 – Результат тестового випадку VK0001

Наступним тестовим випадком є завершення навчання нейромережі і виведення статистики навчання для нейромережевого модуля інформаційної системи діагностування патологій очей. Кроки тестового випадку зображені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Тест-кейс VK0002

Тест-кейс ID: VK0002	Приоритет: 1	Створено: 10.05.2023, Тимофієв І.А.
Назва: Перевірка правильності завершення навчання нейромережі і виведення статистики навчання		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> Запустити програму Увести у поля значення для налаштувань процесу навчання: шлях до файлу розмітки RFMiD_Training_Labels.csv, шлях до теки з графічними файлами zirArchive/Training_Set/Training_Set/Training, кількість епох: 12, розмір батча 64. Натиснути кнопку «Розпочати навчання нейромережі» Очікувати виведення статистики по завершенні навчання У впливаючому повідомленні підтвердити збереження моделі після завершення навчання 		<p>У відповідних полях будуть вказані уведені користувачькі значення</p> <p>Повідомлення «Ваші параметри прийнято, навчання розпочато»</p> <p>Виведено внизу статистику по завершенні навчання (час навчання, точність)</p> <p>Виведення інформаційного повідомлення про успішне збереження моделі</p>
Результат виконання тест-кейсу: перевірку пройдено успішно.		

По результатам проходження тесту функціоналу, що працює некоректно не виявлено. Тест пройдено успішно, а результат виконання кроків тестового випадку VK0002 проілюстровано на рисунку 3.5 – 3.7.

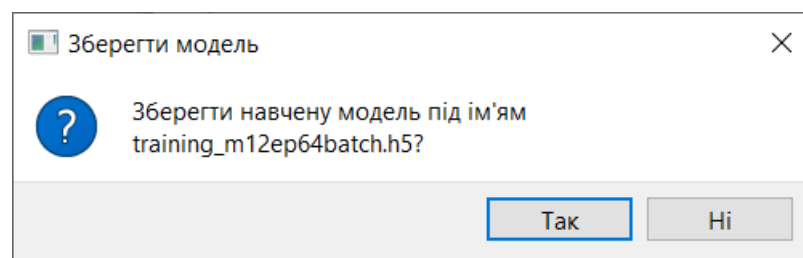


Рисунок 3.5 – Діалогове вікно для збереження навченої моделі

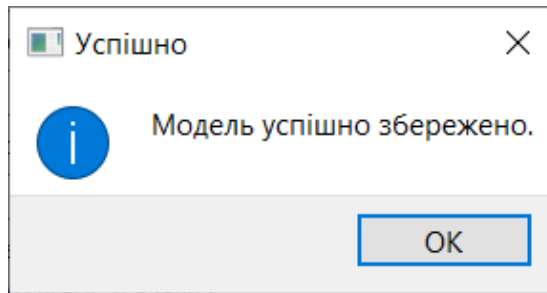


Рисунок 3.6 – Інформаційне повідомлення про успішне збереження навченої моделі

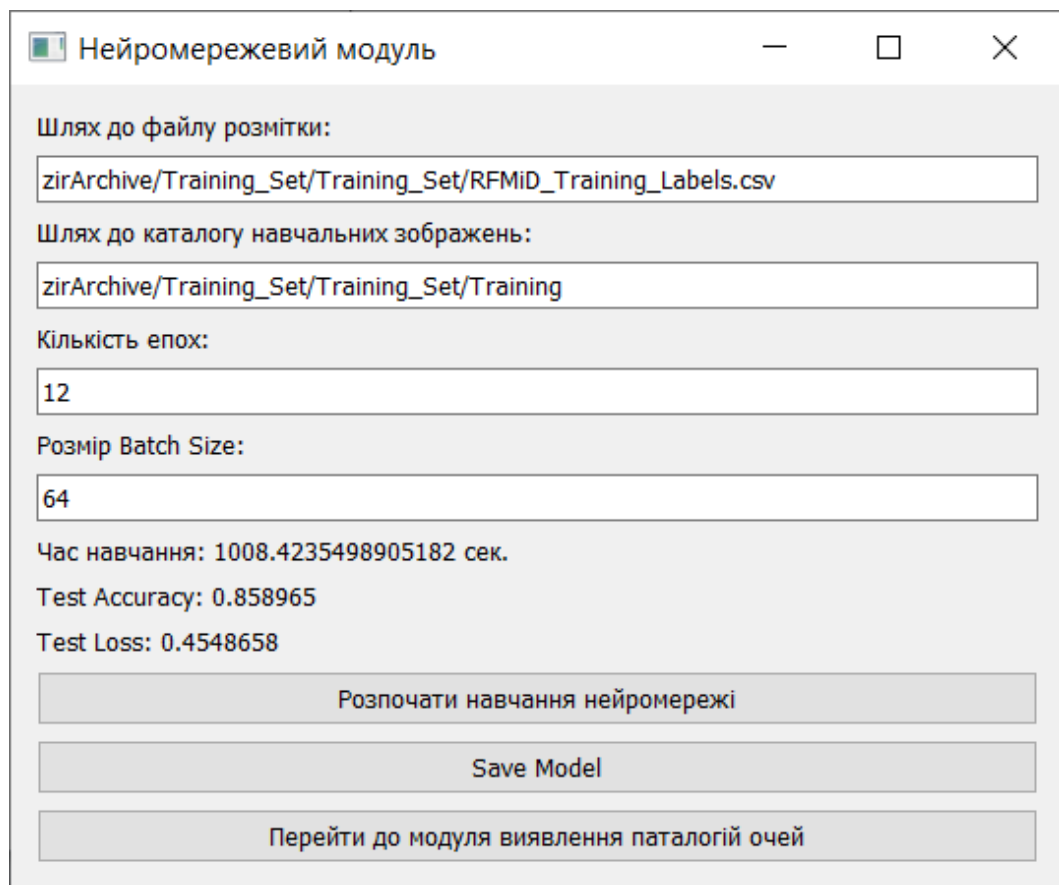


Рисунок 3.7 – Виведення статистики проведеного навчання

Наступним тестовим випадком є перегляд зображень навчальної вибірки графічного модуля інформаційної системи діагностування патологій очей. Кроки тестового випадку зображені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Тест-кейс VK0003

Тест-кейс ID: VK0003	Приоритет: 1	Створено: 11.05.2023, Тимофієв І.А.
Назва: Перевірка коректності показу зображень для навчання нейромережі графічного модуля		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> 1. Запустити програму 2. Натиснути кнопку «Перейти до графічного модуля» 3. Натиснути на кнопку «Відкрити галерею». 4. Обрати з випадаючого списку «TreaningSet» 5. Очікувати виведення зображень із даного датасету 		<p>Перехід до графічного модуля виконано</p> <p>Відкривається випадаючий список для вибору тестового, тренувального чи валідаційного наборі вданих</p> <p>Виведено зображення із набору даних «TreaningSet»</p>
Результат виконання тест-кейсу: перевірку пройдено успішно.		

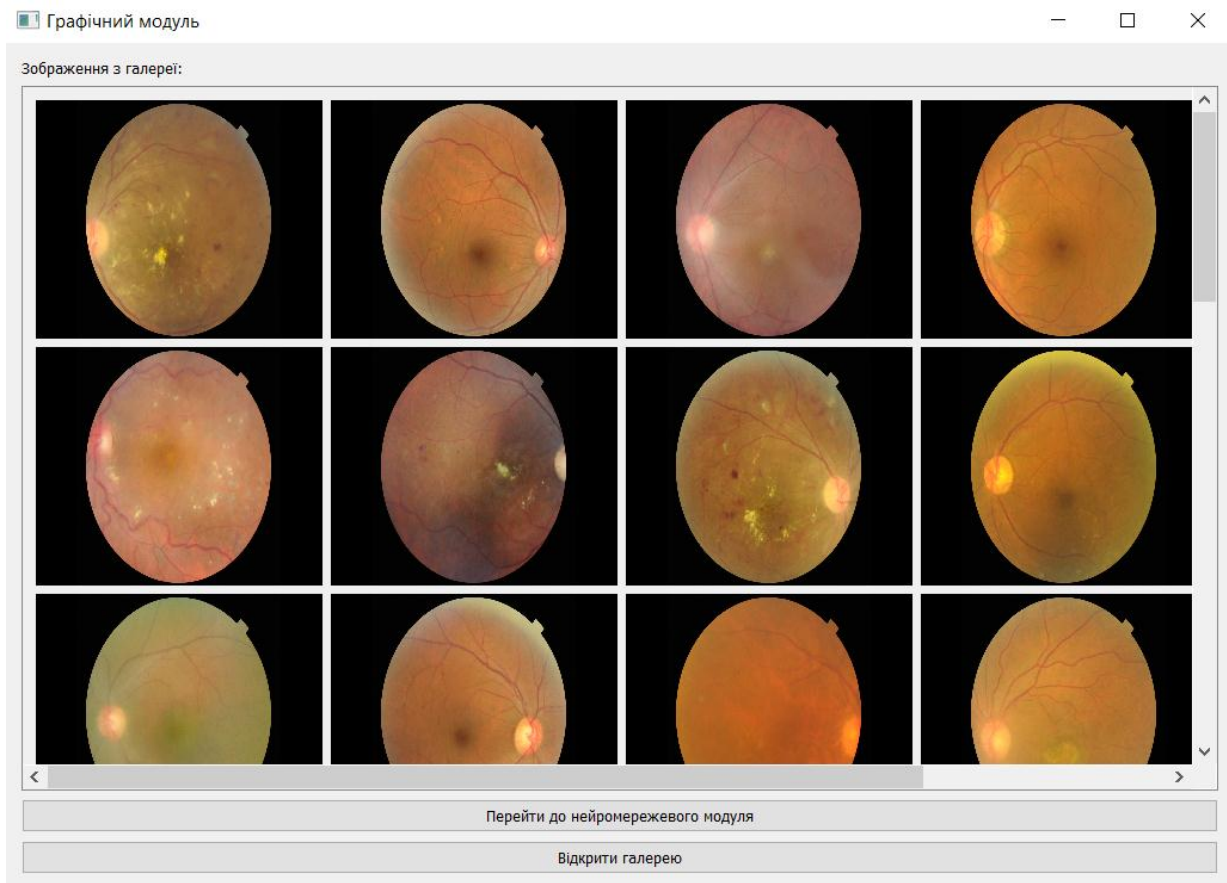


Рисунок 3.8 – Зображення із «TreaningSet»

По результатам проходження тесту функціоналу, що працює некоректно не виявлено. Тест пройдено успішно, а результат виконання кроків тестового випадку VK0003 проілюстровано на рисунку 3.8.

Наступним тестовим випадком є можливість видалення зображень навчальної вибірки графічного модуля інформаційної системи діагностування патологій очей. Кроки тестового випадку зображені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Тест-кейс VK0004

Тест-кейс ID: VK0004	Приоритет: 1	Створено: 11.05.2023, Тимофієв І.А.
Назва: Перевірка коректності видалення зображень для навчання нейромережі графічного модуля		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> 1. Запустити програму 2. Натиснути кнопку «Перейти до графічного модуля» 3. Натиснути на кнопку «Відкрити галерею». 4. Обрати з випадаючого списку «TrainingSet» 5. Натиснути мишею на зображення, яке потрібно видалити та натиснути «Yes» 		<p>Перехід до графічного модуля виконано</p> <p>Відкривається випадаючий список для вибору тестового, тренувального чи валідаційного набору вданих</p> <p>Виведено діалогове вікно, зображення видалено після підтвердження</p>
Результат виконання тест-кейсу: перевірку пройдено успішно.		

Тестовий випадок показав коректність виконання. Тест пройдено успішно, а результат виконання кроків тестового випадку VK0004 проілюстровано на рисунку 3.9.

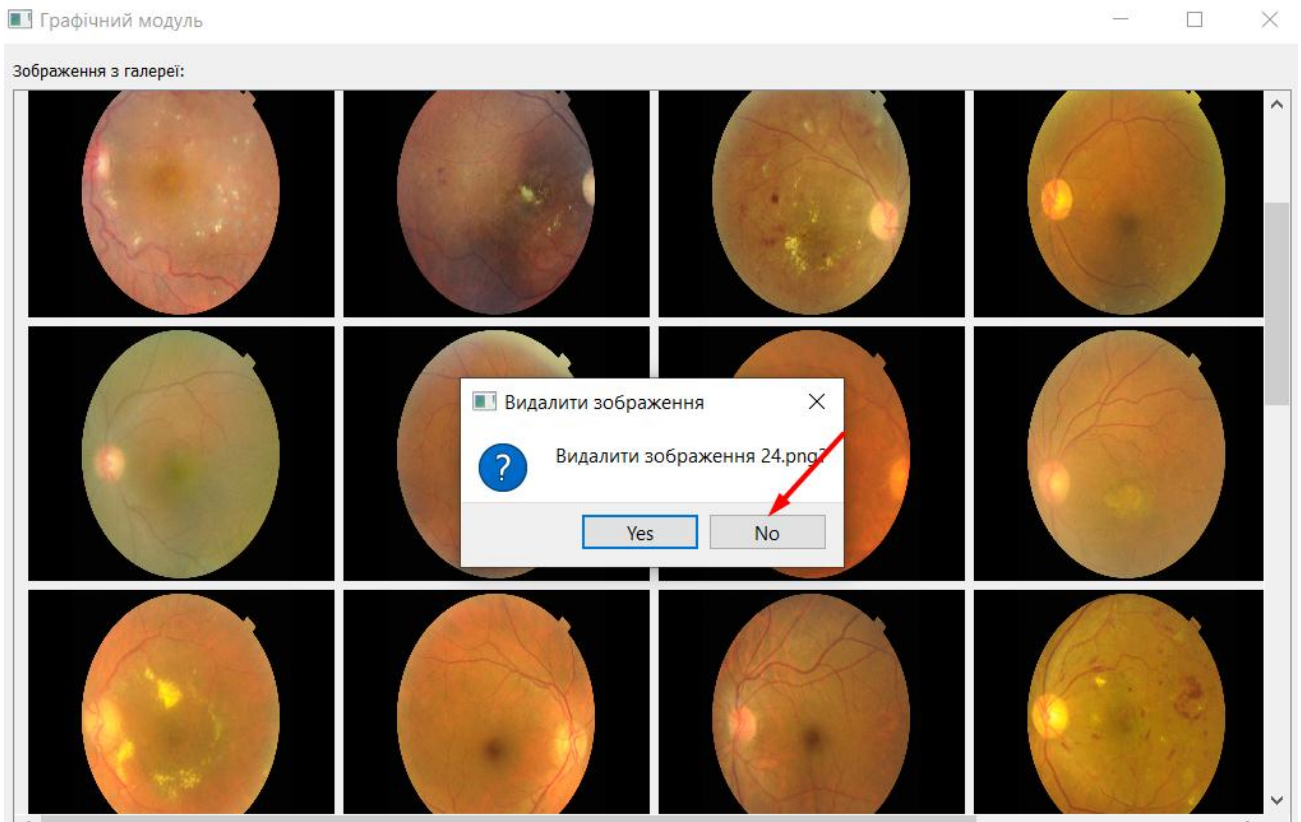


Рисунок 3.9 – Видалення обраного зображення з датасету

Таблиця 3.5 – Тест-кейс VK0005

Тест-кейс ID: VK0005	Приоритет: 1	Створено: 15.05.2023, Тимофієв І.А.
Назва: Перевірка коректності виявлення можливих патологій ока за завантаженим фотозображенням.		
Кроки		Очікуваний результат
<ol style="list-style-type: none"> Запустити програму Натиснути кнопку «Перейти до модуля виявлення патологій очей» Натиснути на кнопку «Відкрити зображення для діагностування». Обрати з провідника зображення для діагностики Натиснути «Виконати діагностування». 		<p>Перехід до модуля патологій очей виконано</p> <p>Відкривається діалогове вікно для вибору зображень</p> <p>Виведення нейромережевого діагностування з відповідями у формі «Так» або «Ні».</p>
Результат виконання тест-кейсу: перевірку пройдено успішно.		

Останнім тестовим випадком є виявлення можливих патологій ока модуля виявлення патологій ока інформаційної системи діагностування патологій очей за завантаженим фотозображенням. Кроки тестового випадку зображені в таблиці 3.5.

Ілюстрація виконання кроків описаних у таблиці 3.5 наведена на рисунках 3.10 – 3.11, тест пройдено успішно, некоректно працюючих функцій у підсистемі діагностування патологій очей не виявлено.

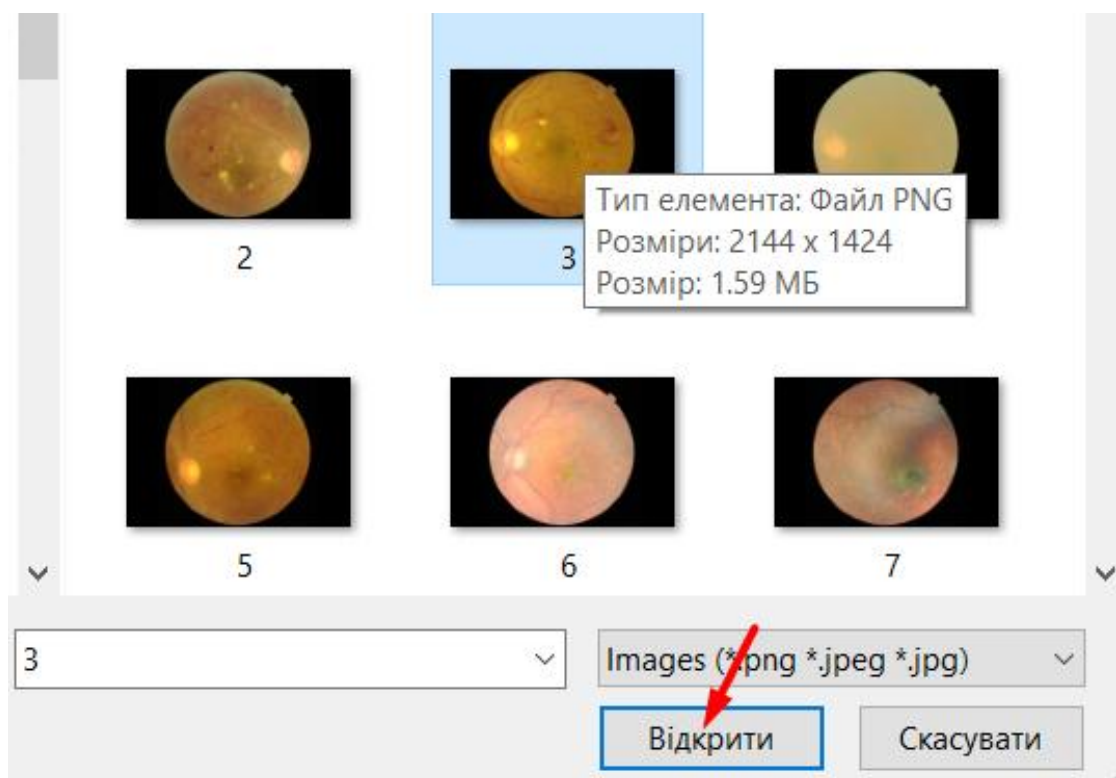



Рисунок 3.10 – Вибір зображення для діагностування

Модуль виявлення паталогій очей

Оберіть зображення для діагностування

Відкрити зображення для діагностування



Виконати діагностування

Наявність захворювання сітківки очей:

Так

Ризик захворювання діабетичною ретинопатією:

Так

Наявність мокрої форми вікової макулярної дегенерації:

Ні

Наявність макулярної дірки:

Ні

Наявність діабетичної нейропатії:

Ні

Перейти до графічного модуля

Рисунок 3.11 – Результат роботи модуля виявлення паталогій очей

Окрім тестувань вищезазначених функцій, модулі інформаційної системи діагностування захворювань очей мають можливості переходити з одного на інший. Наприклад, з нейромережевого модуля можна перейти до модуля виявлення паталогій очей, натиснувши відповідну кнопку «Перейти до модуля виявлення паталогій» (рисунок 3.12).

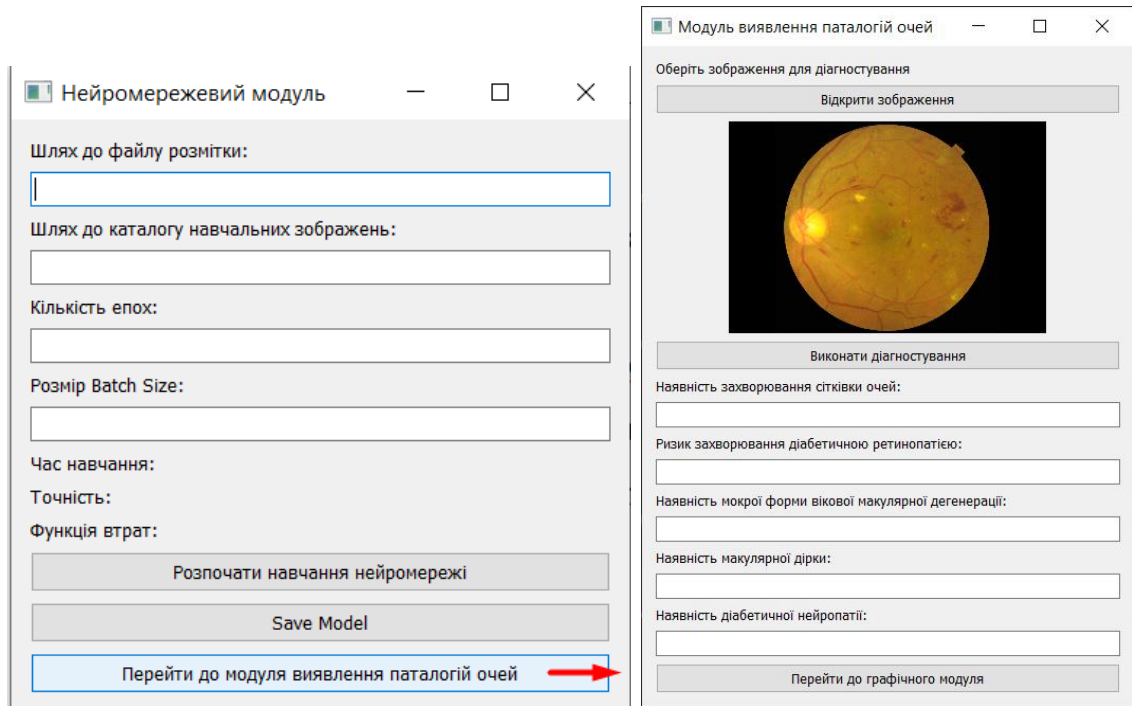


Рисунок 3.12 – Ілюстрація переходу

А з модуля виявлення патологій очей можна перейти, наприклад, до графічного модуля, натиснувши кнопку «Перейти до графічного модуля». Ілюстрація виконання переходу наведена на рисунку 3.13.

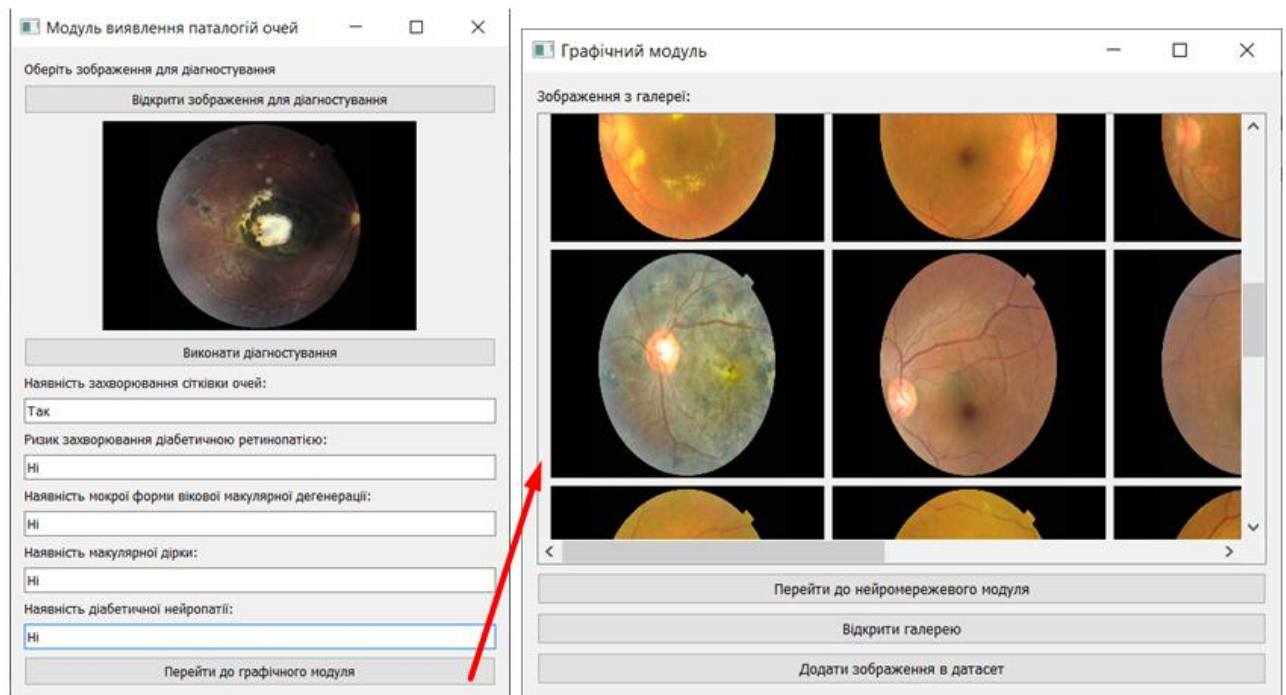
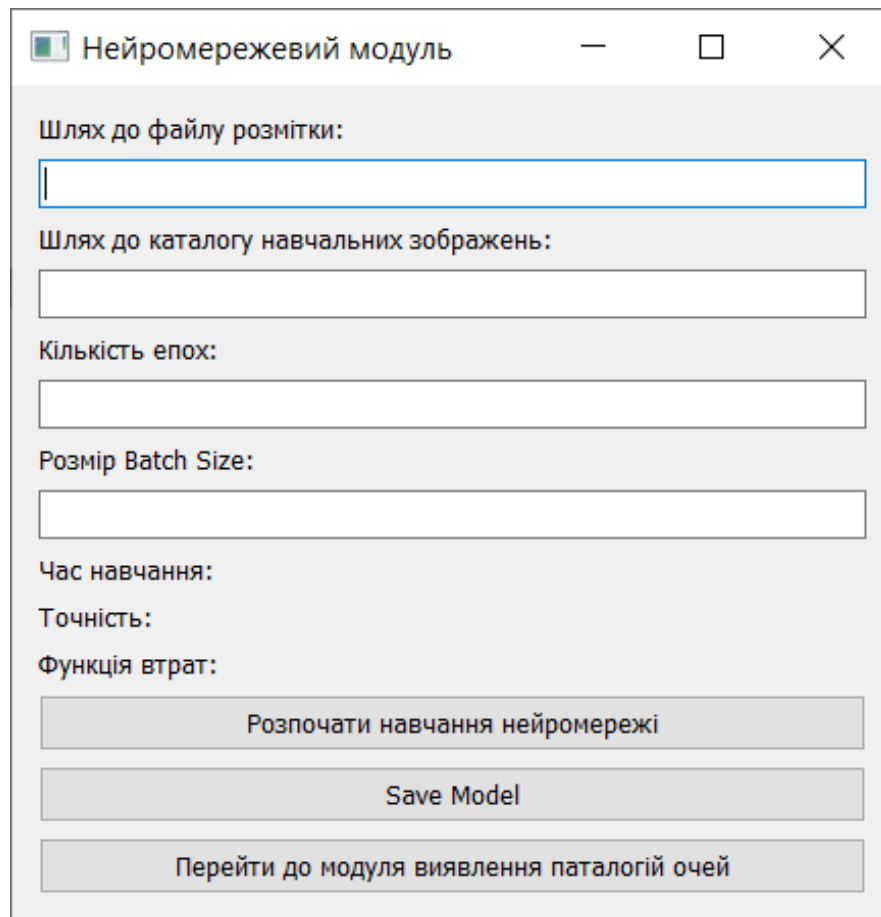


Рисунок 3.13 – Ілюстрація переходу з модуля виявлення патологій до графічного модуля

Першим запусковим модулем буде нейромережевий модуль. При запуску поля для навчання нейромережі є пустими. Якщо користувач не введе ніяких значень – будуть взяті значення за замовчуванням, вибірку для навчання з файлом розмітки з датасету, кількість епох 10, розмір батча 32. Вигляд модуля після запуску проілюстровано на рисунку 3.14.



The image shows a window titled "Нейромережевий модуль" (Neural Network Module). It contains several input fields and buttons:

- Шлях до файлу розмітки: (Path to the annotation file): An empty text input field.
- Шлях до каталогу навчальних зображень: (Path to the training images catalog): An empty text input field.
- Кількість епох: (Number of epochs): An empty text input field.
- Розмір Batch Size: (Batch Size): An empty text input field.
- Час навчання: (Training time): An empty text input field.
- Точність: (Accuracy): An empty text input field.
- Функція втрат: (Loss function): An empty text input field.

At the bottom of the window, there are three buttons:

- Розпочати навчання нейромережі (Start training neural network)
- Save Model
- Перейти до модуля виявлення патологій очей (Go to the eye pathology detection module)

Рисунок 3.14 – Початковий вигляд нейромережевого модуля

Якщо користувач не введе ніяких значень та натисне кнопку «Розпочати навчання нейромережі», то будуть взяті значення за замовчуванням, вибірку для навчання з файлом розмітки з датасету, кількість епох 10, розмір батча 32.

Головним є модуль виявлення патологій очей. При переході на модуль виявлення патологій очей користувач бачить інтерфейс, зображений на рисунку 3.15.

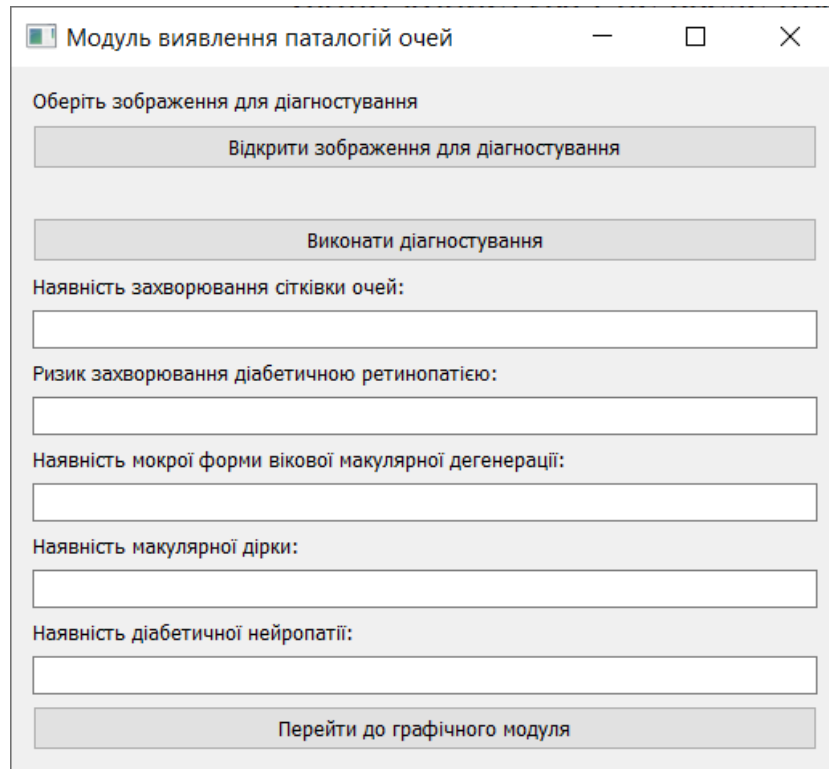


Рисунок 3.15 – Початковий вигляд модуля виявлення паталогій очей

Для виконання діагностування необхідно обрати зображення, дагностику якого необхідно виконати. Для цього потрібно натиснути на кнопку «Відкрити зображення для діагностування». Після натиснення на кнопку відкриється діалогове вікно, де користувач зможе обрати зображення з файлової системи (рисунок 3.16).

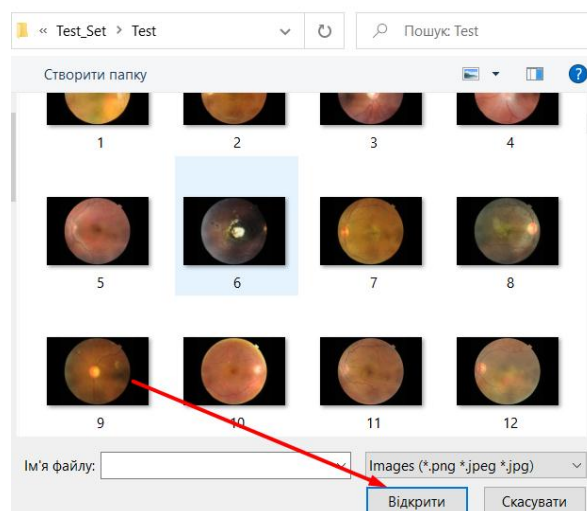


Рисунок 3.16 – Вигляд діалогового вікна для вибору зображення для діагностування

Після натискання кнопки «Відкрити», зображення буде відображено на екрані користувача (рисунок 3.17).

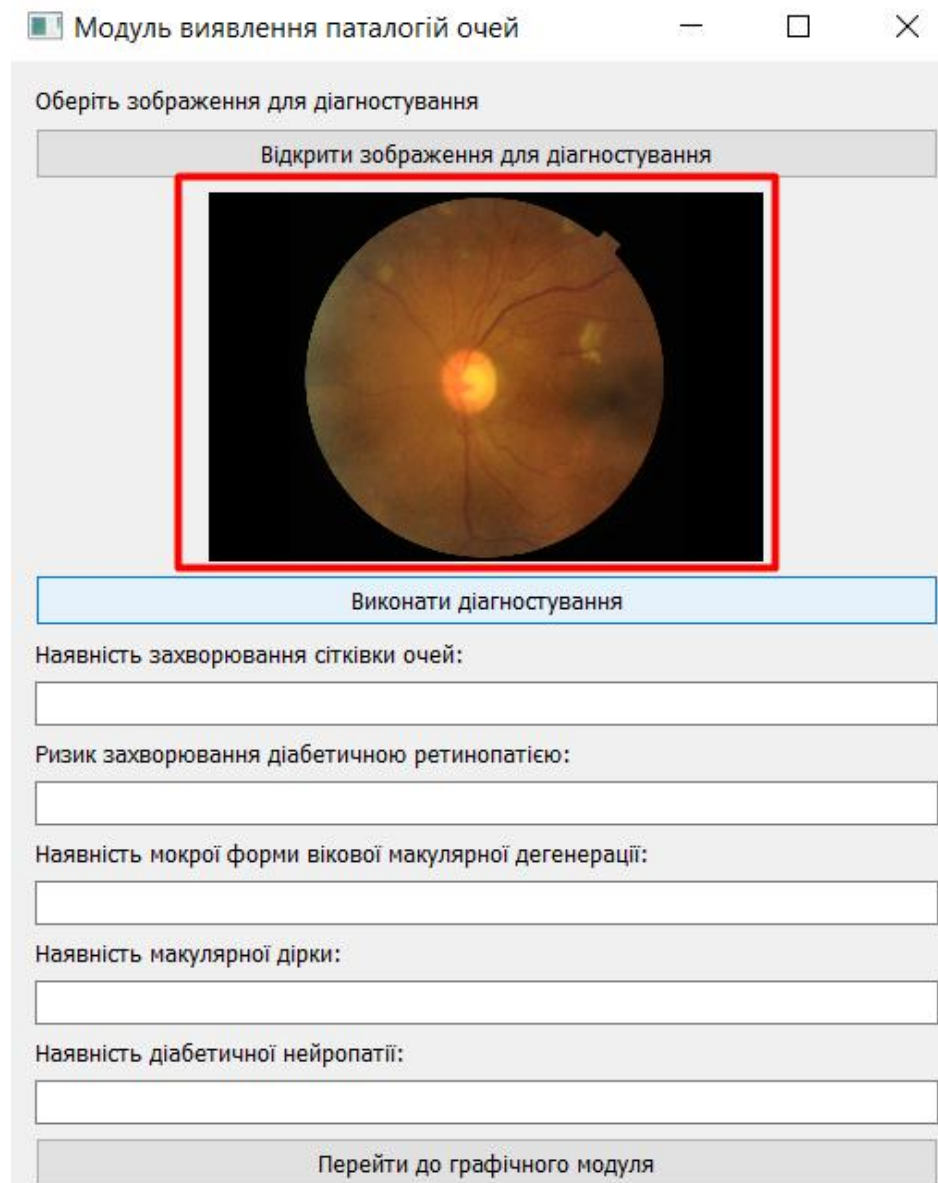


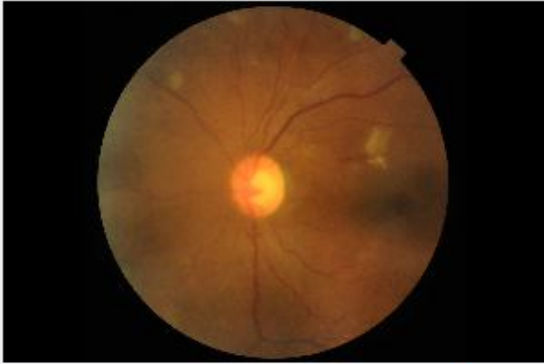
Рисунок 3.17 – Завантаження зображення для діагностування

Після завантаження зображення для діагностування необхідно натиснути на кнопку «Виконати діагностування», де буде здійснено діагностування захворювань очного дна за обраним фотозображенням (рисунок 3.18).

Модуль виявлення патологій очей

Оберіть зображення для діагностування

Відкрити зображення для діагностування



Виконати діагностування

Наявність захворювання сітківки очей:
Так

Ризик захворювання діабетичною ретинопатією:
Так

Наявність мокрої форми вікової макулярної дегенерації:
Ні

Наявність макулярної дірки:
Ні

Наявність діабетичної нейропатії:
Ні

Перейти до графічного модуля

Рисунок 3.18 – Варіант діагностування за фотозображенням

Якщо нейромережа ідентифікує імовірність захворювання вище 0.5, виводиться відповідь «Так», якщо нейромережева оцінка наявності патології нижче половини, виводиться відповідь «Ні».

Отже, таким чином було здійснено тестування основних функції інформаційної системи діагностування патологій очей за фотографічним зображенням, а також описано основні можливості розробленої три модульної інформаційної системи.

3.4 Дослідження ефективності методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

Для дослідження ефективності методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею, що призначений для перетворення вхідних даних у вигляді набору зображень для навчання нейромережі й зображення для класифікації хвороб ока в вихідні дані навченої CNN моделі та оцінки наявності кожної із хвороб, було проведено 2 експериментальних дослідження.

Першим дослідженням було виявлення класів хвороб ока, які ідентифікуються краще всього, а також тих, які мають погану ідентифікованість. Результат проведеного першого експерименту проілюстровано на рисунку 3.19.

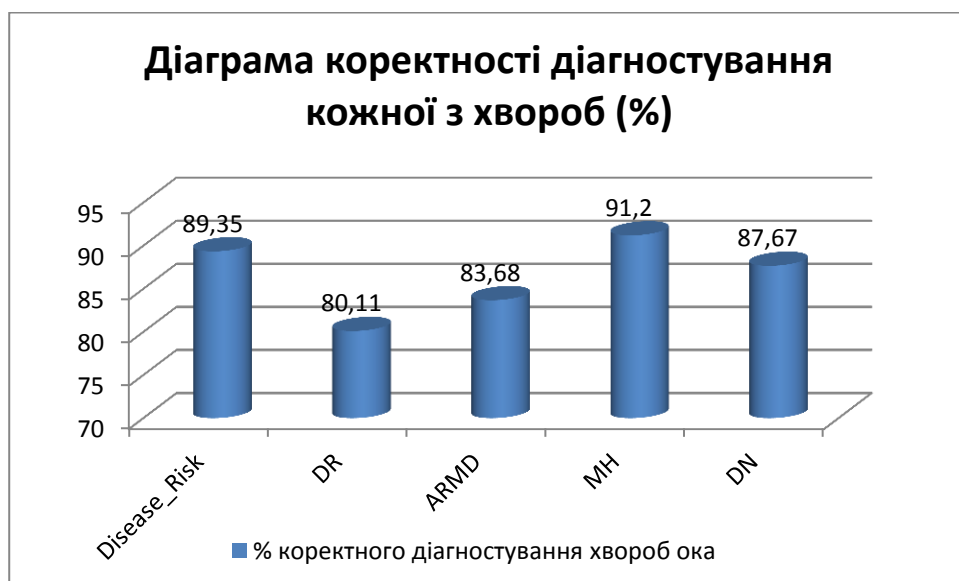


Рисунок 3.19 – Діаграма коректності діагностування хвороб ока

Як видно з проведеного дослідження, найкраще нейромережа ідентифікує наявність макулярної дірки (MH), а найгірше – ризик захворювання діабетичною ретинопатією (DR).

Ще одне дослідження було проведено з метою визначення відсотку коректності діагностування декількох хвороб ока одночасно. Результат дослідження у вигляді діаграми відсотків коректного повного діагностування

наявних хвороб ока розробленим методом за їх наявною кількістю зображено на рисунку 3.20.

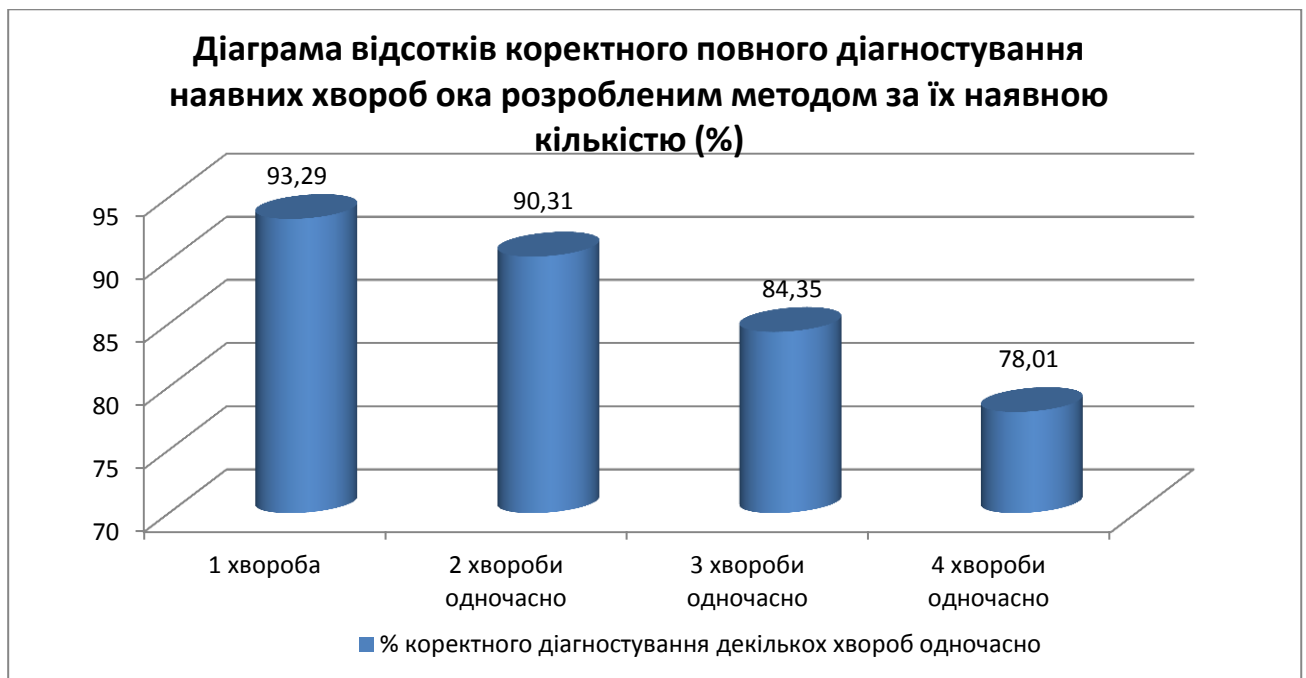


Рисунок 3.20 – Діаграма відсотків коректного повного діагностування наявних хвороб ока розробленим методом за їх наявною кількістю

Отже, як видно з рисунку 3.20 – зі збільшенням кількості хвороб падає відсоток коректної ідентифікації. Правильним вважались такі зразки, у яких коректно ідентифіковані всі наявні захворювання, якщо ж було ідентифіковано 3 з 4х наявних – такий зразок вважався хибно ідентифікованим.

Таким чином, було досліджено ефективність методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

3.5 Висновки до розділу 3

В процесі виконання третього розділу було наведено структуру інформаційної системи, що представлена трьома основними модулями, кожен з яких має власні графічні інтерфейси. Модулями розробленої інформаційної системи діагностування хвороб ока є: нейромережевий модуль, графічний модуль та модуль виявлення патологій очей.

У якості програмних засобів для реалізації інформаційної системи було обрано мову програмування Python, що має багато можливостей для машинного навчання, а також має широкий вибір бібліотек і фреймворків для розробки нейронних мереж, зокрема TensorFlow, PyTorch та Keras, які надають потужні засоби для побудови та тренування CNN. Для реалізації інтерфейсу користувача було обрано PySide2.QtWidgets, що є бібліотекою для розробки графічного інтерфейсу користувача в Python, яка надає доступ до багатьох віджетів і інструментів для створення інтерактивних застосунків.

Запропонована архітектура CNN дозволяє досягти точності класифікації понад 85%, що є досить високим показником для багатокласової мультитейболової класифікації.

Для перевірки працездатності реалізованої інформаційної системи діагностування патологій очей було проведено тестування засобами тест-кейсів. При перевірці функціоналу некоректно працюючих функцій не виявлено.

Висновки

Результатом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є створений метод діагностування хвороб ока та відповідна інформаційна система, яка дозволяє за зображеннями ока людини визначати хвороби ока за допомогою згорткової нейронної мережі.

У межах поставленої мети було виконано такі задачі:

- розроблено метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею;

- розроблено архітектуру нейронної мережі для діагностування хвороб ока за їх зображеннями, яка дозволяє досягнути точності класифікації понад 85%;

- спроектовано структуру інформаційної системи діагностування хвороб ока, що складається з трьох ключових модулів й структуру відповідної БД;

- виконано вибір метрик для оцінки навченої нейромережевої моделі, обрано точність та функцію втрат;

- виконано програмну реалізацію інформаційної системи діагностування хвороб ока з відповідною архітектурою (база даних, нейромережевий модуль, графічний модуль, модуль виявлення патологій очей);

- проведено тестування створеної інформаційної системи, яке показує відсутність некоректно працюючих функцій.

Було досліджено ефективність методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею. Встановлено, що запропонована архітектура CNN дозволяє досягти точності класифікації понад 85%, що є досить високим показником для багатокласової мультілейблової класифікації. зі збільшенням кількості хвороб зменшується відсоток коректної ідентифікації. При цьому правильно діагностованими вважались такі зразки, у яких коректно ідентифіковані всі одночасно наявні захворювання; наприклад, якщо було

одночасно ідентифіковано три із чотирьох наявних хвороб – такий зразок вважався хибно ідентифікованим.

Таким чином, всі поставлені завдання кваліфікаційної роботи бакалавра виконано у повному обсязі.

Перелік посилань

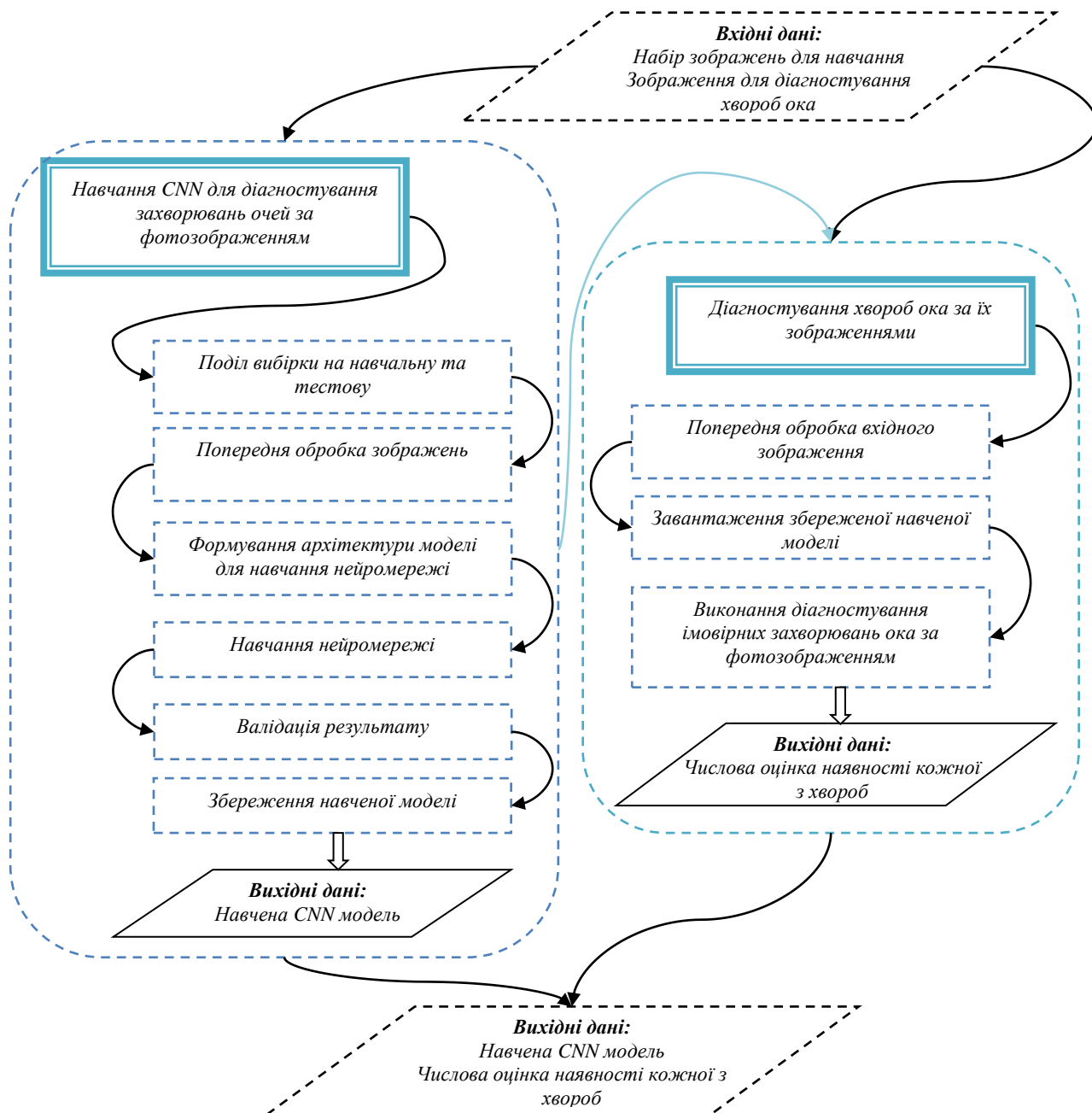
1. Хвороби очей. URL: <https://www.visiobud.com/uk/2021/12/16/hvorobi-ochej-yaki-buvayut-zahvoryuvannya-oka-lyudini/>
2. Класифікатор хвороб та споріднених проблем охорони здоров'я. URL: <https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2021/11/naczionalnyj-klasyfikator-nk-025.pdf>
3. Методи обстеження в офтальмології. URL: <https://studfile.net/preview/7758327/page:3/>
4. Офтальмоскопія очного дна: види, показання, як проводиться. URL: <https://symptom.com.ua/ofthalmoskopii-a-ochного-dna-vi/>
5. Класифікація нейронної мережі - Різні типи основних нейронних мереж. URL: <https://uk.education-wiki.com/4761295-classification-of-neural-network>
6. Машинне навчання простими словами. Частина 1. URL: <http://mmf.lnu.edu.ua/en/aren/1739>
7. Що таке нейронна мережа – простими словами. URL: <https://futurenow.com.ua/shho-take-nejronna-merezha-prostymy-slovamy/>
8. Termin.in.ua. Нейромережа. URL: <https://termin.in.ua/neyromerezh/>
9. Нейронна мережа прямого поширення. URL: https://uk.unionpedia.org/Нейронна_мережа_прямого_поширення
10. Згорткова нейронна мережа. URL: https://www.wikiwand.com/uk/Згорткова_нейронна_мережа
11. Згорткова нейронна мережа. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Згорткова_нейронна_мережа
12. EyeQue. URL: <https://www.eyequ.com/solutions/>
13. EyeQue VisionCheck. URL: <https://www.amazon.com/EyeQue-VisionCheck/dp/B07R7BL5J4>
14. EyeArt® AI Eye Screening System. URL: <https://www.eyenuk.com/en/products/eyeart/>
15. EyeCheckup. URL: <https://www.eye-checkup.com/>

16. Eye check-up + exercises app. URL: <https://dribbble.com/shots/21121173-Eye-check-up-exercises-app>
17. Classification of Eye Disease from Fundus Images Using EfficientNet. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2500548>
18. Kaggle. Retinal Disease Classification. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/retinal-disease-classification>
19. Pasi, Kaushik Gobindram; Naik, Sowmiyaksha R. Effect of parameter variations on accuracy of Convolutional Neural Network. In: 2016 international conference on computing, analytics and security trends (cast). IEEE, 2016. p. 398-403.
20. MA, Chao; WU, Lei; Ying, Lexing. The multiscale structure of neural network loss functions: The effect on optimization and origin. arXiv preprint arXiv:2204.11326, 2022.
21. De Hoop, Maarten, et al. The cost-accuracy trade-off in operator learning with neural networks. arXiv preprint arXiv:2203.13181, 2022.
22. Van Der Meer, Remco; Oosterlee, Cornelis W.; Borovykh, Anastasia. Optimally weighted loss functions for solving pdes with neural networks. Journal of Computational and Applied Mathematics, 2022, 405: 113887.
23. Python AI: How to Build a Neural Network & Make Predictions. URL: <https://realpython.com/python-ai-neural-network/>
24. Deep Learning with Python: Neural Networks (complete tutorial). URL: <https://towardsdatascience.com/deep-learning-with-python-neural-networks-complete-tutorial-6b53c0b06af0>
25. PySide2.QtWidgets. URL: <https://doc.qt.io/qtforpython-5/PySide2/QtWidgets/index.html>

ДОДАТКИ

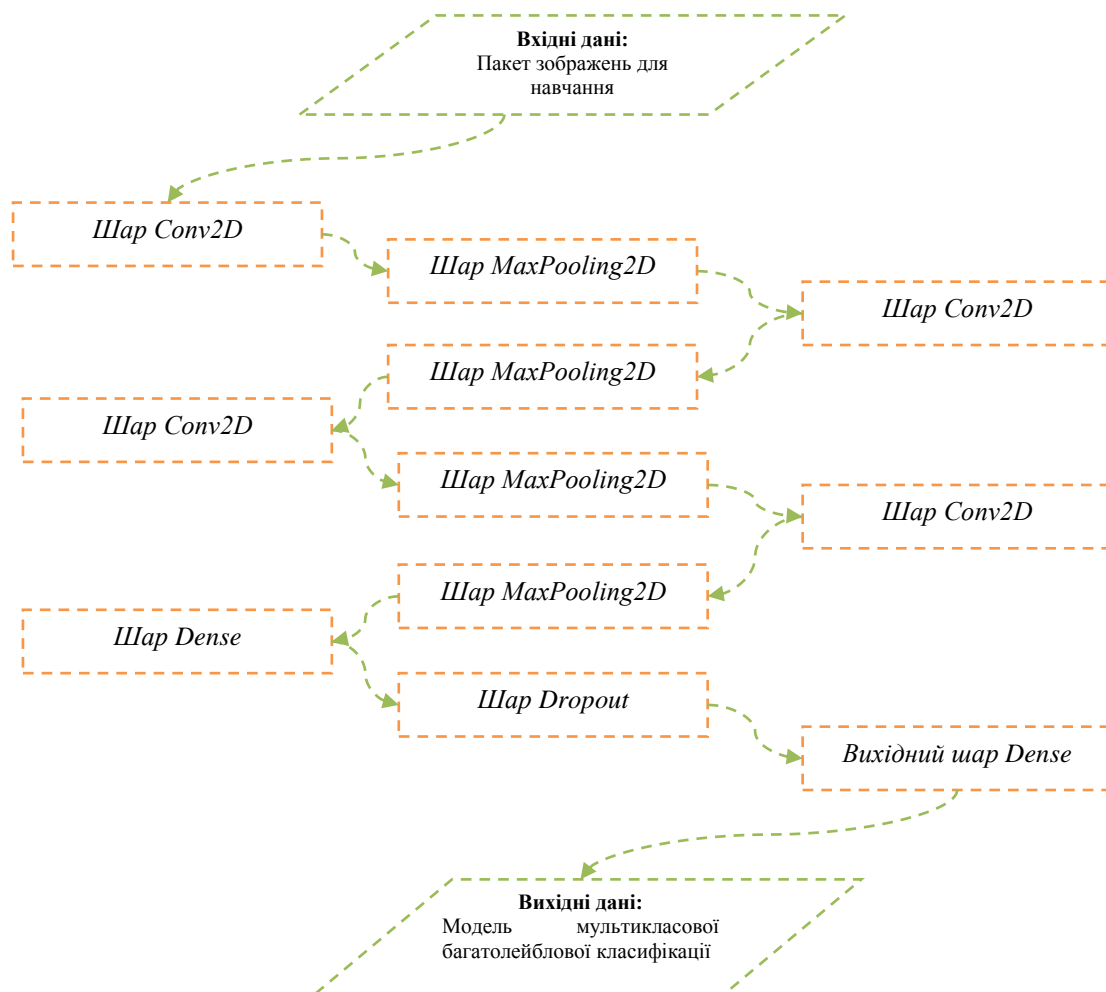
Додаток А

Схема методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями



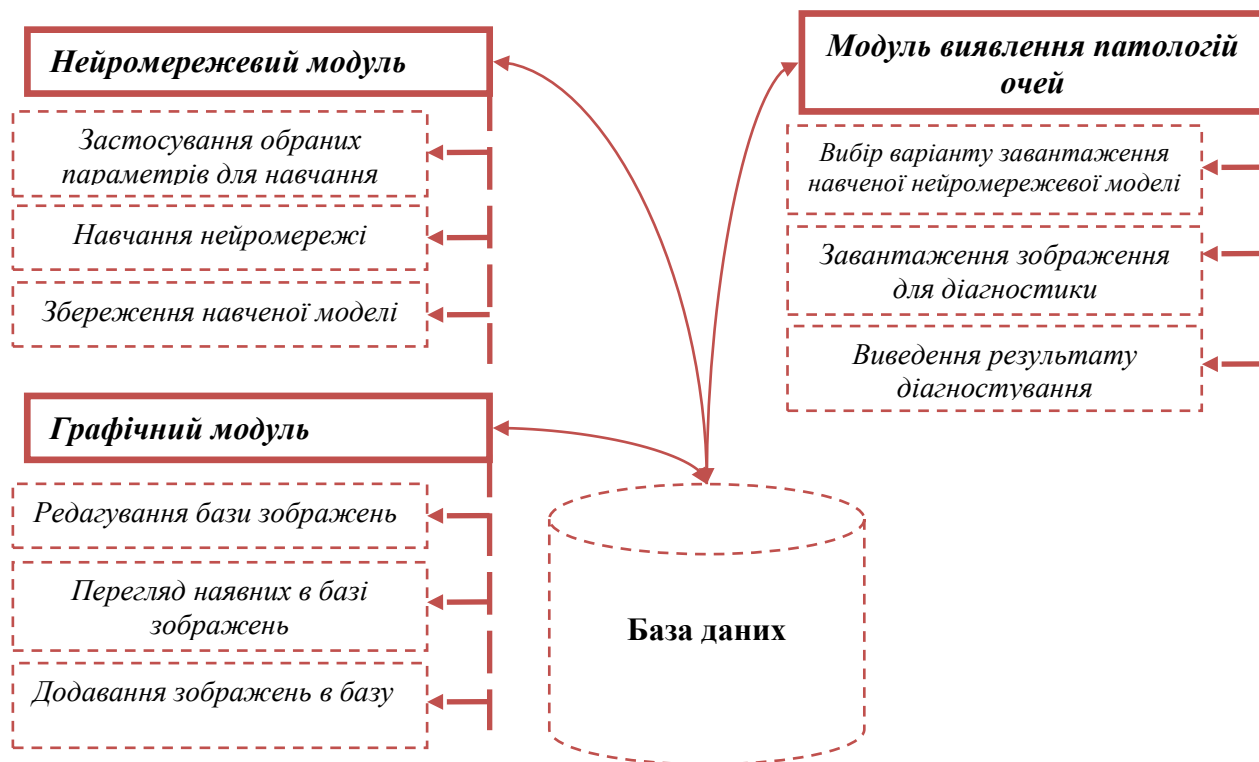
Додаток Б

Схема архітектури нейронної мережі



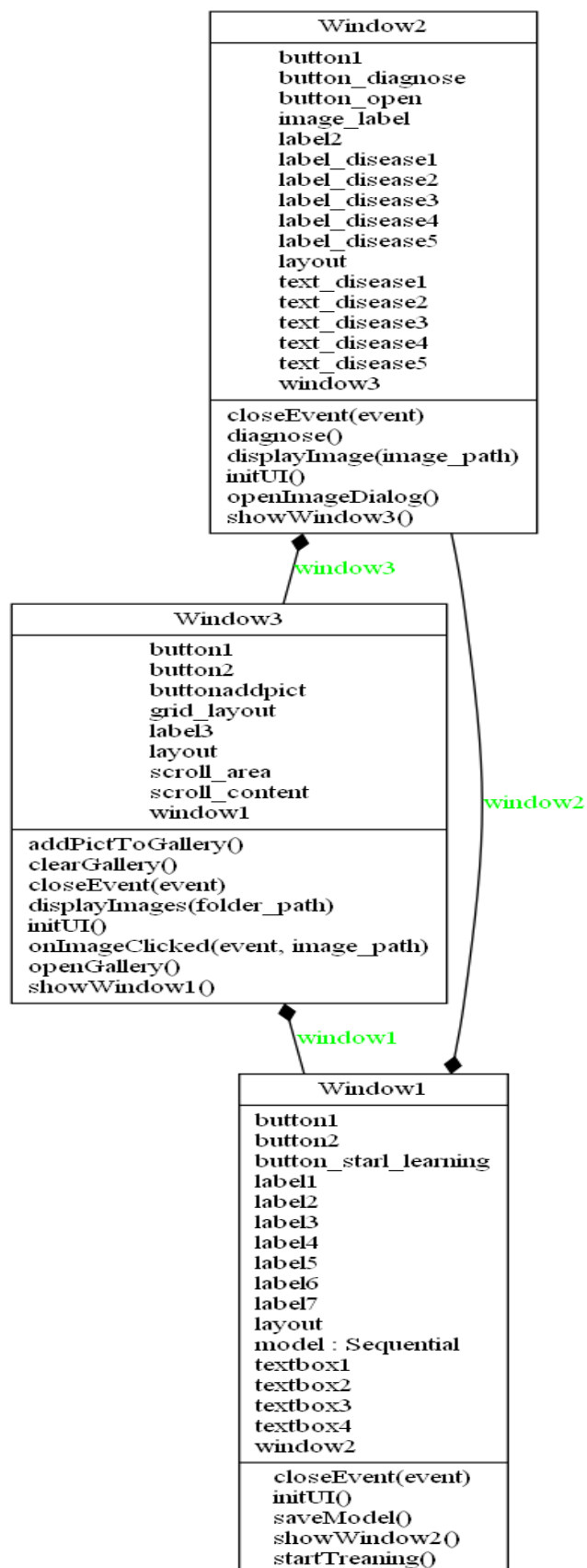
Додаток В

Структура інформаційної системи діагностування патологій очей



Додаток Г

Діаграма класів інформаційної системи діагностування хвороб ока



Додаток Д

Презентаційний матеріал

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ХВОРОБ ОКА ЗА ЇХ ЗОБРАЖЕННЯМИ ЗГОРТКОВОЮ НЕЙРОМЕРЕЖЕЮ



Виконав:

студент 3 курсу, групи КНс-20-1

Тимофієв Ілля Анатолійович

Керівник:

доцент кафедри КН

Мазурець Олександр Вікторович



Актуальність

Діагностування хвороб ока є актуальною темою, так як хвороби ока можуть не тільки значно погіршити якість життя людини, а й призвести до важких наслідків, якщо їх не буде виявлено вчасно.

За даними ВООЗ, хвороби ока є однією з головних причин сліпоти в світі, понад 285 мільйонів людей мають проблеми з зором. Більшість таких хвороб можуть бути успішно вилікувані, якщо їх буде виявлено на ранній стадії, коли лікування вважається найефективнішим.

Завдяки новим технологіям, таким як сканування ока та іншим методам образної діагностики, лікарі можуть практично точно діагностувати хвороби ока та визначити найбільш ефективний метод лікування. Тому діагностування хвороб ока залишається актуальним напрямом інформаційних технологій, що вимагає постійної уваги від медичних працівників та науковців.



Об'єкт та предмет дослідження

Об'єкт дослідження – процес діагностування хвороб ока людини за зображеннями ока людини.

Предмет дослідження – моделі, методи, алгоритми та засоби для діагностування хвороб ока людини.



Мета і задачі роботи

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка та програмна реалізація методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею, для чого слід вирішити наступні задачі:

- розробити метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею;
- розробити архітектуру нейронної мережі для діагностування хвороб ока за їх зображеннями;
- спроектувати структуру інформаційної системи діагностування хвороб ока й структуру відповідної БД;
- виконати вибір метрик оцінки нейромережі;
- виконати програмну реалізацію інформаційної системи діагностування хвороб ока;
- провести тестування створеної інформаційної системи;
- виконати дослідження ефективності розробленого методу.



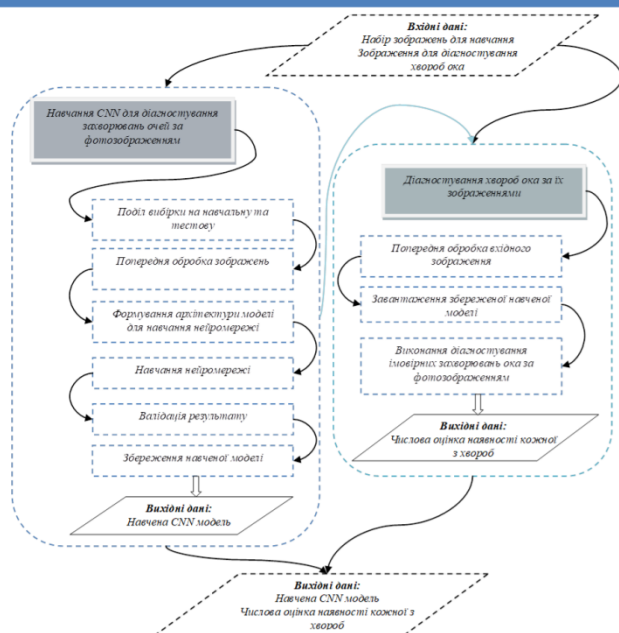


Схема та кроки методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями

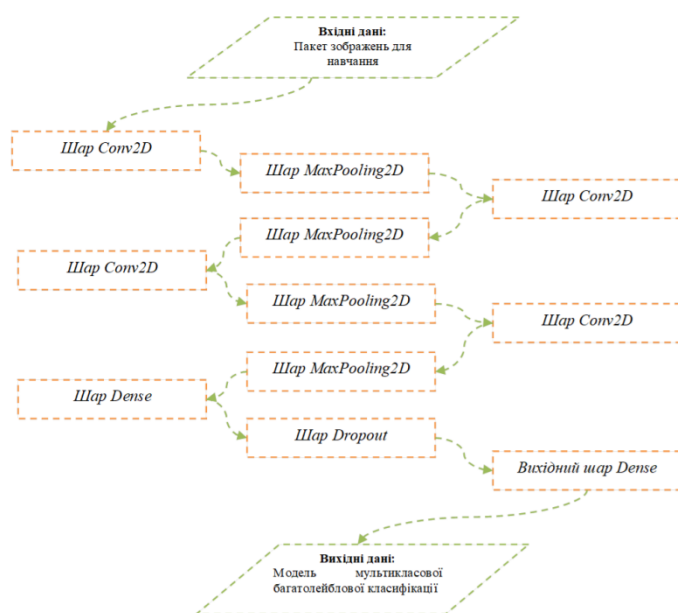
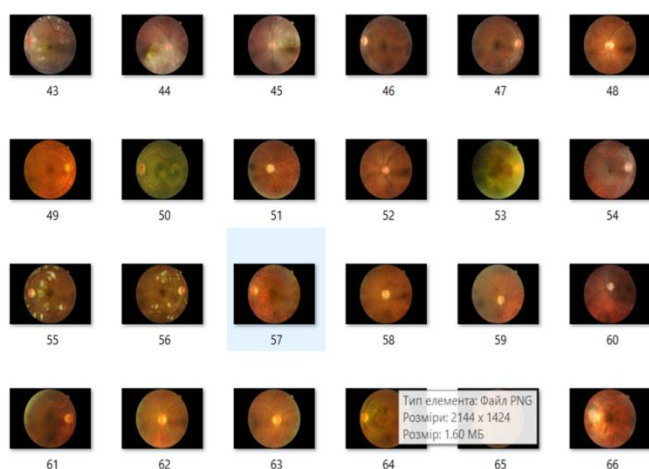


Схема архітектури нейронної мережі

Датасет «RFMiD»



ID	Disease	Risk	DR	ARMD	MH	DN	MYA	BRVO	TSLN	ERM	LS	MS	CSR	ODC	CRVO	TV	AH	ODP	ODE	ST	
1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	6	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	7	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	8	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	10	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
15	14	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
19	18	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	19	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Структура інформаційної системи діагностування патологій очей



Засоби розробки

Мова програмування: **Python**

Інтерфейси користувача: бібліотека «**PySide2.QtWidgets**»

Для реалізації бази даних: «**SQLite**»

Для побудови неймережевої моделі, навчання та оцінки її продуктивності:

- «**TensorFlow**» для побудови та навчання неймережі «**CNN**»

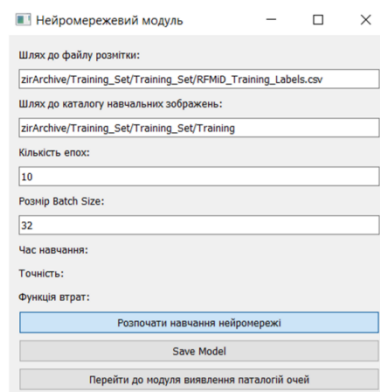
Набір даних для навчання неймережі:

- «**RFMiD**»

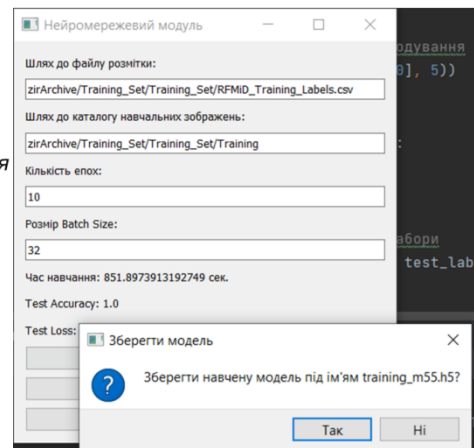


Програмна реалізація методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями

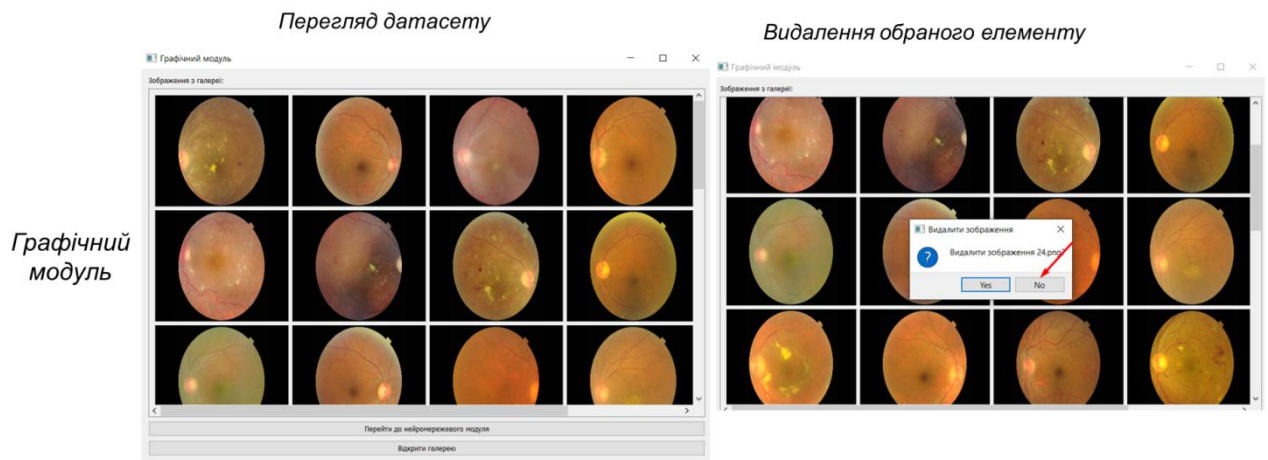
Неймережевий
модуль



Збереження
навченої
моделі

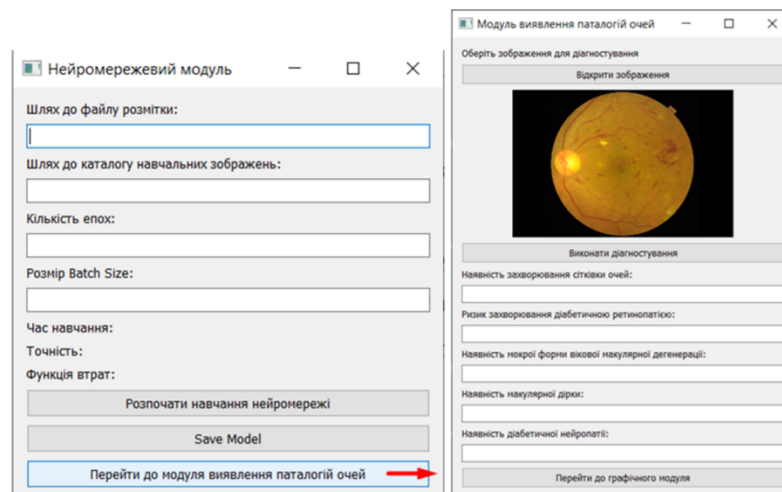


Програмна реалізація методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями



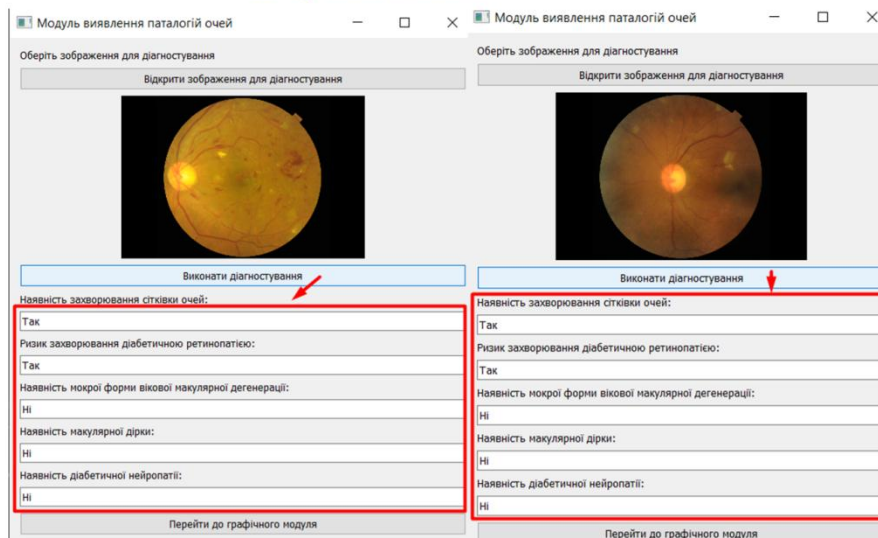
Програмна реалізація методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями

Перехід між модулями



Програмна реалізація методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями

Модуль виявлення паталогій очей



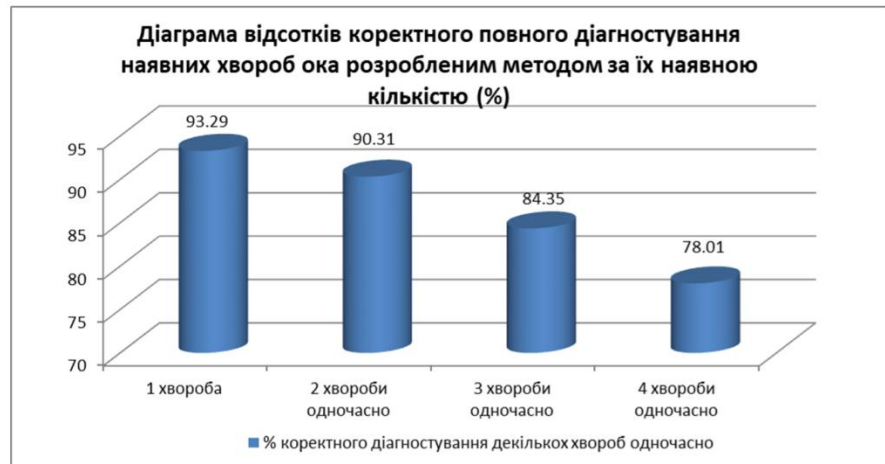
Дослідження ефективності

Діаграма коректності діагностування хвороб ока



Дослідження ефективності

Діаграма відсотків коректного повного діагностування наявних хвороб ока розробленим методом за їх наявною кількістю



Висновки

Результатом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є створений метод діагностування хвороб ока та відповідна інформаційна система, яка дозволяє за зображеннями ока людини визначати хвороби ока за допомогою згорткової нейронної мережі.

У межах поставленої мети було виконано такі задачі:

- розроблено метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею;
- розроблено архітектуру нейронної мережі для діагностування хвороб ока за їх зображеннями, яка дозволяє досягнути точності класифікації понад 85%;
- спроектовано структуру інформаційної системи діагностування хвороб ока, що складається з трьох ключових модулів й структуру відповідної БД;
- виконано вибір метрик для оцінки навченої нейромережевої моделі, обрано точність та функцію втрат;
- виконано програмну реалізацію інформаційної системи діагностування хвороб ока;
- проведено тестування створеної інформаційної системи, яке показує відсутність некоректно працюючих функцій.

Отже, завдання кваліфікаційної роботи бакалавра виконано у повному обсязі.



Ім'я користувача:
Кафедра КН

Дата перевірки:
04.06.2023 21:28:54 EEST

Дата звіту:
04.06.2023 21:33:05 EEST

ID перевірки:
1015416968

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005671

Назва документа: КНс-20-1 Тимофіїв

Кількість сторінок: 63 Кількість слів: 8991 Кількість символів: 69195 Розмір файлу: 1.94 MB ID файлу: 1015079766

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

9.34%
Схожість

Найбільша схожість: 5.01% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015079726)

7.75% Джерела з Інтернету

289

Сторінка 65

6.24% Джерела з Бібліотеки

87

Сторінка 67

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0%
Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Підозріле форматування

15
сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257**Максимальне співпадіння з одним документом 38.0%**

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 15%

ID: 114652 Назва: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА Додано в БД: 2023-06-04 Автора: І.А. Тимофієв Керівники: О.В. Мазурець Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	52242	812	21384 (41%)	344 (42%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми
114089	Назва: ЗВІТ з професійної практики Додано в БД: 2023-05-26 Автора: Тимофієв І.А. Керівники: Скрипник Т.К. Консультанти: Опоненти:	19664 (38.0%)	321 (40.0%)

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

Автор: студент групи КНс-20-1 Тимофієв Ілля Анатолійович

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри КН Мазурець О.В.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі Тимофієва І.А., не є плагіатом, оскільки: запозичення розміщені в розділі огляду існуючих підходів, не описують безпосередньо авторську роботу і не стосуються її результатів; усі запозичення фрагментарні; серед запозичень знаходяться загальновідомі терміни, скорочення та матеріали статей.

Обсяг запозичень, визначений системами виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає:

- за системою Anti-Plagiarism: 38%, з яких 38% є посиланням на власний звіт з професійної практики, що є допустимими запозиченнями які відносяться до описаних вище;

- за системою Unicheck: 9.34 %.

Керівник роботи

Олександр МАЗУРЕЦЬ

Гарант ОП

Олександр МАЗУРЕЦЬ

Завідувач кафедри КН

Олександр БАРМАК



ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА
на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента *гр. КНС-20-1 Тимофієв Ілля Анатолійович*

за темою: Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

1. Актуальність теми

Розробка методу діагностування хвороб ока за їх зображеннями з використанням згорткових нейромереж має велику актуальність у сучасній медицині. Такий метод може допомогти вчасно виявляти та лікувати хвороби ока, покращуючи якість діагностики та зменшуючи ризик ускладнень.

2. Відповідність роботи предметній області Стандарту спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Кваліфікаційна робота бакалавра повністю відповідає предметній області Стандарту спеціальності 122 Комп'ютерні науки. Вона включає розробку програмного забезпечення, застосування згорткових нейромереж та використання комп'ютерних наук для діагностування хвороб ока.

3. Професійні та особистісні якості бакалавра

У процесі виконання кваліфікаційної роботи бакалавра проявилися високі професійні та особистісні якості. Бакалавр виявив глибокі знання в галузі комп'ютерних наук, а також мав вміння працювати з складними даними та алгоритмами.

4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи

Бакалавр продемонстрував високий рівень самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи. Він самостійно досліджував та розробляв методи автоматизації діагностики хвороб ока, впроваджував згорткові нейромережі та аналізував результати дослідження.

5. Ступінь оволодіння методами дослідження

Бакалавр успішно оволодів методами дослідження в рамках своєї кваліфікаційної роботи. Він провів аналіз наявних даних, розробив експериментальну методологію та використовував статистичні методи для оцінки результатів та виведення висновків

6. Повнота та якість розкриття теми роботи

Тема роботи була повноцінно розкрита з використанням наукових джерел, методів дослідження та практичних експериментів. Бакалавр детально описав методи діагностики, розробив та реалізував програмний засіб, провів експерименти та аналіз результатів.

7. Логічність, послідовність, аргументованість, літературна грамотність викладення матеріалу

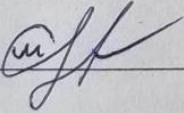
У роботі викладено матеріал логічно та послідовно. Аргументи були чіткими та обґрунтованими. Текст має науковий стиль та літературну грамотність, що забезпечує зрозумілість та доступність матеріалу.

8. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи бакалавра, окремих її частин

Розроблений метод діагностики хвороб ока за зображеннями згортковою нейромережею може мати практичне застосування у медичній галузі. Його можна використовувати для швидкого та ефективного виявлення хвороб ока, покращуючи процес діагностики та допомагаючи лікарям при прийнятті рішень щодо лікування пацієнтів.

9. Висновок про можливість допуску кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту, на яку оцінку заслуговує робота

Враховуючи високий рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Керівник  к.т.н., доцент каф. КН Олександр МАЗУРЕЦЬ



РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента гр. КНс-20-1 Тимофієв Ілля Анатолійович

за темою: Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями згортковою нейромережею

1. Актуальність обраної теми

Метод діагностування хвороб ока за їх зображеннями з використанням згорткових нейромереж є вельми актуальним у сучасній медицині. Завдяки автоматичному аналізу зображень ока за допомогою нейромереж, можна швидко та точно виявляти різноманітні хвороби ока, що сприяє їх виявленню та лікуванню.

2. Повнота розкриття мети та завдань роботи

У кваліфікаційній роботі бакалавра мета та завдання були повністю розкриті. Автор детально описав процес розробки та програмної реалізації методу діагностування хвороб ока з використанням згорткових нейромереж. Високий рівень деталізації та науковий підхід дозволяють чітко розуміти суть та значення даної роботи.

3. Зміст кожного розділу роботи

Кожен розділ роботи бакалавра вміщує в собі інформацію, що безпосередньо стосується теми, від теоретичних аспектів про згорткові нейромережі до практичної реалізації методу та опису інформаційної системи. Наявна структура та зв'язок між розділами допомагають читачеві зрозуміти послідовність дослідження та реалізації проекту.

4. Оцінка розробленої інформаційної системи, її практична цінність

Розроблена інформаційна система для діагностування хвороб ока на основі згорткових нейромереж має високу оцінку та практичну цінність. Вона демонструє високу точність та швидкість виявлення хвороб ока за зображеннями. Це може суттєво полегшити роботу медичного персоналу та забезпечити більш ефективне та швидке діагностування хвороб.

5. Якість оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра

Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра є на високому рівні. Вона включає всі необхідні розділи, таблиці, графіки та посилання на використану літературу. Чітка структура, належний використання наукового стилю та правильна організація тексту сприяють зрозумілому сприйняттю та оцінці роботи.

6. Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра

Кваліфікаційна робота бакалавра демонструє великий потенціал та значні досягнення, втім можна відзначити деякі несуттєві недоліки. Наприклад, більш є бажаним більш детальний опис процесу навчання згорткової нейромережі та розгляд можливих обмежень та недоліків методу діагностики. Розширення цих аспектів може збагатити контент роботи та покращити її практичну цінність.

7. Загальний висновок (допускається чи не допускається до захисту), та оцінка на яку заслуговує кваліфікаційна робота.

Враховуючи рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Рецензент

Доричен Ю. Б.

[Підпис]