

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра біотехнічних систем

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Автоматизований метод аналізу стадії діабетичної ретинопатії
з використанням зображень сітківки

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РБм-61
спеціальності 163 Біомедична інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Обедняк Р.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Ткачук Р.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Паляниця Ю.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Яворська Є.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Стрембіцький М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра Біотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Яворська Є.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 163 Біомедична інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Обедняку Роману Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизований метод аналізу стадії діабетичної ретинопатії
з використанням зображень сітківки

Керівник роботи Ткачук Роман Андрійович, д.т.н, професор

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

Затверджені наказом ректора від «11» листопада 2020 року № 4/7-793

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.12.2020

3. Вихідні дані до роботи Науково-технічна теза зі збірнику тез конференцій 3 міжнародної студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання»

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ; Аналітична частина: 1.1. Аналіз технічного завдання; Огляд основних методів дослідження очного дна; 1.2. Огляд відомих рішень та вибір напрямку дослідження; 1.2.1. Обґрунтування вибору УДК напряму дослідження; 1.3. Висновки до розділу 1; Основна частина; 2.1. Технічне забезпечення біотехнічної системи; 2.1.1. Загальні поняття про сервіси використані в даній роботі; 2.2. Алгоритмічне забезпечення біотехнічної системи; 2.2.1. Нейромережева архітектура; 2.2.2. Архітектура нейронної мережі LSTM; 2.3. Математичне забезпечення системи; 2.4. Висновки до розділу 2; Науково-дослідна частина; 3.1. Експериментальна верифікація теоретичних результатів; 3.1.1. Вступна частина; 3.1.2. Впровадження обчислювальних моделей; 3.2. Економічні розрахунки; 3.3. Висновки до розділу 3; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; 4.1. Охорона праці; 4.2. Електробезпека користувачів персонального комп'ютера; 4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях; 4.4 Висновки до розділу 4; Висновки; Список використаних джерел; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Представлення стадій діабетичної ретинопатії, методи обстеження ока, будова приладів обстеження, будова нейронних мереж, залежність параметрів на продуктивність нейронних мереж, будування та налаштування нейронної мережі, схема датчиків сигналізації пожежі, копії сторінок тез конференцій, презентаційний матеріал.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина			
Основна частина			
Науково-дослідна частина			
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 10.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розроблення завдання та змісту роботи	09.09.2020	Виконано
2	Вибір напрямку дослідження	09.09.2020	Виконано
3	Визначення мети роботи, предмет та об'єкт дослідження	17.09.2020	Виконано
4	Огляд відомих рішень	15.10.2020	Виконано
5	Обрання алгоритмічних та математичних моделей	20.10.2020	Виконано
6	Впровадження обчислювальних моделей	20.11.2020	Виконано
7	Обрахування економічних витрат	27.11.2020	Виконано
8	Опис безпеки життєдіяльності та охорони праці	27.11.2020	Виконано
9	Отримання результатів згідно поставлених завдань	03.12.2020	Виконано
10	Оформлення роботи та здача	22.12.2020	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Обедняк Роман Андрійович

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Ткачук Роман Андрійович

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота на тему «Автоматизований метод аналізу стадії діабетичної ретинопатії з використанням зображень сітківки» Обедняка Романа Андрійовича - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, Кафедра біотехнічних систем, група РБм–61 // Тернопіль, 2020.

С. – 69, рис. – 27, табл. – 5, слайдів. – 12, додат. – 4, бібліогр. – 31.

Ключові слова: ДІАБЕТИЧНА РЕТИНОПАТІЯ, МОДЕЛЬ, СІТКІВКА, ОФТОЛЬМОЛОГІЯ, PYTHON, RNN, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка програмного рішення для автоматизації аналізу стадії діабетичної ретинопатії з точністю не меншою 82 % для навчальної вибірки та 77 % тестової вибірки.

Було проаналізовано існуючі методи дослідження в офтальмології та запропонована автоматизація діагностування за допомогою розробленого програмного рішення на основі мови програмування Python та програмної нейромережевої бібліотеки Keras.

Система, яка буде спроможна прогнозувати стадію чи наявність хвороби, може мати рекомендаційний чи наказовий характер. Встановлення завдання, та розробка в цьому напрямку дає змогу визначенню місця та розвитку штучного інтелекту в медицині.

ABSTRACT

Master's thesis theme "Automated method of the diabetic retinopathy stage analysis using retinal images" Obiedniak Roman Andriiovych - Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Applied Information Technology and Electrical Engineering, Department of Biotechnical Systems 61 // Ternopil, 2020.

69 pages, 27 pic., 5 tables, 12 slides, 4 add., 31 lib.

Key words: DIABETIC RETINOPATHY, MODEL, RETINAL, OPHTHOLMOLOGY, PYTHON, RNN, NEURAL NETWORKS.

The purpose of the master's thesis is to develop a software solution to automate the analysis of the stage of diabetic retinopathy with an accuracy of at least 82 % for the training sample and 77 % of the test sample.

The existing research methods in ophthalmology were analyzed and the automation of diagnosis with the help of the developed software solution based on the Python programming language and the software neural network library Keras was proposed.

A system that can predict the stage or presence of a disease can be advisory or prescriptive. The problem statement and development in this direction allow to determine the place and development of artificial intelligence in medicine.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	11
1.1. Аналіз технічного завдання	11
1.1.1. Огляд основних методів дослідження очного дна.....	14
1.2. Огляд відомих рішень та вибір напрямку дослідження.....	19
1.2.1. Обґрунтування вибору УДК напрямку дослідження	22
1.3. Висновки до розділу 1.....	24
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	25
2.1. Технічне забезпечення біотехнічної системи	25
2.1.1. Загальні поняття про сервіси використані в даній роботі.	25
2.2. Алгоритмічне забезпечення біотехнічної системи.....	27
2.2.1. Нейромережева архітектура.....	27
2.2.2. Архітектура нейронної мережі LSTM	29
2.3. Математичне забезпечення системи	31
2.4. Висновки до розділу 2.....	36
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	37
3.1. Експериментальна верифікація теоретичних результатів.....	37
3.1.1. Вступна частина.....	37
3.1.2. Впровадження обчислювальних моделей.	40
3.2. Економічні розрахунки	44
3.3. Висновки до розділу 3.....	50

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	51
4.1. Охорона праці.....	51
4.2. Електробезпека користувачів персонального комп'ютера	54
4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	59
4.4 Висновки до розділу 4.....	64
ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТКИ	70

ВСТУП

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), на 80 % діагностика порушення зору є ефективна у запобіганні лікування існуючої та прогресуючої хвороби [1]. Також, 1,3 млрд. людей на планеті живуть з порушеннями зору. Одна з причин появи порушення зору є діабетична ретинопатія, яка проявляється у порушенні гомеостазу ока спричинене ураженням сітківки, диску зорового нерву, судин очного дна. Діабетична ретинопатія з'являється у пацієнта страждаючого на цукровий діабет в 90 % випадках. Сліпота настає в 25 разів частіше у пацієнтів з цукровим діабетом, ніж у здорових.

Статистичні дані наведенні вище вказують достатню обґрунтованість в науковому дослідженні в даному напрямку, адже кількість вибірки для обстеження є великою, що надає велику ймовірність прийняття вірного рішення моделлю розглянутою в цій роботі.

Метою роботи є автоматизація розпізнавання стадії діабетичної ретинопатії (ДР) на основі системи побудованої на нейро-мережевій технології.

Розглядаються та аналізуються відомі методи діагностування ураження ока, на основі яких пропонується підвищення точності діагностування, через впровадження технології штучного інтелекту, яка мінімізує суб'єктивність діагностування.

Зображення очного дна як предмет дослідження є неточними, нечисловими, різномірними, а отже, сформувавши аналітичну залежність між ними є важким завданням. Але подібні завдання легко вирішуються засобами штучного інтелекту. Штучний інтелект в даний момент є потужною системою обробки зображень і який базується на принципах машинного навчання (МН). Одним із засобів МН є нейронні мережі (НМ). МН реалізують принцип емпірично формованого рішення, а отже у НМ є здатність до узагальнення, тобто до адекватного відгуку на дані, що виходять за межі наявної навчальної вибірки.

Перевагою використання НМ у роботі є її самостійне налаштування алгоритму, що дає можливість відновити неявну залежність в даних. Така модель має бути здатна для будь-якого можливого вхідного об'єкта видати досить точну класифікуючу відповідь, і для виконання завдання класифікації не обов'язково визначати, чи формувати причини або параметри для певного рішення. Так приділятиметься уваги більше розробці та розгалуження самої моделі, а не вплив деяких параметрів на її відгук. Хоча існує деякий контроль вимірювання точності відповідей, і характеризується він як оціночний функціонал якості.

В даній роботі використовуються програмні рішення реалізовані у бібліотеках, які є моделями попередньо навчених НМ (Transfer Learning). Основна ідея попереднього навчання полягає в тому, що, на початку, нейронна мережа (або інший алгоритм МН) тренується на «дешевому» і великому наборі даних зі схожою, або з тієї ж області застосування, або навіть на даних з шумом. На основі цього навчання налаштовується вихід мережі на потрібну кількість класів і проводяться перенавчання мережі на цільових даних завдання. Це дає змогу більшої оптимізації рішення.

Методи діагностування стадій діабетичної ретинопатії вважаються суб'єктивними, адже приймає рішення лікар.

При виконанні магістерської роботи пропонується удосконалити діагностування стадії ДР за допомогою навчання НМ, що надасть більшої об'єктивності діагностуванню. В іншому випадку дана модель діагностування дає подальший розвиток рекомендаційним системам у біомедицині. Саме формулювання завдання, та розробка в цьому напрямку дає змогу визначенню вагомому місця та розвитку штучного інтелекту в медицині.

Так в даній магістерській роботі буде проведено дослідження використання ШІ для визначення стадії ДР з точністю діагностування не меншою 82 % для навчальної вибірки та 77 % тестової вибірки.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ДНАОП	– Державний нормативний акт з охорони праці.
ДР	– Діабетична ретинопатія.
НМ	– Нейронна мережа.
ОКТ	– Оптична когерентна томографія.
ОП	– Охорона праці.
ПВКГ	– Першо-відкрито-кутова глаукома.
ПЗ	– Програмне забезпечення.
ПК	– Персональний комп'ютер.
УДК	– Універсальна десяткова класифікація.
ШІ	– Штучний інтелект.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технічного завдання

При огляді очного дна пацієнта лікар використовує різні методи до яких входять ручні та комп'ютеризовані інструменти. Для затвердження того і чи іншого діагнозу діагностуючий лікар робить суб'єктивні висновки на основі отриманих даних.

Завданням магістерської роботи є розробити рекомендаційний для лікаря чи повноцінно-діагностуючий для пацієнта метод діагностування стадії діабетичної ретинопатії. Метод заснований на опрацюванні цифрових знімків зроблених фундус-камерою та переданих в нейро-мережеву модель розробленою для Microsoft Windows® та Linux® операційних систем.

Використання нейро-мережевої технології пояснюється легкістю в експлуатації та розгалуження, дешевизні проектування та підтримки. Це обумовлено нечіткою логікою самої моделі, яка пристосовує власні параметри тренуючись, тому такій системі не треба жорстко запрограмувати поведінку.

Розроблена нейро-мережева модель має бути побудована на мові програмування Python та нейро-мережевою бібліотекою Keras, та спроможна категоризувати до п'яти різних стадій діабетичної ретинопатії (включаючи здоровий стан), що детально розглянуто у таблиці 1.1 та представлено графічно на рис. 1.1.

Модель розроблена в цій роботі побудована на принципах LSTM (Long short-term memory) – довга короткочасна пам'ять, яка спроможна зберігати значення з часом, градієнт та штраф потрібний для повернення назад при

І тренуванні моделі, що і буде зв'язувати стан сітківки, її мережі судин та їх окремі частини для виявлення виникнення патологій.

Таблиця 1.1

Характеристика стадій ДР

Стадія ДР	Форма захворювання
Непроліферативна ретинопатія	Припиняється процес розростання капілярів. Кров не потрапляє до мікро- капілярів з тромбами і відповідно до тканини. Виникнення інфарктів в шарі нервових волокон, місцевого набряку сітківки.
Препроліферативна ретинопатія	Патологічні зміни посилюються. Виникнення дифузного набряку сітківки, скупчених крововиливів, утворення венозних петель, зникання судин в деяких зонах сітківки.
Проліферативна ретинопатія	Починається неоваскуляризація. Утворення нових судин зі слабкими стінками, їх розриви, виливи крові. Підвищується внутрішньо-очний тиск.
Діабетична макулопатія	Через великі набряки, жирові відкладення, недостатнє кровопостачання пошкоджується жовта пляма ока.

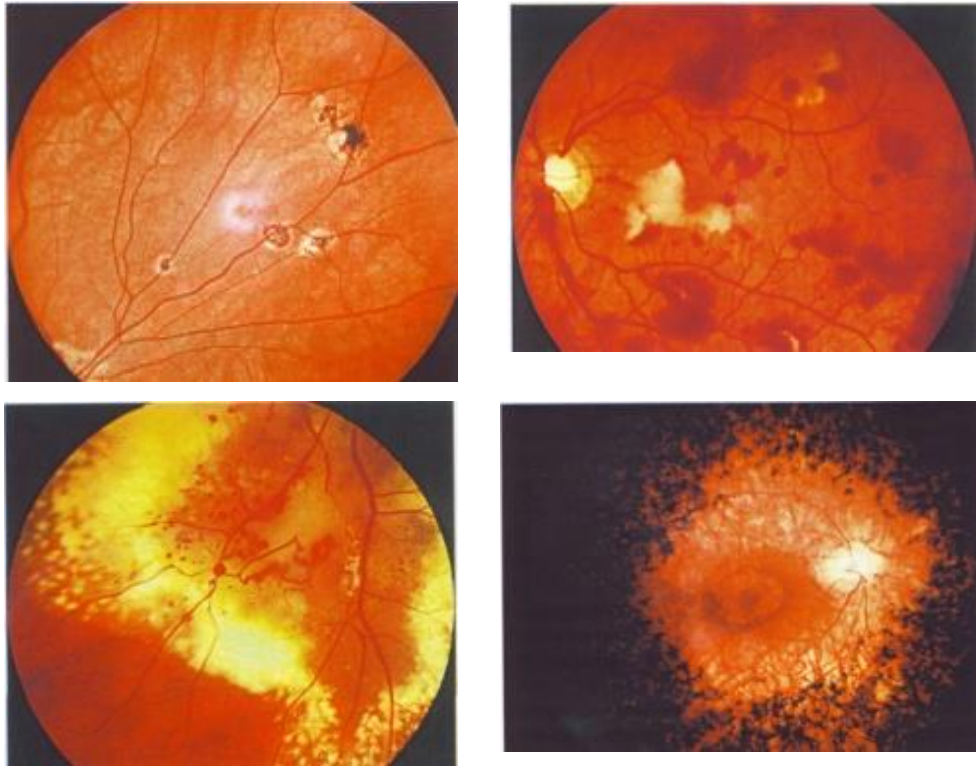


Рис. 1.1 – Представлення фотознімків патологій ока при ДР.

Отже беручи до уваги вищеописане можна відокремити морфеми, які беруться до уваги при аналізі зображення очного дна, та поділити їх наступним способом:

- Кількісна оцінка якості зображення:
 - перевірка якості зображення;
 - виявлення артефактів візуалізації.
- Розташування та сегментація структур сітківки:
 - судини сітківки: діаметр судини; класифікація артерій і вен; виявлення оклюзії судини;
 - ямка;
 - диск зорового нерву: чашка і ободок; банки.
- Сегментація аномалій:
 - аномалії, пов'язані з кровоносними судинами: крововиливи; мікроаневризми; неоваскуляризації; інфаркти нервових волокон (ватяні плями);

- аномалії, пов'язані з пігментним епітелієм: друзи; гіпер і гіпопігментація;
- аномалії судинної оболонки: виявлення невусів і меланом; ураження судинної оболонки, пов'язані з увеїтом.

Отже, наявність, характерне візуальне вираження та розташування описаних морфем буде впливати на передбачення моделлю стадії ДР на знімку.

1.1.1. Огляд основних методів дослідження очного дна

До основних методів обстеження очного дна відносять:

- офтальмоскопія;
- флуоресцентна ангіографія;
- оптична когерентна томографія;
- фото-реєстрація очного дна.

В даний момент наукові досягнення надають можливості суб'єктивного аналізу середовища, та людського тіла, за участі людини та об'єктивного аналізу за допомогою технічних та програмних засобів, що і досліджується в даній роботі.

Згідно принципів класичної офтальмоскопії заснована ретиноскопія. Ретиноскопія це методика об'єктивного вимірювання помилки заломлення очей пацієнта. Обстежуючий використовує ретиноскоп, щоб просвічувати очі пацієнта і спостерігати відбиття (рефлекс) від сітківки. Під час переміщення смужки або плями світла через зіницю оглядач спостерігає відносний рух рефлексу або вручну розміщує лінзи над оком (використовуючи пробну рамку та пробні лінзи) для «нейтралізації» рефлексу.

Оптична конструкція камер очного дна заснована на принципі монокулярної непрямой офтальмоскопії (рис. 1.2).

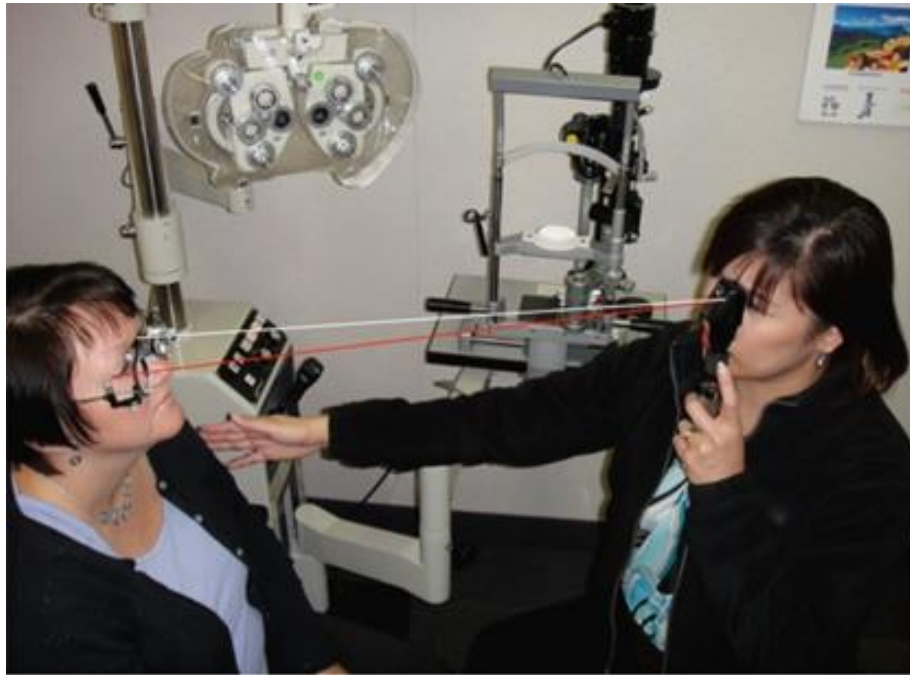


Рис. 1.2 – Приклад виконання ретиноскопії [2]

Обстежуючий використовує ретиноскоп, щоби просвічувати світло в очі пацієнта і спостерігає відбиття (рефлекс) від сітківки пацієнта. Під час переміщення смужки або плями світла через зіницю оглядач спостерігає відносний рух рефлексу або вручну розміщує лінзи над оком (використовуючи пробну рамку та пробні лінзи) для «нейтралізації» рефлексу [10].

Світло фокусується через ряд лінз через отвір у формі кільця, який потім проходить через центральну діафрагму, щоб утворити кільце, перед тим як пройти через об'єктив камери та через рогівку на сітківку (рис. 1.3). Світло, відбитий від сітківки, проходить через не засвітлений отвір у пончику, утвореному системою освітлення.

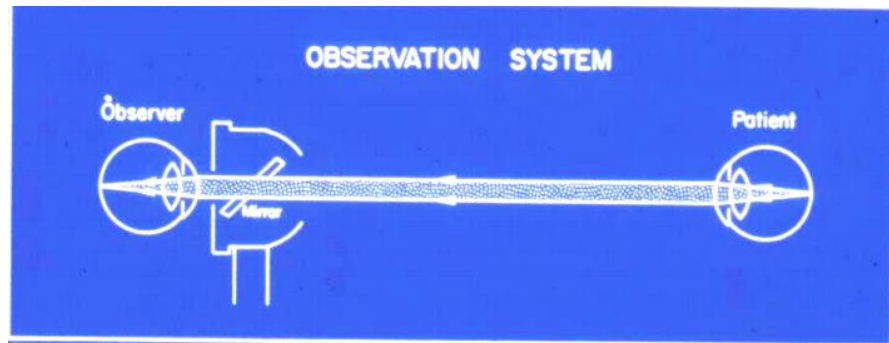


Рис. 1.3 – Схематичне представлення виконання ретиноскопії

Ще одним із методів дослідження очного дна є оптична когерентна томографія (ОКТ) (рис. 1.4). Даний метод викликав інтерес у медичного співтовариства, оскільки він надає зображення морфології тканин з набагато більш високою роздільною здатністю (краще, ніж 10 мкм), ніж інші методи візуалізації, такі як магнітно-резонансна томографія (МРТ) або ультразвукове дослідження (УЗД).

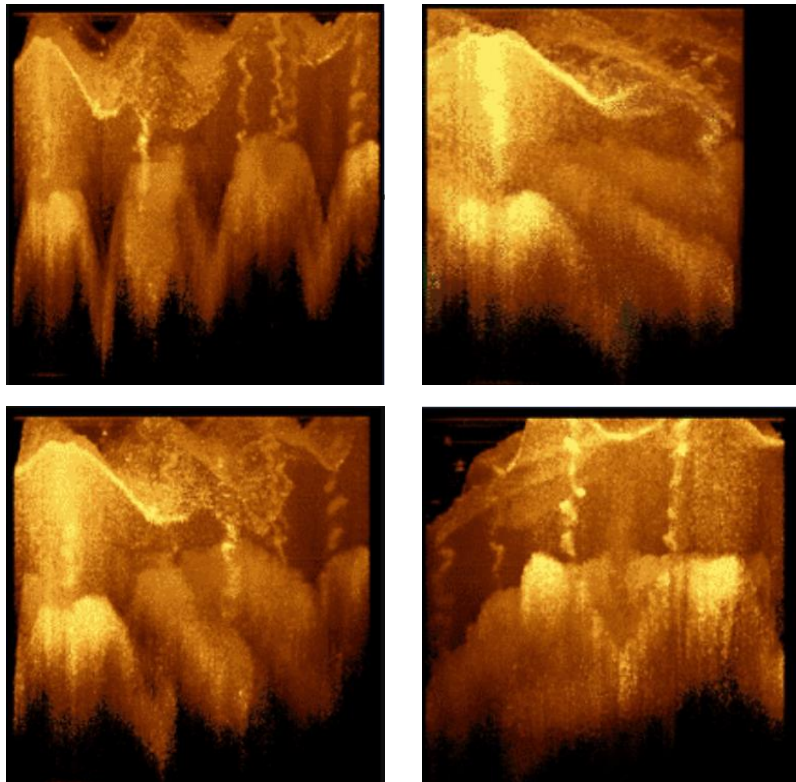


Рис. 1.4 - В-сканування зображень шкіри людини. Шкала масштабу: 200 мкм.

ОКТ забезпечує високу роздільну здатність, тому що вона засноване на світлі, а не на звуці або радіочастоті. Оптичний промінь прямує на тканину, і збирається невелика частина цього світла, що відбиваються від під-поверхневих елементів. В ОКТ метод, званий інтерферометричним, використовується для запису довжини оптичного шляху прийнятих фотонів, що дозволяє відкидати більшість фотонів, які розсіюються багаторазово до виявлення. Таким чином, ОКТ може створювати чіткі тривимірні зображення товстих зразків, пригнічуючи фоновий сигнал, збираючи світло, безпосередньо відбитий від цікавлячих поверхонь.

Принцип ОКТ - це біле світло, або низька когерентність, інтерферометрія. Оптична установка, як правило, складається з інтерферометра (рис. 1.5, як правило, типу Мікельсона) з низькою когерентністю, джерелом світла з широкою пропускнуою здатністю. Світло розбивається і рекомбінується відповідно від опорної та зразкової групи.

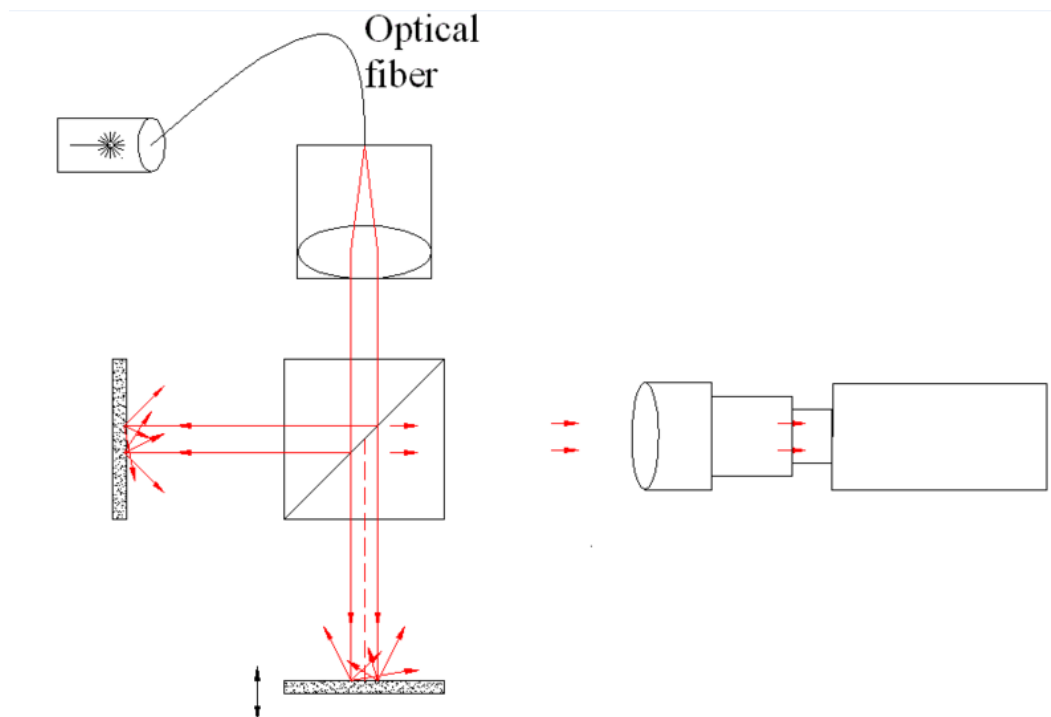
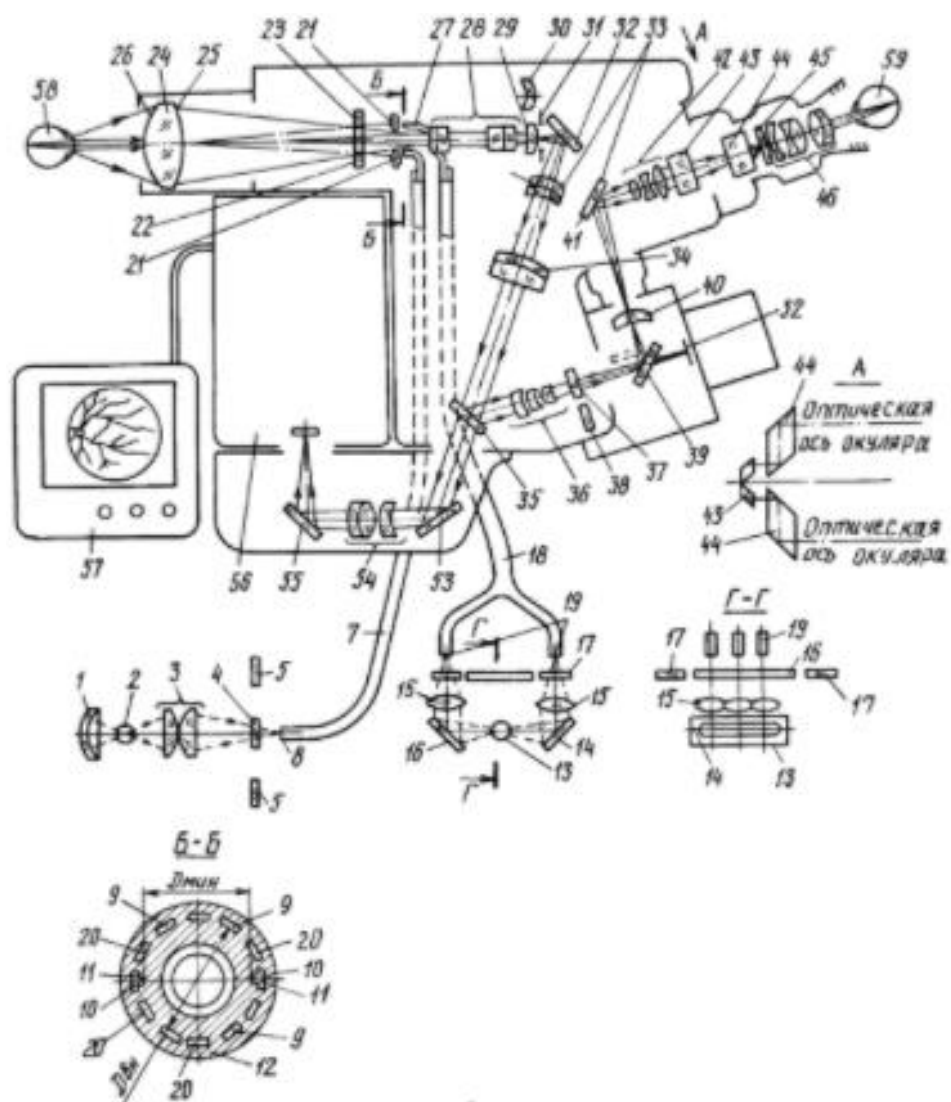


Рис. 1.5 - Оптична настройка ОКТ у повному полі [11]

В даній магістерській роботі розглядається система обробки зображень, фіксація яких виконується методом фото-реєстрації очного дна, а саме приладом – фундус-камерою.

Фундус-камера безконтактний оптичний прилад офтальмології призначений для клінічного дослідження очного дна. Прилад містить офтальмоскопічний об'єктив, освітлювальний канал, транспортні канали, включаючи оглядовий канал з бінокулярним пристроєм і фотографічним каналом з фоторегістратором, так продемонстровано на рисунку 1.6.



Фиг. 1

Рис. 1.6 - Будова фундус-камери [12]

У фундус-камері лампи з конденсором встановлені в окремому корпусі. Пристрій для розділення енергетичних потоків освітлювального і транспортних каналів являє собою гнучкі регулюючі джгути оптичних волокон. Вихідні торці волокон розташовані на оптичній осі конденсорів. Рівні за площею вихідні торці перпендикулярні оптичній осі транспортних каналів і згруповані у формі крайового кільця, що охоплює траєкторію променів транспортних каналів. Внутрішній діаметр у крайового кільця більше діаметра в апертурній діафрагмі. Вихідні торці двох гнучких регулюючих джгутів оптичних волокон, пов'язаних з джерелом світла і відрізняються за конфігурацією від інших, виконують додаткову роль пристрою установки робочої відстані. Пристрій для придушення енергетичних потоків має у своєму складі систему об'єктивів і екранів, число яких дорівнює числу гнучких регуляторних джгутів волокон. Плоско-паралельна пластина виготовлена з матеріалу не прозорого в ультрафіолетовій області спектра. У бінокулярному пристрої наглядного каналу існує канал другого спостерігача. У системі фільтрів додатково введено похиле дзеркало із селективно-відбиваючим покриттям. У фундус-камері також є інфрачервоний телевізійний канал.

1.2. Огляд відомих рішень та вибір напрямку дослідження

Автоматизація передбачення різного характеру захворювань є перспективним напрямком біоінженерії, адже, на відміну від людини, програмна технологія немає упереджень і не схильна до суб'єктивної оцінки. Також можна вирахувати середньостатистичну похибку системи, яка не схильна змінюватися.

Так на результативність моделі МН впливають якісні та кількісні показники, а також формулювання завдання для неї інженером, який її розробляє. Наприклад, раніше проводився автоматизований аналіз відмінностей здорових пацієнтів від пацієнтів з глаукомою за кольором диску зорового нерву,

що не надавало великої передбачуваної здатності, адже це не найвагомійший та не єдиний чинник в реальній клінічній практиці, в силу поліморфізму проявлення захворювання [19]. Так на рисунку 1.7 представлено схему навчання системи, де зліва представлена модель із «жорсткою» логікою а з правої сторони модель з нечіткою логікою, яка може віднаходити не явні патерни, які впливають на результат [20].



Рис. 1.7 – Процедура навчання [22]

Так у 2007 році були опубліковані результати навчання штучної нейронної мережі, навченої розпізнавати глаукомні дефекти поля зору, з метою порівняння з точністю інших алгоритмів, запропонованих для виявлення дефектів [21]. Всього було відібрано результати 100 пацієнтів з глаукомою і 116 здорових учасників (протокол SITA Standard 30-2, Humphrey 740i, Carl Zeiss-Meditec Inc., Німеччина). Результати пацієнтів з першо-відкрито-кутовою глаукомою (ПВКГ), включені в аналіз ШІ, мали початкові зміни світлочутливості (медіана MD -6,16 дБ). При специфічності 94 % і характеристиці ROC-аналізу 0,984 ШІ досяг чутливості 93 %. Тест глаукоми (Hemifield test) показав чутливість 92 % при 91 % специфічності. Стандартне відхилення патерну при достовірності $p < 5\%$ мало чутливість і специфічність 89% і 93% відповідно, тоді як при достовірності змін $p < 1\%$ мало чутливість 72 % при специфічності 97 %. Кластерний аналіз показав чутливість і специфічність 95 % і 82 % відповідно. Автори встановили високу

діагностичну ефективність використаної мережі ШІ при вивченні протоколів периметрії. Так стало зрозуміло, що для більшої точності навчання моделі потрібно більше деяких додаткових даних, які б могли не явно впливати на результат. Так, D.A.V. Oliveira et al. (2009) внесли в модель додаткових 14 параметрів 256 учасників з початковою стадією ПВКГ [22]. До аналізу були включені дані віку, статі, окремі структурні характеристики ДЗН і СНВС і їх взаємини, отримані за допомогою офтальмоскопії та ОКТ. Модель успішно впоралася з поставленим завданням, показавши результати чутливості і специфічності вище 84 % для пацієнтів з ознаками початкової стадії глаукоми. А вже за рік D. Bizios et al. (2010), порівнявши роботу ШІ і векторних машин, проаналізували результати дослідження очного дна за допомогою ОКТ (Stratus, Carl Zeiss-Meditec Inc., Німеччина) 62 пацієнтів з початковою ПВКГ і 90 здорових осіб [23]. При цьому вони не знайшли достовірних відмінностей при застосуванні двох методів класифікації. Показники ROC-аналізу ШІ склали 0.982; 95 % довірчий інтервал (ДІ): 0.966-0.999, і у векторних машин – 0.989; 95 % ДІ: 0.979-1.0, $p > 0.05$. Автори вирішили повідомити, що параметри, які вносяться до мережі надають більший вплив на діагностичну точність, ніж використання якогось окремого типу машинного класифікатора.

F. Silva et al. (2013) було проаналізовано дані 62 пацієнтів з ПВКГ і 48 здорових учасників і встановлено, що найбільш значущими показниками для навчання ШІ є дані ОКТ в комбінації зі стандартною автоматичною периметрією (ROC-аналіз – 0.946, $p < 0.05$) [24].

Із нещодавніх досліджень, у 2018 році J.M. Ahn et al. розробили модель глибокого навчання для діагностування глаукоми за допомогою фотографії очного дна [25]. У дослідженні було задіяно 1542 фотографії (786 від здорових учасників, 467 випадків глаукоми з ознаками прогресування і 289 фото пацієнтів з початковою стадією). Опрацьовуванні набори даних використовувалися для розробки простої логістичної класифікації і згорточної нейронної мережі. Звичайна логістична класифікаційна модель отримала результати точності

навчання 82.9 %, валідаційна точність 79.9 % та тестова 77.2 %. Згорточна нейронна мережа отримала точність і площу під ROC-кривої за даними навчання 92.2 % і 0.98 відповідно, 88.6 % і 0.95 - за даними валідації, 87.9 % і 0.94 - за контрольними даними.

Було встановлено, що як початкова стадія хвороби, так і прогресуюча або виражена глаукома можуть бути впевнено діагностовано за допомогою МН при використанні тільки цифрових знімків очного дна. Дана модель, яка навчається з використанням згорточної нейронної мережі, була більш ефективна для діагностування початкової стадії глаукоми, ніж раніше представлені моделі.

Отже, як можна бачити, що в діагностуванні хвороби ока вже виконуються дослідження з використанням ШІ, і отримуються результати з такою самою або більшою точністю ніж в попередніх дослідженнях.

Так в даній магістерській роботі буде проведено дослідження використання ШІ для визначення стадії ДР з точністю не меншою 82.9 % для навчальної вибірки, 79.9 % та 77.2 % для валідаційної та тестової вибірки відповідно.

1.2.1. Обґрунтування вибору УДК напряму дослідження

Для визначення напряму УДК використаємо інтернет-ресурс <http://teacode.com/online/udc/>, де зможемо опрацювати дві досліджувані сторони, а саме медичну та технічну.

З медичної сторони досліджується діабетична ретинопатія.

З технічної сторони досліджується навчання та індуктивний висновок у вигляді штучної рекурентної нейронної мережі на базі архітектури довга короткочасна пам'ять.

Згідно з класифікатором УДК медична сторона класифікується наступною послідовністю:

- УДК 617 - Ортопедія. Хірургія. Офтальмологія;
- УДК 617.7 - Офтальмологія. Хвороби ока;
- УДК 617.73 – Сітківка та зоровий нерв;
- УДК 617.735 – Сітківка;
- УДК 617.735-002 - Запалення сітківки. Невроретиніт. Хоріоретиніт.

Ретинохоріодит.

Технічна сторона класифікується наступною послідовністю:

- УДК 00 - Загальні питання науки та культури;
- УДК 004 - Інформаційні технології. Комп'ютерні технології. Теорія обчислювальних машин і систем;
- УДК 004.8 - Штучний інтелект;
- УДК 004.85 - Навчання;
- УДК 004.855 - Навчання і індуктивний висновок.

Згідно класифікатора УДК обрано індекс напряму дослідження – УДК 617.735-002: 004.855

1.3. Висновки до розділу 1

1. В цьому розділі було проаналізовано як саме нейро-мережева технологія впливає на розвиток біомедичної інженерії, а також сформований напрям дослідження, який включає в собі технології ШІ.

2. Розглянуто існуючі методи дослідження очного дна та збору інформації, а саме фотографування сітківки, обрано спосіб збору інформації за допомогою фундус-камери.

3. Проведено дослідження щодо відомих досліджень з використанням ШІ, що надало кількісних та якісних характеристик які має містити в собі майбутня розроблена система в даній роботі.

4. Проаналізовано універсальну десяткову класифікацію та обрано індекс УДК згідно з обраним напрямком дослідження.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Технічне забезпечення біотехнічної системи

2.1.1. Загальні поняття про сервіси використані в даній роботі.

Математична модель (ММ) - математичне представлення реальності, один з варіантів моделі як системи, дослідження якої дозволяє отримувати інформацію про деяку іншу систему. Математична модель призначена копіювати поведінку реального об'єкта, але завжди є деякий ступінь його ідеалізації.

Математичне моделювання – це як сама діяльність, так і сукупність прийнятих прийомів і технік побудови і вивчення ММ.

Штучний інтелект (ШІ) - властивість інтелектуальних систем виконувати творчі функції, які традиційно вважаються прерогативою людини; наука і технологія створення інтелектуальних машин, особливо інтелектуальних комп'ютерних програм.

Нейронна мережа (також штучна нейронна мережа, ІНС) - ММ, а також її програмне або апаратне втілення, побудована за організацією та функціонуванням біологічних нейро-мереж - мереж, які складаються з нервових клітин. Ідея моделювання поведінки процесів в мозку наштовхнула на створення цього поняття У. Маккалок і У. Питтса. У практичних цілях їх почали використовувати після розробки алгоритмів їх навчання, а саме в розпізнаванні образів, задачі прогнозування, управління та ін.

Глибоке навчання (Deep learning) - набір методів МН (без вчителя, з вчителем, з частковим залученням вчителя, з додаванням підкріплень),

заснованих на само-навчанні (Feature / representation learning), а не жорстко запрограмовані спеціалізованими алгоритмами під конкретні завдання.

Мова програмування Python є інтерпретуючою, високо-рівневою, створена для загального призначення Гідо ван Россумом та вперше випущена в 1991 році. Філософія дизайну Python підкреслює читабельність коду завдяки помітному використанню символічного пробілу. Відзначається мовними конструкціями та об'єктно-орієнтованим підходом, створена з метою допомогти програмістам написати чіткий логічний код для малих та масштабних проєктів.

Растрове зображення - зображення, що представляє собою таблицю (мозаїку) пікселів - кольорових крапок (прямокутних) на моніторі , папері та інших відображають пристроях.

API - опис функціоналу, який представлений в класах, процедурах, функціях, структурах або константах, та наборами з них, за допомогою яких Одне ПО взаємодіє з іншим. В основному входить в опис будь-якого інтернет-протоколу (наприклад, RFC) чи програмного каркаса (фреймворка) або стандарту викликів функцій операційної системи (ОС). Часто реалізується окремою програмною бібліотекою чи фреймворком або сервісом ОС. Використовується розробниками при написанні програмних рішень.

API визначає структуру чи функціональність, яку надає програмне забезпечення (ПЗ) (бібліотека, модуль), також абстрагує від реалізації функціоналу.

Пакет (package) – є сукупністю вкладених пакетів (утворюючи тим самим ієрархічну систему), а також класи і інтерфейси і таким чином групуючи типи. Допомагає працювати з великою кількістю файлів; модульна декомпозиція допомагає у проектуванні системи. Існує модифікатор доступу, що дозволяє типам з одного пакета взаємодіяти більш тісно між собою, ніж з інших пакетів. Так, за допомогою пакетів логічно угруповуються типи.

Keras - відкрита нейро-мережева бібліотека [4], у мові Python . Це надбудова над фреймворками (Theano, TensorFlow, DeepLearning). Орієнтована

на автоматизацію роботи з мережами глибокого навчання, спроектована як компактна, модульна та розширювана бібліотека. Була створена як частина досліджень проекту ONEIROS (Open-ended Neuro-Electronic Intelligent Robot Operating System), а її основним автором є інженер від Google - Франсуа Шолль.

2.2. Алгоритмічне забезпечення біотехнічної системи

Для реалізації оцінки ступеню порушення зору використовуватиметься комп'ютерна програма заснована на математичній моделі прогнозування, реалізована за допомогою мови програмування «Python 3» та засобів розробки систем заснованих на принципах машинного навчання.

До рекомендацій щодо організації наукового дослідження відноситься використання певних програмних засобів, а саме мови програмування «Python 3» та засобів розробки систем заснованих на принципах машинного навчання. До засобів розробки відноситься клас штучних нейронних мереж, рекурентних нейронних мереж (RNN), до даного класу відноситься архітектура довга короткочасна пам'ять (LSTM), що використовується в галузі глибокого навчання.

2.2.1. Нейромережева архітектура

Конструюючи та розробляючи якісь прилади чи системи людина використовує закони та правила світу, чи то швидкість світла, чи то гравітація тощо. Спираючись на закони виходить система, яку очікували при проектуванні, в іншому випадку виявляють нові «правила Всесвіту». Так сталося, що в світі повного хаосу та не детермінованості існують істини та поняття на яких базується світ, і хоч все живе на планеті Земля є «збігом обставин», екосистема налаштована на пристосування до навколишнього середовища. Так ми можемо підмічати різні моделі взаємодії живих істот зі світом. Наприклад, будова деяких

рослин заснована на числах Фібоначчі, звукоізоляція добра продемонстрована совами, стабілізаційні закрilки літака перейняті у птахів [5].

Отже, запозичення технологій з живого світу є доцільним і актуальним, так вчені звернули увагу на обробку інформації в мозку людини, а саме на взаємодію нейронів в головному мозку. Технологія збудження нейрону надихнула на створення моделі, яка з досягненням певного рівня насиченості дає відклик.

Нейронна мережа має декілька шарів, в кожному шарі є деяка кількість нейронів. Перший шар відповідає за отримання даних та не змінює їх. Як продемонстровано на рисунку 2.1, інформація протікає лише з входу на вихід (тобто зліва направо). Інші типи нейронних мереж мають більш складні зв'язки, такі як шляхи зворотного зв'язку. Нейрони обробляють усі кількісні показники об'єкта, за допомогою яких можливо прогнозувати відповідь мережі.

Нейрон має можливість відділяти залежності, які впливають на передбачення результату, за допомогою ваг представлених у вигляді коефіцієнтів.

Для кожного нейрону є поняття його активації, тобто існує момент коли нейрон «вирішує», що інформація, яка надійшла до нього є достатньо для реагування. Мережа «вчиться» через механізм штрафів нейронів, тобто їх ваг, за неправильне передбачення результату.

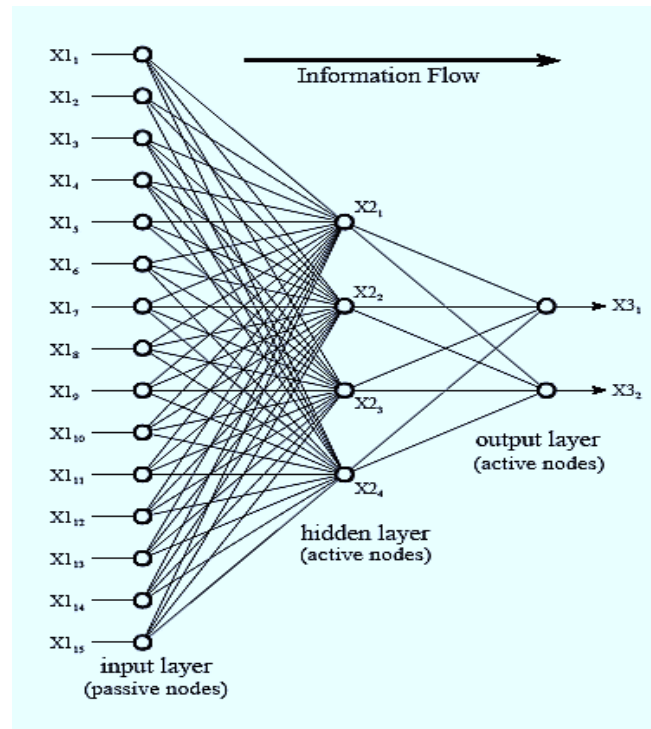


Рис. 2.1 – Приклад схеми нейронної мережі [13]

За кожен прохід даних через мережу підлаштовуються випадкові вагові коефіцієнти і тренується нейронна модель, що в подальшому дає можливість оцінювати не тренувальні послідовності (дані).

2.2.2. Архітектура нейронної мережі LSTM

Довга короткочасна пам'ять (LSTM) - це архітектура нейронної мережі (RNN), яка використовується в галузі глибокого навчання. Різниця LSTM від звичайної мережі RNN, що вона має механізм зворотного зв'язку.

До проблеми RNN відноситься «зникнення» або «вибух» градієнтів, з LSTM такі проблеми мінімізовані, адже LSTM дозволяє градієнтам текти без змін.

Окремий блок LSTM складається з комірки, вхідного шлюзу, вихідного шлюзу та шлюзу забування [6]. Блок запам'ятовує значення протягом деяких часових інтервалів, а три шлюзи регулюють потік інформації в комірку і поза нею.

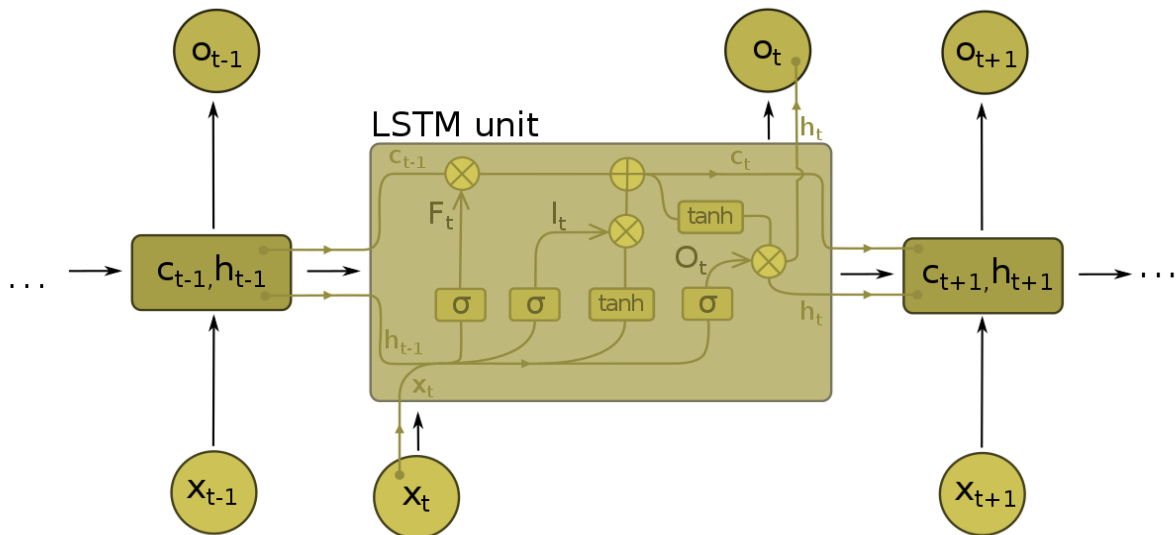


Рис. 2.2 – Архітектура LSTM

Відносна нечутливість до довжини зазору є перевагою LSTM над RNN, моделями Маркова та іншими методами навчання послідовності у чисельних моделях.

Існує кілька архітектурних рішень LSTM. Основна архітектура складається з комірки (пам'ять блоку LSTM) і трьох "регуляторів", які зветься шлюзами, потоку інформації всередині блоку LSTM: вхідний шлюз, вихідний шлюз і шлюз забування. Деякі варіанти блоку LSTM не мають однієї або декількох цих шлюзів або, мають інші шлюзи.

Комірка відповідає за облік та залежність вхідних даних. Вхідний шлюз визначає, наскільки новому значенню буде приділено уваги в комірці, шлюз забування обробляє значимість для запам'ятовування значення, а вихідний шлюз

обраховує вагомість значення для обрахунку активізаційного стану блоку LSTM. Функція активації шлюзів LSTM в основному є сигмоїдною функцією.

2.3. Математичне забезпечення системи

Як було зазначено вище, система опрацьовує кількісні характеристики даних, дає можливість оцінити їх математично. Модель взяту за основну в обрахунку пояснимо математично.

Класична форма динамічної системи представлена у формулі (2.1):

$$h_t = f(h_{t-1}; \theta), \quad (2.1)$$

де h_t – є станом системи в даний момент часу t ; θ – послідовність параметрів.

Система, яка розглядається в даній роботі є рекурентною, адже стан системи залежить від попереднього її стану (рис. 2.3).

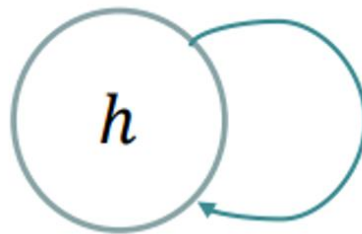


Рис. 2.3 – Представлення рекурентної системи

Для рекурентної системи вищеописане рівняння можна розгорнути в часі від 1 до τ .

$$h_\tau = f(h_{\tau-1}; \theta) = f(f(h_{\tau-2}; \theta); \theta) = \dots = f(f \dots (f(h_1; \theta); \theta); \theta) \quad (2.2)$$

Рівняння, яке описує внутрішній стан і вихід системи:

$$Z_t = WA_{t-1} + b \quad (2.3)$$

$$A_t = f(Z_t) = f(WZ_{t-1} + b), \quad (2.4)$$

де Z_t – стан системи в даний час; W – матриця ваг; $A_t = f(Z_t)$ – функція активації. Демонстрація формул в системі на рисунку 2.4.

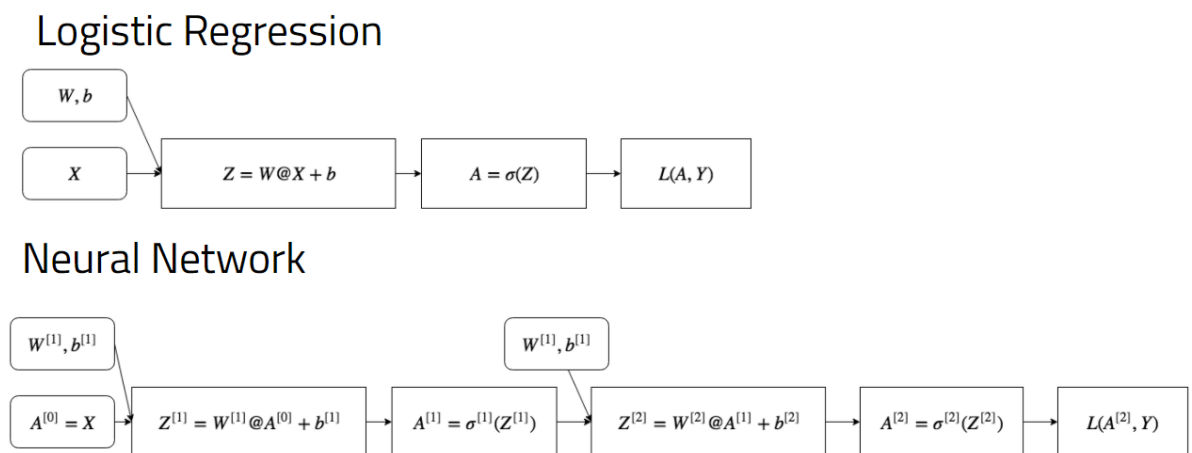


Рис. 2.4 – Представлення математичної моделі нейронної мережі

З попереднього рисунку видно, що в кожному шарі використовуються функції активації, ці функції реалізують, як зрозуміло з назви, активацію самого

нейрону, тобто його передачу значення, яке може бути різне в залежності від обрання певної активаційної функції (рис. 2.5).

Так сигмоїдна функція віддає значення в діапазоні від 0 до 1, що може служити в активізації нейрона в останньому шарі нейронної мережі для класифікації, тобто відповіді так чи ні в питанні приналежності до даного типу.

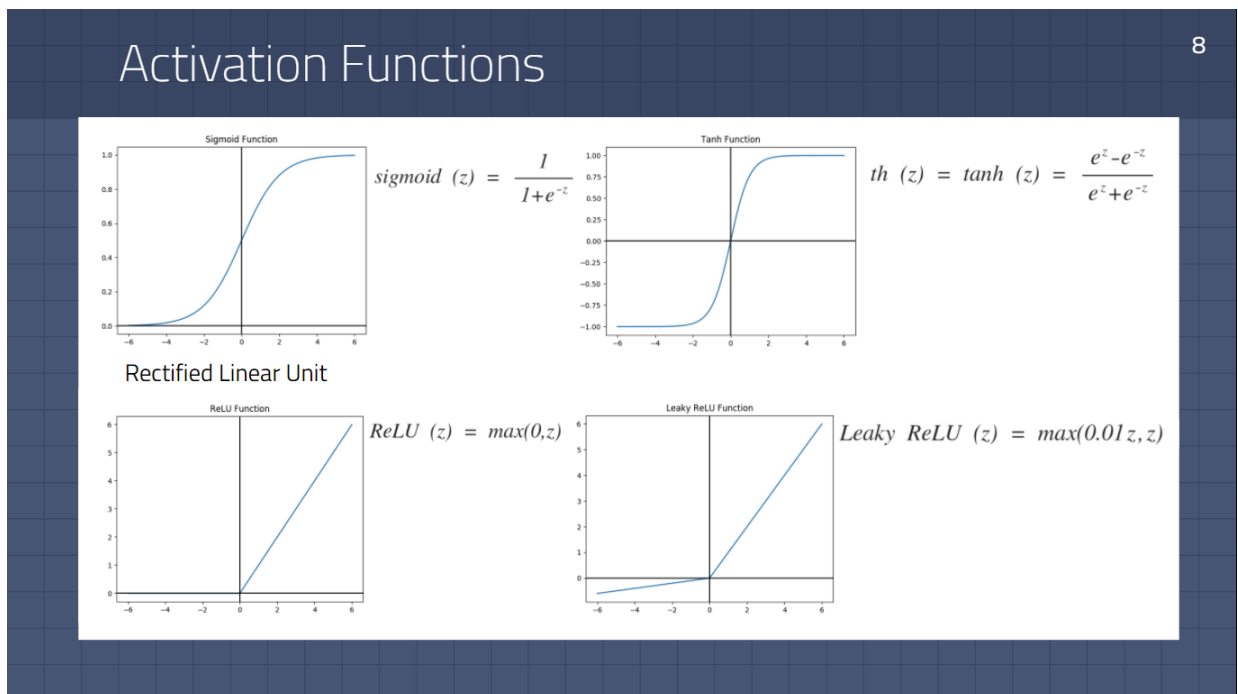


Рис. 2.5 – Графіки функцій активацій

Шари в мережах бувають 3 типів: вхідні, вихідні, приховані (рис. 2.6). Від прихованих і залежить продуктивність моделі, а також від коефіцієнту штрафів.

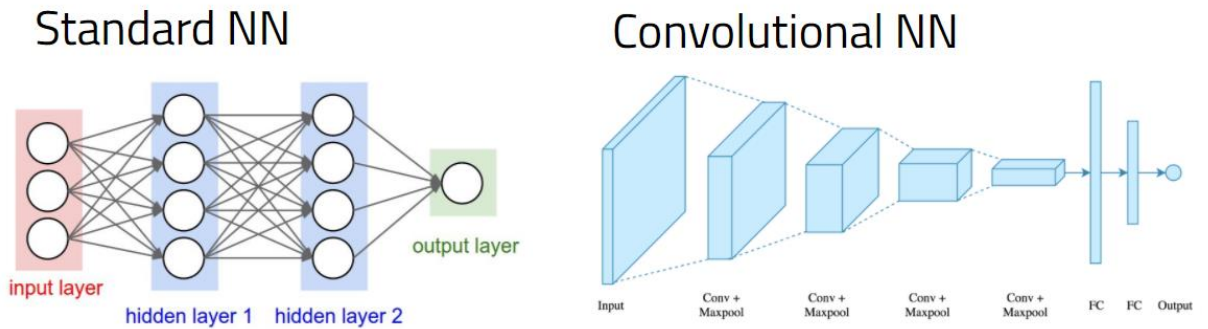


Рис. 2.6 – Структура шарів в нейронній мережі

Важливу роль відіграє, яке максимально допустиме порогове значення ми хочемо отримати для активізації нейрону.

На рисунку 2.7 продемонстрована залежність кількості нейронів від продуктивності мережі.

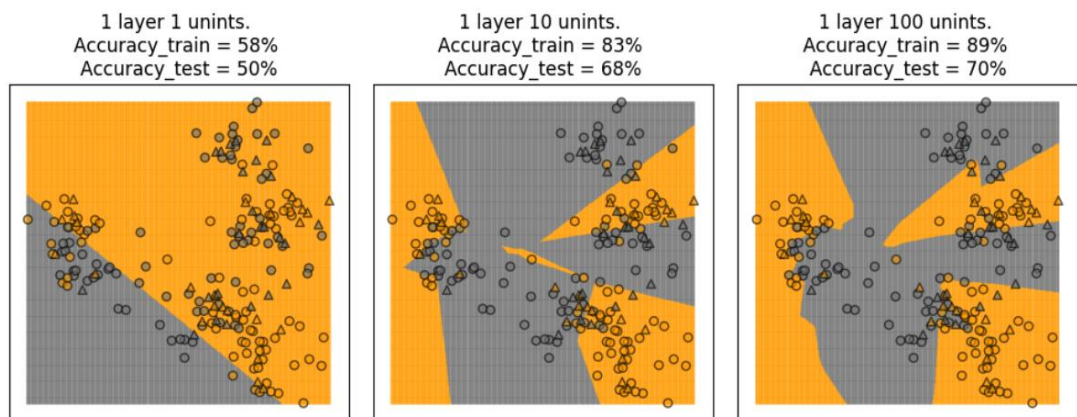


Рис. 2.7 – Залежність кількості нейронів на результат категоризації

На рисунку 2.8 продемонстрована залежність коефіцієнта штрафів на тренувальний та тестовий (перевірочний) вибірки даних.

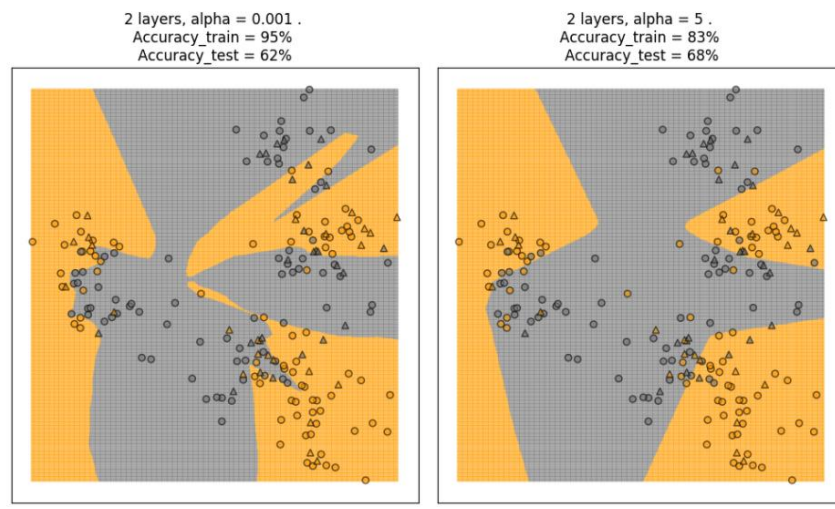


Рис. 2.8 – Залежність коефіцієнту штрафів на результат категоризації

На рисунку 2.9 зображено результат категоризації нейронною мережею вибірку з двома різними активаційними функціями.

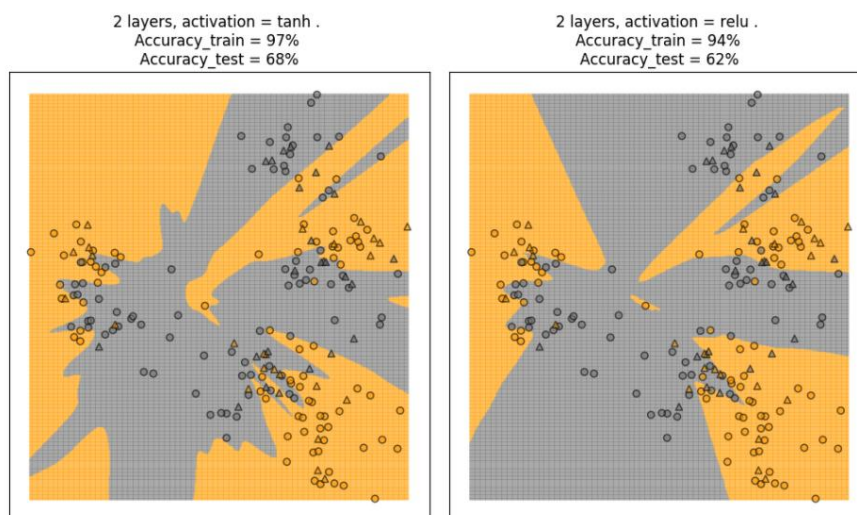


Рис. 2.9 – Залежність функції активації на результат категоризації

Так видно, що для високої продуктивності треба підібрати оптимальні параметри саме для розроблюваної системи в магістерській роботі.

2.4. Висновки до розділу 2

1. В даному розділі було продемонстровано теоретичну базу, яка стала основою для практичної. Алгоритмічні та математичні моделі описані в даному розділі є каркасом у відомих програмних рішеннях, які виступають в ролі бібліотек для мови програмування Python.

2. Проаналізовано різні підходи до створення НМ, а також їх характери впливу на точність прогнозування натренованої моделі.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Експериментальна верифікація теоретичних результатів

3.1.1. Вступна частина

Обираємо безкоштовно зібрані та оприлюдненні дані (рис. 3.1) надані платформою EyePACS® [26] ціллю якої є допомога реалізації успішної програми профілактики сліпоти.

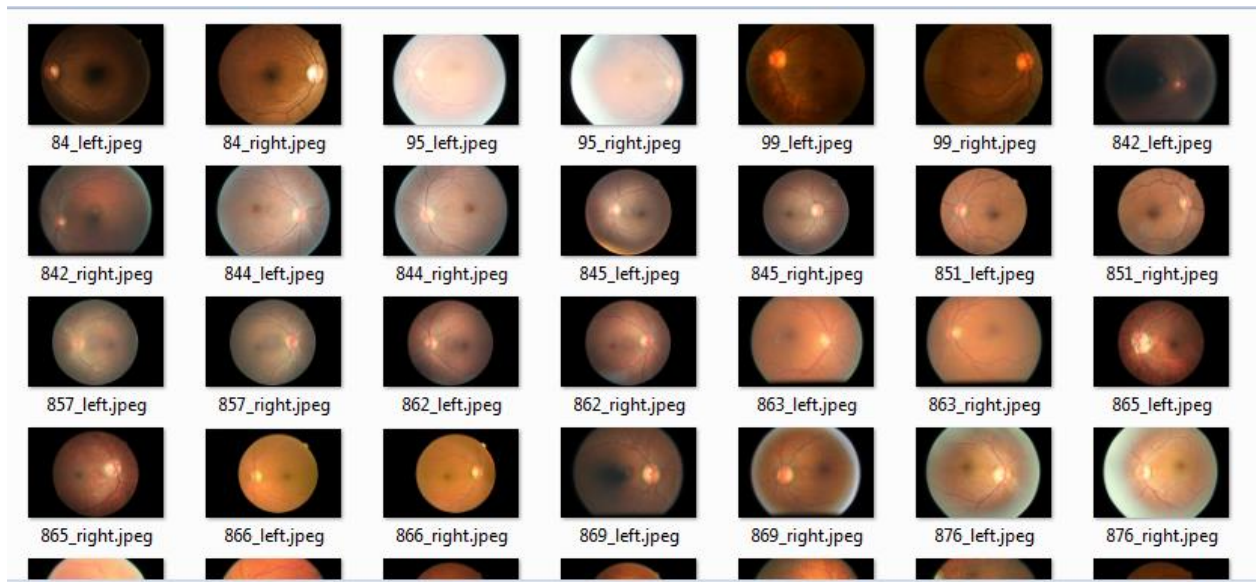


Рис. 3.1 – Демонстрація пронумерованих даних

Out[4]:

	image	level	PatientId	path	exists	eye	level_cat
6718	8452_left	0	8452	E:\diabetic-retinopathy-detection\train\8452_le...	True	1	[1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
7864	9871_left	1	9871	E:\diabetic-retinopathy-detection\train\9871_le...	True	1	[0.0, 1.0, 0.0, 0.0, 0.0]
7072	8866_left	0	8866	E:\diabetic-retinopathy-detection\train\8866_le...	True	1	[1.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]

Рис. 3.2 – Будування таблиці відносності

За допомогою імпортованої функції `from keras.utils.np_utils import to_categorical` будується додаткова колонка в таблиці набору даних «Рівень», що дозволяє проаналізувати дані в наступних діях (рис. 3.2, 3.4) аналізуємо їх.

Розподілення даних

```
In [5]: retina_df[['level', 'eye']].hist(figsize = (10, 5))
```

```
Out[5]: array([[<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot object at 0x000000001A24BDA0>,
<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot object at 0x000000001C7BC6D8>]],
dtype=object)
```

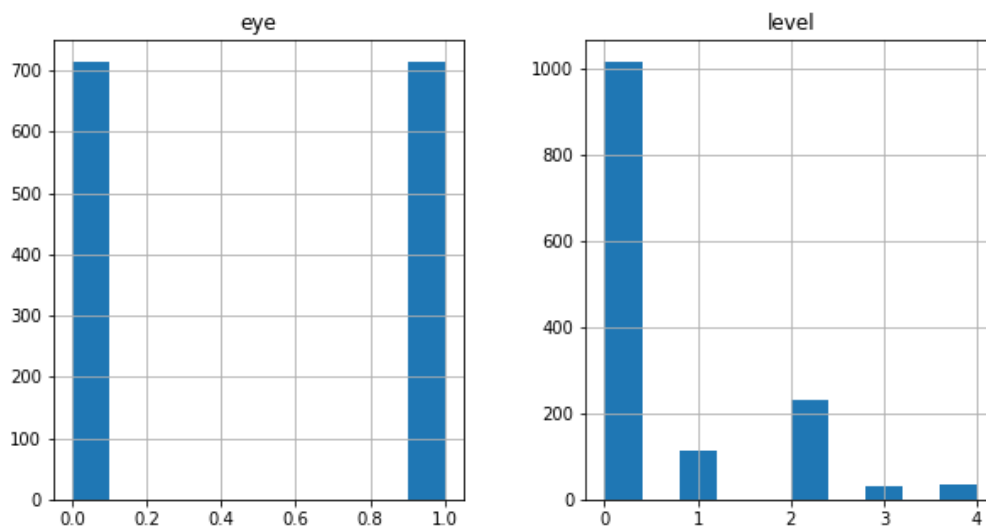


Рис. 3.3– Розподілення даних

```

: train_df = raw_train_df.groupby(['level', 'eye']).apply(lambda x: x.sample(75, replace = True)
                                                         ).reset_index(drop = True)
print('New Data Size:', train_df.shape[0], 'Old Size:', raw_train_df.shape[0])
train_df[['level', 'eye']].hist(figsize = (10, 5))

```

New Data Size: 750 Old Size: 27176

```

: array([[<matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot object at 0x000000001DBFA8D0>,
        <matplotlib.axes._subplots.AxesSubplot object at 0x000000001DC89C50>]],
      dtype=object)

```

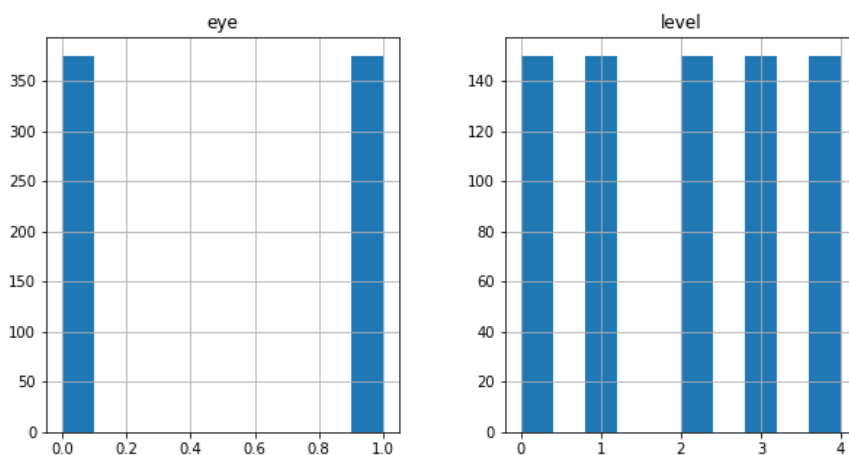


Рис. 3.4 – Збалансування даних по стадії

Через великі обрахунки використовуємо ресурс <https://colab.research.google.com/>, що належить до розробок від компанії Google для розподіленого обчислення на серверах компанії. Створюється «ноутбук», та підключаємося через «АПІ» google.colab – drive (рис. 3.5).

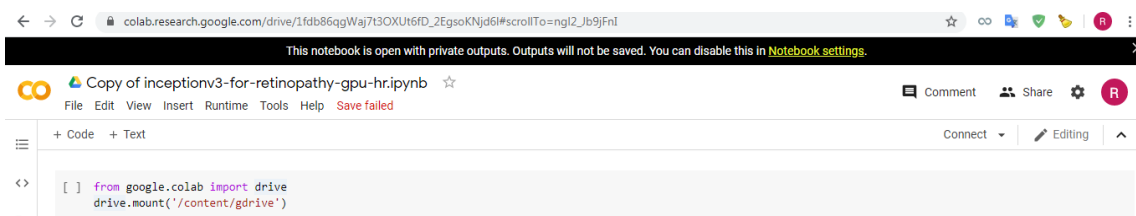


Рис. 3.5 – Використання додатку Colab

Проводимо валідацію даних. Змінюємо масштаб, декодуємо, змінюємо контрастність обробляючих зображень.

3.1.2. Впровадження обчислювальних моделей.

Основна ідея полягає в тому, що глобальне середнє об'єднання висновків з проходження моделі по зображеннях є надто спрощеним, оскільки деякі позиції на зображеннях є більш актуальними, ніж інші. Таким чином, будується механізм уваги, щоб вимкнути пікселі перед об'єднанням, а потім змінити масштаб (рівень лямбда) на основі кількості пікселів.

Модель можна розглядати як своєрідне "глобальне середньозважене" об'єднання. Це дуже схоже на такі моделі уваги, які використовуються в Нейролінгвістичному програмуванні (NLP). Він багато в чому ґрунтується на розумінні того, що виграшне рішення анувало та навчило модель.

Для обрахунку підключаються «Керас-моделі».

Keras Applications - це моделі глибокого навчання, які доступні разом з попередньо підготовленими вагами. Ці моделі можна використовувати для прогнозування, вилучення функцій та тонкої настройки.

Після інсталяції моделі будуть побудовані відповідно до формату даних зображення, встановленого у вашому файлі конфігурації Keras за адресою `~ / .keras / keras.json`. Модель, завантажена з <https://keras.io/api/applications/>, буде побудована відповідно до формату даних TensorFlow "Висота-Ширина-Глибина" (рис. 3.6).

Model	Size	Top-1 Accuracy	Top-5 Accuracy	Parameters	Depth
Xception	88 MB	0.790	0.945	22,910,480	126
VGG16	528 MB	0.713	0.901	138,357,544	23
VGG19	549 MB	0.713	0.900	143,667,240	26
ResNet50	98 MB	0.749	0.921	25,636,712	-
ResNet101	171 MB	0.764	0.928	44,707,176	-
ResNet152	232 MB	0.766	0.931	60,419,944	-
ResNet50V2	98 MB	0.760	0.930	25,613,800	-
ResNet101V2	171 MB	0.772	0.938	44,675,560	-
ResNet152V2	232 MB	0.780	0.942	60,380,648	-
InceptionV3	92 MB	0.779	0.937	23,851,784	159
InceptionResNetV2	215 MB	0.803	0.953	55,873,736	572
MobileNet	16 MB	0.704	0.895	4,253,864	88
MobileNetV2	14 MB	0.713	0.901	3,538,984	88
DenseNet121	33 MB	0.750	0.923	8,062,504	121
DenseNet169	57 MB	0.762	0.932	14,307,880	169
DenseNet201	80 MB	0.773	0.936	20,242,984	201
NASNetMobile	22 MB	0.744	0.919	5,376,716	-

Рис. 3.6 – Обрання моделі

З рисунку 3.6 обираємо VGG16, та імпортуємо в проект.

Налаштовуємо шари моделі з описом функцій активації, кількістю нейронів, тощо.

Результат налаштування моделі продемонстровано у рисунках 3.7 – 3.9.

```

-----
Layer (type)                Output Shape          Param #   Connected to
-----
input_1 (InputLayer)        (None, 512, 512, 3)  0
-----
inception_v3 (Model)        (None, 14, 14, 2048) 21802784  input_1[0][0]
-----
batch_normalization_95 (BatchNo (None, 14, 14, 2048) 8192      inception_v3[1][0]
-----
dropout_1 (Dropout)         (None, 14, 14, 2048) 0          batch_normalization_95[0]
[0]
-----
conv2d_95 (Conv2D)          (None, 14, 14, 64)   131136    dropout_1[0][0]
-----
conv2d_96 (Conv2D)          (None, 14, 14, 16)   1040      conv2d_95[0][0]
-----
conv2d_97 (Conv2D)          (None, 14, 14, 8)    136       conv2d_96[0][0]
-----

```

Рис. 3.7 – Результат налаштування моделі (1)

```

-----
conv2d_98 (Conv2D)          (None, 14, 14, 1)    9      conv2d_97[0][0]
-----
conv2d_99 (Conv2D)          (None, 14, 14, 2048) 2048    conv2d_98[0][0]
-----
multiply_1 (Multiply)       (None, 14, 14, 2048) 0      conv2d_99[0][0]
[0]      batch_normalization_95[0]
-----
global_average_pooling2d_1 (Glo (None, 2048)    0      multiply_1[0][0]
-----
global_average_pooling2d_2 (Glo (None, 2048)    0      conv2d_99[0][0]
-----
RescaleGAP (Lambda)        (None, 2048)         0      global_average_pooling2d_
1[0][0]      global_average_pooling2d_
2[0][0]
-----
dropout_2 (Dropout)        (None, 2048)         0      RescaleGAP[0][0]

```

Рис. 3.8 – Результат налаштування моделі (2)

Побудова моделі з вхідними та вихідними шарами та їхніми функціями активації. Де параметр в основному слою (вихідному слою) `activation = 'softmax'` дозволить провести категоризацію по рівнях ураження макули.

```

-----
dropout_2 (Dropout)        (None, 2048)         0      RescaleGAP[0][0]
-----
dense_1 (Dense)            (None, 128)          262272  dropout_2[0][0]
-----
dropout_3 (Dropout)       (None, 128)          0      dense_1[0][0]
-----
dense_2 (Dense)            (None, 5)            645    dropout_3[0][0]
=====
Total params: 22,208,262
Trainable params: 399,334
Non-trainable params: 21,808,928
-----

```

Рис. 3.9 – Результат налаштування моделі (3)

Результатом розробки моделі (лістинг коду в додатках) та навчання моделі є деяка можливість передбачення, що зображена на рисунку 3.10 – матриця помилок, де по осі x реальні ступені враження очного дна по осі y у передбаченні.

0	112	9	7	0	1
1	16	1	1	0	0
2	27	2	3	0	1
3	5	0	2	0	0
4	4	0	1	0	0
	0	1	2	3	4

Рис. 3.10 – Матриця помилок

Як видно з матриці (рис. 3.10), існує перехилення передбачення ступеню в нульовий ступень, тобто кількість помилок у передбачувані стадії діабетичної ретинопатії моделлю переважає у прогнозуванні іншої стадії у людини в якій хвороба відсутня, що не є критичним, адже головне вчасно знаходити взагалі наявне ураження сітківки, ніж уражене око буде розпізнане як здорове.

3.2. Економічні розрахунки

Розробка виконується із залученням декількох спеціалістів, а саме програмісти-розробники, тестувальники, керівник проекту, наукового ресурсу. Завдяки вже розробленим (готовим) рішенням процес розробки відбуватиметься швидше, також це дає можливість приділити більше часу самій концепції і її покращенню.

Основним документом який регламентує виконання роботи є технічне завдання, в ньому описаний стек технологій, замовленні характеристики програми та її показники, платформи на якій працюватиме програма, системні характеристики пристроїв на яких вона працюватиме. В більшості складання технічного завдання оцінюється як 10 % від вартості проекту. Технічне завдання складає керівник із замовником, та консультуючись із програмістами.

Кожен спеціаліст, який займається розробкою чи бере участь у створенні проекту отримують посадовий оклад. В залежності від характеру роботи, тобто віддалено чи очно, поденний чи погодинний оплачуваний графік роботи, розраховується кінцева вартість проекту.

Основна заробітна плата:

$$ЗП_{осн} = 24093 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата обчислюється як $ЗП_{дод} = 0.2 \cdot ЗП_{осн}$.

$$ЗП_{дод} = 0.2 \cdot 24093 = 4818.60 \text{ грн.}$$

Нарахування на фонд оплати праці (ФОП):

$$ФОП_{ЕСВ} = 0.3677 \cdot ФЗП$$

$$ФОП_{ЕСВ1} = 0.3677 \cdot 28911,60 = 10630.80 \text{ грн.}$$

Всього витрат:

$$В_{ЗП} = ЗП_{осн} + ФОП_{ЕСВ} + ЗП_{дод} = 41347.15 \text{ грн.};$$

В таблиці 3.1 представлено заробітна плата кожного технічного спеціаліста в національній валюті – гривні. Розрахунок оплати праці введеться згідно діючих

правил оплати праці в Україні в компанії з постійно-найманим штатом працівників.

Витрати на куплені додаткові матеріали та спеціальне обладнання для підтримки експерименту поділяються на матеріальні та амортизуючі витрати.

Таблиця 3.1

Розрахункова вартість технологічного процесу розробки

Посада	Місячний оклад, грн.	Денна зар. плата, грн.	Загальна сума	
			Днів	Сума, грн.
Керівник	13530	615	15	9225
Програміст	12320	560	21	11760
Тестувальник	9768	444	7	3108
Додаткова зар. плата 20 %			43	4818.6
Фонд оплати праці 36.77 %			10630.80	
Всього витрат на зар. плату			32952	
Військовий збір 1.5 %			494.28	
Єдиний соціальний внесок 3.6 %			1186.27	
ПДВ, 15 %			4942.8	
Всього			41347.15	

Від останніх витрат розраховується обов'язкове відрахування на заробітну плату: ЄСВ - єдиний соціальний внесок, у 3.6 відсотка від нарахованої заробітної плати, податок на доходи фізичних осіб – 15 % від суми заробітної плати, військовий збір - 1.5 %, від суми нарахувань [14].

До матеріальних витрат відноситься кількість використаних матеріалів та їх ціна (формула 3.1).

$$M_{Bi} = q_i \cdot p_i, \quad (4.1)$$

де q_i – кількість використаного матеріалу i -го виду; p_i – ціна матеріалу i -го виду.

Обрахунок матеріальних витрат представлений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Матеріальні витрати

Найменування ресурсу	Кількість, шт.	Ціна одиниці, грн.	Загальна сума, грн.
Флешки	2	200.00	400.00
Папір для друку А4, арк	50	0.166	8.30
Тонер для принтера	1	60.00	60.00
Дошка для записів	1	500.00	450.00
Перманентний маркер	2	15.00	30.00
Всього			948.30

Загальна сума матеріальних витрат становить 948.30 гривень.

Витрати на електроенергію одиниці обладнання визначається за формулою:

$$Z_e = W * T * S, \quad (3.2)$$

де W – потужність обладнання, кВт; T – кількість годин роботи обладнання; S – вартість електроенергії у еквівалентні кіловат за годину, $S = 1.68$ грн./кВт·год.

$$Z_1 = 0.7 * 344 * 1.68 = 404.54 \text{ грн.};$$

До амортизаційних витрат відноситься експлуатація комп'ютерів та оргтехніки, які відносяться до четвертої групи основних фондів, і розраховується

вона по 60 % від їх вартості на рік. Включаються у розрахунок техніка вартість якої вища за 1000 грн. і визначається:

$$A = \frac{C_B \cdot N_A \cdot T_{\text{ФАК}}}{T_{\text{ГОД}}}, \quad (3.3)$$

де C_B – вартість обладнання на балансі, грн.; N_A – норма відрахувань амортизації в рік, %; $T_{\text{ФАК}}$ – фактичний час роботи техніки для написання програми, год.; $T_{\text{ГОД}}$ – робочий річний фонд часу, год. [7].

Відрахування на амортизацію рівна $N_A = 0.6$.

У даній формулі норма відрахувань на амортизацію рівна $N_A = 0.6$.

Вартість обладнання на балансі вказана в таблиці 3.3 і рівна $C_B = 23250$ гривень.

Робочий річний фонд часу приймемо за $T_{\text{ГОД}} = 2120$ годин. З них фактичний час роботи становить $T_{\text{ФАК}} = 344$ години.

Згідно вищеописаної формули витрати на амортизацію становлять 2263.58 гривень.

Витрати на утримання апарату управління, обслуговування виробництва, створення умов праці та закупівлю необхідних ресурсів та обладнання для розроблення програми наведені в таблиці 3.3.

Згідно організаційно-правової форми діяльності розглядаючого господарюючого суб'єкта, накладні витрати лежать в межах 20–60 % від суми заробітної плати працівників (основної та додаткової). Обираємо середнє і дорівнюватиме 40 %, що становить 13180.8 грн.

Таблиця 3.3

Перелік необхідного обладнання

Найменування	Кількість, шт.	Ціна, грн.	Сума, грн.
Персональний комп'ютер	2	10000.00	20000.00
Принтер	1	3250.00	3250.00
Середовище розробки	2	безкоштовно	безкоштовно
Операційна система (Linux Ubuntu)	2	безкоштовно	безкоштовно
Всього більше 1000 грн.			23250.00
Всього витрат на амортизацію			2263.58
Всього			25513.58

Собівартість продукції і планований прибуток формує загальну вартість продукту.

Загальні витрати на проєкт його розробку та реалізацію становлять суму усіх витрат, а саме, матеріальні витрати, накладні витрати, витрати на обладнання, витрати на оплату праці, затрати на електроенергію, звичайно враховуючи амортизацію обладнання на час реалізації.

Собівартість створеного продукту визначається як сума фінансових витрат установи на виробництво і збут продукції, а також на наданні послуги та виконанні роботи.

Повна собівартість продукту виражається у сумі всіх витрат на його виробництво, і для розроблюваного методу діагностики становить 76743.38 грн.

Ефективність виробництва – є узагальненням і повним відображенням кінцевого результату з використанням робочої сили, предметів і засобів праці на підприємстві за відповідний проміжок часу.

Таблиця 3.4

Загальні витрати

Вид витрат	Сума витрат, грн.
Зарплата основна	24093.00
Зарплата додаткова	4818.60
Фонд заробітної плати	28911.60
Відрахування на ФОП	10630.80
Разом на оплату праці	41347.15
Матеріальні витрати	948.30
Електроенергія	404.54
Амортизація	2263.58
Накладні витрати	11371.68
Обладнання	23250.00
Разом на ін. витрати	38238.10
Собівартість	79585.25
Прибуток	відсутній
Вартість розробленого ПЗ	79585.25
Модернізація і супровід	19896.31
Загальні витрати	99481.56

Як правило на ринку розробки ПЗ під час створення кошторису враховують і майбутні правки та зміни у вже реалізованому проєкті, тому у таблиці вище існує графа «Модернізація і супровід», виділення коштів на яку розраховують як 25 % із загальної вартості ПЗ.

3.3. Висновки до розділу 3

1. В даному розділі була продемонстрована реалізація ПЗ з існуючими та потребуючими засобами та даними для них, також були проаналізовані доступні моделі для обчислень.

2. Проаналізовано структуру, характеристики даних, їх не збалансованість, та кількісні характеристики даних. Було прийнято до уваги та прийняті заходи для мінімізації схилення моделі до однієї з категорій передбачення.

3. Проведений розрахунок вартості процесу розробки ПЗ та було оцінено економічну ефективність проєкту. Отже, в даному проєкті на момент розробки відсутні плани на прибуток, тоді як загальні витрати прораховані і дорівнюють 99481.56 грн. витрат за місячний період розробки.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Розробка автоматизованого методу оцінки стадії діабетичної ретинопатії здійснювалося за допомогою програмних рішень, що реалізовано на портативних пристроях та персональних комп'ютерах. Відповідно, в процесі розробки відбуватиметься експлуатація комп'ютерна техніка. Дотримання правил користування технікою, норм та правил охорони праці є обов'язковим атрибутом безпеки праці. Для створення якісного продукту та турботи про працівників необхідно забезпечити комфортне, якісне та технологічне місце праці та обладнання.

Працівники мають бути проінформованими щодо правил користування відповідними приладами та пройти первинний інструктаж з охорони праці на робочому місці, кожні наступні півроку мають проходити повторні інструктажі.

Відповідно до існуючих санітарно-гігієнічних норм (ДСТУ 12.1.005-88, що діє до 01.01.2022 року та ДСН 3.3.6.042-99) регламентуються вимоги до приміщення, де користуватимуться розробленим рішенням [16].

Для максимально комфортного середовища перебування рекомендується оздобити приміщення нейтральними світлими кольорами стін, покриття підлоги та поверхня має бути рівною, неслизькою, з антистатичними властивостями. Рекомендовані умови нададуть фізичного та психоемоційного комфорту користувачам програмного рішення.

«Державні санітарні норми електронно-обчислювальних машин» є основним нормативним документом, що регулює забезпечення охорони праці користувачів комп'ютерної техніки, що закріплено у ДСанПіН 3.3.2.007-98,

«Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно- обчислювальних машин».

Оптимальні значення параметрів мікроклімату - температури повітря, відносної вологості, швидкості руху повітря мають бути забезпечені у використовуваних виробничих та робочих приміщеннях з використанням ПК. Для автоматичного підтримання заданих параметрів мікроклімату приміщення, в яких розташовані комп'ютеризовані робочі місця повинні бути обладнані системами опалення, кондиціонування.

Освітлення повинне відповідати вимогам ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення», адже це сприятиме підвищенню продуктивності праці, мінімізації втоми очей та виникнення професійних захворювань. Тому, основною з вимог є необхідність створення на робочому місці освітленості, що відповідає характеру зорової роботи і знаходиться в межах встановлених норм.

У приміщенні має бути суміщене освітлення. Через нестачу денного природного освітлення необхідно обладнати приміщення певною кількістю штучного освітлення. Як джерело штучного освітлення в приміщеннях, де встановлено комп'ютерну техніку, бажано використовувати люмінесцентні лампи. Освітленість робочого місця у горизонтальній площині на висоті 0,8 м від рівня підлоги повинна бути не менше 400 лк. Сонцезахисні пристрої, жалюзі, штори мають бути передбачені для захисту від прямих сонячних променів.

Звісно, при розробці програмного рішення та в ході його експлуатації використовуються лінії електромереж, отже, для побудови структури електропередачі потрібно використовувати лише якісні та сертифіковані пристрої та засоби. Периферійні пристрої та персональні комп'ютери повинні підключатися до електромережі тільки за допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. В них, окрім контактів фазового та нульового робочого провідників, мають бути спеціальні контакти для підключення нульового захисного (заземлюючого) провідника. Отже, усі

електроприлади, згідно з ДНАОП 0.00-1.21-98, повинні бути заземлені за допомогою нульового захисного провідника.

З метою недопущення потрапляння працівника під напругу заземлені конструкції (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця, мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками. Для унеможливлення виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів слід під час монтажу та експлуатації ліній електромережі обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією.

Відповідно до вимог чинного законодавства України приміщення мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками. Проходи до засобів пожежогасіння мають бути вільними.

Для виключення можливості перегріву компонентів та вбудованих акумуляторів необхідно, згідно техніки пожежної безпеки пристрої, розташувати пристрої не ближче одного метра від джерел тепла, та на них не повинні падати прямі сонячні промені.

Користувачі програмного рішення для автоматизованого методу оцінки стадії діабетичної ретинопатії, як вже заявлено, мають дотримуватись правил та норм поведження з комп'ютерною технікою. Слід припинити користування комп'ютерною технікою та повідомити керівника роботи чи особу, що відповідає за охорону праці в лабораторії, про порушення та проблеми у разі виникнення ситуацій, які можуть завдати шкоди чи суперечать нормам охорони праці та можуть бути причиною негативних наслідків.

Під час розробки програмного рішення, тестування та його впровадження були дотримані всі вимоги, норми та державні стандарти з охорони праці.

4.2. Електробезпека користувачів персонального комп'ютера

Персональний комп'ютер є електричним пристроєм загального користування, і не є засобом підвищеної небезпеки.

У ДНАОП 0.00-1.31-99 представлення вимоги до електробезпеки у приміщеннях, де встановлені персональні комп'ютер і електронно-обчислювальні машини (далі — ЕОМ). Рекомендується дотримуватись вимог Правил влаштування електроустановок (ПВЕ), ГОСТ 12.1.006-84, ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.045-84, ПТЕ, ПБЕ, ВСН 59-88 "Электрооборудование жилых и общественных зданий. Нормы проектирования", СН 357-77 "Инструкция по проектированию силового осветительного оборудования промышленных предприятий", Правил пожежної безпеки в Україні та інших нормативних документів, що стосуються штучного освітлення і електротехнічних пристроїв, а також вимог нормативно-технічної експлуатаційної документації заводу-виробника, що відповідає нормативному документу ДНАОП 0.00-1.31-99 і стосується це проектування, монтажу основного електрообладнання та електричного освітлення будівель та приміщень для ЕОМ [17].

Для забезпечення електробезпеки обладнання, а також для захисту від ураження електричним струмом самих користувачів ПК приміщення з робочими поверхнями мають мати достатні технічні засоби захисту.

Рекомендується мінімізувати чи взагалі приховувати будь які дроти, їх з'єднання, а також обмежитися у використанні проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію. Ці дії спрямовані на унеможливлення виникнення короткого замикання та перевантаження проводів.

Рекомендується виконувати устаткування ліній електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ та устаткування для

обслуговування, ремонту та налагодження з використанням групової трипровідної електромережі, де використанні фазовий, нульовий робочий та нульовий захисний провідники. Як вже описано, нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприладів і простягається від розподільчого пункту до розеток живлення.

Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід простягається розподільчого пункту до розеток живлення. А отже, не допускається підключення на щиті нульового робочого та нульового захисного провідників до одного контактного затискача. В груповій трипровідній електромережі площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника повинна бути більша площі перерізу фазового провідника.

Провідники мають бути спроможні працювати не у режимі зносу, тобто відповідати номінальним параметрам мережі та навантаженню, яке теоретично може припадати на них в даній площі і з певними її характеристиками. До них відноситься температурний режим, використання апаратури для захисту приладів та відповідати правилам налаштування електроприладів.

Встановлення аварійного резервного вимикача обов'язкове при підключенні у приміщенні більше 5 робочих персональних комп'ютерів, задля аварійного відімкнення від загальної мережі усіх пристроїв приміщення, окрім освітлення.

З'єднання ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ мають підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення, з передбаченням наявності нульового захисного провідника. До особливостей розеток відноситься їхня будова, що передбачає з'єднання нульового захисного провідника раніше за інші провідники, а отже роз'єднання має бути зворотним. І, насамперед, передбачити

та унеможливити з'єднання контактів фазових з контактами захисного провідника.

Підключення для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ та устаткування до двопровідної електромережі є недопустимою, в тому числі — через перехідні пристрої.

За магістральною схемою, по 3...6 з'єднань або електророзеток в одному колі потрібно виконувати штепсельні з'єднань та електророзетки для живлення ЕОМ та периферійних пристроїв. На відміну звичайних розеток з напругою 127 В та 220 В та штепсельних з'єднань, штепсельні з'єднання та електророзетки для напруги 12 В та 36 В за своєю конструкцією та кольором мають значно відрізнятися, що виділяло би їх значно більше [18].

Згідно вимог Правил налаштування електроустановок та Правил пожежної безпеки в Україні потрібно належним чином монтувати розетки та штепсельні (групові, індивідуальні) з'єднання.

Електромережу штепсельних розеток рекомендується прокладати уздовж та поряд стін приміщення по підлозі у металевих рукавах чи трубах з відводами згідно затвердженого плану розміщення обладнання.

Прокладання без металевих труб, або рукавів дозволяється при використанні трипровідного захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важко-горючого матеріалу, при умові розташуванні до 5 ЕОМ у приміщенні.

Для розташування електромережі штепсельних розеток у центрі приміщення необхідно дотримуватися наступних правил:

- прокладати мережу у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах;
- не дозволяється застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми та інші матеріали, що містять сірку;

- забороняється відкрита прокладка кабелів під підлогою;
- відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98 металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені.

При підключенні переносної електроапаратури застосування гнучких проводів в надійній ізоляції обов'язкове. Виконання прокладання тимчасової проводки від джерела живлення до переносних приладів проводиться без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях. При з'єднанні проводів використовувати тільки метод пайки та зі старанним ізолюванням місць з'єднання.

Розглядаючи заземлюючі конструкції, що знаходяться у приміщеннях (батереї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), повинні бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику, це та інше описано у вимогах ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів" і саме чого треба дотримуватися під час планування прокладання електромережі.

Для дотримання правил безпечної експлуатації електроустановок конструкція змінної підлоги має забезпечувати:

- вільний доступ, до кабельних комунікацій під час обслуговування;
- стійкість до горизонтальних зусиль при частково знятих плитах;
- вирівнювання поверхні підлоги за допомогою регулювальних опорних елементів;
- взаємозамінність плит.

До негативних рішень експлуатації відноситься:

- експлуатація засобів електропостачання з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією;
- використання проводів та кабелів під напругою з неізольованими провідниками;

- використання саморобних подовжувачів, що не відповідають вимогам до переносних електропроводок ПВЕ;
- використання електронагрівального обладнання або ламп розжарювання нестандартного (саморобного) характеру для опалення приміщення;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами чи інакшими засобами електропостачання, а також лампами, що мають сліди затемнення або випинання на склі;
- безпосереднє підвішування світильників на проводах, що відносяться до мережі електропостачання, а також огортання їх тканиною та іншими горючими матеріалами;
- експлуатація електроапаратури не цільовим шляхом, що не відповідає вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Правильне розміщення устаткування та електричних кабелів повністю усуває небезпеку ураження електричним струмом. Усі інші заходи забезпечення електробезпеки, збігаються з загальними заходами пожежо- та електробезпеки.

Забезпечення використання прихованої електромережі, надійних електророзеток з пожежобезпечних матеріалів, засобів електропостачання розрахованих на підключення в 3-5 разів більшого навантаження дозволить забезпечити пожежну безпеку приміщення. Для запобігання іскріння треба планувати зручне розміщення робочих поверхонь та лінії електромережі, розеток, штепсельних з'єднань, що призведе до рідшого встромляння і виймання вилок з розеток. Для запобігання загорання розташовувати комп'ютери на окремих неспалюваних столах.

4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

До принципів забезпечення безпеки за ознаками їх реалізації відносять: законодавчі, управлінські, технічні, організаційні, орієнтуючі. Заходи щодо зменшення ризику, як правило, мають комплексний характер. При виборі конкретних заходів вирішальне значення має загальна оцінка дієвості та надійності заходів, що впливають на остаточний ризик, а також розмір витрат на їх реалізацію.

Оцінка ризику забезпечує основні вхідні дані в програму управління ризиком. Задачі управління ризиком наступні:

- визначити, який несприятливий чинник являє найбільшу небезпеку (яку готове сприйняти суспільство);
- розглянути, чи варіанти управління (регулювання) є доступними;
- виконувати відповідні дії, щоб зменшити (або ліквідувати взагалі) неприйнятні ризики (здійснення програми);
- оцінка наслідків.

При оцінці ризику для реалізації магістерської роботи найбільшою небезпекою є пожежа.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним осередком, що завдає моральні і матеріальні збитки, а іноді призводить до загибелі людей. Під час пожеж небезпекою для людини є:

- прямий контакт з розжареними предметами та відкритим вогнем;
- висока температура повітря;
- наявність високої концентрації CO^2 та CO та ряду токсичних речовин, що утворюються під час горіння.

Це призводить до виникнення опіків різного ступеня важкості.

До причин виникнення пожеж відносяться:

- недотримання правил пожежної безпеки;
- необережне поводження з вогнем;
- несправність електрообладнання;
- аварії, катастрофи;
- природні явища.

Процес горіння можливий за наявності: горючої речовини, джерела запалювання, окиснювача.

Горюча речовина — тверда, рідка або газоподібна речовина, здатна окислюватись з виділенням тепла та випромінюванням світла.

Окиснювач — кисень, хлор, фтор, сірка та інші речовини, які при нагріванні або ударі мають здатність розкладатися з виділенням кисню.

Джерело запалювання — вплив на горючу речовину та окиснювач, що може спричинити загорання. Джерела запалювання поділяються на відкриті і приховані.

За відсутності одного з трьох факторів процес горіння не виникає.

Пожежонебезпечні матеріали — матеріали і речовини, які за своїми властивостями сприяють виникненню або поширенню пожежі.

За горючими властивостями речовини і матеріали поділяють на 3 групи:

- Горючі — мають властивість самозагоратися, чи загоратися від джерела запалювання та самостійно горіти після видалення джерела запалювання.
- Важко-горючі — можуть загоратися у повітрі від джерела запалювання, але не горять за відсутності джерела запалювання.
- Негорючі — не можуть горіти в повітрі.

Так треба приділити увагу до вогнестійкості будівельних конструкцій. Вогнестійкість споруд визначається межею вогнестійкості основних будівельних конструкцій. Згораємі частини будівель не мають межі вогнестійкості.

Для забезпечення пожежної безпеки під час розробки потрібно щоби:

– Кожний працівник знав правила поведінки при пожежі, шляхи евакуації, вмів користуватися первинними засобами пожежогасіння, знав місце їх знаходження.

– Легкозаймисті та горючі рідини необхідно зберігати у спеціально відведених місцях окремо від інших матеріалів.

Які саме правила поведінки працівників при виникненні пожежі, це:

– У випадку виникнення пожежі необхідно викликати спеціалізовану пожежну частину за телефоном 101 та повідомити сусідів, керівництво підприємства, колег і негайно розпочати ліквідацію пожежі всіма наявними засобами.

– Здійснити необхідні заходи щодо гасіння пожежі власними силами.

– Евакуювати людей і майно. У першу чергу евакуюють найбільш цінні та пожежонебезпечні матеріали.

– У випадку, якщо неможливо погасити пожежу власними силами, потрібно якнайшвидше залишити приміщення через основні та запасні виходи.

– Виходячи з приміщення, де виникла пожежа, потрібно щільно зачинити двері, щоб зменшити надходження кисню до приміщення.

Також, безпека евакуації досягається за умови, коли тривалість евакуації людей з окремих приміщень і будинку в цілому менша за критичну тривалість пожежі, яка становить небезпеку для людини.

Для забезпечення пожежної безпеки під час розробки потрібна наявність засобів пожежогасіння, а саме шанцевий інструмент, вогнегасники, ручний пожежний інвентар.

Первинні засоби пожежогасіння повинні розміщуватися на спеціальних щитах. Щити встановлюють так, щоби до найдальшої будівлі було не більше 100 м, а від сховищ з вогненебезпечними матеріалами — не більше 50 м, або з розрахунку — один щит на 5000 м².

Засоби пожежогасіння фарбують у сигнальний червоний колір, а надписи на них та на щитах роблять контрастним білим кольором.

У приміщення де проводитиметься розробка вогнегасники мають бути встановлені поблизу пожежних кранів, а також на видних та в доступних місцях на висоті 1.5 м. від підлоги.

Для попередження працівників у приміщеннях може використовуватися спеціальна система зв'язку, внутрішня радіотрансляційна мережа, а також звукові сигнали оповіщення (автоматична система сигналізації). Так для попередження працівників мають використовуватися датчики, що монтуються в будинках або на території об'єктів і призначені для подачі сигналу при пожежі; приймальні апарати (станції), що забезпечують прийом сигналів від датчиків; лінії комунікацій, що з'єднують датчики з приймальними апаратами; джерела електропостачання (рис 4.1).

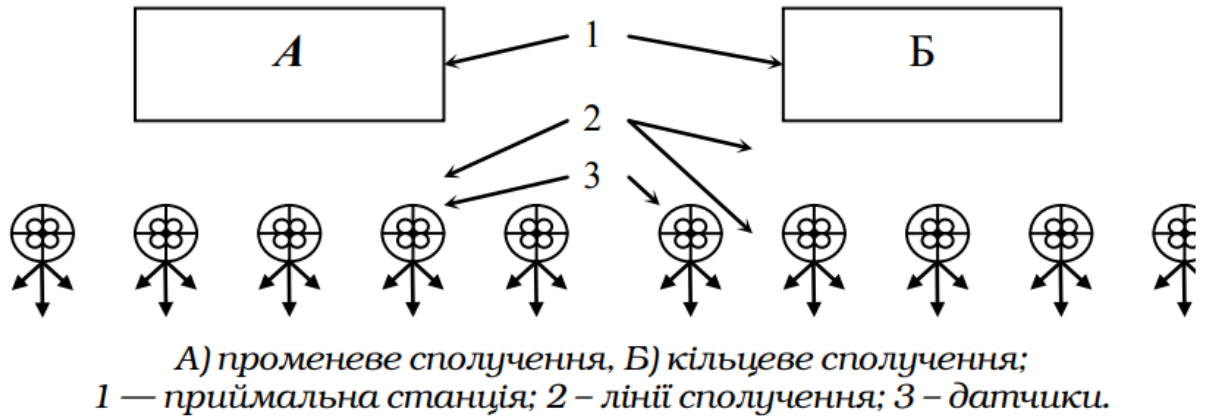


Рис. 4.1 - Схема з'єднання датчиків з диспетчерською станцією

Використання саме комбінованих датчиків побудованих на принципах спрацьовування тепла та диму надасть достатнього забезпечення пожежної безпеки у приміщенні.

Сигнали від датчиків надходитимуть до прийомних станцій пожежної сигналізації та автоматичних засобів пожежогасіння.

4.4 Висновки до розділу 4

1. В даному розділі було обґрунтовано актуальність забезпечення охорони праці та безпеки життєдіяльності під час розробки автоматизованого методу визначення стадії ДР.

2. Було проаналізовано існуючі правила користування технікою, норми та правила охорони праці, які є обов'язковим атрибутом безпеки праці. Проаналізовано як і яка система енерго-забезпечення має бути використана. Обґрунтовано яке має бути освітлення і мікроклімат у приміщенні.

3. Згідно вимог до електробезпеки у приміщеннях було сформульовані рекомендації щодо їх дотримання, що унеможливають виникнення небезпечних ситуацій.

4. Для забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях було сформовані найбільші загрози, а також розглянуто правила та норми які обов'язкові до виконання для забезпечення пожежної безпеки під час виконання роботи. Розглянуто причини, механізми реагування та можливі рішення по унеможливленню виникнення небезпечних ситуацій при пожежі.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі було розроблений автоматизований метод аналізу стадії діабетичної ретинопатії з використанням штучного інтелекту з точністю діагностування 82 % для навчальної вибірки та 77 % для тестової вибірки.

В роботі проводилося дослідження існуючих методів діагностики очного дна та їхніх специфікацій. Було проаналізовано відомі дослідження з використанням ШІ, що надало кількісних та якісних характеристик які має містити в собі майбутня розроблена система в даній роботі. Обґрунтована актуальність дослідження.

Запропоновані оптимальні алгоритмічні та математичні моделі, які представлені програмними рішеннями, і виступають в ролі бібліотек для мови програмування Python. Проаналізовано різні підходи до створення НМ, а також їх характери впливу на точність прогнозування натренованої моделі. Проведено дослідження економічної бази проекту, його загальна вартість.

Описані необхідні умови для комфортного перебування на робочій поверхні виконуючого розробку працівника та забезпечення безпекою користуванням ПК. Норми, правила та рекомендації описані у розділі про охорону праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Розглянуто не тільки проблематику наукового дослідження а і запропоновано його практичне вирішення. Також було продемонстровано, що система, яка буде спроможна прогнозувати стадію чи наявність хвороби, може мати рекомендаційний чи наказовий характер, але саме визначення завдання, та розробка в цьому напрямку дає змогу визначенню місця та розвитку штучного інтелекту в медицині.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Діабет -ВООЗ [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>.
2. E Tay , L Mengher , X-Y Lin and V Ferguson1 The impact of off the visual axis retinoscopy on objective central refractive measurement in adult clinical practice: a prospective, randomized clinical study [Електронний ресурс] // Nature. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nature.com/articles/eye201179.pdf?origin=ppub>.
3. Klein R. The Wisconsin Epidemiologic Study of Diabetic Retinopathy XXIII. The Twenty-Five-Year Incidence of Macular Edema in Persons with Type 1 Diabetes [Електронний ресурс] / Ronald Klein. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2693093/>.
4. Legacy Effects from DCCT and UKPDS: What They Mean and Implications for Future Diabetes Trials [Електронний ресурс]. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11883-010-0128-1>.
5. Офіційний сайт Keras. – Режим доступу: <https://keras.io>.
6. Моделирование процессов обучения в нейронных сетях. – Режим доступу: <http://old.exponenta.ru/soft/others/mvs/stud3/3.asp>.
7. Schematic illustration of the convolutional neural network. – Режим доступу: http://www.nature.com/nature/journal/v518/n7540/fig_tab/nature14236_F1.html.
8. Методичні вказівки для виконання розділу дипломної роботи щодо техніко-економічного обґрунтування вибору проектного рішення розробки та оцінки якості програмного забезпечення/ Упор. Петрик М.Р., Кінах Я.І., Головатий А.І., Рогатинська Л.Р. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ ім. І. Пулюя. – 2013. –34 с.

9. Архангельский В.Н. Морфологические основы офтальмоскопической диагностики, М., 1960 – с. 11.
10. Сокуренок В. М. Око людини та офтальмологічні прилади [Текст]: навч. посіб. / В. М. Сокуренок, Г. С. Тимчик, І. Г. Чиж. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 264 с. – Бібліогр.: с. 257–260. – 300 пр.
11. Typically Michelson type [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_coherence_tomography#/media/File:Full-field_OCT_setup.png.
12. Фундус-камера [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://findpatent.ru/patent/221/2214152.html>.
13. Mnih, V. Playing Atari with deep reinforcement learning. Technical Report / Kavukcuoglu, K., Silver, D., Graves, A., Antonoglou, I., Wierstra, D., Riedmiller M. – DeepMind Technologies, 2013 – с. 7.
14. Статическая и динамическая ретиноскопия [Електронний ресурс] // Вестник оптометрии. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.optica4all.ru/images/stories/publications/zrenie/proskurina2061212.pdf>.
15. Лумбросо Б. Диабетическая ретинопатия / Б. Лумбросо, М. Рисполи, М. Савастано. – Москва, 2016. – 107 с.
16. Copeland S. Refraction: Including Muscle Imbalance and Adjustment of Glasses (Classic Reprint) / Samuel Copeland., 2017. – 160 с.
17. Форма №2 «Звіт про фінансові результати»: методика підготовки[Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://osvita.ua/vnz/reports/accountant/17368/>.
18. Хвостівський М. О. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ з оформлення кваліфікаційних робіт магістра за спеціальністю 163 Біомедична інженерія / М. О. Хвостівський, С. Б. Яворська. // ТНТУ імені Івана Пулюя. – 2020. – С. 1–23.
19. Жидецький В. Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів. – Львів: Афіша, 2000. - 176 с.

20. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : ДНАОП 0.00-1.21-98. - Київ : Держнаглядохоронпраці, 2003. - 383 с.
21. Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду «Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» від 26.03.2010 № 65 – Режим доступу: URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0293-10>;
22. Pluhacek F., Pospisil J. Statistical and neural net methods for automatic glaucoma diagnosis determination. *Central Eur J Physics*. 2004;2(1):12–24. DOI: 10.2478/BF02476270.
23. Куроедов А.В., Остапенко Г.А., Митрошина К.В., Мовсисян А.Б. Современная диагностика глаукомы: нейросети и искусственный интеллект. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2019;4:230-237. DOI: 10.32364/2311-7729-2019-19-4-230-237.
24. Bizios D., Heijl A., Bengtsson B. Trained artificial neural network for glaucoma diagnosis using visual field data: a comparison with conventional algorithms. *J Glaucoma*. 2007;16(1):20–28. DOI: 10.1097/IJG.0b013e31802b34e4.
25. Oliveira D.A.B., Vellasco M.B.R., Oliveira M.B. Yamane R. Application of neural networks in aid for diagnosis for patients with glaucoma. *Int Conf Bio-inspired Sys Sign Proc*. 2009;1(1):139–145. DOI: 10.5220/0001547401390145.
26. Bizios D., Heijl A., Hougaard J.L., Bengtsson B. Machine learning classifiers for glaucoma diagnosis based on classification of retinal nerve fibre layer thickness parameters measured by Stratus OCT. *Acta Ophthalmol*. 2010;88:44–52. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01784.x.
27. Silva F.R., Vidotti V.G., CremaSco F. et al. Sensitivity and specificity of machine learning classifiers for glaucoma diagnosis using Spectral Domain OCT and standard automated perimetry. *Arq Bras Oftalmol*. 2013;76(3):170–174. DOI: 10.1590/S0004-27492013000300008.
28. Corboy J. *The Retinoscopy Book: An Introductory Manual for Eye Care Professionals* / John Corboy., 1996. – 134 с.

29. Ahn J.M., Kim S., Ahn K.-S. et al. A deep learning model for the detection of both advanced and early glaucoma using fundus photography. PLoS ONE. 2018;13(11):e0207982. DOI: 10.1371/journal.pone.0207982.

30. Data Analysis [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.eyepacs.com/data-analysis>.

31. The impact of off the visual axis retinoscopy on objective central refractive measurement in adult clinical practice: a prospective, randomized clinical study [Электронный ресурс] // Department of Ophthalmology, Charing Cross Hospital, London, UK. – 2011. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3178162/>.

ДОДАТКИ

Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Кафедра біотехнічних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру
біотехнічних систем

“ ___ ” _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської дипломної роботи
на тему: «Автоматизований метод аналізу стадії діабетичної ретинопатії з
використанням зображень сітківки»

Обедняк Роман Андрійович _____ ТЗ

Керівник роботи:

д.т.н., професор Ткачук Р.А.
“ ___ ” _____ 2020р.

Виконавець:

студент групи РБм-61
Обедняк Роман Андрійович
“ ___ ” _____ 2020р.

м. Тернопіль – 2020

ЗМІСТ

Вступ

1. Підстави до розробки
2. Призначення до розробки
3. Вимоги до розробленої програми
 - 3.1 Функціональні характеристики
 - 3.2 Склад та параметри технічних засобів
 - 3.3 Інформаційна та програмна сполучність
4. Стадії розробки
5. Програмна документація
6. Порядок контролю та приймання

1 ПІДСТАВИ ДО РОЗРОБКИ

Розробка проводиться у відповідності до графіку навчального плану на 2020 рік, та згідно наказу на виконання магістерської дипломної роботи студента-магістра.

Тема проекту: «Автоматизований метод аналізу стадії діабетичної ретинопатії з використанням зображень сітківки».

2 ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ

Кваліфікаційна робота присвячена створенню програмного рішення автоматизації аналізу стадії діабетичної ретинопатії з використанням зображень сітківки ока людини.

Предметом дослідження: є порушення зору при діабеті, а саме ураження сітківки ока – діабетична ретинопатія.

Мета роботи дослідити чи може програмне рішення мати рекомендаційний чи наказовий характер, для визначення місця та розвитку штучного інтелекту в медицині.

За результатами виконаної роботи необхідно отримати програмне забезпечення для передбачення системою однієї з п'яти стадії діабетичної ретинопатії.

3 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЕНОЇ ПРОГРАМИ

3.1 Функціональні характеристики

Програмне рішення має виконувати наступні дії:

- Давати оцінку зображенню сітківки в чотирьох категоріях;
- Перевірка точності та коректності перекладу.

3.2 Склад та параметри технічних засобів

Персональний комп'ютер має мати мінімум 4 Гб оперативної пам'яті, встановленою системою Microsoft Windows®, Linux®. Не менше 2000 Мб вільного місця на жорсткому диску. Двоядерний процесор з тактовою частотою від 2.4 GHz і більше.

3.3 Інформаційна та програмна сполучність

Програмне рішення повинне функціонувати в різних операційних системах та бути пристосована до використання у різних комп'ютерах. Виконання розробки відбуватиметься з використанням мови Python, та бібліотекою Keras.

4. СТАДІЇ РОЗРОБКИ

В ходів реалізації роботи будуть пройдені такі стадії розробки:

- аналіз предметної області;
- алгоритмічне та математичне обґрунтування;
- методика проведення НД;
- реалізація модулів;
- тестування результатів розробки;
- здача роботи.

5. ПРОГРАМНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

Для програмного рішення будуть розроблені наступні документи:

- Пояснювальна записка;
- Технічне завдання;
- Презентаційний матеріал;
- Інструкція користувача;
- Додатки.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ТА ПРИЙМАННЯ

Розроблене програмне рішення має виконувати всі вимоги, що складаються з перерахованих у п. 3.1 характеристик.

Приймання проводиться спеціально створеною екзаменаційною комісією в термін до:

“22” грудня 2020р.

ТЕЗА КОНФЕРЕНЦІЙ

III Міжнародна студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

Міністерство освіти і науки України,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця
(Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



Студентське наукове товариство



III МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

23-24 квітня 2020 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2020

Рисунок Д.1 - Копія титульної сторінки збірника тез конференції

II Міжнародна студентська науково-технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

Чернецький А. ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ МЕТАЛЕВОЇ ПРОГІННОЇ БАЛКИ ЗМІННОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ	117
Яцюк В. РОЗПОДІЛ ВНУТРІШНІХ НАВАНТАЖЕНЬ У КРИВОЛІНІЙНИХ КОНСТРУКЦІЯХ	118

Секція: **Біомедицина інженерія**

Бугальська Т., Косар Л. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МЕДИЧНИХ ДАНИХ	120
Гринчук К., Дороніна І. СПЕЦИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ПЕРЕДАЧІ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ	121
Заверуха А., Уніят С. МАТЕМАТИЧНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ БІОСИГНАЛІВ НА ФОНІ ЗАВАД	122
Левенець В. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ ВІДБОРУ ТА АНАЛІЗУ БІОСИГНАЛІВ	124
Обедняк Р. АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ СТАДІЇ ДІАБЕТИЧНОЇ РЕТИНОПАТІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ СІТКІВКИ	125
Побережний М., Побережний В. ФОТОМЕДИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ШТУЧНОМУ ОПРОМІНЕННІ ОЗНАЧЕНОЇ ОБЛАСТІ БІООБ'ЄКТА	126
Стойка О., Крещук С., Хвостівський В. КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ ЕКСПЕРТНИХ МЕДИЧНИХ СИСТЕМ ІЗ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ	127
Тацков О., Паляниця Ю.Б. ПРОБЛЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОШИРЕННЯ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НА КОРОНАВІРУС COVID-19 В СВІТІ ОСОБАМИ БЕЗ СПЕЦІАЛЬНИХ НАВИЧОК ТА БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ПЕРСОНАЛЬНОМУ КОМП'ЮТЕРІ З ОПЕРАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ MICROSOFT WINDOWS	129
Франчевська Г. АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ ПЛОДУ В УТРОБІ МАТЕРІ	131

Рисунок Д.2 - Копія сторінки змісту збірника, на якій зазначено прізвище
автора магістерської роботи

УДК 617.735-002: 004.855

Обедняк Р. - ст. гр. РБМ-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ СТАДІЇ ДІАБЕТИЧНОЇ РЕТИНОПАТІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ СІТКІВКИ

Науковий керівник: професор, к.т.н., доцент Дозорський В.Г.

Obiedniak R.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

AUTOMATED METHOD OF ANALYSIS OF THE STAGE OF DIABETIC RETINOPATHY WITH USE OF MUSCLE IMAGES

Supervisor: Ph.D., Ass. Pr. Dozorskyi V. G.

Ключові слова: діабетична ретинопатія, модель, сітківка.

Keywords: diabetic retinopathy, model, retina.

У всьому світі 347 мільйонів людей страждають на діабет. За даними ВОЗ, хвороба збільшує смертність в 2-3 рази і суттєво скорочує тривалість життя. При цьому кількість хворих щорічно збільшується у всіх країнах на 5-7%, а кожні 12-15 років подвоюється. Порушення зору - одне з інвалідизуючих проявів цукрового діабету. Сліпота у людей з цукровим діабетом настає в 25 разів частіше, ніж серед людей не страждаючих цим недугом.

Ускладнення цукрового діабету, а саме прояв діабетичної мікроангіопатії, що вражає судини сітківки очного яблука, та проявляється у точкових крововиливах, мікроаневризмах. До методу дослідження відноситься «офтальмоскопія», проводиться за допомогою огляду очного дна, який дозволяє оцінити його судини, сітківку, зоровий нерв. Ретінофот фотографує очне дно.

Використання штучного інтелекту у розробці систем прогнозування в медицині є перспективним напрямом досліджень та розробок. Штучна нейронна мережа (ШНМ) аналізуючи навчальну вибірку, в процесі «навчання», створює деяке статистичне уявлення про об'єкт, що надає змогу оцінки наступним не маркованим об'єктам.

За допомогою математичних моделей побудови систем штучного інтелекту пропонується створити метод аналізу стадії діабетичної ретинопатії. Метод реалізовується за допомогою мови програмування Python та засобів розробки систем заснованих на принципах машинного навчання, а саме архітектури «довга короткочасна пам'ять» (LSTM), що є підкласом рекурентних нейронних мереж (RNN).

Найважливішим етапом розробки методу є підготовка даних для навчання ШНМ, а також налаштування самої мережі для оптимальної роботи та отримання максимально точної моделі прогнозування.

Лістинг коду

Лістинг 1.1 – Оголошення бібліотек

```
import numpy as np # linear algebra
import pandas as pd # data processing, CSV file I/O (e.g. pd.read_csv)
import matplotlib.pyplot as plt # showing and rendering figures
# io related
from skimage.io import imread
import os
from glob import glob
# required in Jupyter
%matplotlib inline
```

Лістинг 1.2 – Отримання датасету, та перегляд його характеру

```
base_image_dir = os.path.join('..', 'input', 'diabetic-retinopathy-
detection')
retina_df = pd.read_csv(os.path.join(base_image_dir, 'trainLabels.csv'))
retina_df['PatientId'] = retina_df['image'].map(lambda x:
x.split('_')[0])
retina_df['path'] = retina_df['image'].map(lambda x:
os.path.join(base_image_dir,

'{}.jpeg'.format(x)))
retina_df['exists'] = retina_df['path'].map(os.path.exists)
print(retina_df['exists'].sum(), 'images found of', retina_df.shape[0],
'total')
retina_df['eye'] = retina_df['image'].map(lambda x: 1 if x.split('_')[-
1]=='left' else 0)
from keras.utils.np_utils import to_categorical
retina_df['level_cat'] = retina_df['level'].map(lambda x:
to_categorical(x, 1+retina_df['level'].max()))

retina_df.dropna(inplace = True)
retina_df = retina_df[retina_df['exists']]
retina_df.sample(3)
```

Лістинг 1.3 – Розбиття даних для валідації

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
rr_df = retina_df[['PatientId', 'level']].drop_duplicates()
train_ids, valid_ids = train_test_split(rr_df['PatientId'],
test_size = 0.25,
random_state = 2018,
```

```

stratify = rr_df['level'])
raw_train_df = retina_df[retina_df['PatientId'].isin(train_ids)]
valid_df = retina_df[retina_df['PatientId'].isin(valid_ids)]
print('train', raw_train_df.shape[0], 'validation', valid_df.shape[0])

```

Лістинг 1.4 – Валідація зображень

```

import tensorflow as tf
from keras import backend as K
from keras.applications.inception_v3 import preprocess_input
import numpy as np
IMG_SIZE = (512, 512) # slightly smaller than vgg16 normally expects
def tf_image_loader(out_size,
                    horizontal_flip = True,
                    vertical_flip = False,
                    random_brightness = True,
                    random_contrast = True,
                    random_saturation = True,
                    random_hue = True,
                    color_mode = 'rgb',
                    preproc_func = preprocess_input,
                    on_batch = False):
    def _func(X):
        with tf.name_scope('image_augmentation'):
            with tf.name_scope('input'):
                X = tf.image.decode_png(tf.read_file(X), channels = 3 if
color_mode == 'rgb' else 0)
                X = tf.image.resize_images(X, out_size)
            with tf.name_scope('augmentation'):
                if horizontal_flip:
                    X = tf.image.random_flip_left_right(X)
                if vertical_flip:
                    X = tf.image.random_flip_up_down(X)
                if random_brightness:
                    X = tf.image.random_brightness(X, max_delta = 0.1)
                if random_saturation:
                    X = tf.image.random_saturation(X, lower = 0.75, upper
= 1.5)
                if random_hue:
                    X = tf.image.random_hue(X, max_delta = 0.15)
                if random_contrast:
                    X = tf.image.random_contrast(X, lower = 0.75, upper
= 1.5)
            return preproc_func(X)
    if on_batch:
        # we are meant to use it on a batch
        def _batch_func(X, y):
            return tf.map_fn(_func, X), y
        return _batch_func
    else:
        # we apply it to everything
        def _all_func(X, y):

```



```

        return _func(X), y
    return _all_func

def tf_augmentor(out_size,
                 intermediate_size = (640, 640),
                 intermediate_trans = 'crop',
                 batch_size = 16,
                 horizontal_flip = True,
                 vertical_flip = False,
                 random_brightness = True,
                 random_contrast = True,
                 random_saturation = True,
                 random_hue = True,
                 color_mode = 'rgb',
                 preproc_func = preprocess_input,
                 min_crop_percent = 0.001,
                 max_crop_percent = 0.005,
                 crop_probability = 0.5,
                 rotation_range = 10):

    load_ops = tf_image_loader(out_size = intermediate_size,
                               horizontal_flip=horizontal_flip,
                               vertical_flip=vertical_flip,
                               random_brightness = random_brightness,
                               random_contrast = random_contrast,
                               random_saturation = random_saturation,
                               random_hue = random_hue,
                               color_mode = color_mode,
                               preproc_func = preproc_func,
                               on_batch=False)

    def batch_ops(X, y):
        batch_size = tf.shape(X)[0]
        with tf.name_scope('transformation'):
            # code borrowed from https://becominghuman.ai/data-
            # augmentation-on-gpu-in-tensorflow-13d14ecf2b19
            # The list of affine transformations that our image will go
            # under.
            # Every element is Nx8 tensor, where N is a batch size.
            transforms = []
            identity = tf.constant([1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0],
                                   dtype=tf.float32)
            if rotation_range > 0:
                angle_rad = rotation_range / 180 * np.pi
                angles = tf.random_uniform([batch_size], -angle_rad,
                                           angle_rad)
                transforms +=
            [tf.contrib.image.angles_to_projective_transforms(angles,
                                                              intermediate_size[0], intermediate_size[1])]

            if crop_probability > 0:

```

```

        crop_pct = tf.random_uniform([batch_size],
min_crop_percent, max_crop_percent)
        left = tf.random_uniform([batch_size], 0,
intermediate_size[0] * (1.0 - crop_pct))
        top = tf.random_uniform([batch_size], 0,
intermediate_size[1] * (1.0 - crop_pct))
        crop_transform = tf.stack([
            crop_pct,
            tf.zeros([batch_size]), top,
            tf.zeros([batch_size]), crop_pct, left,
            tf.zeros([batch_size]),
            tf.zeros([batch_size])
        ], 1)
        coin = tf.less(tf.random_uniform([batch_size], 0, 1.0),
crop_probability)
        transforms += [tf.where(coin, crop_transform,
tf.tile(tf.expand_dims(identity, 0), [batch_size, 1]))]
        if len(transforms)>0:
            X = tf.contrib.image.transform(X,
            tf.contrib.image.compose_transforms(*transforms),
            interpolation='BILINEAR') # or 'NEAREST'
        if intermediate_trans=='scale':
            X = tf.image.resize_images(X, out_size)
        elif intermediate_trans=='crop':
            X = tf.image.resize_image_with_crop_or_pad(X,
out_size[0], out_size[1])
        else:
            raise ValueError('Invalid Operation
{}'.format(intermediate_trans))
        return X, y
    def _create_pipeline(in_ds):
        batch_ds = in_ds.map(load_ops,
num_parallel_calls=4).batch(batch_size)
        return batch_ds.map(batch_ops)
    return _create_pipeline

```

Лістинг 1.5 – Функція провадження даних у модель

```

def flow_from_dataframe(idg,
                        in_df,
                        path_col,
                        y_col,
                        shuffle = True,
                        color_mode = 'rgb'):
    files_ds =
tf.data.Dataset.from_tensor_slices((in_df[path_col].values,
np.stack(in_df[y_col].values,0))
    in_len = in_df[path_col].values.shape[0]
    while True:

```

```

    if shuffle:
        files_ds = files_ds.shuffle(in_len) # shuffle the whole
dataset

    next_batch =
idg(files_ds).repeat().make_one_shot_iterator().get_next()
    for i in range(max(in_len//32,1)):
        # NOTE: if we loop here it is 'thread-safe-ish' if we loop
on the outside it is completely unsafe
        yield K.get_session().run(next_batch)

```

Лістинг 1.6 – Оголошення функції через зміни

```

batch_size = 48
core_idg = tf_augmentor(out_size = IMG_SIZE,
                        color_mode = 'rgb',
                        vertical_flip = True,
                        crop_probability=0.0, # crop doesn't work yet
                        batch_size = batch_size)
valid_idg = tf_augmentor(out_size = IMG_SIZE, color_mode = 'rgb',
                        crop_probability=0.0,
                        horizontal_flip = False,
                        vertical_flip = False,
                        random_brightness = False,
                        random_contrast = False,
                        random_saturation = False,
                        random_hue = False,
                        rotation_range = 0,
                        batch_size = batch_size)

train_gen = flow_from_dataframe(core_idg, train_df,
                               path_col = 'path',
                               y_col = 'level_cat')

valid_gen = flow_from_dataframe(valid_idg, valid_df,
                               path_col = 'path',
                               y_col = 'level_cat') # we can use much larger
batches for evaluation

```

Лістинг 1.7 – Функція отримання вибірки валідаційних зображень

```

t_x, t_y = next(valid_gen)
fig, m_axs = plt.subplots(2, 4, figsize = (16, 8))
for (c_x, c_y, c_ax) in zip(t_x, t_y, m_axs.flatten()):
    c_ax.imshow(np.clip(c_x*127+127, 0, 255).astype(np.uint8))
    c_ax.set_title('Severity {}'.format(np.argmax(c_y, -1)))
    c_ax.axis('off')

```

Лістинг 1.8 – Функція отримання вибірки тренувальних зображень

```
t_x, t_y = next(train_gen)
fig, m_axs = plt.subplots(2, 4, figsize = (16, 8))
for (c_x, c_y, c_ax) in zip(t_x, t_y, m_axs.flatten()):
    c_ax.imshow(np.clip(c_x*127+127, 0, 255).astype(np.uint8))
    c_ax.set_title('Severity {}'.format(np.argmax(c_y, -1)))
    c_ax.axis('off')
```

Лістинг 1.9 – Підключення моделей та слоїв моделі

```
from keras.applications.vgg16 import VGG16 as PTModel
from keras.applications.inception_resnet_v2 import InceptionResNetV2 as
PTModel
from keras.applications.inception_v3 import InceptionV3 as PTModel
from keras.layers import GlobalAveragePooling2D, Dense, Dropout, Flatten,
Input, Conv2D, multiply, LocallyConnected2D, Lambda
from keras.models import Model
in_layer = Input(t_x.shape[1:])
base_pretrained_model = PTModel(input_shape = t_x.shape[1:], include_top
= False, weights = 'imagenet')
base_pretrained_model.trainable = False
pt_depth = base_pretrained_model.get_output_shape_at(0)[-1]
pt_features = base_pretrained_model(in_layer)
from keras.layers import BatchNormalization
bn_features = BatchNormalization()(pt_features)

# here we do an attention mechanism to turn pixels in the GAP on an off

attn_layer = Conv2D(64, kernel_size = (1,1), padding = 'same', activation
= 'relu')(Dropout(0.5)(bn_features))
attn_layer = Conv2D(16, kernel_size = (1,1), padding = 'same', activation
= 'relu')(attn_layer)
attn_layer = Conv2D(8, kernel_size = (1,1), padding = 'same', activation
= 'relu')(attn_layer)
attn_layer = Conv2D(1,
                    kernel_size = (1,1),
                    padding = 'valid',
                    activation = 'sigmoid')(attn_layer)
# fan it out to all of the channels
up_c2_w = np.ones((1, 1, 1, pt_depth))
up_c2 = Conv2D(pt_depth, kernel_size = (1,1), padding = 'same',
               activation = 'linear', use_bias = False, weights =
[up_c2_w])
up_c2.trainable = False
attn_layer = up_c2(attn_layer)
```

```

mask_features = multiply([attn_layer, bn_features])
gap_features = GlobalAveragePooling2D()(mask_features)
gap_mask = GlobalAveragePooling2D()(attn_layer)
# to account for missing values from the attention model
gap = Lambda(lambda x: x[0]/x[1], name = 'RescaleGAP')([gap_features,
gap_mask])
gap_dr = Dropout(0.25)(gap)
dr_steps = Dropout(0.25)(Dense(128, activation = 'relu')(gap_dr))
out_layer = Dense(t_y.shape[-1], activation = 'softmax')(dr_steps)
retina_model = Model(inputs = [in_lay], outputs = [out_layer])
from keras.metrics import top_k_categorical_accuracy
def top_2_accuracy(in_gt, in_pred):
    return top_k_categorical_accuracy(in_gt, in_pred, k=2)

retina_model.compile(optimizer = 'adam', loss =
'categorical_crossentropy',
metrics = ['categorical_accuracy',
top_2_accuracy])
retina_model.summary()

```

Лістинг 1.10 – Регулювання навчання моделі

```

from keras.callbacks import ModelCheckpoint, LearningRateScheduler,
EarlyStopping, ReduceLROnPlateau

weight_path="{}_weights.best.hdf5".format('retina')

checkpoint = ModelCheckpoint(weight_path, monitor='val_loss', verbose=1,
save_best_only=True, mode='min',
save_weights_only = True)

reduceLROnPlat = ReduceLROnPlateau(monitor='val_loss', factor=0.8,
patience=3, verbose=1, mode='auto', epsilon=0.0001, cooldown=5,
min_lr=0.0001)

early = EarlyStopping(monitor="val_loss",
mode="min",
patience=6) # probably needs to be more patient,
but kaggle time is limited

callbacks_list = [checkpoint, early, reduceLROnPlat]

```

Лістинг 1.11 – Процес тренування

```

retina_model.fit_generator(train_gen,
                           steps_per_epoch
train_df.shape[0]//batch_size,
                           validation_data = valid_gen,
                           validation_steps
valid_df.shape[0]//batch_size,
                           epochs = 25,
                           callbacks = callbacks_list,
                           workers = 0, # tf-generators are not thread-
safe
                           use_multiprocessing=False,
                           max_queue_size = 0
                           )

```

Лістинг 1.12 – Збереження моделі

```

# load the best version of the model
retina_model.load_weights(weight_path)
retina_model.save('full_retina_model.h5')

```