

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр Коваль

«____» 20__ р.

**Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Інженерія програмного забезпечення
інтелектуальних кібер-фізичних системі веб-технологій»
спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
на тему: «Класифікація знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу
військових»**

Виконав (-ла):

студент(-ка) IV курсу, групи ТІ-01

Диханов Ярослав Юрійович

Керівник:

д.ф. ст викладач Бандурка О.І.

Консультант:

доцент, к.т.н. Залевська Ольга Валеріївна

Рецензент:

декан фізико-математичного факультету,
д.т.н., професор Ванін В.В.

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність – 121 «Інженерія програмного забезпечення»
Освітньо-професійна програма «Інженерія програмного забезпечення
інтелектуальних кібер-фізичних системі веб-технологій»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Олександр КОВАЛЬ
«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студенту**

Лиханову Ярославу Юрійовичу

1. Тема роботи «Класифікація знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військових»,
керівник роботи: д.ф. старший викладач Бандурка Олена Іванівна,
 затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. №_____
2. Срок подання роботи _____
3. Вихідні дані до роботи мова програмування Python, середовище PyCharm, база даних PostgreSQL
4. Зміст роботи Провести аналіз галузі, використати нові технології для класифікації знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військових, а також визначити параметри, необхідні для точної класифікації знімків. Впровадити необхідний функціонал для автоматизованої класифікації знімків, розробити систему оцінювання зображень та їх поєднань, провести тестування на реальних прикладах та перевірити чи результати класифікації збігаються з діагнозами лікарів, перевірити працездатність системи..
5. Перелік ілюстративного матеріалу: змінки комп'ютерної томографії колінного суглобу

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдання	13.03.2024	Виконано
2.	Дослідження предметної області	14.03.2024-26.03.2024	Виконано
3.	Постановка вимог до проєктування системи	27.03.2024-31.03.2024	Виконано
4.	Дослідження шляхів класифікації зображень	01.04.2024-13.04.2024	Виконано
5.	Розробка програмного продукту	14.04.2024-16.05.2024	Виконано
6.	Тестування	17.05.2024-19.05.2024	Виконано
7.	Захист програмного продукту	09.05.2024	Виконано
8.	Оформлення дипломної роботи	22.05.2024 - 04.06.2024	Виконано
9.	Передзахист	05.06.2023-11.06.2023	Виконано
10	Захист	19.06.2024-25.06.2024	Виконано

Студент _____

Ярослав ДИХАНОВ

Керівник _____

Олена БАНДУРКА

РЕФЕРАТ

Дипломна робота за темою «Класифікація знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військових» виконана студентом кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці Ярославом Дихановим зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» за освітньо-професійною програмою «Інженерія програмного забезпечення інтелектуальних кібер-фізичних систем веб-технологій» та складається зі: вступу; 4 розділів (постановка задачі, аналітичний огляд літератури, інструменти та методи реалізації, опис програмної реалізації), висновків до кожного з цих розділів; загальних висновків; списку використаних джерел, який налічує 15 джерел, та додатків. Загальний обсяг роботи 89 сторінка.

Актуальність теми. Тема «Класифікація знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військових» є надзвичайно актуальною у контексті медичних досліджень, особливо зважаючи на підвищений ризик травм і навантажень на колінні суглоби у військових. Розробка точної та ефективної системи класифікації знімків, отриманих за допомогою комп'ютерної томографії, є важливим завданням для медичної спільноти та сприяє покращенню діагностики і лікування травм колінних суглобів.

Мета і завдання роботи.

Метою даної роботи є розробка нейронної мережі для вирішення задачі класифікації знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу, що допоможе полегшити процес діагностики травм у військових. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Аналіз вітчизняних та зарубіжних джерел.
2. Структуризація вхідних даних.
3. Створення архітектури згорткової нейронної мережі.
4. Навчання мережі і аналіз отриманих результатів.
5. Розробка графічного інтерфейсу користувача.

Використані методи.

Емпіричний, експериментальний, статистичний, математичний, комп'ютерний, машинного навчання, обробки зображення

Засоби розробки

Мова програмування Python, середовище розробки pyCharm. Фреймворк для створення нейронних мереж TensorFlow. Фреймворк для розробки веб застосунку django. Також у виконанні роботи використовувалися бібліотеки NumPy, та Pillow. Графічний інтерфейс користувача розроблений за допомогою мов програмування HTML, CSS, JavaScript.

Отримані результати. Розроблений додаток для класифікації знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу на основі згорткової нейронної мережі.

Ключові слова. Колінний суглоб, комп'ютерна томографія, нейронна мережа, класифікація, згорткова нейронна мережа, обробка зображень.

Бібліографічний опис ДР

Диханов Я.Ю. Класифікація знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військових : дипломна роб. бакалавра : 121 Інженерія програмного забезпечення / Диханов Ярослав Юрійович. – Київ, 2024. – 81 с.

ABSTRACT

Diploma work on the topic "Classification of images of computed tomography of the knee joint of the military" was performed by a student of the Department of Software Engineering in Energy Yaroslav Dykhanov, specialty 121 "Software Engineering" under the educational and professional program "Software Engineering of intelligent cyber-physical systems of web technologies" and consists of: introduction; 4 chapters (problem statement, analytical literature review, tools and methods of implementation, description of program implementation), conclusions to each of these chapters; general conclusions; a list of references that includes 16 sources; and appendices. The total volume of the paper is 89 pages.

Relevance of the topic. The topic "Classification of computed tomography images of the military knee joint" is extremely relevant in the context of medical research, especially given the increased risk of injuries and stress on the knee joints in the military. The development of an accurate and effective system for classifying computed tomography images is an important task for the medical community and contributes to the improvement of diagnosis and treatment of knee injuries.

Purpose and objectives of the work.

The aim of this work is to develop a neural network to solve the problem of classifying computed tomography images of the knee joint, which will help facilitate the process of diagnosing injuries in the military. To achieve this goal, the following tasks need to be solved:

1. Analysis of domestic and foreign sources.
2. Structuring of input data.
3. Creating a convolutional neural network architecture.
4. Training the network and analyzing the results.
5. Development of a graphical user interface.

Methods used.

Empirical, experimental, statistical, mathematical, computer, machine learning, image processing

Development tools

Python programming language, pyCharm development environment. Framework for creating neural networks TensorFlow. Framework for developing a web application django. Also, the NumPy and Pillow libraries were used in the work. The graphical user interface was developed using the HTML, CSS, and JavaScript programming languages.

Results. An application for classification of computed tomography images of the knee joint based on a convolutional neural network has been developed.

Keywords. Knee joint, computed tomography, neural network, classification, convolutional neural network, image processing.

Bibliographic description of the DR

Dykhanov Y.Y. Classification of images of computed tomography of the knee joint of the military: bachelor's thesis: 121 Software Engineering / Dykhanov Yaroslav Yuriiovych - Kyiv, 2024 - 81 p.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	11
ВСТУП	12
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	14
1.1 Актуальність проблеми	14
1.2 Стандартизація даних та інтероперабельність систем	16
Висновки до розділу 1	17
2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	18
2.1 Переваги КТ перед іншими методами діагностики	18
2.2 Процедура проведення КТ дослідження	20
2.3 Інтерпретація результатів КТ дослідження	21
2.4 Безпека та ризики проведення КТ	23
2.5 Сучасні досягнення та інновації в КТ	26
2.6 Порівняння КТ з іншими методами діагностики	29
2.7 КТ в задачах класифікації	30
2.8 КТ в задачах сегментації	31
Висновки до розділу 2	33
3 ІНСТРУМЕНТИ ТА МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ	34
3.1 Типи нейронних мереж	34
3.2 CNN	35
3.3 RNN	37
3.4 Навчання нейронної мережі	28
3.5 Аугментація зображень	39
3.6 Метрики	40
3.7 Функції активації	41
3.8 ReLU	42
3.9 Sigmoid	43
3.10 SoftMax	43

Висновки до розділу 3	44
4 ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ	45
4.1 Використані інструменти	45
4.2 Вхідні дані	53
4.3 Архітектура нейронної мережі	54
4.4 Тренування нейронної мережі	55
4.5 Принцип роботи системи	57
4.6 Інтерфейс користувача	59
4.7 Статистика зображень	61
Висновок до розділу 4	63
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТОК А	68
ДОДАТОК Б	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

КТ – Комп’ютерна томографія

CNN - Convolutional neural network (згорткова нейронна мережа)

RNN - Recurrent neural network (рекурентна нейронна мережа)

ReLU - Rectified Linear Unit (зрізаний лінійний вузол)

DICOM - Digital Imaging and Communications in Medicine

TIFF - Tagged Image File Format (теговий формат графічного файлу)

ВСТУП

Сучасні технології забезпечують значні можливості для розвитку медицини, особливо у сфері діагностики. Комп'ютерна томографія (КТ) є одним з ключових інструментів у виявленні та аналізі внутрішніх структур тіла без інвазивних втручань. Зображення, отримані за допомогою КТ, використовуються для діагностики, планування лікування та відстеження динаміки змін патологічних станів. В контексті військової медицини, де травми колінного суглобу є поширеними та часто мають складний характер, ефективна класифікація КТ-знімків колінного суглобу має вирішальне значення для своєчасного та точного лікування.

З огляду на це, тема дипломної роботи "Класифікація знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військових" є актуальною та значущою. Вона відображає потребу в розробці та впровадженні передових методів аналізу медичних зображень, що можуть значно покращити якість та швидкість медичної допомоги військовослужбовцям.

Основною метою даної дипломної роботи є розробка та апробація системи машинного навчання для класифікації КТ-знімків колінного суглобу. Ця система покликана автоматично визначати тип травми, її ступінь та потенційні ускладнення, що може значно оптимізувати процес діагностики в умовах військових медичних установ.

Військові часто зазнають складних травм колінного суглобу через високий ризик фізичних ушкоджень під час служби. Традиційні методи діагностики можуть бути часомісткими та суб'єктивними, залежно від досвіду та кваліфікації лікаря. Використання автоматизованих систем аналізу даних КТ може значно зменшити ці ризики, забезпечуючи об'єктивність і точність класифікації.

Розробка системи класифікації знімків КТ базується на застосуванні сучасних алгоритмів машинного навчання та глибокого навчання, що дозволяє автоматизувати процес визначення стану колінних суглобів. Практичне значення

такої системи незаперечне, адже вона може бути інтегрована у медичні системи для швидкого та ефективного діагностування в умовах, де кожна хвилина на рахунку.

Дослідження базується на аналізі медичних зображень, зібраних з різних медичних центрів, з особливим фокусом на військові госпіталі. Будуть використані методи обробки зображень, глибокого навчання та класифікації, що включають конволюційні нейронні мережі та алгоритми штучного інтелекту. Результати дослідження оцінюватимуться за допомогою метрик точності, специфічності та чутливості.

У подальшому вступі буде представлена структура роботи та план дослідження, що дозволить детально ознайомитись з ходом виконання дипломного проекту та очікуваними результатами.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Мета даної дипломної роботи полягає в розробці та валідації автоматизованої системи, заснованої на методах машинного навчання, для класифікації знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військовослужбовців. Ця система покликана підвищити точність, швидкість та об'єктивність діагностики травм коліна, що є критично важливим для своєчасного призначення адекватного лікування і оптимізації процесу реабілітації. Також важливим аспектом є забезпечення системи можливістю інтеграції у різні медичні установи, включаючи полеві госпіталі та військові медичні центри, що дозволить розширити доступ до високоякісних діагностичних послуг навіть у умовах обмежених ресурсів.

Крім того, система мінімізує людський фактор у процесі діагностики, забезпечуючи більшу об'єктивність у визначенні діагнозів. Її можна легко інтегрувати у різні медичні установи, включаючи полеві госпіталі та військові медичні центри, що дозволяє розширити доступ до якісних діагностичних послуг навіть у умовах обмежених ресурсів. Система також адаптована до різних умов експлуатації, забезпечуючи її стабільну та надійну роботу в будь-яких ситуаціях, що є надзвичайно важливим для військової медицини.

1.1 Актуальність проблеми

Комп'ютерна томографія (КТ) є одним із передових інструментів в медичній діагностиці, здатним забезпечити високу роздільність та тривимірне відображення внутрішніх структур людського тіла. Цей метод діагностики відіграє ключову роль у виявленні та оцінці травм у військовослужбовців, зокрема травм колінного суглобу. Травми колін військових часто мають складний характер через екстремальні умови, в яких вони отримані, включаючи вплив вибухових пристрій, автомобільних аварій та інших нестандартних ситуацій.

Травми колінного суглобу можуть варіюватися від простих ушкоджень м'яких тканин до складних переломів кісток та пошкоджень зв'язок. Кожен тип травми вимагає специфічного підходу до лікування та реабілітації, а неправильна діагностика може привести до довготривалої непрацездатності або навіть інвалідності. Тому точність діагностики є критичною для успішного відновлення пацієнта[6].

Наразі існуючі методи аналізу зображень КТ в багатьох випадках залежать від суб'єктивного аналізу лікарів-радіологів. Цей процес не тільки часомісткий, але й схильний до помилок, особливо у випадках недостатньої кваліфікації або втоми спеціаліста. Крім того, інтерпретація КТ-знімків колінного суглобу вимагає глибоких знань у сфері анатомії та патології, що збільшує вимоги до професійної підготовки медичних кадрів.

Розробка автоматичних систем для класифікації медичних зображень включає численні виклики, серед яких забезпечення високої точності та надійності результатів. Машинне навчання і глибоке навчання відкривають нові можливості для обробки та аналізу великих обсягів медичних даних, проте інтеграція цих технологій у клінічну практику супроводжується технічними та етичними проблемами. Забезпечення конфіденційності даних, їх безпека та етичне використання штучного інтелекту вимагають додаткових розробок і регулювань[6].

Військові часто зіштовхуються з труднощами доступу до високоякісної медичної допомоги через обмежені ресурси або віддаленість від спеціалізованих медичних центрів. Автоматизація процесу діагностики може значно покращити доступність та ефективність медичної допомоги, забезпечивши швидке та точне визначення потрібного лікування, що в свою чергу сприятиме швидшому відновленню та зниженню медичних витрат.

Розвиток автоматизованих систем класифікації КТ-знімків колінного суглобу може значно зменшити вищеописані ризики та підвищити якість діагностики. Застосування таких систем у військовій медицині має потенціал не тільки

поліпшити результати лікування

1.2 Стандартизація даних та інтероперабельність систем

Однією з ключових проблем у сфері медичної діагностики, зокрема в контексті використання комп'ютерної томографії (КТ), є відсутність стандартизованих протоколів для збору, обробки та обміну даними. Ця проблема є особливо актуальною у військовій медицині, де потреба в швидкому та точному діагностуванні є критично важливою. Різноманітність медичного обладнання та програмного забезпечення, що використовується у різних медичних установах, призводить до значних варіацій у якості та форматах зображень КТ, що ускладнює їхнє порівняння та інтеграцію даних.

Відсутність уніфікованих стандартів не тільки затримує процес діагностики, але й знижує його точність, підвищує ризики неправильного діагностування та призводить до неоптимальних лікувальних рішень. Крім того, різниця в стандартах ускладнює процес впровадження автоматизованих систем для обробки та аналізу зображень, заснованих на алгоритмах машинного навчання та глибокого навчання, які потребують однорідності даних для ефективної роботи[6].

Інтероперабельність систем — це здатність різних інформаційних систем, пристройів і застосунків (як в медичних установах, так і в полі) ефективно взаємодіяти та обмінюватися даними. Ця здатність є особливо важливою в умовах військових конфліктів, де медичні дані, зібрани на місцях бойових дій, часто потрібно швидко аналізувати та інтегрувати з іншими даними для прийняття рішень щодо лікування.

Розробка та впровадження стандартів інтероперабельності дозволить не тільки покращити точність діагностичних процесів, але й сприятиме більш швидкому обміну інформацією між медичними установами різних рівнів. Це дуже важливо для військової медицини, де час часто відіграє вирішальну роль[6].

Висновок до розділу 1

Комп'ютерна томографія (КТ) є важливим інструментом медичної діагностики, особливо у військовій медицині, де точність і швидкість діагностики критично важливі. Травми колінного суглоба у військовослужбовців вимагають оперативної та точної діагностики для запобігання довготривалій непрацездатності або інвалідності.Хоча КТ забезпечує високу ефективність, існуючі методи аналізу зображень залежать від суб'єктивного аналізу лікарів, що може призводити до помилок і затримок.

Розвиток автоматизованих систем класифікації медичних зображень з використанням машинного та глибокого навчання може значно покращити точність і швидкість діагностики. Водночас, впровадження таких систем стикається з викликами, включаючи технічні, етичні питання та забезпечення конфіденційності даних.

Однією з головних проблем є відсутність стандартизованих протоколів для збору, обробки та обміну даними, що ускладнює діагностику та інтеграцію даних. Інтероперабельність систем, тобто здатність різних інформаційних систем ефективно взаємодіяти та обмінюватися даними, є ключовою для покращення медичної допомоги у військових умовах.

Розробка та впровадження стандартів інтероперабельності покращить точність діагностики та швидкість обміну інформацією між медичними установами. Це особливо важливо у військових конфліктах, де час є критичним фактором.

Отже, розвиток автоматизованих систем класифікації КТ-знімків та впровадження стандартів інтероперабельності є важливими кроками для підвищення якості діагностики та лікування військовослужбовців, що сприятиме швидшому відновленню пацієнтів та зниженню медичних витрат.

2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Переваги КТ перед іншими методами діагностики

Комп'ютерна томографія (КТ) є одним із найсучасніших та найефективніших методів діагностики, особливо коли йдеться про складні анатомічні структури та внутрішні органи. КТ має кілька важливих переваг перед іншими методами діагностики, що робить її незамінним інструментом в медичній практиці.

Висока роздільна здатність і детальність зображень

КТ забезпечує отримання детальних тривимірних зображень внутрішніх структур тіла з високою роздільною здатністю. Це дозволяє лікарям чітко бачити дрібні анатомічні деталі, які можуть бути невидимими або нечіткими при використанні інших методів діагностики, таких як рентгенографія або ультразвукове дослідження.

Точна візуалізація кісток і м'яких тканин

КТ є надзвичайно ефективною для візуалізації як кісткових, так і м'якотканинних структур. Це особливо важливо для діагностики складних травм і патологій колінного суглобу, де можуть бути задіяні різні типи тканин. КТ дозволяє отримувати чіткі зображення кісток, хрящів, зв'язок і м'язів, що полегшує виявлення та оцінку пошкоджень.

Швидкість і ефективність

Однією з ключових переваг КТ є швидкість проведення дослідження. Процедура займає лише кілька хвилин, що є критично важливим у випадках,

коли потрібна швидка діагностика, наприклад, при гострих травмах або невідкладних станах. Крім того, швидкість отримання результатів дозволяє лікарям оперативно приймати рішення щодо лікування.

Можливість тривимірної реконструкції

КТ дозволяє створювати тривимірні реконструкції зображень, що є корисним для детального планування хірургічних втручань та інших медичних процедур. Тривимірні зображення надають лікарям повне уявлення про анатомічну будову та можливі патологічні зміни, що сприяє більш точному і ефективному лікуванню.

Висока чутливість і специфічність

КТ відрізняється високою чутливістю і специфічністю у виявленні різних патологій, таких як пухлини, інфекції, дегенеративні захворювання та травматичні ушкодження. Це дозволяє точно визначити наявність та характер патологічного процесу, що є важливим для вибору оптимальної тактики лікування.

Порівняння з іншими методами

У порівнянні з магнітно-резонансною томографією (МРТ), КТ є більш доступною та менш витратною процедурою, а також краще підходить для виявлення кісткових патологій. На відміну від ультразвукового дослідження, КТ не залежить від навичок оператора і надає більш детальні зображення глибоких структур. Рентгенографія, хоч і менш затратна, не може забезпечити таку ж деталізацію і тривимірну візуалізацію, як КТ.

2.2 Процедура проведення КТ дослідження

Комп'ютерна томографія (КТ) є важливим методом діагностики, який використовується для отримання детальних тривимірних зображень внутрішніх структур тіла. Особливо це актуально для діагностики травм і патологій колінного суглоба у військових. У даному рефераті розглядається процедура проведення КТ-дослідження, включаючи підготовку пацієнта, процес сканування та післяпроцедурні рекомендації.

Підготовка пацієнта до процедури

Першим кроком є інформування пацієнта про мету та процес проведення КТ-дослідження. Лікар пояснює пацієнту можливі ризики та переваги процедури, а також необхідність інформувати медичний персонал про алергії, вагітність або наявність металевих імплантів. Пацієнт підписує інформовану згоду на проведення процедури та заповнює необхідні медичні форми.

Перед процедурою пацієнту рекомендується утриматися від їжі та пиття за кілька годин, особливо якщо планується введення контрастної речовини. Якщо необхідне використання контрасту, проводиться тест на алергію. Пацієнт знімає всі металеві предмети, які можуть вплинути на якість зображень.

Процес сканування

Пацієнт лягає на рухомий стіл КТ-сканера, зазвичай на спину. Медичний персонал допомагає пацієнту зручно розміститися та фіксує його положення для мінімізації рухів. Пацієнту дають інструкції залишатися нерухомим під час процедури та, у деяких випадках, затримати дихання на кілька секунд.

Якщо процедура включає використання контрастної речовини, вона вводиться внутрішньовенно перед початком сканування. Стіл з пацієнтом рухається через кільце сканера, який обертається навколо пацієнта, роблячи серію рентгенівських знімків під різними кутами. Комп'ютер обробляє отримані знімки,

створюючи детальні поперечні зрізи (томограми) колінного суглоба.

Медичний персонал спостерігає за процедурою з контрольної кімнати, використовуючи інтерком для зв'язку з пацієнтом. У разі необхідності можуть бути зроблені додаткові знімки або скориговане положення пацієнта.

Післяпроцедурні рекомендації

Після завершення сканування пацієнту допомагають встati і оцінюють його загальний стан. Якщо вводилась контрастна речовина, пацієнта можуть попросити залишитися в медичному закладі на короткий час для спостереження за можливими реакціями. Пацієнту рекомендують пити більше рідини, щоб швидше вивести контрастну речовину з організму.

Лікар-радіолог аналізує зображення та готує висновок, який передається лікарю, що направив пацієнта на КТ. Пацієнту повідомляють про подальші кроки та надають інструкції щодо отримання результатів. Більшість пацієнтів можуть повернутися до своїх звичайних справ одразу після процедури. У разі виникнення будь-яких непередбачених симптомів або реакцій пацієнту рекомендується звернутися до лікаря.

2.3 Інтерпретація результатів КТ дослідження

Комп'ютерна томографія (КТ) є важливим методом діагностики, що дозволяє отримувати детальні зображення внутрішніх структур тіла. Інтерпретація результатів КТ дослідження є ключовим етапом, оскільки саме на основі аналізу отриманих знімків лікарі визначають наявність і характер патологічних змін. У даному рефераті розглядаються основні етапи та принципи інтерпретації результатів КТ дослідження колінного суглоба, а також типові патології, які можна виявити за допомогою цього методу.

Аналіз зображенень

Перший крок інтерпретації результатів КТ дослідження полягає в підготовці зображень до аналізу. Лікар-радіолог використовує спеціалізоване програмне забезпечення для перегляду КТ-знімків, обираючи оптимальні формати для візуалізації поперечних, корональних та сагітальних зрізів. Після цього лікар ретельно оглядає всі анатомічні структури колінного суглоба, включаючи кістки, хрящі, зв'язки, меніски та м'які тканини, визначаючи нормальні анатомічні варіанти та порівнюючи їх з референтними зображеннями.

Ідентифікація патологічних змін є наступним важливим етапом. Лікар виявляє та описує аномалії, такі як переломи, розриви зв'язок, пошкодження менісків, зміни в хрящах та наявність рідини в суглобі. Для цього використовуються спеціалізовані інструменти для вимірювання розмірів та об'єму патологічних утворень.

Типові патології

Комп'ютерна томографія дозволяє виявити широкий спектр патологій колінного суглоба. Серед них:

- Переломи та тріщини кісток: КТ забезпечує детальну візуалізацію навіть дрібних переломів та тріщин, які можуть бути невидимими на звичайних рентгенівських знімках. Лікар визначає тип перелому та його локалізацію.
- Пошкодження менісків: КТ дозволяє виявити розриви менісків та їх точне розташування, а також оцінити ступінь пошкодження.
- Розриви та пошкодження зв'язок: Лікар може виявити наявність та характер розривів зв'язок, таких як передня та задня хрестоподібні зв'язки, медіальна та латеральна колатеральні зв'язки, а також оцінити вплив цих пошкоджень на стабільність суглоба.
- Артритичні зміни: КТ виявляє ознаки остеоартриту та інших форм

артриту, включаючи зміни у хрящовій тканині, субхондральні кісти та остеофіти.

- Тумори та кістозні утворення: Лікар може виявити наявність пухлинних утворень та кіст, визначити їх розмір, структуру та локалізацію, а також оцінити ризик злоякісності.

Інтерпретація для клінічного використання

Після аналізу зображень лікар-радіолог складає детальний звіт, що включає опис виявлених змін, їх локалізацію, розміри та можливі діагнози. Цей звіт також містить зображення з маркуванням патологічних ділянок та поясненнями.

На основі отриманих результатів лікар надає рекомендації щодо подальших обстежень або лікування, таких як магнітно-резонансна томографія (МРТ), артроскопія або хірургічне втручання. У разі виявлення серйозних патологій пацієнта можуть направити до спеціалістів для додаткової консультації та лікування.

Інтерпретація результатів КТ дослідження здійснюється у тісній співпраці з клінічним лікарем, який направив пацієнта на обстеження. Це забезпечує комплексний підхід до діагностики та лікування, враховуючи всі клінічні дані пацієнта.

Інтерпретація результатів КТ-дослідження колінного суглоба є важливим етапом у діагностиці та лікуванні різних патологій. Точний аналіз зображень дозволяє виявити широкий спектр патологій, від переломів до дегенеративних змін та пухлин. Комплексний підхід до інтерпретації результатів, включаючи детальний звіт, рекомендації та обговорення з клінічним лікарем, забезпечує ефективну діагностику та лікування пацієнтів.

2.4 Безпека та ризики проведення КТ

Комп'ютерна томографія (КТ) є одним з найбільш використовуваних методів медичної візуалізації завдяки своїй високій роздільній здатності та

здатності надавати детальні тривимірні зображення внутрішніх структур тіла. Незважаючи на численні переваги, проведення КТ пов'язане з певними ризиками, які необхідно враховувати для забезпечення безпеки пацієнтів. У даному рефераті розглядаються основні аспекти безпеки та потенційні ризики, пов'язані з проведеним КТ.

Доза радіації

Одним із головних ризиків, пов'язаних з КТ, є вплив іонізуючого випромінювання. КТ-сканування використовує рентгенівські промені для створення зображень, що означає, що пацієнт піддається радіаційному опроміненню. Доза радіації при КТ євищою порівняно з традиційною рентгенографією. Середня доза опромінення для КТ колінного суглоба складає приблизно 0.1-0.2 мЗв, що в кілька разів перевищує дозу при звичайному рентгенівському знімку.

Вплив на здоров'я

Радіаційне опромінення може мати негативний вплив на здоров'я, особливо при повторних дослідженнях. Довготривале або інтенсивне опромінення може підвищити ризик розвитку раку. Проте, дози, які використовуються в медичній візуалізації, зазвичай є достатньо низькими, щоб цей ризик залишався мінімальним. Важливо, щоб користь від діагностики перевищувала потенційний ризик від радіаційного опромінення.

Контрастні речовини

Для покращення якості зображень при КТ часто використовуються контрастні речовини, які вводяться внутрішньовенно. Використання контрастних речовин також пов'язане з певними ризиками:

- Алергічні реакції: Деякі пацієнти можуть мати алергію на контрастні

речовини, що може викликати шкірні висипання, свербіж, крапив'янку або навіть анафілактичний шок.

- **Нефротоксичність:** Контрастні речовини можуть викликати пошкодження нирок, особливо у пацієнтів з уже існуючими захворюваннями нирок або зниженим функціонуванням нирок.

Протипоказання

Існують певні протипоказання до проведення КТ:

- **Вагітність:** Вагітним жінкам рекомендується уникати КТ через ризик впливу радіації на плід. КТ може бути проведено тільки у випадках, коли інші методи діагностики недоступні або недостатньо інформативні, і користь перевищує ризик.
- **Проблеми з нирками:** Пацієнтам із важкими захворюваннями нирок може бути протипоказане введення контрастних речовин через ризик розвитку нефротоксичності.
- **Алергія на контрастні речовини:** Пацієнтам із відомою алергією на контрастні речовини може бути рекомендовано альтернативні методи діагностики або проведення додаткової підготовки перед КТ.

Запобіжні заходи

Для мінімізації ризиків, пов'язаних з проведенням КТ, важливо дотримуватись певних запобіжних заходів:

1. **Оцінка показань:** КТ повинна проводитись лише за чіткими показаннями, коли очікувана користь перевищує потенційні ризики.
2. **Моніторинг дози радіації:** Використання сучасного обладнання з можливістю регулювання дози радіації дозволяє знизити вплив на пацієнта.
3. **Підготовка пацієнта:** Перед введенням контрастної речовини необхідно оцінити стан нирок пацієнта та можливу алергічну реакцію. При

наявності алергії можуть бути застосовані профілактичні заходи, такі як прийом антигістамінних препаратів.

4. Інформування пацієнта: Пацієнт повинен бути повністю поінформований про процедуру, можливі ризики та необхідні запобіжні заходи.

Комп'ютерна томографія є потужним діагностичним інструментом, який надає лікарям важливу інформацію для постановки діагнозу та планування лікування. Незважаючи на численні переваги, КТ пов'язана з певними ризиками, такими як вплив радіації та можливі реакції на контрастні речовини. Дотримання запобіжних заходів і ретельна оцінка показань до проведення КТ дозволяють мінімізувати ці ризики та забезпечити безпеку пацієнтів.

2.5 Сучасні досягнення та інновації в КТ

Комп'ютерна томографія (КТ) залишається однією з найважливіших технологій у медичній діагностиці. Зі швидким розвитком технологій, КТ постійно вдосконалюється, що дозволяє покращити якість зображень, зменшити дозу радіації та підвищити безпеку пацієнтів. Цей реферат висвітлює сучасні досягнення та інновації в КТ, які зробили значний вплив на медичну практику.

Технологічні вдосконалення

Сучасні КТ-сканери оснащені багатошаровими детекторами, які дозволяють значно збільшити швидкість сканування. Це особливо важливо при обстеженні рухомих органів, таких як серце і легені, а також у випадках, коли необхідно швидко отримати зображення, наприклад, при травмах. Використання технології Dual-Source CT (двофазний КТ) дозволяє отримувати зображення з високою роздільнюю здатністю навіть при високих швидкостях сканування.

Інноваційні алгоритми реконструкції зображень, такі як ітеративна реконструкція, дозволяють знизити дозу радіації, необхідну для отримання високоякісних зображень. Ці методи покращують співвідношення сигнал/шум, що

дозволяє зменшити опромінення пацієнта. Використання автоматизованих систем керування дозою (Automatic Exposure Control, AEC) допомагає оптимізувати дозу радіації в залежності від індивідуальних особливостей пацієнта.

Інноваційні методи обробки зображень

Штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання все частіше використовуються для автоматичного аналізу КТ-знімків. Це дозволяє значно прискорити процес діагностики, виявляючи патології на ранніх стадіях та зменшуючи ризик людських помилок. Алгоритми глибокого навчання використовуються для покращення якості зображень, автоматичної сегментації органів та патологічних змін, а також для прогнозування ризиків розвитку захворювань.

Сучасні програмні засоби дозволяють створювати детальні тривимірні моделі анатомічних структур на основі КТ-знімків. Це сприяє точнішому плануванню хірургічних втручань та інших медичних процедур. Використання 3D-візуалізації допомагає лікарям краще розуміти складні анатомічні відношення та покращує комунікацію з пацієнтами, дозволяючи наочно демонструвати їм результати обстежень.

Покращення якості зображень

Нові матеріали детекторів, такі як сцинтиляційні кристали з поліпшеними характеристиками, дозволяють отримувати більш чіткі зображення з меншою кількістю шумів. Використання ширококутових детекторів збільшує площу охоплення та дозволяє зменшити кількість обертів сканера, що знижує загальний час обстеження.

Спектральна комп'ютерна томографія використовує різні енергетичні рівні рентгенівських променів для отримання додаткової інформації про тканини. Це дозволяє точніше визначати склад тканин та виявляти патології, які можуть бути

непомітні на звичайних КТ-знімках. Спектральна КТ допомагає в діагностиці різних захворювань, включаючи онкологічні, серцево-судинні та метаболічні порушення.

Клінічні застосування та інновації

У онкології сучасні досягнення в КТ дозволяють покращити ранню діагностику та стадіювання онкологічних захворювань. Висока роздільна здатність та 3D-реконструкція допомагають точніше оцінювати розміри та поширення пухлин. Спектральна КТ та Ш-технології сприяють більш точному визначення біохімічного складу пухлин, що може бути корисним для підбору оптимальної терапії.

У кардіології високошвидкісні КТ-сканери дозволяють отримувати детальні зображення серця та коронарних судин без необхідності інвазивних процедур. Це важливо для виявлення коронарних артерій, оцінки кальцинозу та інших патологій серцево-судинної системи. Спектральна КТ допомагає оцінювати склад бляшок в артеріях, що є важливим для прогнозування ризику серцевих нападів.

Сучасні досягнення та інновації в комп'ютерній томографії сприяють значному покращенню якості діагностики, зниженню дози радіації та підвищенню безпеки пацієнтів. Високошвидкісні сканери, нові методи обробки зображень, спектральна КТ та застосування штучного інтелекту відкривають нові можливості для медичної візуалізації. Ці інновації сприяють більш точній та швидкій діагностиці, покращують планування лікувальних процедур та забезпечують кращі результати для пацієнтів.

2.6 Порівняння КТ з іншими методами діагностики

Комп'ютерна томографія (КТ) є важливим методом медичної візуалізації, який широко використовується для діагностики різних захворювань і травм. Однак існують інші методи візуалізації, такі як магнітно-резонансна томографія (МРТ), ультразвукове дослідження (УЗД) та традиційна рентгенографія. Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження, які визначають їх використання в різних клінічних ситуаціях. У цьому рефераті розглянуто порівняння КТ з іншими методами діагностики.

КТ та МРТ

Комп'ютерна томографія (КТ) і магнітно-резонансна томографія (МРТ) є основними методами для отримання детальних зображень внутрішніх структур тіла. КТ використовує рентгенівські промені для створення тривимірних зображень, тоді як МРТ використовує магнітні поля та радіохвилі. Основна перевага КТ полягає в його високій роздільній здатності для візуалізації кісткових структур та деяких м'якотканинних утворень. МРТ, у свою чергу, забезпечує кращу візуалізацію м'яких тканин, таких як мозок, м'язи, зв'язки та хрящі, що робить його більш ефективним для діагностики неврологічних і ортопедичних патологій.

Швидкість проведення дослідження є ще однією перевагою КТ. КТ-сканування зазвичай займає кілька хвилин, тоді як МРТ може тривати від 20 до 45 хвилин. Це робить КТ більш зручним для невідкладних випадків, таких як травми чи інсульти. Проте КТ пов'язане з ризиком впливу іонізуючого випромінювання, що може бути шкідливим при частих обстеженнях. МРТ, на відміну від КТ, не використовує радіацію, але має обмеження для пацієнтів з металевими імплантами або кардіостимулаторами.

КТ та УЗД

Ультразвукове дослідження (УЗД) використовує звукові хвилі високої частоти для створення зображень внутрішніх структур тіла, тоді як КТ використовує рентгенівські промені. Основною перевагою УЗД є його безпека, оскільки цей метод не використовує іонізуюче випромінювання. УЗД є ідеальним для обстеження вагітних жінок, дітей та інших пацієнтів, яким протипоказано радіаційне опромінення.

УЗД добре підходить для візуалізації м'яких тканин, судин, органів черевної порожнини та щитовидної залози. КТ, у свою чергу, забезпечує високу роздільну здатність для детальної оцінки кісткових структур, легенів та інших органів. УЗД дозволяє проводити динамічні дослідження рухомих об'єктів, таких як серце або плід, що робить його незамінним у певних клінічних ситуаціях. Проте КТ надає більш детальні статичні зображення з високою роздільною здатністю.

КТ та традиційна рентгенографія

Традиційна рентгенографія використовує рентгенівські промені для отримання двовимірних зображень, тоді як КТ забезпечує тривимірну візуалізацію. Рентгенографія є менш деталізованою порівняно з КТ і не надає тривимірної візуалізації. КТ забезпечує високу роздільну здатність і детальні зображення внутрішніх структур, що дозволяє більш точно діагностувати складні патології.

Рентгенографія часто використовується для первинної діагностики переломів кісток та виявлення грубих патологій. КТ використовується для детальної оцінки внутрішніх органів, складних переломів, пухлин та інших патологій, які не можуть бути точно діагностовані за допомогою рентгенографії. Проте обидва методи використовують іонізуюче випромінювання, але доза радіації при КТ значно вища порівняно з рентгенографією.

Комп'ютерна томографія є потужним діагностичним інструментом з

численними перевагами, такими як висока роздільна здатність та швидкість проведення дослідження. Проте існують інші методи візуалізації, які мають свої специфічні переваги та обмеження. Вибір оптимального методу діагностики залежить від конкретної клінічної ситуації, потреби у деталізації зображень та безпеки пацієнта. Комплексний підхід до діагностики, що включає використання різних методів візуалізації, дозволяє досягти найкращих результатів у діагностиці та лікуванні пацієнтів.

2.7 КТ в задачах класифікації

Комп'ютерна томографія (КТ) широко застосовується в медичних дослідженнях, зокрема для виконання класифікаційних завдань. Класифікаційні задачі КТ можна розділити на кілька категорій:

- Класифікація патологічних змін: Використовуючи КТ, можна визначити наявність або відсутність патологічних змін, таких як пухлини, кісти або запальні процеси.
- Розпізнавання органів: КТ-зображення можуть бути застосовані для ідентифікації різних органів тіла, таких як серце, легені, нирки, печінка.
- Діагностика захворювань: КТ допомагає виявляти та класифіковати захворювання, такі як рак легень, інфаркт міокарда, інсульт або COVID-19.

Для класифікації КТ-зображень використовуються різні методи, зокрема згорткові нейронні мережі (CNN), які є особливо ефективними для роботи з зображеннями. Ці моделі можуть бути навчені розпізнавати патології, органи або захворювання на основі зображень, отриманих під час КТ-сканування.[24]

2.8 КТ в задачах сегментації

Так само, як і для класифікаційних задач, КТ використовується і для задач сегментації, що дозволяє виділити області інтересу на знімках, такі як органи, тканини або пухлини.

Застосування КТ в задачах сегментації:

- Сегментація органів: Використовуючи КТ, можна автоматично сегментувати органи тіла, такі як серце, легені, нирки або печінка. Це дозволяє точно визначити межі цих органів і отримати окремі сегменти для подальшого аналізу.
- Виявлення та сегментація пухлин: КТ може бути використано для виявлення пухлин у внутрішніх органах або тканинах. Сегментаційні моделі можуть бути навчені розпізнавати і виділяти пухлини на зображеннях, допомагаючи визначити їх розмір, форму та місцезнаходження.
- Сегментація уражених ділянок. Наприклад, при виявленні запальних процесів, інфарктів або кровотеч. Це дозволяє лікарям точно виділити та аналізувати пошкоджені області.

У задачах сегментації КТ-зображень використовуються різні підходи, включаючи CNN та сучасні архітектури, такі як U-Net, Mask R-CNN та інші.

Висновки до розділу 2

Комп'ютерна томографія (КТ) є важливим і потужним методом медичної візуалізації, що забезпечує високу роздільну здатність та можливість тривимірної реконструкції зображень. Завдяки цьому КТ є незамінним інструментом для діагностики складних травм, пухлин та інших патологій.

Процедура проведення КТ включає ретельну підготовку пацієнта, сам процес сканування та післяпроцедурні рекомендації. Інтерпретація результатів КТ дозволяє лікарям виявляти та оцінювати патологічні зміни з високою точністю.

Хоча КТ пов'язане з ризиками, такими як радіаційне опромінення та алергічні реакції на контрастні речовини, дотримання запобіжних заходів допомагає мінімізувати ці ризики. Сучасні досягнення та інновації, такі як високошвидкісні сканери, ітеративна реконструкція та штучний інтелект, покращують якість діагностики та підвищують безпеку пацієнтів.

Порівняння з іншими методами діагностики, такими як МРТ, УЗД та традиційна рентгенографія, показує, що КТ має численні переваги, зокрема у швидкості та деталізації зображень. Вибір методу діагностики залежить від конкретної клінічної ситуації та потреби у деталізації.

У підсумку, КТ є незамінним інструментом у сучасній медичній практиці, що забезпечує точну та швидку діагностику, сприяючи покращенню результатів лікування пацієнтів.

3 ІНСТРУМЕНТИ ТА МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ

3.1 Типи нейронних мереж

Нейронні мережі — це складні обчислювальні системи, призначені для вирішення різноманітних завдань шляхом навчання на основі даних. Вони складаються з численних елементів, відомих як нейрони, кожен з яких взаємодіє з іншими через з'єднання, що мають ваги. Ці ваги регулюють силу впливу одного нейрона на інший і адаптуються під час навчання, що дозволяє мережі вдосконалуватись[1].

Нейрони використовують функції активації для обробки вхідних сигналів та генерації вихідного сигналу, який передається до наступних нейронів. Функції активації, такі як сигмоїдна, ReLU (rectified linear unit) чи тангенс гіперболічний, допомагають нейронним мережам вирішувати нелінійні задачі, що робить їх дуже гнучкими і потужними інструментами для аналізу даних, розпізнавання образів, обробки мови та багатьох інших завдань.

Залежно від архітектури та способу навчання, існує багато типів нейронних мереж. Приклади деяких типів нейронних мереж:

- Згорткові нейронні мережі – це тип нейронних мереж, що ефективно працюють з зображеннями та іншими двовимірними даними. Вони використовують операцію згортки для виявлення особливостей на різних рівнях абстракції.
- Рекурентні нейронні мережі (RNN) представляють собою тип нейронних мереж, спеціально призначених для обробки послідовних даних, таких як текст або звук. Однією з ключових особливостей RNN є наявність "пам'яті", що дозволяє цим мережам зберігати інформацію про попередні входи.

3.2 CNN

Згорткова нейронна мережа (CNN) виявляється особливо ефективною у класифікації зображень, що демонструється на рисунку 3.1. Однією з її ключових переваг є здатність ефективно обробляти великі зображення з багатьма кольоровими каналами, роблячи навчання моделей швидшим і менш вимогливим до обчислювальних ресурсів.

Основна ідея CNN полягає в перетворенні зображення на форму, більш зручну для аналізу, зберігаючи при цьому ключові характеристики та ознаки. Досягається це за допомогою застосування фільтрів у згортковому шарі, які ітеративно проходять по підмножинах пікселів зображення. Згортковий шар (Convolution Layer) дозволяє виокремити важливі ознаки із зображення та відкинути непотрібну інформацію, спрощуючи подальшу обробку та поліпшуючи загальну ефективність класифікації[1].

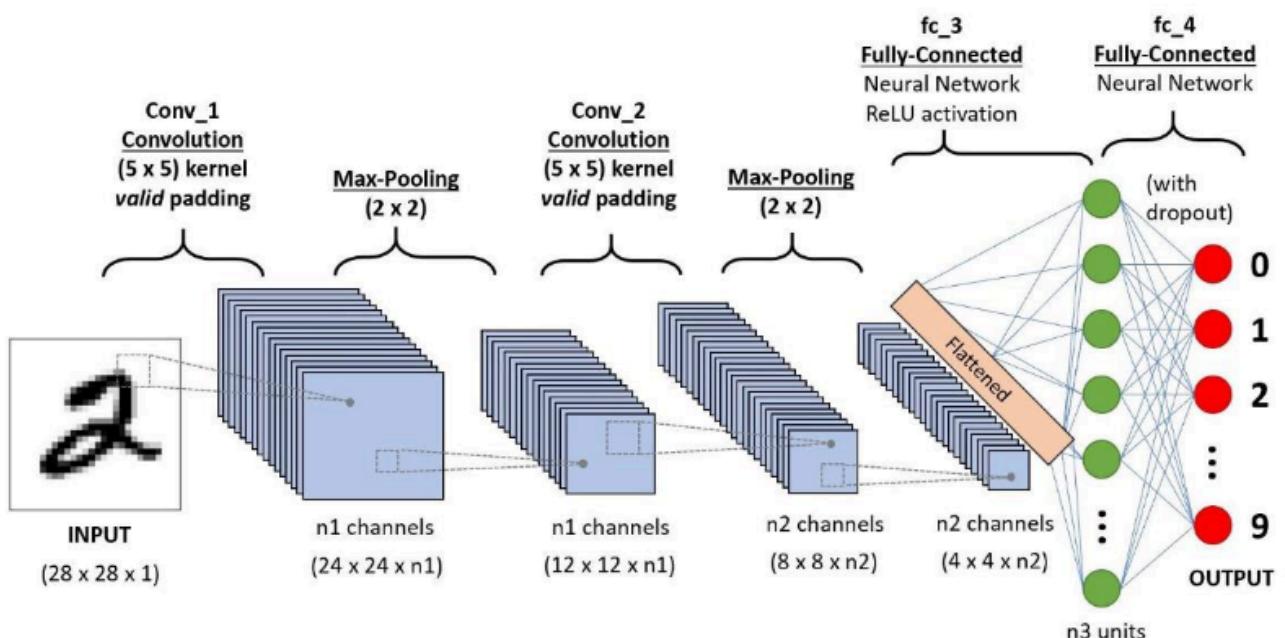


Рисунок 3.1 - Приклад архітектури згорткової нейронної мережі

Після згорткового шару в архітектурі згорткової нейронної мережі застосовується шар пулінгу, який має на меті зменшити просторові розміри

оброблюваних даних. Це зниження розмірності сприяє зменшенню обчислювальних витрат і поліпшує ефективність обробки даних. У шарі пулінгу використовуються різні фільтри, зокрема максимальне об'єднання, яке зберігає максимальне значення серед підмножини пікселів, та середнє об'єднання, що визначає середнє значення підмножини[1].

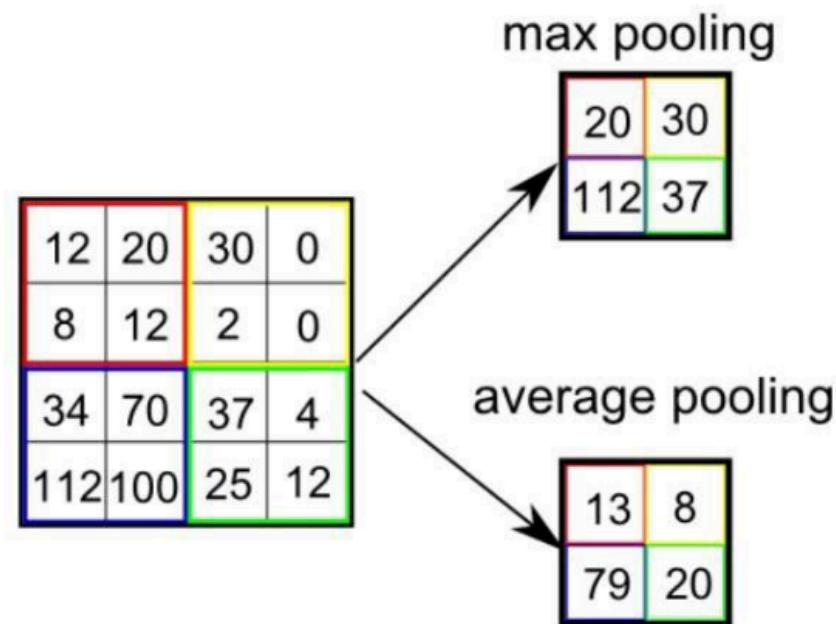


Рисунок 3.2 - Пулінговий шар згорткової нейронної мережі

Застосування згорткових нейронних мереж у медицині значно сприяє автоматизації процесів діагностики, дозволяючи точно та швидко виявляти аномалії та класифікувати медичні зображення. Ці мережі використовуються для виявлення ракових пухлин на мамографічних зображеннях, визначення патологічних змін на рентгенівських знімках легень, діагностики захворювань очей на фотографіях сітківки, аналізу МРТ зображень мозку та виконання багатьох інших медичних завдань.

3.3 RNN

Рекурентна нейронна мережа (RNN) є спеціалізованим типом штучної нейронної мережі, призначеним для обробки послідовних даних, таких як текст, часові ряди, аудіофайли та інші. Відмінною особливістю RNN є наявність зв'язків, які передають інформацію від одного часового кроку до іншого, що дозволяє мережі враховувати контекст та взаємозалежності між послідовними елементами.

Основна концепція RNN полягає в тому, що мережа має внутрішні стани, або "пам'ять", яка зберігає інформацію про попередні крохи обробки. Така структура робить кожен вихідний сигнал залежним не тільки від поточного входного сигналу, але й від попередньої історії входних даних. Це забезпечує можливість моделювання довготривалих залежностей в послідовностях[1].

Завдяки цій унікальній здатності до роботи з послідовними даними, RNN знаходять широке застосування у таких областях, як машинний переклад, розпізнавання мови, аналіз тексту, генерація тексту, прогнозування часових рядів та інші сфери, де необхідно враховувати контекстуальну інформацію(рисунок 3.3).

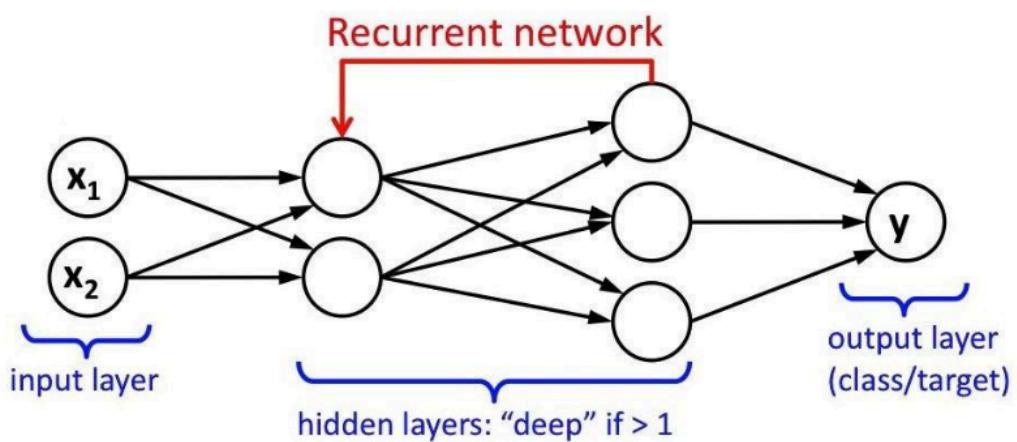


Рисунок 3.3 - Приклад архітектури рекурентної нейронної мережі.

Архітектура рекурентної нейронної мережі (RNN) має три основні компоненти: входний шар, прихованій шар і вихідний шар. Вхідний шар отримує вектори ознак, кожен з яких відповідає елементу послідовності, і передає їх до

прихованого шару. Прихований шар складається з рекурентних нейронів, які здатні зберігати інформацію про попередні вхідні дані завдяки зворотнім зв'язкам у мережі. Вихідний шар генерує вихідні вектори, які використовуються для вирішення різних завдань, залежно від поставлених цілей.

3.4 Навчання нейронної мережі

Процес навчання нейронної мережі є ітеративним і включає в себе низку кроків, на яких мережа "вчиться" виконувати визначене завдання за допомогою тренувальних даних. Особливо це стосується згорткових нейронних мереж (CNN), де перед початком навчання необхідно провести ретельну підготовку даних та налаштування параметрів мережі[2].

Перед безпосередньо самим навчанням нейронної мережі треба пройти деякі етапи підготовки даних та налаштування самої CNN.

Перший крок полягає у підготовці вхідних даних. Для задачі класифікації зображень це зазвичай зображення разом з мітками класів, до яких вони належать. Дані розділяються на кілька наборів: тренувальний, валідаційний та тестовий. Тренувальний набір використовується для безпосереднього навчання мережі, що допомагає визначити ваги та налаштовувати параметри моделі для оптимальної продуктивності.

Валідаційний набір застосовується для перевірки продуктивності моделі під час навчання. Використання валідаційних даних дозволяє ідентифікувати проблеми з перенавчанням або з недостатньою узагальнюючою здатністю моделі, а також допомагає у вдосконаленні її ефективності[2].

Наступний етап — визначення архітектури нейронної мережі, включно з кількістю шарів, їх послідовністю та параметрами. На цьому етапі також налаштовуються гіперпараметри, такі як розмір фільтрів, крок згортки та функції активації для різних шарів.

Основні етапи навчання CNN:

1. Далі йде ініціалізація ваг. Ваги мережі ініціалізуються початковими значеннями, які можуть бути випадковими або попередньо обчисленими.
2. Процес прямого поширення в згортковій нейронній мережі (CNN) полягає у передачі вхідних даних від входу до вихіду мережі. Під час цього процесу дані послідовно проходять через різні шари мережі, де відбувається їх перетворення згідно з параметрами, навченими під час тренування. В результаті цього процесу отримуємо вихідні значення, на основі яких розраховується функція втрати, що вказує на рівень помилки між передбаченнями мережі та фактичними мітками даних.
3. Зворотне поширення (Backpropagation). Цей процес полягає в обчисленні градієнтів функції втрати по вагах мережі і оновленні їх з використанням алгоритму оптимізації, такого як стохастичний градієнтний спуск
4. Оновлення ваг. Ваги мережі оновлюються на основі обчислених градієнтів і використовується метод оптимізації для зменшення значення функції втрати.
5. Повторення. Процес прямого і зворотного поширення повторюється для кожного зразка тренувальних даних, ітеративно оновлюючи ваги мережі.

3.5 Аугментація зображень

Одним із способів вирішення проблеми нестачі тренувальних зображень для навчання нейронної мережі є аугментація зображень. Цей метод полягає у збільшенні кількості тренувальних даних шляхом створення нових варіантів із існуючих зображень. [3]

Аугментація здійснюється за допомогою різноманітних невеликих змін оригінальних зображень, таких як регулювання яскравості, обрізка частин зображення, або додавання ефекту дзеркального відбиття, що дозволяє створити нові унікальні екземпляри для тренування.

3.6 Метрики

Метрики відіграють важливу роль у процесі навчання нейронних мереж, дозволяючи оцінювати їхню продуктивність та адекватність у вирішенні поставлених завдань. Аналіз цих метрик є критичним для забезпечення якості моделі та встановлення оптимальних налаштувань[3].

Accuracy

Accuracy застосовується у класифікаційних завданнях для визначення частки правильних відповідей, які надала модель. Accuracy розраховується як відношення кількості коректних прогнозів до загальної кількості зроблених прогнозів[3].

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

Precision

Precision визначається як частка правильно ідентифікованих позитивних зразків з усіх зразків, які модель визначила як позитивні, незалежно від того, чи була ця класифікація правильною. Ця метрика показує, наскільки надійно модель визначає елементи як позитивні, і є індикатором точності її класифікаційних суджень[3].

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP}$$

Recall

Ще одним показником для вимірювання точності нейронних мереж є recall. Ця метрика визначається як частка вірно-позитивних результатів з усіх позитивних зразків. Recall оцінює ефективність моделі у виявленні позитивних випадків. Вищий рівень recall свідчить про те, що модель здатна ідентифікувати більшу кількість позитивних зразків[3].

F1-score

$$F1\ score = 2 * \frac{precision * recall}{precision + recall}$$

3.7 Функції активації

Функції активації відіграють вирішальну роль у нейронних мережах, оскільки вони визначають, як зважена сума входів перетворюється на виходи для вузлів у шарі мережі. Ці функції іноді називають «передавальними функціями». 32 Як правило, функції активації є нелінійними, що відображає нелінійність в межах шару або загальної структури мережі. Вибір функції активації суттєво впливає на можливості та продуктивність нейронної мережі, і різні функції активації можуть бути використані в різних частинах моделі.Хоча функція активації технічно використовується в межах або після внутрішньої обробки кожного вузла, мережі, як правило, розробляються таким чином, щоб використовувати одну і ту ж функцію активації для всіх вузлів в межах певного шару.

3.8 ReLU

Функція активації ReLU (Rectified Linear Unit - випрямлена лінійна одиниця) широко використовується для прихованних шарів у нейронних мережах. Її популярність зумовлена простотою та ефективністю у подоланні обмежень інших поширеніх функцій активації, таких як сигмоїд і тангенс. Однією з ключових переваг ReLU є його здатність пом'якшувати проблему зникаючого градієнта, яка часто перешкоджає навченню глибоких моделей. Однак варто зазначити, що ReLU може зіткнутися з такими проблемами, як насичені або "мертві" одиниці. Графік даної функції представлений на рис. 3.4. Розраховується як:

$$\max(0.0, x)$$

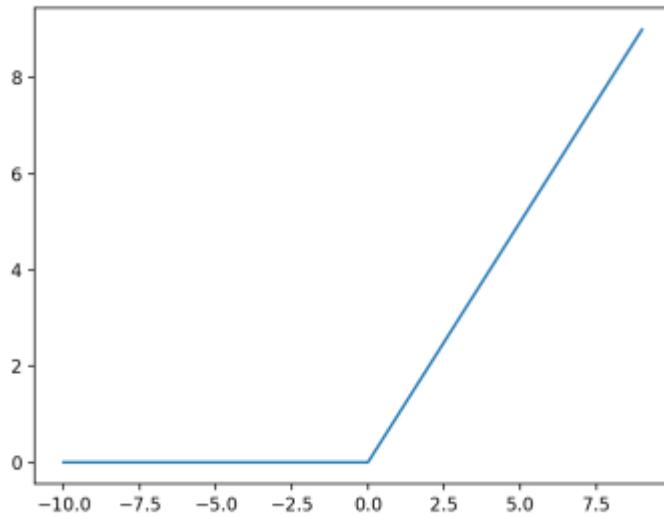


Рисунок 3.4 – Графік функції ReLU

3.9 Sigmoid

Функція активації sigmoid - це математична функція, що характеризується характерною "S"-подібною кривою. Вона знаходить застосування в логістичній регресії та базових реалізаціях нейронних мереж. Також ця функція є підходящим вибором для завдань класифікації. Зазвичай її застосовують до кожного елемента вихідних даних окремо. Вихідні дані сигмоїдної функції здебільшого потрапляють в діапазон значень від 0 до 1 або від -1 до 1.

Формула для розрахунку та графік (рис. 3.5):

$$\text{sigmoid}(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

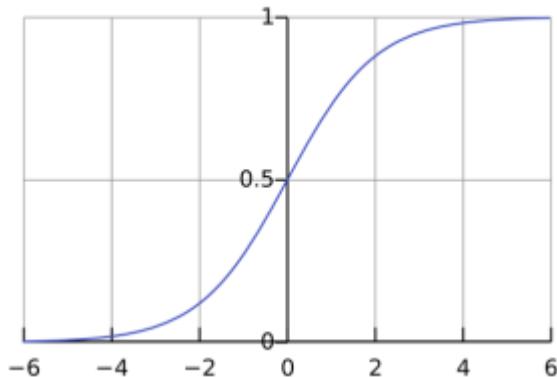


Рисунок 3.5 – Графік сигмоїдальної функції

3.10 SoftMax

Функція активації Softmax, також відома як SoftArgMax або нормалізована експоненціальна функція, є функцією активації, яка працює з векторами дійсних чисел [31]. Її метою є нормалізація цих вихідних векторів до розподілу ймовірностей шляхом пропорційного присвоєння ваг на основі експоненціальних значень вихідних значень. До застосування функції Softmax вихідні дані можуть

містити від'ємні значення або числа, що перевищують 1, і їх сума може не дорівнювати 1. Однак після застосування функції Softmax кожен елемент вектора буде знаходитися в діапазоні від 0 до 1, а сума всіх елементів буде дорівнювати 1 (рис. 2.7). Отже, перетворений вектор можна інтерпретувати як розподіл ймовірностей. Така функція більше всього підходить для задач багатокласової класифікації. Розрахувати дану функцію можна за формулою:

$$\text{softmax}(z_j) = \frac{e^{z_j}}{\sum_{k=1}^K e^{z_k}}; \text{ for } j = 1, \dots, K$$

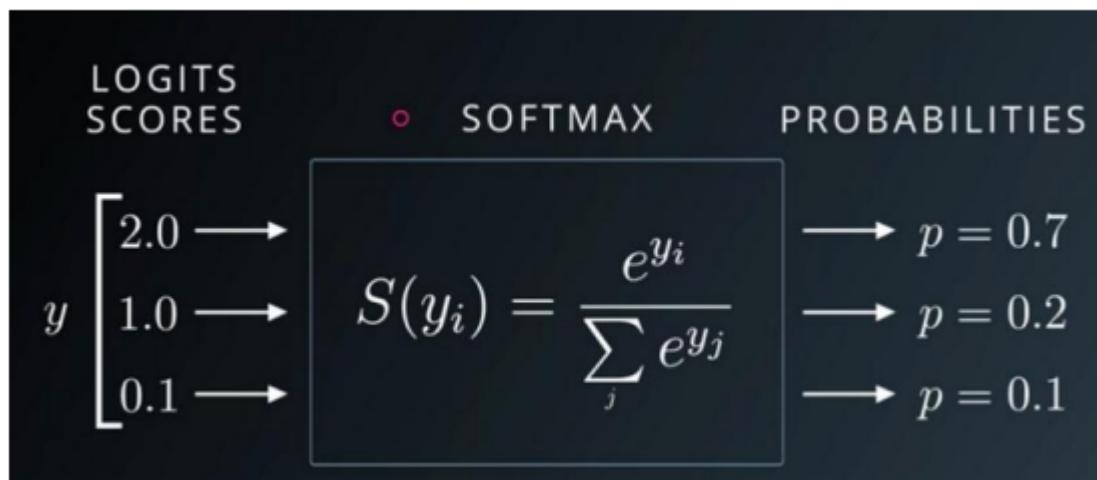


Рисунок 3.6 – Принцип функції softmax

Висновки до розділу 3

Розділ "Інструменти та методи реалізації" охоплює використання нейронних мереж для класифікації знімків КТ колінного суглобу, зокрема CNN та RNN. Включені аспекти, такі як навчання моделі, аугментація зображень, використання метрик ефективності (Accuracy, Precision, Recall, F1-score) та функцій активації (ReLU), забезпечують високу точність та надійність діагностики.

4 ОПИС ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

4.1 Використані інструменти

Для виконання поставленої задачі, було прийнято рішення розробити згорткову нейронну мережу для бінарної класифікації.

Першочерговим завданням було вибрати мову програмування, і вибір припав на Python за рядом вагомих причин. По-перше, Python має багатий арсенал бібліотек і фреймворків, які значно спрощують розробку нейронних мереж, включаючи такі популярні інструменти як TensorFlow, PyTorch та Keras. По-друге, Python вирізняється своєю простотою і зрозумілим синтаксисом, що дозволяє зменшити кількість коду та спростити його розуміння. Крім того, у Python є широкий спектр бібліотек для виконання математичних обчислень та візуалізації даних, таких як NumPy та SciPy. Останнім, але не менш важливим чинником, став значний досвід використання саме цієї мови, що давав переваги у порівнянні з іншими мовами програмування.

TensorFlow і PyTorch є двома найпопулярнішими фреймворками для глибокого навчання. Порівнюючи їх переваги та недоліки, прийнято рішення використовувати TensorFlow. Факторами прийняття такого рішення стали:

- Широке використання та підтримка;
- Наяvnість великої кількості документації та прикладів;
- Масштабованість та розподілені обчислення;
- Можливість використання GPU і TPU +

NumPy, ще одна ключова бібліотека, використовувалась у процесі роботи над поставленою задачею. Вона ефективно обробляє багатовимірні масиви та підтримує виконання високорівневих математичних операцій, що робить її ідеальною для роботи з зображеннями. Основна перевага NumPy полягає у

використанні оптимізованого С-коду в її ядрі, що значно прискорює виконання обчислень.

Оцінка точності моделі здійснювалася за допомогою бібліотеки Sklearn, яка має широкий спектр вбудованих функцій для аналізу якості моделі, таких як точність (accuracy), прецизійність (precision), повнота (recall) та F1-скор, що були детально описані у розділі 2.

Для виконання цієї задачі було вирішено написати fullstack застосунок з використання backend фреймворку django, та frontend фреймворку VueJs.

Linux

Linux є однією з найпопулярніших операційних систем з відкритим вихідним кодом, яка використовується на широкому спектрі пристрой, від персональних комп'ютерів до серверів та мобільних пристрой. Розроблена Лінусом Торвальдсом у 1991 році, Linux з тих пір значно еволюціонувала, ставши основою багатьох технологічних рішень у різних галузях. Цей реферат описує основні можливості Linux, його переваги та особливості використання в розробці програмного забезпечення та інших сферах.

Linux є операційною системою з відкритим вихідним кодом, що дозволяє користувачам і розробникам вільно використовувати, змінювати і розповсюджувати код. Це сприяє прозорості та співпраці в спільноті розробників, а також дозволяє адаптувати систему під конкретні потреби. Linux підтримує одночасне виконання декількох завдань і дозволяє багатьом користувачам працювати на одному комп'ютері одночасно, що робить його ідеальним для серверів та робочих станцій. Високий рівень безпеки є однією з головних переваг Linux. Вбудовані механізми контролю доступу, регулярні оновлення безпеки та активна спільнота, яка працює над виявленням та виправленням вразливостей, забезпечують захист даних користувачів.

Linux відомий своєю стабільністю та надійністю, що робить його популярним вибором для серверів та критично важливих систем. Він рідко потребує перезавантаження і може працювати без збоїв протягом тривалого часу, забезпечуючи безперебійну роботу. Linux ефективно використовує системні ресурси, що дозволяє йому працювати на старому або менш потужному обладнанні, а також робить його відмінним вибором для вбудованих систем і пристрій з обмеженими ресурсами. Linux надає користувачам великий ступінь гнучкості та можливостей для налаштування. Користувачі можуть налаштовувати операційну систему відповідно до своїх потреб, змінюючи ядро, середовище робочого столу та інші компоненти, що дозволяє створювати індивідуальні рішення. Linux має велику та активну спільноту користувачів і розробників, яка надає підтримку через форуми, документацію та навчальні матеріали. Це сприяє швидкому вирішенню проблем та обміну знаннями, а також забезпечує постійний розвиток і вдосконалення системи.

Linux є ідеальною платформою для розробки програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом. Інструменти, такі як Git, і платформи, такі як GitHub та GitLab, широко використовуються розробниками Linux для спільної роботи та керування проектами. Багато популярних інтегрованих середовищ розробки (IDE), таких як PyCharm, Visual Studio Code та Eclipse, доступні для Linux і надають розширені можливості для розробки програмного забезпечення. Ці середовища підтримують різні мови програмування і фреймворки, що робить їх універсальними інструментами для розробників. Linux підтримує потужні можливості для автоматизації завдань за допомогою скриптів оболонки (Shell scripts) та інструментів, таких як Cron та Systemd. Це полегшує управління системою, автоматизацію рутинних завдань та розробку програмного забезпечення, дозволяючи розробникам зосерeditися на більш важливих аспектах проектів.

PyCharm

PyCharm є одним із найпопулярніших інтегрованих середовищ розробки (IDE) для програмування на мові Python. Розроблене компанією JetBrains, PyCharm надає розробникам потужні інструменти для написання, тестування та відлагодження коду. Цей реферат описує основні можливості PyCharm, його переваги та особливості використання.

Основні можливості PyCharm:

1. Редактування коду PyCharm забезпечує розширені можливості редактування коду, включаючи підсвічування синтаксису, автоматичне завершення коду та перевірку помилок у режимі реального часу. Це допомагає розробникам швидко писати код та мінімізувати кількість помилок.

2. Відладка Інструменти відладки в PyCharm дозволяють виконувати покрокове виконання коду, ставити точки зупину (breakpoints) та переглядати значення змінних під час виконання програми. Це сприяє швидкому виявленню та виправленню помилок.

3. Інтеграція з системами контролю версій PyCharm підтримує інтеграцію з популярними системами контролю версій, такими як Git, SVN та Mercurial. Це дозволяє розробникам легко керувати версіями коду, об'єднувати зміни та відстежувати історію змін.

4. Підтримка тестування IDE має вбудовані інструменти для написання та запуску тестів, включаючи підтримку для фреймворків PyTest та Unittest. Це полегшує створення автоматизованих тестів та забезпечує надійність і стабільність коду.

5. Інтеграція з веб-фреймворками PyCharm забезпечує підтримку популярних веб-фреймворків, таких як Django, Flask та Pyramid. Це включає створення проектів, генерацію коду, управління міграціями баз даних та багато іншого.

6. Інструменти для аналізу коду PyCharm пропонує інструменти для

статичного аналізу коду, які допомагають виявляти потенційні проблеми, оптимізувати код і дотримуватися кращих практик програмування.

Python

Python є однією з найпопулярніших і найбільш універсальних мов програмування, відомою своєю простотою, зрозумілістю та широким спектром застосувань. Розроблена Гвідо ван Россумом і вперше випущена у 1991 році, Python швидко завоювала визнання серед розробників завдяки своїм численним перевагам. Цей реферат описує основні можливості Python, його переваги та особливості використання у різних галузях програмування.

Python відзначається простим і зрозумілим синтаксисом, що робить його легкою для вивчення та використання навіть для новачків у програмуванні. Синтаксис мови сприяє читабельності коду, що полегшує його підтримку та розвиток. Python підтримує різні парадигми програмування, включаючи об'єктно-орієнтоване, процедурне та функціональне програмування, що дозволяє розробникам вибирати стиль, який найкраще підходить для їхніх завдань. Велика стандартна бібліотека Python забезпечує розширений набір інструментів для вирішення широкого спектру завдань, від роботи з файлами та мережевими протоколами до обробки тексту і регулярних виразів. Крім того, Python має багату екосистему сторонніх бібліотек та фреймворків, таких як NumPy, Pandas, Django, Flask та багато інших, що розширює його можливості та дозволяє швидко створювати потужні та ефективні застосунки.

Python є кросплатформенною мовою, що означає, що програми, написані на Python, можуть виконуватися на різних операційних системах, таких як Windows, macOS та Linux, без змін у коді. Це робить Python універсальним інструментом для розробки програмного забезпечення, який може використовуватися на різних платформах. Python має активну спільноту розробників, яка постійно розширює його можливості та підтримує новачків через форуми, блоги, документацію та навчальні матеріали. Це сприяє швидкому

вирішенню проблем та обміну знаннями. Python підтримує інтеграцію з іншими мовами програмування, такими як C, C++ та Java, що дозволяє використовувати його у великих і складних проектах, де потрібно поєднувати кілька мов. Висока продуктивність розробки на Python досягається завдяки його простому синтаксису, великій стандартній бібліотеці та багатій екосистемі сторонніх бібліотек. Це дозволяє швидко створювати прототипи та розробляти повноцінні програми, знижуючи витрати часу і зусиль.

Python широко використовується у веб-розробці завдяки потужним фреймворкам, таким як Django і Flask, які дозволяють швидко створювати веб-додатки з високою продуктивністю та безпекою. Завдяки бібліотекам, таким як NumPy, Pandas, Matplotlib та Scikit-learn, Python став основним інструментом для аналізу даних, машинного навчання та наукових досліджень. Python також використовується для автоматизації завдань завдяки своїм потужним можливостям роботи з файлами, мережевими протоколами та інтерфейсами командного рядка, що дозволяє створювати скрипти для автоматизації різних процесів. Python є популярним вибором для розробки програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом завдяки своїй доступності та простоті, що сприяє співпраці розробників з усього світу.

Django

Django є одним з найпопулярніших веб-фреймворків для розробки веб-додатків на мові програмування Python. Розроблений у 2005 році, Django надає розробникам потужний інструментарій для швидкого створення високоякісних веб-застосунків з мінімальними зусиллями. Цей реферат описує основні можливості Django, його переваги та особливості використання у веб-розробці.

Django відомий своїм підходом "batteries-included", що означає наявність великої кількості вбудованих функцій та інструментів, необхідних для розробки веб-застосунків. Це включає систему аутентифікації, адміністрування, обробку

форм, генерацію URL та багато іншого. Фреймворк використовує архітектуру Model-View-Template (MVT), яка розділяє логіку бізнесу, інтерфейс користувача та управління даними. Це сприяє організації коду і полегшує його підтримку. Django надає потужний ORM (Object-Relational Mapping) для взаємодії з базами даних. Це дозволяє розробникам працювати з базами даних, використовуючи об'єктно-орієнтовані концепції, що значно спрощує процес розробки. Вбудована система адміністрування Django дозволяє автоматично створювати панель адміністратора для управління контентом і користувачами. Це значно прискорює процес розробки та забезпечує зручний інтерфейс для адміністраторів. Django також підтримує розширені можливості для обробки форм, включаючи валідацію даних і генерацію HTML-форм, що спрощує взаємодію з користувачем.

Однією з головних переваг Django є швидкість розробки. Завдяки вбудованим інструментам і функціям, розробники можуть швидко створювати повнофункціональні веб-застосунки з мінімальними зусиллями. Django має велику та активну спільноту, яка надає підтримку через форуми, блоги, документацію та навчальні матеріали. Це сприяє швидкому вирішенню проблем та обміну знаннями. Фреймворк розроблений з урахуванням високих стандартів безпеки і включає в себе засоби захисту від загальних веб-уразливостей, таких як SQL-ін'екції, CSRF-атаки та XSS-атаки. Django забезпечує масштабованість, що дозволяє йому обробляти великі обсяги трафіку та даних. Це робить його підходящим вибором для великих проектів і веб-застосунків з високим навантаженням. Django підтримує багато баз даних, включаючи PostgreSQL, MySQL, SQLite та Oracle, що забезпечує гнучкість у виборі технологічного стеку для проекту.

Tensorflow

TensorFlow є одним з найпопулярніших відкритих фреймворків для машинного навчання, розробленим компанією Google. Запущений у 2015 році, TensorFlow надає розробникам потужний інструментарій для створення, навчання та розгортання моделей машинного навчання та глибокого навчання.

TensorFlow підтримує створення та тренування нейронних мереж різної складності, від простих до багатошарових глибоких нейронних мереж. Він забезпечує гнучкість і масштабованість завдяки використанню графів обчислень, що дозволяє ефективно використовувати ресурси апаратного забезпечення. TensorFlow включає широкий набір інструментів для роботи з даними, включаючи засоби для попередньої обробки даних, аугментації та генерації навчальних наборів. Це дозволяє підготувати дані для навчання моделей машинного навчання з мінімальними зусиллями. TensorFlow також підтримує розподілене навчання, що дозволяє тренувати моделі на декількох графічних процесорах (GPU) або навіть кластерах, що значно прискорює процес навчання. Можливості TensorFlow для розгортання моделей включають TensorFlow Serving для серверного розгортання, TensorFlow Lite для мобільних пристрій і вбудованих систем, а також TensorFlow.js для розгортання моделей у веб-браузерах. Це забезпечує гнучкість у виборі платформи для розгортання моделей машинного навчання. TensorFlow надає потужний інструмент для візуалізації тренувань моделей – TensorBoard. TensorBoard дозволяє відслідковувати метрики тренування, візуалізувати графи обчислень і аналізувати роботу моделей, що полегшує відлагодження та оптимізацію процесу навчання.

TensorFlow є одним з найпопулярніших фреймворків для машинного навчання, що забезпечує його широку підтримку і велику кількість ресурсів для навчання та вирішення проблем. Активна спільнота користувачів та розробників сприяє постійному розвитку фреймворку. TensorFlow підтримує розробку на різних мовах програмування, включаючи Python, C++, JavaScript та Java, що

забезпечує гнучкість у виборі мови для реалізації проектів. TensorFlow розроблений з урахуванням високої продуктивності, що дозволяє ефективно використовувати ресурси апаратного забезпечення, включаючи GPU та TPU, для прискорення процесів навчання та інференсу моделей. TensorFlow має розширену екосистему, що включає різні інструменти та бібліотеки, такі як TensorFlow Hub для повторного використання попередньо навчених моделей, TensorFlow Extended (TFX) для розробки кінцевих рішень машинного навчання та багато інших. TensorFlow забезпечує легкість інтеграції з іншими сервісами та інструментами Google, такими як Google Cloud, що дозволяє створювати масштабовані рішення з використанням хмарних технологій.

4.2 Вхідні дані

Вхідними даними для цієї роботи є 1638 КТ-сканів колінних суглобів від 21 пацієнта. На рис. 4.1 – рис. 4.2 зображені приклади декількох КТ зображень здорових та хворих колінних суглобів.

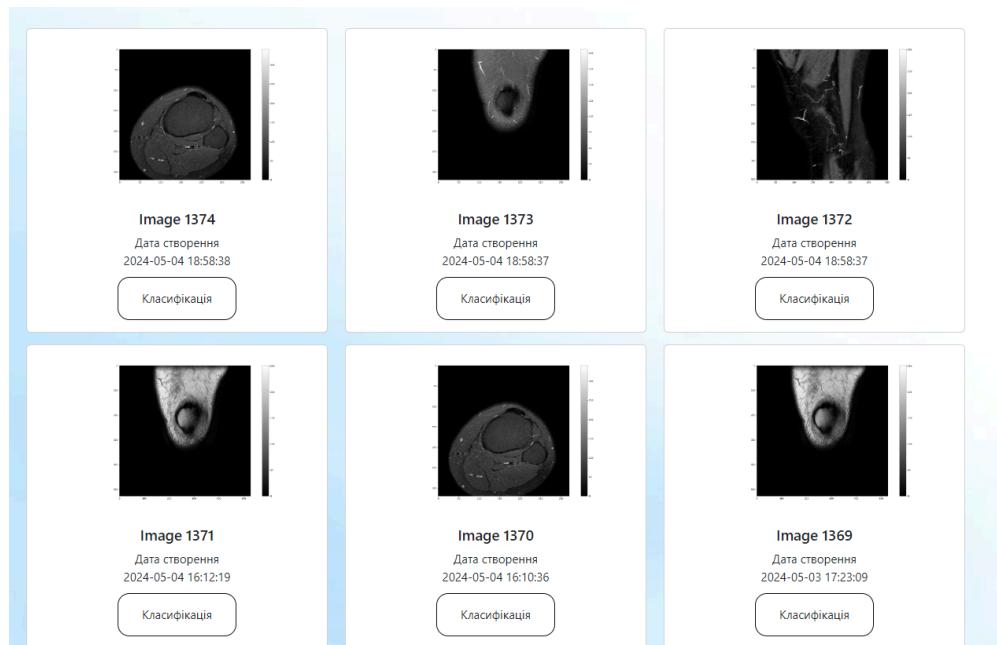


Рисунок 4.1 – Приклад КТ зображень хворих колінних суглобів

Знімки хворих колінних суглобів військовослужбовців: ілюстрація різноманітних патологічних станів. Ця колекція демонструє типові випадки уражень колін, зібрани з даних магнітно-резонансної томографії, які служать основою для розробки та вдосконалення алгоритмів автоматичного розпізнавання та класифікації медичних зображень(рисунок 4.1).

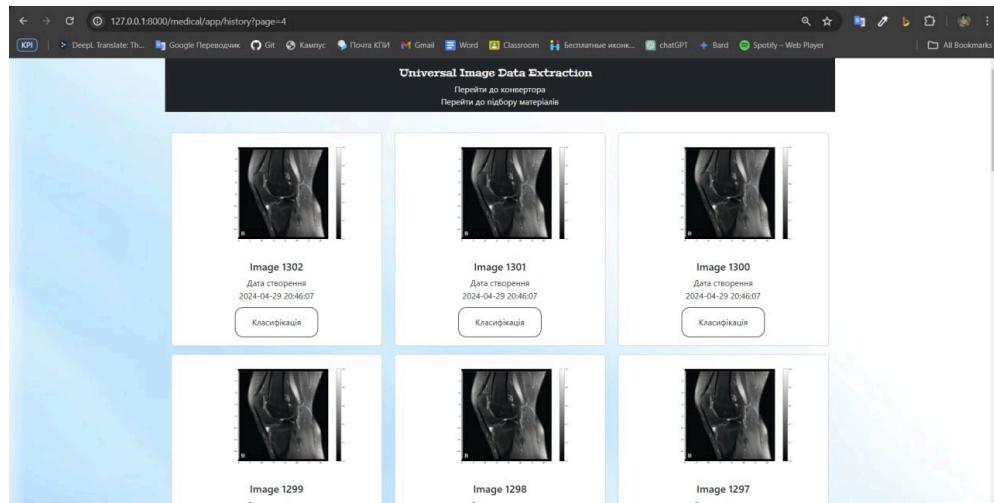


Рисунок 4.2 – Приклад КТ зображень здорових суглобів

Знімки колінних суглобів військовослужбовців: аналіз різних клінічних випадків для класифікації знімків за методом машинного навчання. Ця серія зображень демонструє візуальні характеристики, які допомагають виявляти та класифікувати стан колінних суглобів у відповідності з медичними параметрами, забезпечуючи необхідну точність та ефективність для медичних досліджень та практичного застосування(рисунок 3.2).

4.3 Архітектура нейронної мережі

Для вирішення завдання бінарної класифікації обрано згорткову нейронну мережу. Вхідні зображення мають розмірність 256x256x3[4]. Архітектура створеної згорткової нейронної мережі складається з наступних компонентів:

- Згортковий шар (Convolution) з 32 фільтрами, ядром розміром 3x3 та функцією активації ReLU. Цей шар приймає вхідну форму даних вказаного розміру.
- Згортковий шар (Convolution) з 64 фільтрами, ядром розміром 3x3 та функцією активації ReLU. Цей шар виконує подальше згортання отриманими вихідними даними від попереднього шару.
- Агрегувальний шар (MaxPooling) з розміром ядра 2x2 та кроком 2x2. Цей шар зменшує розмір вихідних даних, використовуючи максимальне значення у кожному пікселі області.
- Згортковий шар (Convolution) з 128 фільтрами, ядром розміром 3x3 та функцією активації ReLU. Цей шар виконує додаткове згортання для отриманих даних після агрегувального шару.

Таблиця 4.1 Опис параметрів моделі

Layer	Shape	Param
Convolution	(254, 254, 32)	896
Convolution	(252, 252, 64)	18496
MaxPooling	(126, 126, 64)	0
Convolution	(124, 124, 128)	73856
MaxPooling	(62, 62, 128)	0
Flatten	492032	0
Dense	150	73804950
Dropout	150	0
Dense	1	151

4.4 Тренування нейронної мережі

У зв'язку з обмеженою кількістю вхідних зображень у навчальному наборі, виникла необхідність в застосуванні аугментації зображень для покращення ефективності тренування нейронної мережі. Зокрема, було прийняте рішення використовувати відзеркалення зображень.

Застосування цього методу аугментації дозволяє створити додаткові зображення, які є дзеркальним відображенням вхідних зображень. Це призводить до збільшення обсягу навчального набору вхідних зображень вдвічі. Така розширенна вибірка зображень може позитивно вплинути на якість навчання нейронної мережі, допомагаючи їй краще узагальнювати та розпізнавати нові зображення з більшою точністю. Аугментація виконувалась під час створення «генераторів» вибірок, які читували зображення з персонального комп’ютера та перетворювали їх у необхідний для розуміння нейронною мережею вигляд. Фрагмент коду, який відповідає за формування вибірок:

```
# Шляхи до даних

train_dir = 'train_dir'
validation_dir = 'validation_dir'

train_generator = train_datagen.flow_from_directory(
    train_dir,
    target_size=(150, 150),
    batch_size=20,
    class_mode='categorical'
)

validation_generator = validation_datagen.flow_from_directory(
    validation_dir,
    target_size=(150, 150),
    batch_size=20,
    class_mode='categorical'
)
```

Після завершення попередньої підготовки даних та компіляції розробленої нейронної мережі, наступає етап фази тренування. З метою визначення 44 оптимальної кількості епох, необхідних для успішного навчання нейромережі,

проведено тестове тренування протягом 10 епох. Під час цього тренування зафіковані accuracy та loss для кожної вибірки, які подальше використовуються для оцінки та аналізу продуктивності моделі. Для глибшого розуміння динаміки тренування та ефективності нейронної мережі було побудовано графіки, що ілюструють ці результати тренування.

4.5 Принцип роботи системи

Дана класифікація побудована на 3 характеристиках:

- Вид томографії колінного суглоба (вигляд зверху чи вигляд збоку)
- Стан коліна (хворий чи здоровий)
- Хвороба

Відповідно було побудовано нейронні моделі для кожної з цих характеристик.

Оскільки зображення томографічного знімка приходить на сервер у вигляді base64 тексту, то його потрібно спочатку перетворити у зображення яке потім можна буде перетворити в масив чисел, функція яка це робить, зображено на рисунку 4.3

```
def base64_to_image(image_string):
    print(type(image_string))

    if ';base64,' in image_string:
        header, base64_string = image_string.split(';base64,')

        decoded_file = base64.b64decode(base64_string)
        # Convert binary data to an image
        image = Image.open(BytesIO(decoded_file))

        # Resize image if required
        image = image.resize([150,150])

    return image
```

Рисунок 4.3 - Функція конвертації base64 в зображення

Нейронні мережі, зокрема згорткові нейронні мережі (CNN), які використовуються для обробки зображень, працюють з числовими даними. Для того, щоб подати зображення в нейронну мережу, його потрібно перетворити у формат, який мережа може обробляти.

Функція `img_to_array(image)` перетворює зображення у числовий масив (`numpy array`), де кожен піксель зображення представлений числом (зазвичай від 0 до 255). Це дозволяє працювати з піксельними значеннями безпосередньо. Функція зображена на рисунку 4.4

```
def convert_image_to_array(image_data):
    if isinstance(image_data, ContentFile):
        image_data = image_data.read() # Read bytes from ContentFile
        with BytesIO(image_data) as buffer:
            img = Image.open(buffer) # Open image using Pillow
            img = img.convert('RGB') # Ensure RGB channels (if applicable)
            # Preprocess the image as needed (resize, normalization, etc.)
            img_array = np.asarray(img)
    return img_array
```

Рисунок 4.4 - Функція конвертації зображення в масив чисел

Нормалізація зображення є важливим етапом попередньої обробки, що полягає у перетворенні піксельних значень з діапазону [0, 255] у діапазон [0, 1]. Це допомагає покращити продуктивність нейронної мережі та сприяє швидшому і стабільнішому навчанню.

Для передачі зображення в модель його потрібно перетворити на формат, який нейронна мережа очікує на вхід. Більшість моделей очікують на вхід пакет зображень (batch), навіть якщо він складається лише з одного зображення. Тому ми додаємо додатковий вимір до масиву, щоб сформувати пакет з одним зображенням.

Після підготовки даних модель може виконати прогнозування класу зображення. Прогнозовані значення (ймовірності належності зображення до кожного класу) повертаються у вигляді масиву. Найвища ймовірність вказує на передбачений клас.

Перетворення зображення у числовий масив є необхідним етапом підготовки даних для подальшої обробки нейронною мережею. Це забезпечує сумісність зображення з моделлю, дозволяє нормалізувати дані та формувати пакет зображень для прогнозування. Такий підхід забезпечує ефективну роботу нейронної мережі при класифікації зображень комп'ютерної томографії колінного суглоба. Функція для класифікації зображення за типом колінного суглобу зображено на рисунку 4.5

```
def get_image_type(base64):
    model = load_model(os.path.join(settings.BASE_DIR, 'knee_joint_type_classifier_model.h5'))

    image = base64_to_image(base64)

    # Convert image to array
    img_array = img_to_array(image)

    # Нормалізуйте зображення
    img_array /= 255.0

    # Перетворіть масив в пакет, додавши один додатковий розмір
    img_batch = np.expand_dims(img_array, axis=0)

    # Робіть прогнозування
    predictions = model.predict(img_batch)

    # Визначте індекс максимального значення, що є передбачуваним класом
    predicted_class = np.argmax(predictions[0])
    class_labels = ['distant_top', 'side', 'top']

    # Виведіть передбачений клас
    return class_labels[predicted_class]
```

Рисунок 4.5 - Функція класифікації зображення

4.6 Інтерфейс користувача

Інтерфейс користувача є важливою складовою будь-якої програмної системи, особливо у випадках медичних застосунків, де точність, зручність та інтуїтивність взаємодії є критично важливими. У контексті моого проекту, інтерфейс користувача для системи класифікації знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу зображений на рисунку 4.6

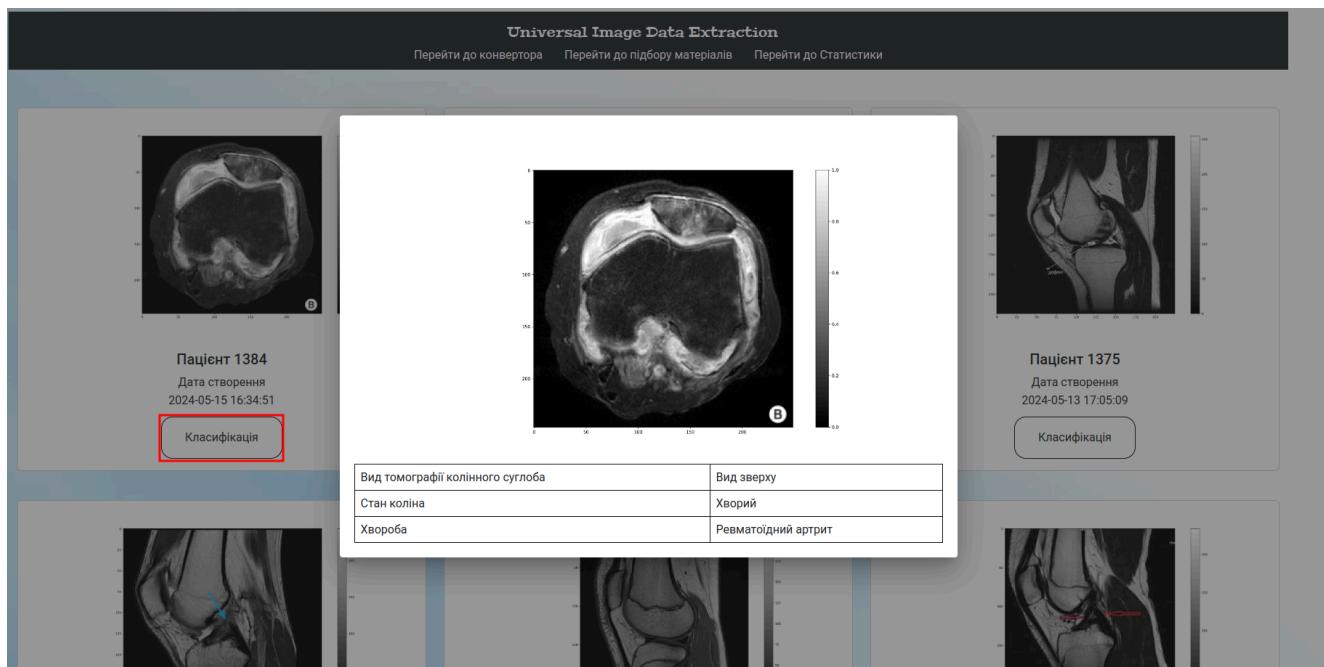


Рисунок 4.6 - Зображення головного інтерфейсу

З даного рисунку можна зробити висновок що тип зображення це вид зверху, хворе коліно, та хвороба ревматоїдний артрит.

У даній системі існує 8 видів хвороб

- Артрит,
- Бурсит,
- Некроз,
- Остеоартрит,
- Розриви передньої хрестоподібної зв`язки,
- Ревматоїдний артрит,
- Розриви меніску,
- Тендиніт

Навівши мишкою на хворобу, можна побачити визначення даної хвороби, симптоми, а також методи лікування даної хвороби, як показано на рисунку 4.7

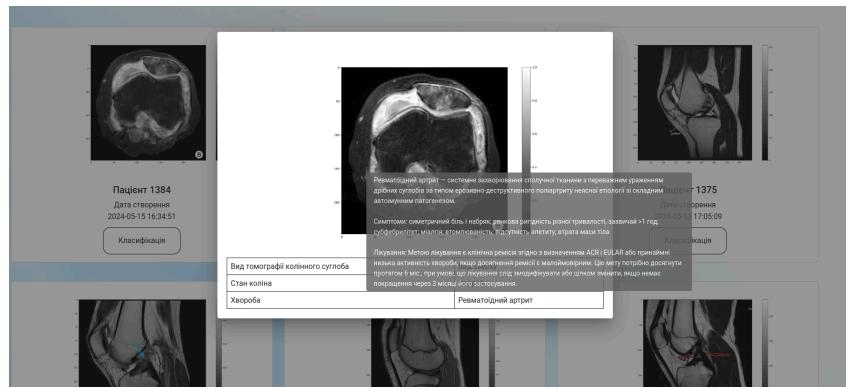


Рисунок 4.7 - Характеристики хвороби

Інтерфейс користувача дуже простий та інтуїтивно зрозумілий, що в майбутньому дозволить масштабувати дану роботу у більш серйозний застосунок

4.7 Статистика зображень

Статистика є важливим інструментом у багатьох галузях науки і техніки, включаючи медицину, де вона використовується для аналізу даних, перевірки гіпотез і прийняття обґрунтованих рішень. У контексті системи класифікації знімків комп'ютерної томографії (КТ) колінного суглобу, статистичні методи відіграють ключову роль у забезпеченні точності та надійності результатів.

Система дозволяє відслідковувати статистику по всім трьом характеристикам, статистика по типу зображення показана на рисунку 4.8

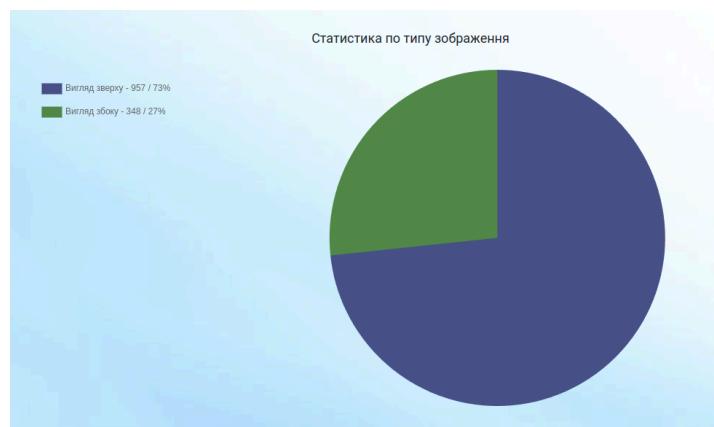


Рисунок 4.8 - Статистика по типу зображення (фіолетовий - вид зверху, зелений вид збоку)

Статистика по стану коліна, хворе чи здорове дозволяє перегляд та розуміння відношення кількості хворих до кількості здорових колінних суглобів, статистику показано на рисунку 4.9

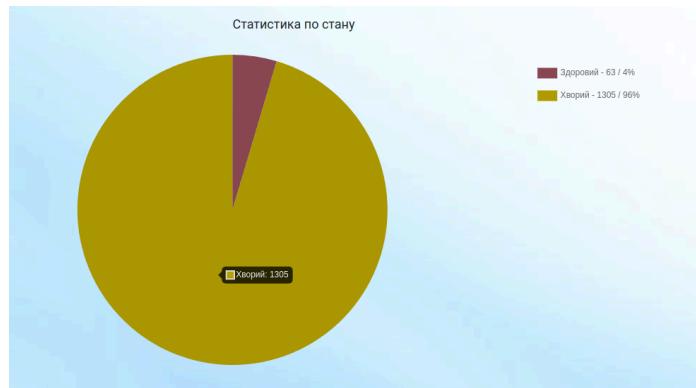


Рисунок 4.9 - Класифікація по стану (жовтий - хворі, бордовий - здорові)

Найголовнішою характеристикою яку можна відслідкувати є класифікація по хворобі, зображену на рисунку 4.10

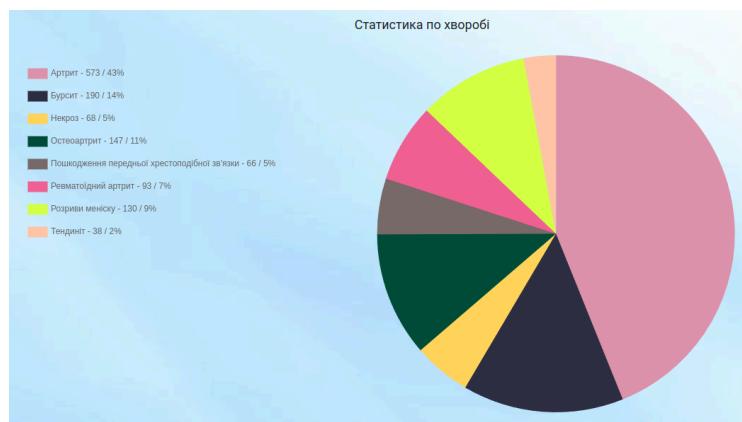


Рисунок 4.10 - Статистика по хворобі

Статистика відіграє критично важливу роль у системах класифікації медичних зображень, забезпечуючи інструменти для збору, аналізу та інтерпретації даних. Використання статистичних методів дозволяє підвищити точність діагностики, оптимізувати медичні процеси та підтримувати наукові дослідження.

Висновок до розділу 4

Розділ "Опис програмної реалізації" охоплює ключові аспекти створення системи класифікації знімків КТ колінного суглобу. Використання інструментів, таких як TensorFlow та Python, забезпечує ефективну розробку та тренування нейронних мереж.

Попередня обробка даних, включаючи нормалізацію та аугментацію зображень, покращує якість моделі. Згорткові нейронні мережі (CNN) ефективно витягають особливості зображень, що підвищує точність класифікації. Інтерфейс користувача забезпечує зручний доступ до функцій системи, що сприяє ефективній роботі медичних працівників.

Статистичний аналіз даних допомагає оцінити та покращити ефективність моделі. Загалом, система класифікації знімків КТ колінного суглобу поєднує сучасні технології, ефективну обробку даних, потужні нейронні мережі та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує високу якість діагностики та медичної допомоги.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було досягнуто основної мети — розроблення та впровадження системи класифікації знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військовослужбовців. Завдяки інтеграції сучасних методів машинного навчання та глибокого навчання, система демонструвала високу ефективність у класифікації знімків за різними патологіями.

Проект розпочався з глибокого аналізу потреб користувачів та огляду наявних рішень у сфері медичної імагінгової діагностики. Це дозволило нам чітко визначити ключові вимоги до системи, включаючи не тільки високу точність і швидкість обробки знімків, але й зручність використання для медичних фахівців, що є особливо важливим у військових умовах.

Для реалізації системи була обрана нейронна мережа з архітектурою Convolutional Neural Network (CNN), яка проявила себе як ефективний інструмент у сфері медичного зображення. Розробка інноваційної системи включала експерименти з різними конфігураціями мережі, що допомогло адаптувати її структуру під специфічні медичні умови військової діяльності.

Особлива увага була приділена обробці та анотації медичних зображень, залучаючи до процесу кваліфікованих радіологів. Це забезпечило високу якість навчального датасету і, як наслідок, точність класифікації.

Інтеграція розробленої системи в існуючі медичні інформаційні системи значно скоротила час діагностики, що критично важливо для військової медицини, сприяючи також точності діагнозів та зниженню впливу людського фактора на процес діагностики.

Зворотній зв'язок від кінцевих користувачів, включаючи лікарів-радіологів, став цінним джерелом інформації для подальших удосконалень системи. Майбутні роботи передбачають розширення датасету, оптимізацію обчислювальної ефективності системи, а також адаптацію аналогічних технологічних рішень для інших видів медичних зображень.

Загалом, цей проект демонструє значний потенціал для покращення якості медичного обслуговування військових, рекомендується для широкого впровадження та є свідченням того, як передові технології можуть служити медицині та обороні, активно використовуючи можливості штучного інтелекту в повсякденній практиці військових лікарень.

Проект також включав розробку спеціалізованих інтерфейсів для медичних фахівців, що дозволяє їм ефективніше взаємодіяти з системою та швидше отримувати результати аналізу зображень. Новий інтерфейс був оптимізований з урахуванням рекомендацій користувачів, що зробило процес діагностики більш інтуїтивним та менш часозатратним. Це особливо важливо в умовах, коли швидке реагування може бути вирішальним для успішного лікування.

Подальші дослідження та розвиток системи передбачають використання розширених можливостей штучного інтелекту для аналізу послідовностей зображень, що дозволить не тільки виявляти наявні патології, але й прогнозувати їхній розвиток. Такі технології можуть революціонізувати підхід до профілактики та ранньої діагностики в військовій медицині, забезпечуючи краще планування лікування та оптимізацію медичних витрат.

Важливою частиною проекту є також взаємодія з військовими медичними базами даних для забезпечення безперервної інтеграції та обміну інформацією, що дозволяє системі класифікації оновлюватися та адаптуватися з урахуванням нових медичних знань та досліджень

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature* 23-123 p.
2. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks 110-134 p.
3. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition 244-300 p.
4. Django. Django documentation. URL: <https://docs.djangoproject.com/en/5.0/>. (дата звернення 04.05.2024).
5. Python. Official Python3.10 Documentation. <https://docs.python.org/3.10/>. (дата звернення 04.05.2024).
6. Бажан М. П., Антонов О. К. Українська радянська енциклопедія. Головна ред. Укр. рад. енциклопедії, 1977. 542 с.
7. ДСТУ 12.0.003-74 небезпечні виробничі фактори. класифікація. БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage?id_doc=48127 .
8. ДСТУ 3855-99 Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій.. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67380 .
9. ДСТУ EN 60601-2-5:2019 Вироби медичні електричні. Частина 2-5. (EN 60601-2-5:2015, IDT; IEC 60601-2-5:2009, IDT). БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88292 .
10. Changing brightness / contrast. RadiAnt DICOM Viewer. URL: https://www.radiantviewer.com/dicom-viewermanual/change_brightness_contrast.html Engvall E., Perlmann P. Enzyme-Linked immunosorbent assay, elisa. The journal of immunology. 1972. Vol. 109, no. 1. P. 129–135. URL:

<https://doi.org/10.4049/jimmunol.109.1.129> .

11. Gad A. F. Accuracy, precision, and recall in deep learning | paperspace blog. Paperspace Blog. URL: <https://blog.paperspace.com/deep-learningmetrics-precision-recall-accuracy/> .
12. Knocklein O. Classification using neural networks. Medium. URL: <https://towardsdatascience.com/classification-using-neural-networks8e98f3a904f>
13. New immunochromatographic rapid test for diagnosis of acute puumala virus infection / H. Hujiakka et al. Jouinal of clinical microbiology. 2001. Vol. 39, no. 6. P. 2146–2150. URL: <https://doi.org/10.1128/jcm.39.6.2146-2150.2001> .
14. Rigue D. S., La Rivière P. J. Optimizing spectral CT parameters for material classification tasks. Physics in meidicine and biology. 2016. Vol. 61, no. 12. P. 4599–4622. URL: <https://doi.org/10.1088/0031-9155/61/12/4599> .
15. Zhang W., Ma J., Ideker T. Classifying tumors by supervised network propagation. Bioinformatics. 2019. Vol. 35, no. 14. P. 2528. URL: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty1072> .

ДОДАТОК А

Класифікація знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військових

Програмний код

Аркушів 14

Київ – 2024

```
@csrf_exempt

def get_image_classification(request):

    body_unicode = request.body.decode('utf-8')
    body = json.loads(body_unicode)

    image_types = {
        'side': 'Вид збоку',
        'top': 'Вид зверху',
        'distant_top': 'Вид зверху з ногою'
    }

    image_clasification = {
        'healthy': 'Здоровий',
        'sick': 'Хворий'
    }

    sickness_classification = {
        'artritus': 'Артрит',
        'bursitus': 'Бурсит',
        'necroz': 'Некроз',
        'oasteoartritus': 'Остеоартрит',
        'phz': 'Розриви передньої хрестоподібної зв`язки',
        'revma_artritus': 'Ревматоїдний артрит',
        'rozryv_meniska': 'Розриви меніску',
        'tenditit': 'Тендиніт'
    }
```

sickness_heal = {

 "artritus": {

 "termin": "Артрити – це велика група захворювань суглобів запального характеру, що має різне походження. У перекладі з латинської термін означає – «артр» – суглоб, «іт» – запалення. Причина запалення може бути пов'язана з інфекцією, травмами, метаболічними розладами та ін. Артрит вражає людей різного віку, нерідко призводить до втрати працевдатності та інвалідизації.",

 "symptoms": ["припухлість і почевоніння шкіри над ураженими суглобами;", "наявність більше ніж 3 запалених суглобів;", "ураження міжфалангових і/або п'ястково-фалангових суглобів;", "ранкова скутість протягом 30 і більше хвилин;", "порушення функцій суглобів;", "травма суглоба."],

 "heal_method":

 {

 "main": "Основна мета лікування артриту — позбавлення від запальних процесів і хворобливих відчуттів, досягнення і підтримання клінічного поліпшення, стійкої ремісії, запобігання розвитку деформацій суглобів і їх подальшого руйнування.\nМетоди лікування артриту можна умовно розділити на хірургічні та нехірургічні.",

 "surgical": "Операція при артриті показана при виражених деформаціях суглобів, зниженні їх функцій і значному обмеженні руху.\nПід час операції хірург застосовує в зазначеному порядку:\nсіновектомію — видалення запаленої синовіальної оболонки суглоба;\nартродез — штучне закриття суглоба в найбільш вигідному фізіологічному положенні;\nартропластику — створення нового суглоба на основі зруйнованого з використанням біологічних або алопластичних прокладок;\nпрезекцію ураженого суглоба з подальшим ендопротезуванням.\nПротипоказаннями до оперативного лікування є захворювання в гострій стадії, наявність осередків гнійної інфекції, амілоїдоз, важкі вісцерити.",

 "non-surgical": "До таких методів відносять наступний комплекс заходів:\nінфармакотерапію (протизапальні, знеболюючі, антибактеріальні препарати);\nімуносупресивну терапію;\nімісцеву терапію (внутрішньосуглобове введення лікарських препаратів, лікувальні аплікації);\nінфізіотерапію (УФО суглобів, фонофорез гідрокортизону, електромагнітотерапію, магнітолазерну терапію, лікування парафіном та озокеритом);\nлікувальну фізкультуру і гімнастику;\nспеціальну дієту;\nсанаторно-курортне лікування.\nУ комплексному лікуванні артритів важливе значення має дієтичне харчування. На консультації діетолог для кожного хворого підбирає індивідуальну дієту. Як правило, до поліпшення самопочуття і зниження активності захворювання призводить розвантажувальна, вегетаріанська і рослинно-молочна дієта.\nУ комплексній терапії тяжких варіантів перебігу артритів застосовують методи екстракорпоральної детоксикації: гемосорбцію, плазмаферез, кріоплазмасорбцію та ін."

 },

},

'bursitus': {

'termin': 'Бурсит — запалення навколосуглобової сумки суглоба, виникає при надмірному динамічному навантаженні на суглоб або якщо суглоб тривалий час знаходиться у стані напруги.\n\nНайбільш часто бурсит розвивається в ділянці плечових, ліктьових і колінних суглобів, рідше стегнових і ділянці ахилового сухожилля.',

"symptoms": ["біль, запалення, набряк в ділянці суглоба;", "обмежений обсяг рухів у суглобі, що супроводжується різким болем, або без нього.", "почервоніння шкіри і локальне підвищення температури над ділянкою суглоба."],

'heal_method': {

'main': "Бурсит — захворювання, яке добре піддається лікуванню. Симптоми зазвичай проходять через 7–14 днів при правильному лікуванні. Після закінчення курсу необхідно зробити контрольне інструментальне дослідження. У разі зникнення симптомів і ознак спостереження у лікаря не потрібно. Після оперативного втручання контроль виліковності здійснюється за планом лікаря-травматолога.",

'non-surgical': 'Лікування включає в себе спокій ураженого суглоба, захист від подальшої травматизації і перевантаження.\nУ більшості випадків бурсит проходить протягом декількох тижнів при правильному лікуванні і профілактиці рецидиву бурситу.\nПризначаються нестероїдні протизапальні препарати, які зменшують запалення і бальовий синдром для прийому всередину і місцево у вигляді мазей або гелів.\nАнтибактеріальна терапія призначається тільки при виявленні інфекційного агента в посіві синовіальної рідини.\nПри відсутності протипоказів можливе використання фізіотерапевтичного лікування (ультразвук з глюкокортикоїдами, фонографез та ін.).\nРекомендовано використання спеціальних ортопедичних пристройів (налокітники, наколінники та ін.) Для уникнення подальшої травматизації і профілактики рецидивів бурситу.\nДо немедикаментозних методів лікування відноситься і кінезіотерапія, яке допомагає зменшити бальовий синдром і подальшу травматизацію навколосуглобових сумок.\nДля швидкого купірування бурситу проводиться пункція бурси з видаленням надлишкової кількості рідини і введенням глюкокортикоїдів. У рідкісних випадках проводиться хірургічне лікування – видалення навколосуглобової сумки (бурси).\nПри встановленні специфічного запалення (ревматоїдного артриту, подагри та ін.) – спостереження у ревматолога для визначення подальшої тактики лікування.',

'surgical': 'В деяких випадках вдається до оперативного втручання – видалення уражених суглобових сумок малоінвазивним хірургічним методом.'

}

},

'necroz': {

'termin': 'Остеонекроз колінного суглоба (також його ще називають аваскулярний або асептичний некроз) – це стан, що виникає при порушенні кровопостачання ділянки кісткової тканини стегнової або великогомілкової кістки. Оскільки кісткові клітини для нормальної своєї роботи потребують постійного кровопостачання, остеонекроз, що супроводжується загибеллю цих клітин, може в кінцевому підсумку призвести до деструктивних змін колінного суглоба і вираженого остеоартрозу. ',

'syptoms': ["Перша ознака — біль. При асептичному некрозі головки стегнової кістки локалізація болю в паху і сідницях. Біль має схильність до широкої іrrадіації на внутрішню поверхню стегна, а особливо часто — в ділянку колінного суглоба.", "Поява «стартового» болю при початку руху, підйомі з ліжка. При прогресуючому некрозі кісток кульшового або колінного суглоба може відбуватися вкорочення кінцівки і з'являтися кульгавість. Нижня кінцівка втрачає свою рухливість: її важко зігнути або відвести в сторону. На ній досить швидко атрофуються м'язи, що створює ефект схуднення кінцівки відносно всього тіла."],

'heal_method': {

'main': 'У рандомізованих клінічних дослідженнях показано, що ефективність консервативного лікування вкрай мала!',

'surgical': 'дотримання оптимального ортопедичного режиму з розвантаженням протягом 4-8 тижнів за допомогою милиць або тростини;\nлікувальна гімнастика зневолювальна терапія;\nвнутрішньосуглобова ін'екційна терапія;\nкорекція ходьби;\nвазодилататори;\nаналоги простацикліну;\nпрепарати кальцію і вітаміну Д;\nбісфосфонати;\nстатини;\nелектроміостимуляція;\nфізіотерапія (КВЧ терапія, лазеротерапія, магнітотерапія).',

'non-surgical': 'в початковому періоді потрібно прагнути до призупинення розвитку змін — кращі результати досягаються шляхом видалення некротичного фрагмента кістки, але такі втручання не завжди ефективні. В деяких випадках імплантується ендопротез ураженого суглоба.'

}

,

'oasteoartritus': {

'termin': 'Остеоартрит – це запалення у хрящі та синовії, що призводить до дегенеративних процесів і поступової втрати суглобової структури. Це найпоширеніший вид артури.',

"symptoms": ['біль у суглобах, який зумовлюють інтенсивні фізичні навантаження;', 'обмежений рух;', 'хрускіт;', 'скутість суглобів навіть під час відпочинку;', 'припухлість і набряк в зоні ураженого суглоба;', 'ниуючий біль;', 'місцеве збільшення температури, почервоніння.'],

'heal_method': {

'main': 'Остеоартрит – це захворювання, яке лікують із ціллю зменшення бальових відчуттів та відновлення функціональності ураженого суглоба.',

'surgical': 'Показано на пізніх стадіях остеоартриту, направлено на повне відновлення функції суглоба.\n\nПри нормалізації надмірної ваги, занятті лікувальною гімнастикою в поєднанні з медикаментозним лікуванням хондропротекторами і препаратами гіалуронової кислоти, можна уповільнити прогресування хвороби, поліпшити функцію суглобів і зменшити біль, відсторочити ендопротезування суглобів.',

'non-surgical': 'Фізичні вправи, які допомагають знизити біль – фізіотерапія, електромагнітна імпульсна терапія.\nКорекція харчування, щоб зменшити

вагу.\nФармакологічні засоби – ліки від болю та ті, що зменшують запальний процес (антибіотики, протизапальні, протинабрякові препарати).',

}

},

'phz': {

'termin': 'Розрив передньої хрестоподібної зв'язки (ПХЗ) – це ушкодження однієї з основних зв'язок колінного суглобу. Передня хрестоподібна зв'язка є одним із стабілізаторів колінного суглобу, і її ушкодження, навіть часткові, призводять до нестабільності колінного суглобу.',

'symptoms': ['різкий біль;', 'хрускіт у суглобі;', 'коліно швидко набрякає;', 'з'являється відчуття нестабільності через зсув кісткових структур і розпирання, викликане кровотечею в суглобову порожнину'],

'heal_method': {

'main': 'Розрив зв'язок у колінному суглобі часто супроводжується запальними процесами, утворенням мікротріщин і переломом кісткових пластин у місці кріплення волокон. Виходячи зі складності ушкоджень і призначається консервативне або хірургічне лікування.',

'surgical': 'Накладення холодних компресів на місце травми, застосування лікарських препаратів для зняття запальних процесів, зменшення набряклості; відновлення пошкоджених суглобів, іммобілізацію (знерухомлення) кінцівки за допомогою накладання шин на 4 – 6 тижнів; використання наколінників, бандажів, супортів і ортезів для стабілізації та компенсації порушених функцій коліна; відемоктування рідини, яка накопичується при гемартрозі; зниження функціонального навантаження на кінцівку; реабілітаційні процедури',

'non-surgical': 'Роблять три невеликих проколи для отримання доступу до суглоба; через проколи в порожнину вводиться артроскоп з міні-відеокамерою, що дозволяє контролювати хід операції, трансплантат і хірургічні інструменти; трансплантат фіксується на великогомілковій кістці матеріалом, який саморозсмоктується; надалі зв'язка приживається і заповнює простір суглобової порожнини.'

}

},

'revma_arthritis': {

'termin': 'Ревматоїдний артрит — системне захворювання сполучної тканини з переважним ураженням дрібних суглобів за типом ерозивно-деструктивного поліартриту неясної етіології зі складним автоімунним патогенезом.',

'symptoms': ['симетричний біль і набряк;', 'ранкова ригідність різної тривалості, зазвичай >1 год;', 'субфебрілітет;', 'міалгія;', 'втомлюваність;', 'відсутність апетиту;', 'втрата маси тіла'],

'heal_method': {

'main': 'Метою лікування є клінічна ремісія згідно з визначенням ACR і EULAR або принаймні низька активність хвороби, якщо досягнення ремісії є малоймовірним. Цю мету потрібно досягнути протягом 6 міс., при умові, що лікування слід змодифіковати або цілком змінити, якщо немає покращення через 3 місяці його застосування.',

'surgical': 'Розгляньте у разі:\n1) сильного болю, незважаючи на максимальну консервативну терапію;\n2) зруйнування суглобу, яке настільки обмежує об'єм рухів, що призводить до тяжкого порушення мобільності. Види оперативних втручань: синовіектомія, реконструкційні або корекційні операції, артродез, алопластика.',

'non-surgical': 'Потрібна модифікація способу життя. Основними препаратами в лікуванні вважаються хвороба-модифікуючі антиревматичні препарати: метотрексат, гідроксихлорохін, сульфасалазин, лефлуномід, інгібітори TNF-альфа (цертолізумаб, інфліксимаб та етанерцепт), абатацепт та анакінра. Ритуксимаб і тоцилізумаб є моноклональними антитілами. Застосування тоцилізумабу пов'язане з ризиком підвищення рівня холестерину. Застосовуються також протизапальні та анальгетики. Проводиться фізіотерапія. У тяжких випадках застосовується корегуюче ортопедичне лікування.'

}

,

'rozryv_meniska': {

'termin': 'Розрив меніска колінного суглоба – це пошкодження хрящових прошарків. Одна з найпоширеніших травм у спортсменів — досить одного сильного або різкого руху і навантаження, що створюється, пошкоджує меніск.\nСам по собі меніск – це хрящовий прошарок між кістками колінного суглоба (товщина 3-4 мм, довжина 6-8). І незважаючи на свої невеликі габарити, цей маленький хрящ має великий запас міцності. Але при значних фізичних навантаженнях або специфічних руках травми меніска неминучі.',

'symptoms': ['біль у коліні;', 'обмеження руху;', 'блокування суглоба;', 'набряк, припухлість (без змін кольору шкіри);', 'скупчення рідини;', 'клацання при згині ноги;'],

'heal_method': {

'main': 'Рішення про необхідність операції в разі розриву меніска колінного суглоба ухвалює лікар на підставі низки чинників, включно з характером і ступенем пошкодження меніска, віком пацієнта, його загальним станом здоров'я, наявністю інших захворювань та іншими факторами.',

'surgical': 'Операція на меніск колінного суглоба може проводитися методом артроскопії – мінімально інвазивним методом, під час якого проводять невеликий розріз у ділянці коліна, через який вводять артроскопічний інструментарій.',

'non-surgical': 'Носіння ортопедичного взуття або тейпування колінного суглоба, фізіотерапію, медикаментозну терапію та інші методи.'

}

```
},
```

```
'tendinit': {
```

'termin': 'Тендиніт - це запалення товстих фіброзних ниток, які прикріплюють м'яз до кістки. Ці тяжі називаються сухожиллями. Захворювання викликає біль і чутливість поза межами суглоба. Тендиніт може виникнути в будь-якому сухожиллі. Але найчастіше це відбувається навколо плечей, ліктів, зап'ястя, колін і п'ят.',

'symptoms': ['біль, який часто описують як тупий біль, особливо під час руху ураженої кінцівки або суглоба;', 'легкий набряк;'],

```
'heal_method': {
```

'main': 'Лікування призначене для зменшення болю та чутливості, які виникають поза межами суглоба через захворювання.',

'surgical': 'Це рідко потрібно і лише для серйозних симптомів, які не піддаються іншим методам лікування.',

'non-surgical': 'Більшість тендинітів можна лікувати за допомогою відпочинку, фізіотерапії та ліків для зменшення болю. Тривале запалення сухожилля може привести до розриву сухожилля. Розірване сухожилля може потребувати операції.'

```
}
```

```
}
```

```
}
```

```
base64 = body.get('base64')
```

```
if not base64:
```

```
    return JsonResponse({'error': 'Image cannot be empty'})
```

```
# get image type (side, top, distant_top)
```

```
first_layer_result = image_classification.get_image_type(base64)
```

```
# get image classification (healthy, sick)
```

```
second_layer_result = image_classification.get_image_classification(first_layer_result,
```

```
base64)
```

```
    third_layer = None

    if second_layer_result == "sick":
        third_layer = image_classification.get_sickness_classification(first_layer_result, base64)

    return JsonResponse(
        {
            'image_type': image_types.get(first_layer_result),
            'image_classification': image_clasification.get(second_layer_result),
            'success': True,
            'sickness': sickness_classification.get(third_layer),
            'sickness_heal': json.dumps(sickness_heal.get(third_layer)),
        }
    )
```

```
import tensorflow as tf

from tensorflow.keras.preprocessing.image import img_to_array
from tensorflow.keras.models import load_model
import numpy as np
import base64
from PIL import Image
from io import BytesIO
from django.core.files.base import ContentFile

import os
```

```
from django.conf import settings

def image_as_base64(image_file, format='png'):
    """
    :param `image_file` for the complete path of image.
    :param `format` is format for image, eg: `png` or `jpg`.
    """

    encoded_string = ""
    with open(image_file, 'rb') as img_f:
        encoded_string = base64.b64encode(img_f.read())
    return 'data:image/%s;base64,%s' % (format, encoded_string)

def base64_to_image(image_string):
    print(type(image_string))

    if ';base64,' in image_string:
        header, base64_string = image_string.split(';base64,')
        decoded_file = base64.b64decode(base64_string)
        # Convert binary data to an image
        image = Image.open(BytesIO(decoded_file))

        # Resize image if required
```

```

image = image.resize([150,150])

return image

def convert_image_to_array(image_data):
    if isinstance(image_data, ContentFile):
        image_data = image_data.read() # Read bytes from ContentFile
        with BytesIO(image_data) as buffer:
            img = Image.open(buffer) # Open image using Pillow
            img = img.convert('RGB') # Ensure RGB channels (if applicable)
            # Preprocess the image as needed (resize, normalization, etc.)
            img_array = np.asarray(img)
    return img_array

def get_image_type(base64):
    model = load_model(os.path.join(settings.BASE_DIR, 'knee_joint_type_classifier_model.h5'))

    image = base64_to_image(base64)

    # Convert image to array
    img_array = img_to_array(image)

    # Нормалізуйте зображення
    img_array /= 255.0

    # Перетворіть масив в пакет, додавши один додатковий розмір

```

```
img_batch = np.expand_dims(img_array, axis=0)

# Робіть прогнозування
predictions = model.predict(img_batch)

# Визначте індекс максимального значення, що є передбачуваним класом
predicted_class = np.argmax(predictions[0])

class_labels = ['distant_top', 'side', 'top']

# Виведіть передбачений клас
return class_labels[predicted_class]

def get_base_model_result(link, image_string):
    model = load_model(os.path.join(settings.BASE_DIR, link))

    # Завантажте зображення
    image = base64_to_image(image_string)

    # Конвертуйте зображення в масив numpy
    img_array = img_to_array(image)

    # Нормалізуйте зображення
    img_array /= 255.0

    # Перетворіть масив в пакет, додавши один додатковий розмір
    img_batch = np.expand_dims(img_array, axis=0)
```

```
# Робіть прогнозування
predictions = model.predict(img_batch)

# Визначте індекс максимального значення, що є передбачуваним класом
predicted_class = np.argmax(predictions[0])
class_labels = ['sick', 'healthy']

# Виведіть передбачений клас
return class_labels[predicted_class]

def get_sickness_base_model_result(link, image_string):
    model = load_model(os.path.join(settings.BASE_DIR, link))

    # Завантажте зображення
    image = base64_to_image(image_string)

    # Конвертуйте зображення в масив numpy
    img_array = img_to_array(image)

    # Нормалізуйте зображення
    img_array /= 255.0

    # Перетворіть масив в пакет, додавши один додатковий розмір
    img_batch = np.expand_dims(img_array, axis=0)
```

```
# Робіть прогнозування
predictions = model.predict(img_batch)

# Визначте індекс максимального значення, що є передбачуваним класом
predicted_class = np.argmax(predictions[0])

class_labels = ['artritus', 'bursitus', 'necroz', 'oasteoartritus', 'phz', 'revma_arthritis',
'rozryv_meniska', 'tenditit']

# Виведіть передбачений клас
return class_labels[predicted_class]

def get_image_classification(image_type:str, image_string:str) -> str:

    if image_type == 'side':
        return get_base_model_result('sick_healty_knee_side_model.h5', image_string)

    elif image_type == 'top':
        return get_base_model_result('sick_healty_knee_top_model.h5', image_string)

    else:
        # distant top
        return 'healthy'
```

```
def get_sickness_classification(image_type:str, image_string:str) -> str:  
  
    if image_type == 'side':  
        return get_sickness_base_model_result('knee_sick_side_model.h5', image_string)  
  
    elif image_type == 'top':  
        return get_sickness_base_model_result('knee_sick_top_model.h5', image_string)
```

ДОДАТОК Б

Класифікація знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу військових

Презентація

Аркушів 6

Київ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці

**ТЕМА: «Класифікація знімків комп'ютерної томографії
колінного суглобу військових»**

Виконав студент IV курсу, групи ТІ-01

Диханов Ярослав Юрійович

Керівник д.ф. ст викладач Бандурка О.І.

Консультант доцент, к.т.н., Залевська Ольга Валеріївна

Київ - 2024



АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМАТИКИ

- Високий рівень травматизму серед військових.
- Необхідність точної діагностики.
- Відсутність готових програмних рішень, що забезпечували б такий функціонал.
- Покращення якості медичного обслуговування військових.
- Зміцнення обороноздатності країни
- Зменшення впливу людського фактору.



Національний технічний університет України
«Кіївський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

2 / 11

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОЗРОБКИ

Мета: розробити методи машинного навчання для класифікації знімків КТ колінного суглобу військових для покращення діагностики та лікування.

Завдання:

1. Зробити огляд досліджень у галузі машинного навчання та комп'ютерної томографії.
2. Створити датасет знімків КТ колінних суглобів військових.
3. Навчити моделі для класифікації знімків КТ.
4. Валідувати модель за допомогою ключових метрик.
5. Розробити прототипу для клінічного використання.
6. Оцінити ефективності та напрямки подальших досліджень.



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

3 / 11

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ



InferVision



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

4 / 11

ЗАСОБИ РОЗРОБКИ



PyCharm



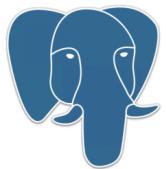
Python



Django



TensorFlow



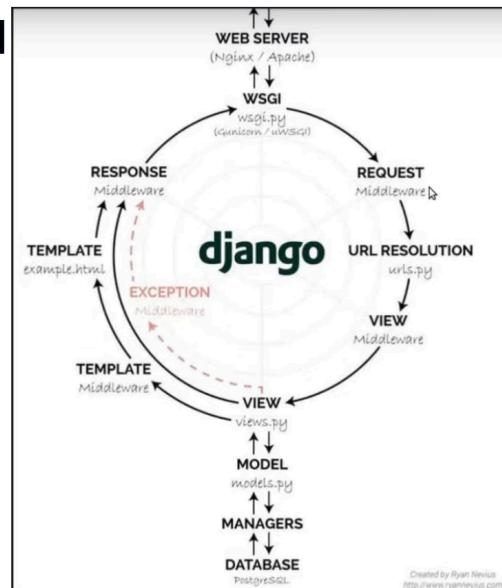
PostgreSQL



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

5 / 11

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

6 / 11

Класифікація (вид зверху)

Universal Image Data Extraction

Перейти до конвертора Перейти до підбору матеріалів Перейти до Статистики

Пациєнт 1384
Дата створення
2024-05-15 16:34:51
Класифікація

Вид томографії колінного суглоба Вид зверху

Стан коліна	Хворий
Хвороба	Ревматоїдний артрит

Пациєнт 1375
Дата створення
2024-05-13 17:05:09
Класифікація

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

7 / 11

Інформацію про хворобу

Пациєнт 1384
Дата створення
2024-05-15 16:34:51
Класифікація

Вид томографії колінного суглоба Вид зверху

Стан коліна	Хворий
Хвороба	Ревматоїдний артрит

Пациєнт 1375
Дата створення
2024-05-13 17:05:09
Класифікація

Ревматоїдний артрит – системне захворювання сполучної тканини з переважним ураженням дрібних суглобів за типом ерозивно-деструктивного поліартріту неясної етології із складним аутоімунним патогенезом.

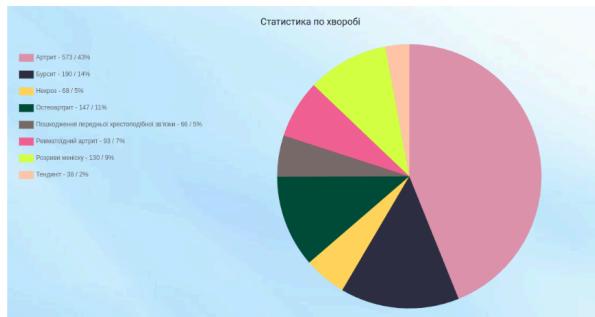
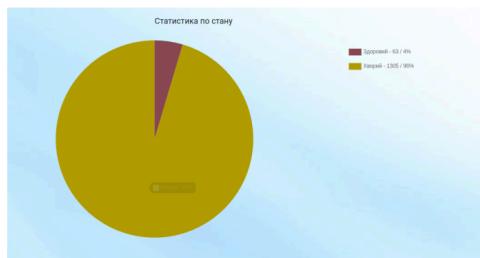
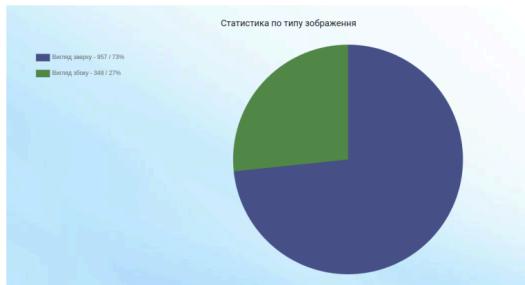
Симптоми: симетричний біль і набряк, рухове обмеження, ригідність різної тривалості, зазвичай >1 год, суперфіційні, міграпі, втомливання, відсутність відчуття, втрата місця тіла.

Лікування: Метою лікування є клінічна ремісія згідно з визначенням ACR і EULAR або приналежність до групи хворих з позитивними маркерами активності хвороби, якщо досягнення ремісії є малоякісним. Це мету потрібно досягнути протягом 6 міс., при чому, що лікування слід змодифікувати або цілком змінити, якщо немає покращення через 3 місяці його застосування.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

8 / 11

Статистика



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

9 / 11



Висновки

Створено програмне забезпечення для класифікації знімків комп'ютерної томографії колінного суглобу.

- 1.Зроблено огляд досліджень у галузі машинного навчання та комп'ютерної томографії колінного суглобу.
- 2.Створено датасет знімків КТ колінних суглобів військових.
- 3.Навчено моделі для класифікації знімків КТ.
- 4.Провалідовано модель за допомогою ключових метрик.
- 5.Розроблено прототип для клінічного використання.
- 6.Оцінено ефективності та напрямки подальших досліджень.



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

10 / 11

Дякую за увагу



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»

11 / 11