МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет інтелектуальних систем управління

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи

(тип кваліфікаційної роботи)

магістра
(освітній ступінь)

на тему «Інтелектуальна система розпізнавання пухлин головного мозку за зображеннями МРТ»

ХАІ.302.366.25О.122.2005020 ПЗ

Виконав: студент 6 курсу групи № 366
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
(код та найменування)
Освітня програма Комп'ютеризація обробки інформації та управління
Філоненко Є. В.
(прізвище й ініціали студента)
Керівник: проф. каф. 302, д.т.н.
Прохоров О. В.
(прізвище й ініціали)
Рецензент: Копп А.М.
(прізвище й ініціали)

Харків – 2025

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет інтелектуальних систем управління
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»
(код та найменування)
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітня програма Комп'ютеризація обробки інформації та управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Олег ФЕДОРОВИЧ
(підпис) (ім'я та прізвище)
«__» _листопада_ 20_25_ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

_____Філоненко Єлизаветі Вадимівні_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи __Інтелектуальна система розпізнавання пухлин головного мозку за зображеннями МРТ
керівник кваліфікаційної роботи _Прохоров О.В.,д.т.н., проф. каф. 302,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету №_1765-уч. від «_14» листопада 20_25_ року
2. Термін подання кваліфікаційної роботи ___08.12.2025_____
3. Вихідні дані до проекту (роботи)__ медичні довідники про пухлини головного мозку та МРТ-зображення; набори даних зображень МРТ____
4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)_1) дослідити сучасні методи та засоби діагностики пухлин головного мозку за даними МРТ; 2) дослідити особливості застосування глибинних нейронних мереж для задач сегментації та класифікації медичних зображень; 3) обґрунтувати вибір архітектури нейромережевої моделі для розпізнавання пухлин головного мозку; 4) розробити та навчити нейромережеві моделі на основі публічних МРТ-датасетів; 5) провести експериментальні дослідження з виявлення пухлин за даними МРТ; 6) розробити прототип інтелектуальної системи, що реалізує функції аналізу МРТ-зображень

5. Перелік графічного матеріалу _ актуальність теми дослідження; мета та завдання; діагностика пухлин головного мозку; існуючі дослідження; набір даних; балансування класів та аугментація; методика навчання моделі; архітектура Xception; архітектура DenseNet201; архітектура MobileNetV2; підготовка даних; створення моделі на основі Xception; навчання та оцінка

моделі; створення моделі на основі DenseNet201; навчання та оцінка моделі; створення моделі на основі MobileNetV2; нвчання та оцінка моделі; навчання моделі YOLO11; демонстрація роботи моделі на основі Xception; демонстрація роботи моделі YOLO11_

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
з основної частини	Прохоров О.В. проф. каф. 302		
з спеціального розділу	Прохоров О.В. проф. каф. 302		
з економіки та управління	Малєєва Ю. А. доц. каф. 302		

Нормоконтроль _____ Олександр ПРОХОРОВ «___» _____20___ р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання «_06__» _вересня__2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДІАГНОСТИКИ ТА ВИЯВЛЕННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ГОЛОВНОГО МОЗКУ	06.09 – 20.09	
2	КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАВДАННЯ ВИЯВЛЕННЯ ПУХЛИН ГОЛОВНОГО МОЗКУ	21.09 – 28.09	
3	РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАВДАННЯ ВИЯВЛЕННЯ ПУХЛИН ГОЛОВНОГО МОЗКУ	29.09 – 20.10	
4	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПУХЛИН ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЗА ЗОБРАЖЕННЯМИ МРТ	21.10 – 20.11	
5	ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПЕРЕДБАЧЕНЬ НА НОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ	20.11 – 25.11	
6	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	26.11 – 03.12	

Здобувач _____ __Єлизавета ФІЛОНЕНКО_
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Олександр ПРОХОРОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

УДК 004.8

РЕФЕРАТ

Інтелектуальна система розпізнавання пухлин головного мозку за зображеннями МРТ. – Філоненко Єлизавета Вадимівна, кваліфікаційна робота магістра, Харків, Національний аерокосмічний університет «ХАІ», кількість сторінок 112, кількість малюнків 108, кількість таблиць 16, кількість джерел літератури 32.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: глибинне навчання, згорткові нейронні мережі, медичні зображення, трансферне навчання, класифікація, Xception, DenseNet, MobileNet, YOLO.

МЕТА: розробка та дослідження інтелектуальної системи для виявлення та класифікації пухлин головного мозку за зображеннями МРТ з використанням методів глибинного навчання.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ: процес виявлення та класифікації патологічних утворень головного мозку на основі медичних зображень магнітно-резонансної томографії.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ: методи, моделі та засоби глибинного навчання для розпізнавання пухлин головного мозку за зображеннями МРТ.

ЗАДАЧІ: 1) дослідити сучасні методи та засоби діагностики пухлин головного мозку за даними МРТ; 2) дослідити особливості застосування глибинних нейронних мереж для задач сегментації та класифікації медичних зображень; 3) обґрунтувати вибір архітектури нейромережевої моделі для розпізнавання пухлин головного мозку; 4) розробити та навчити нейромережеві моделі на основі публічних МРТ-датасетів; 5) провести експериментальні дослідження з виявлення пухлин за даними МРТ; 6) розробити прототип інтелектуальної системи, що реалізує функції аналізу МРТ-зображень.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ: методи машинного навчання та глибинного навчання, згорткові нейронні мережі, методи трансферного навчання та тонкого налаштування, методи обробки та аугментації даних, методи балансування класів, експериментальні методи навчання та тестування моделей.

ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ: розроблено інтелектуальну систему класифікації патологічних утворень головного мозку на основі медичних зображень, на основі нейромережевої моделі Xception та моделі YOLO11 для виявлення пухлин головного мозку на самих зображеннях МРТ.

UDC 004.8

ABSTRACT

Intelligent system for recognizing brain tumors from MRI images.– Filonenko Yelyzaveta, Master's Thesis, Kharkiv, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", amount of pages 112, amount of figures 108, amount of tables 16, amount of sources of literature 32.

KEY WORDS: deep learning, convolutional neural networks, medical image classification, transfer learning, fine-tuning, Xception, DenseNet, MobileNet, YOLO.

PURPOSE OF RESEARCH: development and research of an intelligent system for detecting and classifying brain tumors from MRI images using deep learning methods.

OBJECT OF RESEARCH: the process of identifying and classifying pathological brain lesions based on medical magnetic resonance imaging images.

SUBJECT OF RESEARCH: deep learning methods, deep learning models, and deep learning tools for recognizing brain tumors from MRI images.

TASKS OF RESEARCH: 1) research into modern methods and tools for diagnosing brain tumors using MRI data; 2) research into the specifics of using deep neural networks for the tasks of segmentation and classification of medical images; 3) justification of the choice of the architecture of a neural network model for recognizing brain tumors; 4) development and training of neural network models based on public MRI datasets; 5) conducting experimental studies on tumor detection using MRI data; 6) development of a prototype of an intelligent system that implements the functions of analyzing MRI images.

METHODS OF RESEARCH: machine learning and deep learning methods, convolutional neural networks, transfer learning and fine-tuning methods, data processing and augmentation methods, class balancing methods, experimental methods for training and testing models.

RESULTS OF RESEARCH: an intelligent system for classifying pathological brain lesions based on medical images has been developed, based on the Xception neural network model and the YOLO11 model for detecting brain tumors on MRI images themselves.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДІАГНОСТИКИ ТА ВИЯВЛЕННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ГОЛОВНОГО МОЗКУ 10
1.1 Класифікація пухлин головного мозку та методи їх діагностики 10
1.2 Огляд існуючих рішень 13
Висновки за розділом 1 16
2 КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАВДАННЯ ВИЯВЛЕННЯ ПУХЛИН ГОЛОВНОГО МОЗКУ 17
2.1 Огляд основних архітектур, які застосовуються у медицині 17
2.1.1 VGGNet 17
2.1.2 ResNet 17
2.1.3 DenseNet 18
2.1.4 Inception та Xception 18
2.1.5 MobileNet 18
2.1.6 EfficientNet 19
2.1.7 Візуальні трансформери 19
2.2 Математичне забезпечення 20
2.2.1 Функція активації 20
2.2.2 Функція втрат 20
2.2.3 Оптимізатор 21
2.3 Набір даних 23
2.4 Балансування класів та аугментація 26
Висновки за розділом 2 27
3 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАВДАННЯ ВИЯВЛЕННЯ ПУХЛИН ГОЛОВНОГО МОЗКУ 28
3.1 Методика навчання моделі 28
3.2 Моделі 29
3.2.1 Xception 29
3.2.2 DenseNet201 32
3.2.3 MobileNetV2 34
Висновки за розділом 3 36
4 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПУХЛИН ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЗА ЗОБРАЖЕННЯМИ МРТ 37
4.1 Обґрунтування вибору мови та середовища розробки 37
4.1.1 Мова програмування для навчання моделі 37

4.1.2 Середовище розробки для навчання моделі 37
4.2 Навчання моделей 38
4.2.1 Підготовка даних 38
4.2.2 Навчання моделі на основі архітектури Xception 44
4.2.3 Навчання моделі на основі архітектури DenseNet201 49
4.2.4 Навчання моделі на основі архітектури MobileNetV2 55
4.2.5 Навчання моделі для виявлення пухлин на зображеннях МРТ 60
Висновки за розділом 4 70
5 ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПЕРЕДБАЧЕНЬ НА НОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ 72
Висновки за розділом 5 85
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 86
6.1 Мета розділу 86
6.2. Визначення тривалості та розрахунок собівартості виконання проекту (перший варіант) 86
6.3. Визначення тривалості та розрахунок собівартості виконання проекту (другий варіант) 92
Висновки за розділом 6 96
ВИСНОВКИ 98
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ 99
ДОДАТОК А. ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ 102

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасний розвиток інформаційних технологій та стрімке зростання обсягів медичних даних відкривають нові можливості для впровадження методів штучного інтелекту в медичну практику. Одним із найбільш актуальних напрямів є автоматизований аналіз медичних зображень, який дозволяє підвищити швидкість і точність діагностики, зменшити навантаження на фахівців та мінімізувати людський фактор.

Особливу увагу привертає задача класифікації пухлин мозку за зображеннями МРТ. Хоча не всі пухлини головного мозку є злоякісними, але навіть доброякісні пухлини можуть бути небезпечними через свій розмір або розташування. Водночас аналіз МРТ-зображень є складним та трудомістким процесом, що потребує високої кваліфікації лікаря та значного досвіду. Інтерпретація результатів може залежати від суб'єктивних факторів, таких як втома або людський фактор, що підвищує ризик діагностичних помилок. Своєчасне виявлення та коректне визначення типу пухлини є критично важливими для вибору оптимальної стратегії лікування. Розробка інтелектуальних систем, що здійснюють аналіз МРТ-зображень, не замінює лікаря, але може виступати ефективним допоміжним інструментом, що підвищує об'єктивність діагностики та сприяє стандартизації аналізу медичних зображень.

В дослідженнях, які проводились раніше, вже досягалась висока точність розпізнавання, але ці роботи здебільшого обмежуються чотирма основними типами новоутворень головного мозку, в той час, як кількість існуючих типів пухлин головного мозку є значно більшою. Тому доцільним є збільшення кількості видів новоутворень, що розпізнаються.

Мета дослідження – розробка та дослідження інтелектуальної системи для виявлення та класифікації пухлин головного мозку за зображеннями МРТ з використанням методів глибинного навчання.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **завдання**:

- дослідити сучасні методи та засоби діагностики пухлин головного мозку за даними МРТ;
- дослідити особливості застосування глибинних нейронних мереж для задач сегментації та класифікації медичних зображень;
- обґрунтувати вибір архітектури нейромережевої моделі для розпізнавання пухлин головного мозку;
- розробити та навчити нейромережеві моделі на основі публічних МРТ-датасетів;

- провести експериментальні дослідження з виявлення пухлин за даними МРТ;

- розробити прототип інтелектуальної системи, що реалізує функції аналізу МРТ-зображень.

Об'єкт дослідження – процес виявлення та класифікації патологічних утворень головного мозку на основі медичних зображень магнітно-резонансної томографії.

Предмет дослідження – методи, моделі та засоби глибинного навчання для розпізнавання пухлин головного мозку за зображеннями МРТ.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено інтелектуальну систему класифікації патологічних утворень головного мозку на основі медичних зображень, на основі нейромережевої моделі Xception та моделі YOLO11 для виявлення пухлин головного мозку на самих зображеннях МРТ.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 6 розділів, висновків, додатків та переліку посилань. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 112 сторінок, в тому числі: 108 рисунків; 16 таблиці; 1 додаток на 11 сторінках; перелік посилань з 32 найменувань на 3 сторінках.