

ЗМІНІСТЕРСТВО 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 «Розпізнавання та відстеження гравців під час відеотрансляцій
футбольних матчів»

XAI.302.366.25O.122. 9650534 ПЗ

Виконав: студент 6 курсу групи № 366
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
(код та найменування)

Освітня програма Комп'ютеризація
обробки інформації та управління

_____Щолоков С. В.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: доц. каф. 302, к.т.н.

_____Попов А. В.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: Литвинов А.Л.

(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__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Щолокову Станіславу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Розпізнавання та відстеження гравців під час відеотрансляцій футбольних матчів

керівник кваліфікаційної роботи Попов А.В., к.т.н., доц. каф. 302,

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

затверджені наказом Університету № 1765-уч. від «14» листопада 2025 року

2. Термін подання кваліфікаційної роботи 08.12.2025

3. Вихідні дані до проекту (роботи) попередньо навчена модель YOLO

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) проаналізувати сучасні методи комп'ютерного зору для розпізнавання об'єктів і відстеження рухомих цілей на відео; дослідити особливості існуючих алгоритмів відстеження та архітектур глибоких нейронних мереж для детекції об'єктів; розглянути особливості відеопотоків футбольних матчів та визначити їхній вплив на якість детекції; обрати архітектуру моделі для розпізнавання гравців на кадрах відео; реалізувати модуль відстеження гравців у динамічній сцені на основі поєднання алгоритмів детекції та трекінгу; провести експериментальні дослідження для оцінки точності розпізнавання та стійкості трекінгу

5. Перелік графічного матеріалу автоматичний аналіз спортивних відеотрансляцій; мета та завдання; основні поняття при детекції об'єктів; класифікація методів виявлення об'єктів; огляд нейронних архітектур для

реального часу та їхня адаптація до аналізу спортивних сцен; візуальні та семантичні характеристики відеотрансляцій футбольних матчів; технічні параметри, шумові чинники та їхній вплив на bounding box детекцію у трансляціях футболу; програмна реалізація системи; навчання моделі YOLO на власному датасеті та інтеграція ваг у конвеєр; порівняльні результати на статичних кадрах; порівняльні результати на потоковому відео; методика підрахунку показників стійкості треків; результати на тестовому ролику

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

Нормоконтроль _____ Олександр ПРОХОРОВ «___» _____ 20__ р.
(підпис) (імя 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	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЕТЕКЦІЇ	06.09 – 20.09	
2	ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПЕЦИФІКИ ФУТБОЛЬНИХ ТРАНСЛЯЦІЙ НА ЯКІСТЬ ДЕТЕКЦІЇ ТА ТРЕКІНГУ	21.09 – 28.09	
3	РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ І ВІДСТЕЖЕННЯ ГРАВЦІВ	29.09 – 20.10	
4	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА СТІЙКОСТІ ТРЕКІНГУ	21.10 – 20.11	
5	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	20.11 – 25.11	

Здобувач _____ Станіслав ЩОЛОКОВ
(підпис) (імя та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Андрій ПОПОВ
(підпис) (імя та прізвище)

УДК 004.8

РЕФЕРАТ

Розпізнавання та відстеження гравців під час відеотрансляцій футбольних матчів — Щолоков Станіслав, кваліфікаційна робота магістра, Харків, Національний аерокосмічний університет «ХАІ», кількість сторінок, враховуючи додатки 84, кількість таблиць 23, кількість рисунків 36, кількість джерел літератури 15.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: комп'ютерний зір, детекція об'єктів, трекінг, футбольна аналітика, відео, глибокі нейронні мережі.

ЦІЛЬ: розробка та дослідження методів комп'ютерного зору для автоматичного розпізнавання та відстеження гравців під час відеотрансляцій футбольних матчів.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ: відеопотоки трансляцій футбольних матчів, які містять динамічні сцени з гравцями, що рухаються в умовах складного фону, часткових перекриттів, зміни масштабу та ракурсів.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ: методи та алгоритми комп'ютерного зору для автоматичної детекції та відстеження гравців на відео, зокрема поєднання нейронної детекції об'єктів і алгоритмів трекінгу рухомих цілей, адаптовані до специфіки футбольних трансляцій.

ЗАДАЧІ: проаналізувати сучасні методи комп'ютерного зору для розпізнавання об'єктів і відстеження рухомих цілей на відео; дослідити особливості існуючих алгоритмів відстеження та архітектур глибоких нейронних мереж для детекції об'єктів; розглянути особливості відеопотоків футбольних матчів та визначити їхній вплив на якість детекції; обрати архітектуру моделі для розпізнавання гравців на кадрах відео; реалізувати модуль відстеження гравців у динамічній сцені на основі поєднання алгоритмів детекції та трекінгу; провести експериментальні дослідження для оцінки точності розпізнавання та стійкості трекінгу.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ: методи та алгоритми комп'ютерного зору, попередньо навчені нейронні мережі.

ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ: розроблено програмний модуль, що забезпечує можливість запуску на довільних відео- та зображеннях без залежності від інтерактивного середовища, що робить рішення придатним для повторного використання, модифікації та інтеграції у більші програмні комплекси. Результати роботи можуть бути використані для автоматизації збору позиційних даних гравців, створення теплових мап переміщень, аналітики тактичних схем, розширених телевізійних титрів із прив'язкою до конкретних спортсменів, а також для підготовки даних у системах постматчевої аналітики.

UDC 004.8

ABSTRACT

Player recognition and tracking during video broadcasts of football matches – Stanislav Shcholokov, Master Thesis, Kharkiv, National Aerospace University “KhAI”, amount of pages 84, amount of tables 23, amount of figures 36, amount of literature’s sources 15.

KEYWORDS: Computer Vision, Object Detection, Object Tracking, Football Analytics, Video, Deep Neural Networks.

PURPOSE OF RESEARCH: development and research of computer vision methods for automatic recognition and tracking of players during football match broadcasts.

OBJECT OF RESEARCH: video streams of football match broadcasts that contain dynamic scenes with players moving amid complex backgrounds, partial occlusions, scale changes, and varying camera angles .

SUBJECT OF RESEARCH: computer vision methods and algorithms for automatic detection and tracking of players on video, in particular a combination of neural object detection and moving target tracking algorithms, adapted to the specifics of football broadcasts..

TASKS: analyze modern computer vision methods for object recognition and tracking of moving targets in videos; to investigate the features of existing tracking algorithms and deep neural network architectures for object detection; to consider the features of video streams of football matches and determine their impact on detection quality; select a model architecture for recognizing players in video frames; implement a module for tracking players in a dynamic scene based on a combination of detection and tracking algorithms; conduct experimental studies to evaluate recognition accuracy and tracking stability

METHODS OF RESEARCH: computer vision methods and algorithms, pre-trained neural networks.

RESULTS: a software module has been developed that allows the solution to be launched on any video or image without depending on the interactive environment, making it suitable for reuse, modification, and integration into larger software complexes. The results of the work can be used to automate the collection of player position data, create heat maps of movements, analyze tactical schemes, create advanced television captions linked to specific athletes, and prepare data in post-match analytics systems

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДЕТЕКЦІЇ.....	10
1.1 Понятійний апарат та завдання комп'ютерного зору у спортивному відео .	10
1.2 Класифікація методів виявлення об'єктів і їхня еволюція до одноетапних нейронних детекторів.....	12
1.3 Алгоритми відстеження множинних рухомих об'єктів у спортивному відео	15
1.4 Огляд нейронних архітектур для реального часу та їхня адаптація до аналізу спортивних сцен.....	17
1.5 Метрики оцінювання якості детекції та трекінгу в спортивних відеосценах	20
Висновки за розділом.....	24
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПЕЦИФІКИ ФУТБОЛЬНИХ ТРАНСЛЯЦІЙ НА ЯКІСТЬ ДЕТЕКЦІЇ ТА ТРЕКІНГУ.....	25
2.1 Візуальні та семантичні характеристики відеотрансляцій футбольних матчів	25
2.2 Технічні параметри, шумові чинники та їхній вплив на bounding box детекцію у трансляціях футболу	29
2.3 Проблема перекриттів, подібності зовнішнього вигляду та збереження ідентичності гравців у відео	32
2.4 Вплив руху камери, масштабу кадру та часової узгодженості детекцій на стійкість трекінгу	35
2.5 Формування вимог до конвеєра обробки відео та відстеження гравців	36
Висновки за розділом.....	38
3 РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО МОДУЛЮ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ І ВІДСТЕЖЕННЯ ГРАВЦІВ	39
3.1 Архітектура програмного конвеєра для детекції та відстеження футболістів	39
3.2 Реалізація модуля детекції людей і гравців на основі YOLO-підходу	40
3.3 Конвеєр відеоінференсу та передача обмежувальних рамок у модуль трекінгу	42
3.4 Реалізація модулів трекінгу і згладжування траєкторій гравців	44
3.5 Реалізація автономного Python-модуля inference для запуску аналізу	45
3.6 Навчання моделі YOLO на власному датасеті та інтеграція ваг у конвеєр...	46
Висновки за розділом.....	48

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА СТІЙКОСТІ ТРЕКІНГУ	49
4.1 Порівняльні результати на статичних кадрах	49
4.2 Порівняльні результати на потоковому відео	54
4.3 Методика підрахунку показників стійкості треків.....	56
4.4 Результати на тестовому ролику.....	57
Висновки за розділом.....	60
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	62
5.1 Мета розділу	62
5.2 Визначення тривалості та розрахунок собівартості виконання проекту (перший варіант)	62
5.3 Визначення тривалості та розрахунок собівартості виконання проекту (другий варіант)	67
5.4 Висновки за розділом	71
ВИСНОВКИ.....	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74
ДОДАТОК А. Графічні матеріали	76

ВСТУП

Актуальність теми дослідження.

Автоматичний аналіз спортивних відеотрансляцій став невід’ємною складовою сучасної спортивної аналітики, суддівського контролю та інтерактивного телебачення. У футболі присутні швидкі хаотичні переміщення, динамічний фон поля, близькі за кольором об’єкти, тіні, перекриття між гравцями та часті зміни крупності плану, що створює складні умови для стабільної детекції й трекінгу. Існуючі рішення часто орієнтовані на загальний трекінг, але потребують адаптації для спортивних задач, де критична стійкість до перекриттів і масштабування, а також точність у реальному часі. Розвиток глибинних моделей дозволяє створювати та експериментально оцінювати такі системи без високої потреби у локальних ресурсах.

Мета дослідження – розробка та дослідження методів комп’ютерного зору для автоматичного розпізнавання та відстеження гравців під час відеотрансляцій футбольних матчів.

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

1. Проаналізувати сучасні методи комп’ютерного зору для розпізнавання об’єктів і відстеження рухомих цілей на відео.
2. Дослідити особливості існуючих алгоритмів відстеження та архітектур глибинних нейронних мереж для детекції об’єктів.
3. Розглянути особливості відеопотоків футбольних матчів та визначити їхній вплив на якість детекції.
4. Обрати архітектуру моделі для розпізнавання гравців на кадрах відео.
5. Реалізувати модуль відстеження гравців у динамічній сцені на основі поєднання алгоритмів детекції та трекінгу.
6. Провести експериментальні дослідження для оцінки точності розпізнавання та стійкості трекінгу.

Об’єкт дослідження – відеопотоки трансляцій футбольних матчів, які містять динамічні сцени з гравцями, що рухаються в умовах складного фону, часткових перекриттів, зміни масштабу та ракурсів.

Предмет дослідження – методи та алгоритми комп’ютерного зору для автоматичної детекції та відстеження гравців на відео, зокрема поєднання нейронної детекції об’єктів і алгоритмів трекінгу рухомих цілей, адаптовані до специфіки футбольних трансляцій.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено програмний модуль, що забезпечує можливість запуску на довільних відео- та зображеннях без залежності від інтерактивного середовища, що робить рішення придатним

для повторного використання, модифікації та інтеграції у більші програмні комплекси. Результати роботи можуть бути використані для автоматизації збору позиційних даних гравців, створення теплових мап переміщень, аналітики тактичних схем, розширених телевізійних титрів із прив'язкою до конкретних спортсменів, а також для підготовки даних у системах постматчевої аналітики.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків та переліку посилань. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 84 сторінок, в тому числі: 36 рисунків; 23 таблиці; 1 додаток на 9 сторінках; перелік посилань з 15 найменувань на 2 сторінках.