

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень

АВТОРЕФЕРАТ кваліфікаційної роботи

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерні науки та цифровий інтелект»
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

на тему **«Дослідження методів, моделей та інформаційних
технологій розпізнавання об'єктів роботоавтомобілем
при його русі»**

Здобувач



Юрій ЯКИМОВ

КРИВИЙ РІГ 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень.

Керівник:



Шматко Олександр Віталійович,
доцент, канд. техн. наук,
каф. ЦТПАР

Захист відбудеться 22 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні
екзаменаційної комісії (https://teams.microsoft.com/join/19%3ameeting_Yjk3NDk2YTMtNzFiMS00MmU5LWI4ZjctNzYyMTYyZDA0MzA0%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 19 січня 2024 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

З розвитком сучасних технологій тема розпізнавання об'єктів стає все більш актуальною. Розпізнавання об'єктів широко використовується в різних галузях промисловості, від особистої безпеки до підвищення продуктивності на робочому місці. Розпізнавання та виявлення об'єктів застосовується в багатьох областях комп'ютерного зору, включаючи пошук зображень, безпеку, нагляд, системи автоматичного керування транспортом та машинний огляд.

Розпізнавання об'єктів (англ. object detection) – це комп'ютерна технологія, пов'язана з комп'ютерним зором та обробкою зображень, яка має справу з виявленням примірників семантичних об'єктів певного класу (таких як люди, будівлі чи автомобілі) у цифрових зображеннях та відео. Ця технологія має здатність класифікувати один або декілька об'єктів на цифровому зображенні або відео одночасно.

Актуальною ця технологія є і при розробці безпілотних автомобілів. Щоб автомобіль міг вирішити, що робити на наступному кроці – прискоритися, натиснути на гальма або повернути – він повинен знати, де знаходяться всі об'єкти навколо автомобіля і які ці об'єкти (автомобілі, пішоходи, світлофори, дорожні знаки, велосипеди, мотоцикли та інше). Цю проблему дозволяє вирішити техніка розпізнавання образів.

Сучасний підхід до розпізнавання рухомих транспортних об'єктів полягає у використанні різних інтелектуальних технологій, заснованих на штучних нейронних мережах. Ці технології включають рекурентні та згорткові мережі, які дозволяють вирішувати широкий спектр задач. Завдяки цим інноваційним підходам, розпізнавання рухомих транспортних об'єктів стає більш точним та ефективним. Нейронні мережі (НМ) – це «це обчислювальні системи, натхнені біологічними нейронними мережами, що складають мозок тварин. Такі системи навчаються задач (поступально покращують свою продуктивність на них), розглядаючи приклади, загалом без спеціального програмування під задачу».

Розпізнавання транспортних об'єктів (transport object detection) на фото та відео відбувається на сьогодні за допомогою нейронних мереж та застосовується в безпілотному транспорті, відеоспостереженні, системах контролю стану на дорогах, системах «розумного дому» тощо. Також часто використовують системи розпізнавання автомобільних номерів, ідентифікації людини за зображенням особи, аналізу сцен з метою безпеки, технічного зору в робототехніці. Розпізнавання в транспортному потоці об'єктів, що

рухаються, є важливим етапом в обробці відеоматеріалу. Є кілька підходів, заснованих на різних методах, таких як віднімання фону, застосування ймовірнісних методів, використання НМ. Віднімання фону широко застосовують у процесі розв'язання завдань відеоспостереження.

Задача розпізнавання об'єктів під час руху безпілотними транспортними засобами є складною, оскільки вимагає точного та швидкого виявлення різних об'єктів у реальному часі. Для цього потрібні додаткові дослідження та розвиток нових методів, які забезпечать ефективну роботу автономних транспортних засобів у різних умовах.

Дослідження в галузі розпізнавання об'єктів має великий потенціал для розвитку та впровадження нових технологій у сфері автономної транспортної системи. Постійний прогрес у цій галузі допомагає зробити безпілотні транспортні засоби більш безпечними та ефективними для суспільства.

Отже, розпізнавання об'єктів є одним з головних компонентів автономного керування автомобілями. Ця технологія дозволяє автомобілю отримувати детальну інформацію про навколишнє середовище та приймати обґрунтовані рішення на основі цієї інформації. Використанням розпізнавання об'єктів дозволить створювати більш безпечні та ефективні системи автономного керування, які сприятимуть розвитку автономного управління та покращенню якості життя.

Об'єкт дослідження – системи розпізнавання об'єктів у роботизованих автомобілях.

Предмет дослідження: методи та засоби побудови систем розпізнавання рухомих об'єктів для управління роботизованим автомобілем.

Мета дослідження полягає у підвищенні точності розпізнавання рухомих об'єктів роботизованим автомобілем для точного визначення та прогнозування руху інших об'єктів на дорозі, безпечної та плавної їзди за рахунок дослідження методів та проєктування та розробки програмних компонентів для системи розпізнавання рухомих об'єктів.

Практична цінність: результати дослідження можуть бути використані для покращення систем автономного управління автомобілями, що забезпечить більшу безпеку та комфорт для пасажирів та інших учасників дорожнього руху. Розроблені методи та засоби також можуть бути використані в інших галузях, де потрібно розпізнавання рухомих об'єктів, наприклад, в медицині, промисловості, робототехніці та інших сферах, де важлива точність та швидкість розпізнавання.

Теоретична цінність: дослідження дозволить розширити знання про методи розпізнавання рухомих об'єктів та їх застосування в управлінні роботизованими автомобілями. Розробки в цій галузі

можуть стати основою для подальшого наукового дослідження та розвитку нових технологій. Результати дослідження можуть бути використані в навчальних цілях, під час викладання курсів зі штучного інтелекту, машинного навчання та автономних систем.

Апробація отриманих результатів:

Брав участь у VI Міжнародній науковій конференції «ТЕХНОЛОГІЇ, ІНСТРУМЕНТИ ТА СТРАТЕГІЇ РЕАЛІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ» 4 серпня 2023 року Дніпро. Міжнародний центр наукових досліджень.

Виступив з доповіддю на двадцять третій Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатики та моделювання ПІМ-2023» 20-22 вересня 2023 року Україна, м. Харків, НТУ «ХПІ».

Основні положення та результати доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти», 29 - 30 листопада 2023 року в ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

Структура та обсяг роботи.

Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків. Загальний обсяг роботи становить 125 сторінок, робота містить 47 рисунків, 13 таблиць. Список використаних джерел складається з 116 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі обґрунтовується актуальність теми дослідження, формулюється мета та завдання, об'єкт, предмет дослідження, розкривається практичне значення одержаних результатів дослідження, наводяться данні щодо їх апробації.

Робота направлена на розвиток та удосконалення систем розпізнавання об'єктів для роботоавтомобілів, які є ключовим елементом у сфері автономного керування. Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення безпеки на дорогах та підтримки ефективного автономного керування. Система розпізнавання об'єктів повинна точно аналізувати навколишнє середовище, надаючи критичну інформацію для безпечного ухилення від перешкод та об'єктів.

Для досягнення мети використовується ряд методів, включаючи аналіз нейронних мереж, програмування та моделювання. Особлива увага приділяється алгоритмам глибокого навчання, зокрема YOLOv5, через їх ефективність у виявленні рухомих об'єктів.

Розвиток системи розпізнавання об'єктів для роботоавтомобілів значно підвищує безпеку дорожнього руху та ефективність автономного керування. Інтеграція передових методів комп'ютерного зору та штучного інтелекту сприяє створенню більш надійних та інтелектуальних транспортних систем.

Чітке визначення вимог до системи, розробка збалансованої системної архітектури, а також створення деталізованих діаграм потоків даних і програмних компонентів забезпечують надійність та продуктивність кінцевого продукту. Цей процес підкреслює необхідність глибокого аналізу та стратегічного планування на всіх етапах розробки.

Важливою частиною проекту є економічна оцінка впровадження системи розпізнавання об'єктів. Аналіз включає оцінку вартості розробки, потенційних економічних переваг від зниження аварійності та поліпшення дорожнього руху.

Виконання економічної частини проекту з розробки програмного забезпечення охоплює ряд критично важливих аспектів, кожен з яких вносить свій внесок у загальний успіх та виправданість проекту. Починаючи з обґрунтування доцільності розробки ПЗ, важливо було проаналізувати ринкові потреби та визначити, як продукт може задовольнити ці потреби, пропонуючи унікальні рішення чи покращення у порівнянні з існуючими аналогами.

Аналіз конкурентоспроможності продукту виявив його сильні та слабкі сторони у порівнянні з існуючими рішеннями на ринку, допомагаючи визначити стратегії для підвищення його привабливості для потенційних користувачів.

Планування етапів розробки та виконання економічного аналізу проекту дозволило оцінити загальні витрати та ефективність розподілу ресурсів. Розрахунок проектних витрат на розробку ПЗ та витрат на його впровадження забезпечив чітке розуміння фінансової структури проекту.

Калькуляція витрат на альтернативні програмні рішення додала перспективи для оцінки цінності запропонованого ПЗ у порівнянні з іншими опціями на ринку. Розрахунок операційних витрат додатково підкреслив довгострокову вартість експлуатації та обслуговування ПЗ.

Розрахунок економічного ефекту від розробки програмного забезпечення та проектування бізнес-моделі за допомогою Lean Canvas дав повне уявлення про потенційну вигоду та стратегічне позиціонування продукту на ринку.

Розвиток автономних транспортних засобів вимагає високоточних систем розпізнавання об'єктів для адекватного сприйняття дорожнього середовища. YOLO, як один з передових методів в області комп'ютерного зору, пропонує швидке та ефективне рішення для цієї проблеми. Його здатність швидко обробляти

зображення в реальному часі робить його ідеальним для використання в автономних транспортних засобах.

Автономні транспортні засоби, інтегровані з цією технологією, значно краще "бачать" та "розуміють" оточення, знижуючи ризик аварій. Це особливо важливо для виявлення небезпечних ситуацій, таких як раптові перешкоди на дорозі або пішоходи, що несподівано з'являються на дорозі. Тестування та валідація цієї системи є ключовим аспектом її впровадження, щоб забезпечити надійність у різних дорожніх сценаріях.

Використання цього методу в системах автономного водіння відкриває нові можливості для збільшення безпеки на дорогах. Він не лише забезпечує точність в розпізнаванні об'єктів, але й необхідну швидкість обробки для адекватної реакції на динамічні зміни в дорожніх умовах. Майбутнє принесе подальший розвиток та вдосконалення цих технологій, роблячи автономне водіння ще безпечнішим та доступнішим.

Використання технології YOLO відкриває нові горизонти для забезпечення безпеки на дорогах. Це не лише забезпечує високу точність та швидкість обробки зображень, але й сприяє адекватній реакції на динамічні зміни в дорожніх умовах. Подальший розвиток та вдосконалення цих технологій зробить автономне водіння ще безпечнішим та доступнішим, відкриваючи нові можливості для транспортної індустрії майбутнього.

Створення вдосконаленої системи виявлення рухомих об'єктів для роботизованих автомобілів, яка демонструє вищу точність ідентифікації та адаптованість до широкого спектру умов навколишнього середовища. Особлива увага приділена оптимізації обробки візуальної інформації для зменшення часових затримок, що важливо для реального часу виявлення об'єктів. Впроваджено поліпшення алгоритмів аналізу зображень, що підвищують ефективність визначення траєкторій руху, тим самим збільшуючи безпеку на дорогах.

Створення ефективних систем розпізнавання об'єктів для автономних транспортних засобів є фундаментальною вимогою для забезпечення безпеки та надійності в умовах сучасного дорожнього руху. Розвиток та впровадження таких систем відіграє ключову роль у трансформації транспортної галузі, дозволяючи досягти нових рівнів автоматизації та інтелектуального управління.

Технології глибокого навчання забезпечують революційні можливості для ідентифікації та класифікації об'єктів в реальному часі з високою точністю. Інтеграція таких алгоритмів у системи автономних транспортних засобів дозволяє значно підвищити їхню здатність адаптуватися до складних умов дорожнього середовища та відповідно реагувати на несподівані перешкоди.

Розробка програмного забезпечення для таких систем вимагає комплексного підходу, що включає не лише технічні аспекти, але й глибокий аналіз ринкових потреб, конкурентних продуктів та потенційних ризиків. Створення високопродуктивних, надійних та адаптивних систем вимагає залучення передових методів проектування та розробки, а також тісної співпраці між розробниками, дослідниками та кінцевими користувачами.

У подальшому розвитку та вдосконаленні систем розпізнавання об'єктів для автономних транспортних засобів важливу роль відіграють інноваційні дослідження в області штучного інтелекту, машинного навчання та комп'ютерного зору. Активна взаємодія наукової спільноти, індустрії та урядових організацій стане ключем до успішного впровадження цих технологій в повсякденне життя, забезпечуючи безпеку, комфорт та ефективність майбутнього транспорту.

Подальший розвиток систем розпізнавання об'єктів для автономних транспортних засобів вимагатиме комплексного підходу до покращення технологій, збільшення інтеграції з іншими системами транспортного засобу та розширення областей застосування. Основним напрямком є вдосконалення алгоритмів машинного навчання, зокрема тих, що використовуються в глибокому навчанні, для підвищення точності та швидкості розпізнавання об'єктів. Важливу роль відіграє також багатосенсорна інтеграція, де дані з різних джерел, таких як лідари, радары, камери, ультразвукові датчики, об'єднуються для забезпечення більшої точності ідентифікації об'єктів.

Інтеграція систем розпізнавання об'єктів з системами активної та пасивної безпеки автомобілів, а також співпраця з інфраструктурою розумних міст, такою як світлофори та дорожні знаки, може значно підвищити безпеку та ефективність дорожнього руху. Також системи можуть бути адаптовані не лише для легкових автомобілів, а й для вантажних машин, міського транспорту та спеціалізованих транспортних засобів, розширюючи тим самим область їх застосування.

Розширення сфери застосування систем розпізнавання об'єктів включає також їх використання в неавтомобільних сферах, наприклад, у пілотуванні безпілотних літальних апаратів, робототехніці, автоматизації промислових процесів, що відкриває нові перспективи для розвитку цих технологій.

Паралельно з технічним розвитком, важливо враховувати етичні та правові аспекти використання автономних систем, забезпечуючи приватність, безпеку даних та чітке визначення відповідальності у випадку аварій. Розробка чітких правових рамок та етичних норм буде сприяти безпечному та відповідальному впровадженню цих технологій у повсякденне життя.

ВИСНОВКИ

Дослідження інтелектуальної системи виявлення об'єктів у реальному часі на базі YOLOv5 є значним кроком вперед у сфері комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Система, яка володіє передовими можливостями виявлення об'єктів, відкриває широкий спектр застосувань, включаючи безпеку, спостереження, автономні транспортні засоби, забезпечуючи високу точність, низьку затримку та масштабованість.

В роботі було ретельно вивчено необхідні функціональні та нефункціональні вимоги, а також системну архітектуру для ефективної роботи системи виявлення об'єктів. Наголошується на важливості забезпечення безпеки, зручності використання та конфіденційності даних.

Архітектура системи включає декілька ключових компонентів, таких як модулі введення, виявлення об'єктів, попередньої обробки, відстеження та генерації попереджень, а також забезпечує можливості інтеграції з існуючими робочими процесами.

З огляду на постійний розвиток технологій у галузі апаратного прискорення, алгоритмів глибокого навчання та комп'ютерного зору, очікується подальше покращення ефективності та точності систем виявлення об'єктів. Інтеграція нових технологій, таких як передові обчислення і мережі 5G, значно розширить можливості використання цих систем у різних сценаріях.

Ключовою метою дослідження було підвищення точності розпізнавання рухомих об'єктів роботизованим автомобілем для підвищення безпеки та ефективності руху на дорогах. Це передбачало виконання огляду існуючих методів і засобів розпізнавання, вивчення архітектур нейронних мереж, а також дослідження та вибір оптимальної моделі нейронної мережі для заданих цілей.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Якимов Ю. М Розпізнавання об'єктів при автоматичному керуванню транспортом / Ю. М. Якимов // Технології, інструменти та стратегії реалізації наукових досліджень: матеріали VI Міжнародної наукової конференції, м. Дніпро, 4 серпня, 2023р. / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2023.—119с.

2. Якимов Ю. М. Перспективи використання автономних вантажних транспортних засобів в гірничо-видобувній промисловості в умовах цифровізації та автоматизації / Ю. М. Якимов // Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ–2023) : тези 23-ї міжнар. наук.-техн. конф., Харків – Одеса, 20-22 вересня 2023 р. / наук. ред. В. Д. Дмитрієнко ; Нац. акад. наук України [та ін.]. – Харків : Контраст, 2023. – С. 119-120.

АНОТАЦІЯ

Якимов Ю.М. Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій розпізнавання об'єктів роботоавтомобілем при його русі. Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти – магістр за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, освітньо-професійна програма «Комп'ютерні науки та цифровий інтелект». – ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Мета дослідження полягає у підвищенні точності розпізнавання рухомих об'єктів роботизованим автомобілем для точного визначення та прогнозування руху інших об'єктів на дорозі, безпечної та плавної їзди за рахунок дослідження методів та проєктування та розробки програмних компонентів для системи розпізнавання рухомих об'єктів. Об'єкт дослідження – системи розпізнавання об'єктів у роботизованих автомобілях.

Предмет дослідження: методи та засоби побудови систем розпізнавання рухомих об'єктів для управління роботизованим автомобілем.

Метод дослідження – комплексний аналіз існуючих алгоритмів виявлення об'єктів, розробка та тренування моделей глибокого навчання на базі архітектури YOLO, експериментальна верифікація та порівняння ефективності різних моделей.

Робота включає аналіз існуючих досліджень, розробку програмних компонентів, тренування моделей глибокого навчання, аналіз роботи системи.

Магістерська робота присвячена розробці інтелектуальної системи виявлення рухомих об'єктів у реальному часі за допомогою алгоритмів YOLO, що є важливим елементом систем комп'ютерного зору для роботизованих автомобілів. Мета роботи полягає у підвищенні точності розпізнавання рухомих об'єктів для ефективного визначення та прогнозування їх траєкторій, що забезпечить підвищення безпеки дорожнього руху. Об'єктом дослідження виступають системи виявлення об'єктів у роботизованих автомобілях,

а предметом — методи та засоби побудови цих систем. У роботі розглядаються функціональні та нефункціональні вимоги до таких систем, а також аналізується системна архітектура, включаючи модулі введення, виявлення об'єктів та генерації попереджень. Розроблено програмні компоненти та проведено дослідження розробленої системи, показавши ефективність комбінованого використання алгоритмів для виявлення рухомих об'єктів у різних умовах.

Дослідження має значний практичний потенціал, оскільки його результати можуть бути застосовані для оптимізації систем автономного управління транспортними засобами, забезпечуючи високу точність та швидкість реагування, необхідні для безпеки дорожнього руху. Теоретична цінність роботи полягає в розвитку наукових підходів до побудови інтелектуальних систем виявлення об'єктів, що може послужити основою для подальших досліджень у цій області. Результати можуть бути використані при викладанні дисциплін, пов'язаних зі штучним інтелектом, машинним навчанням та робототехнікою.

Наукова новизна полягає у впровадженні удосконалень в алгоритми обробки зображень та в реалізації адаптивних методів для підвищення точності і швидкодії системи розпізнавання в різноманітних умовах дорожнього середовища.

Практичне значення отриманих результатів виявляється у можливості використання розробленої системи для підвищення рівня безпеки та оптимізації управління в автономних транспортних засобах.

Ключові слова: інтелектуальна система, YOLO, комп'ютерний зір, штучний інтелект, розпізнавання об'єктів, роботизований автомобіль, безпека дорожнього руху, нейронні мережі, системна архітектура, програмні компоненти.

ABSTRACT

Yakymov Yu.M. Researching methods, models and information technologies for object detection by a robotic vehicle in motion. Theses for a Master's degree in the specialty 122 Computer Science, Educational Programme "Computer Science and Digital Intelligence". – TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kryvyi Rih, 2024.

The goal of the research is to improve the accuracy of moving object recognition by an autonomous vehicle for precise determination and prediction of the movement of other objects on the road, ensuring safe and smooth driving through the study of methods, design, and development of software components for the moving object recognition system.

The object of study is object recognition systems in autonomous vehicles.

The subject of study: methods and tools for building moving object recognition systems for managing an autonomous vehicle.

Research method - a comprehensive analysis of existing object detection algorithms, development and training of deep learning models based on YOLO architecture, experimental verification, and comparison of the efficiency of different models.

The work includes an analysis of existing research, development of software components, training of deep learning models, and analysis of the system's operation.

The master's thesis is dedicated to the development of an intelligent real-time moving object detection system using YOLO algorithms, an important element of computer vision systems for autonomous vehicles. The goal of the work is to improve the accuracy of moving object recognition for effective determination and prediction of their trajectories, thereby enhancing road safety. The object of research is object detection systems in autonomous vehicles, and the subject is the methods and tools for building these systems. The thesis discusses the functional and non-functional requirements for such systems, as well as analyzes the system architecture, including input modules, object detection, and warning generation. Software components have been developed and research has been conducted on the developed system, showing the effectiveness of combined use of algorithms for detecting moving objects under various conditions.

The research has significant practical potential, as its results can be applied to optimize autonomous vehicle control systems, providing the high accuracy and response speed necessary for road safety. The theoretical value of the work lies in the development of scientific approaches to the construction of intelligent object detection systems, which can serve as a basis for further research in this area. The results can be used in teaching disciplines related to artificial intelligence, machine learning, and robotics.

The scientific novelty lies in the implementation of improvements in image processing algorithms and in the realization of adaptive methods to enhance the accuracy and speed of the recognition system in various road environment conditions.

The practical significance of the obtained results is evident in the possibility of using the developed system to increase the level of safety and optimize management in autonomous vehicles.

Key words: intelligent system, YOLO, computer vision, artificial intelligence, object recognition, autonomous vehicle, road safety, neural networks, system architecture, software components.