

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000366

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-01-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кушнір Дмитро Олександрович

2. Dmytro O. Kushnir

Кваліфікація: 123

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6623-3382

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 123

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерна інженерія

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерна інженерія

Дата захисту: 28-06-2023

Спеціальність за освітою: Комп'ютерні системи та мережі

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 1684

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 81.14.11.07, 28.23.15

Тема дисертації:

1. Методи та засоби пошуку та розпізнавання об'єктів у відеозображеннях на мобільній платформі в реальному часі
2. Methods and means of searching and recognizing objects in video images on the mobile platform in real-time.

Реферат:

1. Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі розроблення методів та засобів пошуку та розпізнавання об'єктів у відеозображеннях на мобільній платформі у реальному часі. У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційних досліджень, сформульовано мету дослідження та науково-технічні завдання, необхідні для її досягнення, показано зв'язок дослідження з науковими програмами та темами, наведено наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність та особистий внесок здобувача. Подано відомості про апробацію результатів роботи та особистий внесок автора та його публікації. У першому розділі проведено аналіз існуючих підходів до інтеграції систем пошуку та розпізнавання об'єктів, а саме різновиди та архітектурні особливості моделей розпізнавання, та алгоритмів відстежування довільного класу об'єктів. Результати аналізу показали що інтеграція таких систем вимагає застосування певного набору фільтрів, спеціалізованих функцій активації, та алгоритмів відстеження об'єктів. У ході аналізу, як базову нейронну мережу обрано сімейство моделей згорткових нейронних мереж

Yolo, як найбільш перспективну у галузі розпізнавання об'єктів. Додатково проведено аналіз існуючих мобільних систем для пошуку та розпізнавання об'єктів у реальному часі. Визначено, що великою проблематикою таких систем є відсутність ефективної платформи автоматичного тренування та інтеграції моделей у мобільну платформу. Також однією з проблем є підвищення ефективності роботи таких систем, оскільки вони переважно мають обмежені апаратні можливості. Як висновок до першого розділу, сформовано набір методів та засобів для вирішення проблеми пошуку та розпізнавання у відеозображеннях на мобільній платформі у реальному часі та сформульовано завдання дисертаційного дослідження. У другому розділі запропоновано метрики оцінювання результатів розпізнавання та відстеження об'єктів. Сформовано та описано загальну структуру моделі згорткової нейронної мережі YOLOv4 для мобільної платформи. Використано модифікований метод кластеризації об'єктів розпізнавання на базі k-середніх++ для формування якорів розпізнавання. Розроблено методи фільтрації результатів розпізнавання. Розроблено 3 алгоритми відстеження об'єктів: алгоритмічний, алгоритмічний з навчанням з підкріпленням та алгоритм оперативного відстеження на базі мінімізаційного фільтру IOU, з використанням Угорського алгоритму як функції збіжності. Розроблено методи мемоїзації об'єктів відстеження. Запропоновано метод квантизації вихідних вагових коефіцієнтів згорткової нейронної мережі методом афінних перетворень. У третьому розділі, згідно з запропонованими методами та засобами, розроблено алгоритми тренування моделі згорткової нейронної мережі, автоматичного анування вхідних зображень та конвертування моделі у CoreML формат для мобільної платформи. Згідно обраних засобів масштабування та контейнеризації Docker, побудована структура системи автономного анування, тренування та конвертації такої моделі. З даної структури можна виділити Docker контейнери для кожного модуля/сервіса, які використовують масштабовані апаратні можливості операційної системи. Описано взаємозалежності між кожним елементом такої системи. Запропоновано засіб інтеграції вбудованого модуля для відстеження рухомих об'єктів на мобільній платформі iOS. Інтеграція полягає у використанні бібліотеки JavaScriptCore для передачі даних між системою та модулем. У четвертому розділі представлено розроблену архітектуру систем на мобільній операційній системі iOS та операційній системі Ubuntu та обґрунтовано вибір компонент таких систем. Представлено результати аналізу та апробації системи. Отримані результати дослідження підтвердили ефективність алгоритмів пошуку та розпізнавання у реальному часі. Ключові слова: розпізнавання об'єктів, алгоритм відстеження об'єктів, фільтрація результатів розпізнавання, масштабоване середовище, функції активації, відеозображення, мобільна платформа, згорткова нейронна мережа, реальний масштаб часу, час пошуку об'єктів, час розпізнавання об'єктів, масштабована система Docker, сімейство моделей згорткових нейронних мереж Yolo, алгоритми кластеризації, Угорський алгоритм, афінні перетворення.

2. The Ph.D. thesis is devoted to solving the current scientific and technical problem of developing real-time methods to search and recognize objects in video images on a mobile platform. The introduction substantiates the relevance of the topic of dissertation research, formulates the purpose of the study and the scientific and technical tasks necessary to achieve it, shows the connection of the study with scientific programs and topics, provides the scientific novelty of the results obtained, their practical value and the personal contribution of the applicant. Information about the work results' testing and the author's personal contribution and publication are presented. The first section analyzes existing approaches to integrating search and object recognition systems, namely, varieties and architectural features of recognition models and algorithms for tracking an arbitrary class of objects. The analysis results showed that integrating such systems requires applying a particular set of filters, specialized activation functions, and object-tracking algorithms. During the analysis, the Yolo family of convolutional neural network models was chosen as the basic neural network, as the most promising in the field of object recognition. In addition, an analysis of existing mobile systems for searching and recognizing objects in real time was carried out. It was determined that a significant problem of such systems is the lack of an effective platform for automatic training and integrating models into the mobile platform. Also, one of the problems is increasing the efficiency of such systems since they mostly have limited hardware capabilities. As a conclusion to the first chapter, a set of methods and tools for solving the problem of search and recognition in video images on a mobile platform in real time was formed, and the task of the dissertation research was formulated. In the second section, metrics for

evaluating the results of object recognition and tracking were proposed. The general structure of the Yolov4 convolutional neural network model for the mobile platform is formed and described. A modified method of recognition object clustering based on k-means++ was used to create recognition anchors. Methods of filtering recognition results have been developed. Three object tracking algorithms have been developed: algorithmic, algorithmic with reinforcement learning, and an operational tracking algorithm based on the IOU minimization filter, using the Hungarian algorithm as a convergence function. Methods of memoization of tracking objects have been developed. Finally, a method of quantizing the output weight coefficients of a convolutional neural network by affine transformations is proposed. In the third chapter, according to the proposed methods and tools, algorithms for training the convolutional neural network model, automatic annotation of input images, and conversion of the model into CoreML format for the mobile platform are developed. According to the selected means of scaling and containerization of Docker, the structure of the system of autonomous annotation, training, and conversion of such a model was built. From this structure, Docker containers can be extracted for each module/service, which will offer scalable hardware capabilities of the operating system. The interdependence between each element of such a system is described. A means of integrating a built-in module for tracking moving objects on the iOS mobile platform is proposed. The integration takes place with the use of the JavaScriptCore library for data transfer between the system and the module.. The fourth chapter presents the developed system architecture of the iOS mobile operating system and the Ubuntu operating system and justifies the choice of components of such systems. The results of system analysis and testing are presented. The obtained research results confirmed the effectiveness of search and recognition algorithms in real time. Keywords: object recognition, object tracking algorithm, results filtering, scalable environment, activation functions, video images, mobile platform, convolutional neural network, real-time map, object search time, object recognition time, scalable Docker system, Yolo cluster of convolutional neural network models.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Kushnir D. Methods and means for small dynamic objects recognition and tracking // Computers, Materials & Continua. 2022. Vol. 73, iss. 2. P. 3649–3665.
- Paramud Y., Kushnir D. The algorithm of cyber-physical system targeting on a movable object using the smart sensor unit // Advances in Cyber-Physical Systems. 2020. Vol. 5, № 1. P. 16–22.
- Кушнір Д. О. Методи та засоби покращення точності розпізнавання об'єктів на мобільній платформі iOS в реальному часі // Комп'ютерні системи та мережі. 2021. Вип. 3, № 1. С. 80–88.
- Кушнір Д. О., Парамуд Я. С. Методи пошуку та розпізнавання об'єктів у відеозображеннях на мобільній платформі IOS в реальному часі // Комп'ютерні системи та мережі. 2019. Вип. 1, № 1. С. 24–34.
- Парамуд Я. С., Кушнір Д. О. Алгоритм оперативного наведення засобів вимірювально-керувального вузла кіберфізичної системи на рухомий об'єкт // Комп'ютерні системи та мережі. 2020. Вип. 2, № 1. С. 44–52.
- Kushnir D., Paramud Y. Model for real-time object searching and recognizing on mobile platform // Advanced trends in radioelectronics, telecommunications and computer engineering : proceedings of 15th International conference, February 25–29, 2020, Lviv, Slavske, Ukraine. 2020. P. 127–130.
- Paramud Y., Kushnir D., Ocherkevich O. Deep neural network model for text semantic analysis based on word embeddings // Advanced computer information technologies, ACIT'2021 : proceedings of the 11th International conference (Deggendorf, Germany, September 15–17, 2021). 2021. P. 718–721.

- Kushnir D., Vavruk E. Mobile system for text recognition and translation with using Microsoft Cognitive API // VIII Міжнародний молодіжний науковий форум "Litteris et Artibus" & 13-та Міжнародна конференція "Молоді вчені до викликів сучасної технології" : матеріали, 22–24 листопада, 2018, Львів, Україна. 2018. С. 81–84
- Ваврук Є. Я., Кушнір Д. О. Система розпізнавання та перекладу текстової інформації в мобільних додатках з використанням бібліотеки Microsoft Cognitive OCR // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Комп'ютерні системи та мережі. 2018. № 905. С. 33–41.
- Impact of optical illumination on transmission of subterahertz electromagnetic waves by Bi12GeO20 crystals / N. Andrushchak, D. Vynnyk, M. Melnyk, P. Bajurko, J. Sobolewski, V. Haiduchok, D. Kushnir, A. Andrushchak, Y. Yashchyshyn // Acta Physica Polonica A. 2022. Vol. 141, № 4 : Proceedings of the International conference on oxide materials for electronic engineering (OMEE 2021) September 28 – October 2, 2021. P. 415–419.
- Kushnir D., Paramud Y., Borak T. Microprocessor subsystem of the smart house to control the multichannel irrigation of the room plants // Advances in Cyber-Physical Systems. 2022. Vol. 7, № 1. P. 1–7.

Наукова (науково-технічна) продукція: програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0119U100609

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Парамуд Ярослав Степанович
2. Yaroslav S. Paramud

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.13.13

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Савенко Олег Станіславович

2. Oleh S. Savenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Хмельницький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071234

Місцезнаходження: вул. Інститутська, буд. 11, Хмельницький, Хмельницький р-н., 29016, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Возна Наталія Ярославівна

2. Nataliia Y. Vozna

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8856-1720

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Західноукраїнський національний університет

Код за ЄДРПОУ: 33680120

Місцезнаходження: вул. Львівська, буд. 11, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46009, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Наконечний Адріан Йосифович

2. Adrian J. Nakonechny

Кваліфікація: д.т.н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Івахів Орест Васильович

2. Orest V. Ivakhiv

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.11.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Мельник Анатолій Олексійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Мельник Анатолій Олексійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Гонсьор Оксана Йосипівна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна