

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001527

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 12-04-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кузьміч Михайло Юрійович

2. Mykhailo Y. Kuzmich

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: ні

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: 05-04-2024

Спеціальність за освітою: 123 Комп'ютерна інженерія

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 26.861.016

**Повне найменування юридичної особи:** Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 38855349

**Місцезнаходження:** вул. Солом'янська, буд. 7, Київ, 03110, 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:** Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 38855349

**Місцезнаходження:** вул. Солом'янська, буд. 7, Київ, 03110, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 20.23.25, 28.23.29, 20.54.07

**Тема дисертації:**

1. Методика побудови та використання моделей машинного навчання на базі Kubernetes та Kubeflow для мобільних агентів.
2. Methodology for building and using Machine Learning models based on Kubernetes and Kubeflow for mobile agents.

**Реферат:**

1. Дисертація присвячена розв'язанню актуального науково-технічного завдання розроблення методики побудови та використання моделей машинного навчання (МН, Machine Learning) для мобільних агентів, якими виступають безпілотні літальні апарати (БПЛА), за допомогою автоматизованого конвеєра на основі Kubeflow із використанням кращих практик концепції МН та процесів MLOps (Machine Learning and Operation). Розроблена стратегія використання цих моделей для мобільних агентів із використанням Mesh-мереж, що є частиною описаного конвеєру. Розвиток сучасних інформаційних технологій як науки про дані, аналітика даних і МН стають одними із головних інструментів для розв'язання складних прикладних задач у різних сферах діяльності. МН є одним із методів функціонування штучного інтелекту (ШІ), зокрема

практичної реалізації його можливостей шляхом створення алгоритмів для виявлення закономірностей під час аналізу великих даних, та їх подальше використання для самонавчання. Особливо це питання є актуальним в умовах дослідження війни БпЛА за допомогою ШІ як варіанту надання військовим тактичної переваги над противником та зменшення ризику для людських життів. Використовуючи МН з алгоритмами ШІ, БпЛА можуть швидко ідентифікувати загрози, реагувати на них, вести спостереження та розвідку. Зважаючи на зазначене, проведення досліджень щодо розробки нового методу із застосуванням інтегрованих МН і ШІ в керування тактикою бою БпЛА, стійкого до радіоелектронних перешкод на сьогодні є актуальним завданням. Для досягнення поставленої в роботі мети потрібно вирішити наступні окремі завдання дослідження: 1. Проаналізувати сучасний стан розвитку МН і ШІ з можливістю їх застосування в БпЛА. 2. Дослідити можливості використання сучасних MLOps рішень для покращення процесів розробки інформаційних систем МН в розрізі інструментів Kubeflow. 3. Розробити модель побудови та застосування МН із можливістю постійного донавчання, що досягається високим рівнем інтеграції та автоматизації конвеєру із використанням компонентів Kubeflow і платформи Kubernetes. 4. Експериментально перевірити результати експлуатації моделі в арсеналі Kubeflow із використанням таких факторів покращення як швидкість розробки, імплементації змін, зменшення часу на пошук проблем, відновлення після глобальних перебоїв, зменшення кількості помилок в моделі. 5. Розробити архітектурну концепцію системи на базі дистрибутива Kubernetes k3s з використанням моделі машинного навчання в парадигмі граничних обчислень (Edge computing) для мобільних агентів із використанням mesh-мереж. 6. Провести оцінку ефективності використання бездротової Mesh-мережі для підвищення функціональної стійкості розподіленої інформаційної системи БпЛА. Наукова новизна одержаних результатів. У процесі теоретичних і експериментальних досліджень та моделювання одержано наступні нові наукові результати: 1. Вперше сформовано концепцію повноцінного інформаційного рішення на базі конвеєру неперервної інтеграції із можливістю постійного донавчання, високого рівня інтеграції та автоматизації з використанням компонентів Kubeflow і платформи Kubernetes, що дозволяє покращити кількісну та якісну складові експериментів, зменшити час, затрачений на його підготовку, та мінімізувати помилки, спричинені людським фактором. 2. Вперше спроектовано архітектурну концепцію системи на базі дистрибутива Kubernetes k3s, що дозволяє ефективно використовувати моделі МН в парадигмі граничних обчислень (Edge Computing) із використанням Mesh-мереж для мобільних агентів (БпЛА), що формують собою функціонально стійку розподілену інформаційну систему. 3. Удосконалено модель підвищення функціональної стійкості розподіленої інформаційної системи БпЛА з використанням бездротової Mesh-мережі передачі даних, що дозволить протистояти радіоелектронним та іншим перешкодам і працювати в автономному або напів-автономному режимі. Практичне значення одержаних результатів у галузі розробки та створення ефективних методів побудови та використання моделей МН для БпЛА полягає в наступному: 1. Запропоновані архітектурні рішення інформаційних систем та метод можуть бути використані дослідно-конструкторськими організаціями та державними структурами Збройних сил України для реалізації концепції “Аналітична система підтримки прийняття рішень для БпЛА”, що показано через функціональні моделі процесів (AS, TO-BE, SHOULD-BE). 2. Сучасні MLOps рішень на базі інструментів Kubeflow для створення та використання навчальних моделей МН впроваджено в дисципліну “Системи підтримки прийняття рішень”. Високий рівень автоматизації та інтеграції компонентів дозволяє створити та запустити тестову модель за відносно короткий час, але без зниження якості її роботи та надійності. Ключові слова: розподілені інформаційні системи, машинне навчання, штучний інтелект, мобільні агенти, Mesh-мережі, безпілотний літальний апарат, MLOps, Kuberenetes, Kubeflow, граничні обчислення.

2. The dissertation is devoted to the solution of the current scientific and technical task of developing a methodology for building and using machine learning (ML) models for mobile agents that act as unmanned aerial vehicles (UAVs), using an automated pipeline based on Kubeflow using the best practices of the ML concept and MLOps (Machine Learning and Operation) processes. A strategy for using these models for mobile agents using Mesh networks, which is part of the described pipeline, is developed. The development of modern information technologies as data science, data analytics and ML are becoming one of the main tools for solving complex

applied problems in various spheres of activity. ML is one of the methods of Artificial Intelligence (AI), in particular, the practical implementation of its capabilities by creating algorithms for identifying patterns during the analysis of big data, and their further use for self-learning. This issue is especially relevant in the context of the study of UAV warfare with the help of AI as an option for giving the military a tactical advantage over the enemy and reducing the risk to human lives. Using ML with AI algorithms, UAVs can quickly identify threats, respond to them, conduct surveillance and reconnaissance. Considering the above, conducting research on the development of a new method with the use of integrated ML and AI in controlling the combat tactics of UAVs that is resistant to radio-electronic interference is currently an urgent task. To achieve the goal set in the work, it is necessary to solve the following separate research tasks: 1. to analyze the current state of development of ML and AI with the possibility of their application in UAVs. 2. investigate the possibilities of using modern MLOps solutions to improve the development processes of information systems of the ML in the context of Kubeflow tools. 3. develop a model for building and applying ML with the possibility of continuous training, which is achieved by a high level of integration and automation of the pipeline using Kubeflow components and the Kubernetes platform. 4. Experimentally check the results of operating the model in the Kubeflow arsenal using such improvement factors as speed of development, implementation of changes, reduction of time to search for problems, recovery after global interruptions, reduction of the number of errors in the model. 5. Develop an architectural concept of the system based on the Kubernetes k3s distribution using a machine learning model in the edge computing paradigm for mobile agents using mesh networks. 6. to evaluate the effectiveness of using a wireless Mesh network to increase the functional stability of the distributed information system of the of the UAV. Scientific novelty of the obtained results. In the process of theoretical and experimental research and modeling, the following new scientific results were obtained: 1. The concept of a full-fledged information solution based on a continuous integration pipeline with the possibility of continuous training, a high level of integration and automation using Kubeflow components and the Kubernetes platform was formed, which allows to improve the quantitative and qualitative components of experiments, reduce the time spent on its preparation, and minimize errors caused by the human factor. 2. The architectural concept of the system based on the Kubernetes k3s distribution was designed, which allows the effective use of ML models in the paradigm of edge computing (Edge Computing) with the use of Mesh-networks for mobile agents (UAVs), which form a functionally stable distributed information system. 3. The model for increasing the functional stability of the distributed information system of UAVs using a wireless Mesh-network of data transmission has been improved, which will allow to resist radio-electronic and other interferences and work in autonomous or semi-autonomous mode. The practical significance of the obtained results in the field of development and creation of effective methods of building and using ML models for UAVs is as follows: 1. The proposed architectural solutions of information systems and the method can be used by research and development organizations and state structures of the Armed Forces of Ukraine to implement the concept "Analytical decision support system for UAVs", which is shown through functional process models (AS, TO-BE and SHOULD- BE). 2. Modern MLOps solutions based on Kubeflow tools for the creation and use of educational models of ML are implemented in the discipline "Decision support systems". A high level of automation and integration of components allows you to create and run a test model in a relatively short time, but without reducing the quality of its work and reliability. Key words: distributed information systems, machine learning, artificial intelligence, mobile agents, Mesh networks, unmanned aerial vehicle, MLOps, Kubernetes, Kubeflow, Edge Computing

**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:** Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

## Публікації:

- Mykhailo Kuzmich and Tetyana Gordiyenko. Application of Kubeflow as a universal approach for the development and implementation of artificial intelligence systems. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2023, Vol. 18, №20, pp. 2311-2320 (Scopus)
- Кузьміч М. Ю., Гордієнко Т. Б. Упровадження KUBEFLOW MLOPS у розподілені інформаційні системи мобільних агентів із підвищеною функціональною стійкістю. Зв'язок, №6 (166), 2023, С.28–32.
- Кузьміч М. Ю., Гордієнко Т. Б. Імплементация та автоматизация розгортання WebRTC застосунків в Cloud Native оточенні. Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2021. – Вип. 3 (72). – С. 54–62
- Кузьміч М. Ю., Гордієнко Т. Б. Застосування інструменту kubeflow для інтеграції машинного навчання і штучного інтелекту в безпілотних літальних апаратах Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2023., Вип. 3 (80). – С. 65–78.

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

**Соціально-економічна спрямованість:** підвищення продуктивності праці; підвищення автоматизації виробничих процесів

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:**

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Нафеев Ровил Касимович
2. Rovil Nafieiev

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., 01.04.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2721-9718

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 38855349

**Місцезнаходження:** вул. Солом'янська, буд. 7, Київ, 03110, 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. Мухін Вадим Євгенійович

2. Vadym Mukhin

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1206-9131

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Завгородній Валерій Вікторович

2. Valerii Zavgorodnii

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.13.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-8347-7183

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний університет інфраструктури та технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 41330257

**Місцезнаходження:** вул. Кирилівська, буд. 9, Київ, 04071, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Зінченко Ольга Валеріївна

2. Olha Zinchenko

**Кваліфікація:** д. т. н., доц., 05.13.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3973-7814

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 38855349

**Місцезнаходження:** вул. Солом'янська, буд. 7, Київ, 03110, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Звенігородський Олександр Сергійович

2. Olexsander Zvenigorodsky

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.13.23

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0009-0008-6235-1638

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 38855349

**Місцезнаходження:** вул. Солом'янська, буд. 7, Київ, 03110, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

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

Жебка Вікторія Вікторівна

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

Жебка Вікторія Вікторівна

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Вишнівський В.В.

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна