

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001008

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 26-03-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/43/25 від 03.06.2025



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Альперт Максим Іоганович

2. Maksym I. Alpert

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8938-1473

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 126

Назва наукової спеціальності: Інформаційні системи та технології

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Інформаційні системи та технології

Дата захисту: 14-05-2025

Спеціальність за освітою: Інженерія програмного забезпечення

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): PhD 8144

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:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

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:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.37, 28.29.05, 20.54.03

Тема дисертації:

1. Інформаційна технологія керування безпілотними апаратами на базі ігрового підходу та нейронних мереж
2. Information technology for controlling unmanned vehicles based on a game approach and neural networks

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена розробці методів керування безпілотними апаратами та їх взаємодії, що дозволяють підвищити успішність пошуково-рятувальних операцій та доставки життєво-необхідних вантажів у важкодоступні місця, в умовах обмеженості ресурсів. Тому існує потреба у створенні нової інформаційної технології взаємодії безпілотних апаратів (БПА) різних типів (наземного та літального) із застосуванням нейронних мереж в умовах ризику та невизначеності, реалізація якої запропонована на базі ігрового підходу, а також у злагодженому функціонуванні програмно-технічного комплексу. У першому розділі висвітлено стислий огляд сучасного стану розвитку інформаційних технологій, їх всебічне застосування в різних галузях: виробництві, сільському господарстві, науці, освіті, зв'язку та управлінні. Надано огляд сучасних прикладних ігрових методів, побудованих на базі апарату теорії ігор, з використанням яких вже отримана низка перспективних результатів та проаналізовані останні наукові та

практичні дослідження в цій галузі. Розглянуто різні типи нейронних мереж, їх застосування у різноманітних сферах життя. Також розглянуто використання нейронних мереж у поєднанні з навчанням з підкріпленням, що дозволяє приймати оптимальні рішення керування у системі. У другому розділі виконаного наукового дослідження здійснено огляд, порівняння, аналіз існуючих методів, надано обґрунтування обрання апарату дослідження, який застосовано в процесі проектування інформаційної технології керування безпілотними апаратами (БПА); отримано нові математичні моделі та розроблена архітектура інформаційної системи. В результаті проведення дисертаційного дослідження отримано дві математичні моделі. 1. Побудовано комбіновану централізовано-кооперативну математичну ігрову модель керування БПА в процесі наукового дослідження. Практичне застосування комбінованої централізовано-кооперативної математичної ігрової моделі дозволить при виконанні місії обрати ігровий підхід; обрати централізовано-кооперативний метод керування БПА; визначитися з вибором найбільш підходящих технічних характеристик коаліції БПЛА та БПНА. 2. Розроблена оптимізаційна ігрова математична модель керування безпілотними апаратами із застосуванням нейронних мереж в умовах ризику та невизначеності. В науковому дослідженні розглядаються обидві ситуації, які виникають при моделюванні керування БПЛА та БПНА: ризик появи небажаного явища, зокрема весняного/осіннього бездоріжжя; раптова поява перешкоди (ями) в процесі виконання місії (невизначеності). Визначена функція розподілу ймовірностей для кожного i -го ребра з використанням метеорологічних даних за визначений період. Результат застосування першої частини оптимізаційної ігрової математичної моделі – отримання шляху з виключеними проблемними ребрами (ділянками шляху). Друга частина моделі вирішує проблему подолання раптової перешкоди (невизначеності) на шляху в процесі виконання місії. Запропоновано вирішувати цю проблему за допомогою можливостей нейронних мереж та навчання з підкріпленням. У третьому розділі проведено порівняльний аналіз відомих симуляторів, які необхідні для проведення практичних експериментів. Розглянуто найпоширеніші симулятори (Ardupilot, PX4, ROS, Gazebo, Microsoft AirSim), а також проаналізовані їхні переваги та недоліки. В науковому дослідженні запропоновано такі модифікації симулятора Microsoft AirSim: прибрано центральний контролер та окремий обчислювальний мікрокомп'ютер; додано нові фізичні контролери; додано блок вбудованих алгоритмів; налагоджено взаємодію вбудованих алгоритмів з API Layer. Для проведення експериментів наукового дослідження використано два типи БПА (наземний та літальний), які вбудовані у Microsoft AirSim. Для проведення експериментів з виявлення великих статичних та раптових перешкод обрано комбіновану згорткову нейронну мережу, яка поєднує швидкість розпізнавання MobileNet, точність виявлення об'єктів за допомогою SSD та переваги трансферного навчання. Проведені експерименти склалися з навчання згорткової нейронної мережі розпізнавати великі статичні перешкоди за допомогою трансферного навчання. Застосоване навчання з підкріпленням в науковому дослідженні надало можливість успішно подолати великі статичні та раптові перешкоди наземним БПА. У четвертому розділі дисертаційного дослідження багато уваги приділено питанню обробки та збереження даних стосовно керування безпілотними апаратами. На основі одержаних в результаті дослідження алгоритмів розроблено програмне забезпечення і проведено комп'ютерне моделювання різних можливих ситуацій. Запропоновані методи і алгоритми можуть стати основою для керування взаємодією безпілотних апаратів.

2. The dissertation is devoted to the development of methods for controlling unmanned vehicles and their interaction that allow to increase the success of search and rescue operations and the delivery of vital cargo to hard-to-reach places in conditions of limited resources. That is why there is a need to create a new information technology for the interaction of unmanned vehicles of various types (ground and aerial) using neural networks in conditions of risk and uncertainty. The implementation is proposed on the basis of a game approach and neural networks, as well as the coordinated functioning of the software and hardware complex. The first chapter provides a brief overview of the current state of information technology development, their comprehensive application in various industries: production, agriculture, science, education, communications and management. An overview of modern applied gaming methods is provided which are built on the basis of the apparatus of game theory. A number of promising results have already been obtained and the latest scientific and practical research is analyzed in this area. Different types of neural networks and their application are considered in various spheres of life. It is

also considered the use of neural networks in combination with reinforcement learning, which allows making optimal control decisions in the system. The second chapter of the scientific research provides a comparison and analysis of existing methods. A justification was provided for the choice of the research apparatus that was applied in the process of designing information technology for controlling unmanned vehicles. New mathematical models were obtained and the architecture of the information system was determined. Two mathematical models were obtained as a result of the dissertation research. 1. A combined centralized-cooperative mathematical game model of UV control was built in the process of scientific research. The approaches and apparatus of the game method were used in the process of creating this model. The general payoff function determines the main goal of the game - successful completion of the mission from its beginning to the end. The result of the modeling is finding the maximum of the general payoff function. 2. An optimization game mathematical model of controlling unmanned vehicles using neural networks in conditions of risk and uncertainty has been developed. The scientific study considers both situations that arise when modeling UAV and UGV control: the risk of the appearance an undesirable phenomenon. For example, it can be spring/autumn off-road conditions and/or the sudden appearance of an obstacle (pit) during the mission (uncertainty). The probability distribution function for each i-th edge is determined using meteorological data for a certain period. The first part of the optimization game mathematical model is obtaining a path with excluded problematic edges (path sections). The second part of the model solves the problem of overcoming a sudden obstacle (uncertainty) on the path during the mission. It is proposed to solve this problem using the capabilities of neural networks and reinforcement learning. The third chapter provides a comparative analysis of known simulators that are necessary for conducting practical experiments. The most common simulators are overviewed (Ardupilot, PX4, ROS, Gazebo, Microsoft AirSim). Their advantages and disadvantages are analyzed. The scientific study proposed the following modifications of the Microsoft AirSim simulator: the central controller and a separate computing microcomputer are removed; new physical controllers are added; a block of built-in algorithms is added; the interaction of built-in algorithms with the API Layer is established. Two types of UV (ground and aerial) are used for the scientific study experiments Both of them are built into Microsoft AirSim. A combined convolutional neural network was selected for the experiments on detecting large static and sudden obstacles. It combines the recognition speed of MobileNet, the accuracy of object detection using SSD and the advantages of transfer learning. The experiments conducted consisted of training the convolutional neural network to recognize large static obstacles using transfer learning. The applied reinforcement learning in the scientific study has made it possible to successfully overcome large static and sudden obstacles by UGV. The fourth chapter pays attention to the issue of processing and storing data related to the control of unmanned vehicles. Software was developed and computer modeling of various possible situations was carried out based on the algorithms obtained as a result of the research. The proposed methods and algorithms can become the basis for controlling the interaction of unmanned vehicles.

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:

- Alpert M. (2024). Using Game Theory to Improve Drone Operations. In Control Systems and Computers (Vol. 1, pp. 57-61). ISSN 2706-8145
- Альперт М.І., Онищенко В.В. (2023). Пошук найкращого алгоритму найкоротшого шляху для розумної валізи. Управління розвитком складних систем (Вип. 55, с. 92-97). ISSN 2219-5300
- Alpert, M., Onyshchenko, V. (2022). Recognition of Potholes with Neural Network Using Unmanned Ground Vehicles. In: Hu, Z., Dychka, I., Petoukhov, S., He, M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and

Education. ICCSEEA 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 134. Springer, Cham. ISSN 2367-4520

- Літвінова Н., Альперт М., Погульський А. (2021). Підвищення ефективності обміну даними сутностей у реляційному представленні та їх обробки. Технічні науки та технології (Вип. 1(23), с. 81–86). ISSN 2411-5363

Наукова (науково-технічна) продукція: інформаційна технологія

Соціально-економічна спрямованість: підвищення ефективності виконання пошуково-рятувальних операцій та доставки вантажів безпілотними апаратами з пункту відправки до місця призначення шляхом розробки нової інформаційної технології керування безпілотними апаратами та їх взаємодії в умовах ризику та невизначеності, а також у злагодженому функціонуванні запропонованого програмно-технічного комплексу

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0124U002078

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Онищенко Вікторія Валеріївна
2. Viktoriia V. Onyshchenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3126-2260

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:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шевченко Віктор Леонідович
2. Shevchenko Viktor L.

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут програмних систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540149

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, корп. 5, Київ, 03187, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бондарчук Андрій Петрович

2. Andrii P. Bondarchuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5124-5102

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:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шимкович Володимир Миколайович

2. Volodymyr M. Shymkovych

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4014-2786

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:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гавриленко Олена Валеріївна

2. Olena V. Gavrilenko

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.02.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0413-6274

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:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

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

Ролік Олександр Іванович

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

Ролік Олександр Іванович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Альперт Максим Іоганович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна