Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001678

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 13-05-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Титаренко Андрій Миколайович
2. Andrii M. Tytarenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8265-642X

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 124

Назва наукової спеціальності: Системний аналіз

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Системний аналіз

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: Системний аналіз

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 8714

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

Сектор науки: Університетський

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

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 27.47, 28.23

Тема дисертації:

1. Глибоке навчання з підкріпленням для задач роботизованого догляду
2. Deep reinforcement learning for caregiving robotics

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена розробці та дослідженню алгоритмів керування на основі глибокого навчання з підкріпленням та імітації для задач автоматизованого догляду. Проблематика, що лежить в основі дослідження, є надзвичайно актуальною з огляду на глобальні демографічні зміни, які проявляються у старінні населення та нестачі людських ресурсів для забезпечення повноцінного догляду за пацієнтами. Метою дослідження є створення алгоритмів, здатних керувати роботизованими системами для задач догляду, забезпечуючи при цьому високу адаптивність, безпеку та ефективність у непередбачуваних умовах. Дисертація складається із семи розділів, у яких детально розглянуто як теоретичні основи методів глибокого

навчання з підкріпленням, так і практичні аспекти їх реалізації для систем роботизованого догляду. У першому розділі розглянуто загальні проблеми роботизованого догляду в контексті глобальних демографічних змін та сучасних викликів. Особлива увага приділена потребам України, де війна значно збільшила кількість людей, які потребують тривалого догляду та реабілітації. Визначено ключові технічні та соціальні перешкоди для впровадження автоматизованих систем, серед яких висока вартість, технічна складність та необхідність забезпечення безпеки під час фізичної взаємодії з пацієнтами. Другий розділ зосереджено на розробці стратегій керування, що забезпечують робастність та стійкість роботизованих систем. Запропоновано нові методи на основі дифузійних стратегій та алгоритмів навчання з підкріпленням, що дозволяють зменшити ризики виникнення помилок у поведінці робота. Значну увагу приділено розробці підходів для оптимізації цільових функцій, що дозволяють системам ефективно виконувати завдання навіть в умовах обмеженої кількості навчальних даних. У третьому розділі досліджено методи навчання візуальних нейромережевих стратегій для керування системами догляду. Проблема полягала у необхідності обробки неповних або неточних даних сенсорів, що характерно для реальних умов експлуатації роботів. Запропоновано архітектуру нейронної мережі, яка забезпечує стабільне керування на основі візуальної інформації без привілейованих даних. Результати симуляцій у системах Assistive Gym показали високу ефективність запропонованих стратегій. Четвертий розділ присвячено розробці методів раннього виявлення аномальної поведінки нейромережевих стратегій для підвищення безпеки систем догляду. Основні способи оцінки ризику або аномальності стратегії включають ансамблі прогнозних моделей. В розділі спочатку досліджуються моделі такого типу, їх варіації та модифікації. Далі виводиться метод, який використовує нормалізуючі потоки для моделювання очікуваної поведінки системи та ідентифікації відхилень у реальному часі. Він базується на існуючому методі виявлення аномалій в часових рядах, здатному оцінювати аномальність ряду тільки маючи повний часовий ряд, але при цьому дозволяє виявляти аномалії в реальному часу якомога раніше. У п’ятому розділі в фокусі опиняється клас методів вивчення керованого середовища. Загалом такі методи дозволяють знизити розмірність простору станів середовища таким чином, щоб отриманий прихований простір станів мав динаміку, яка є гладкою або локально-лінійною. Застосування подібних методів до задачі автоматизованого догляду дозволило б підвищити інтерпретованість стратегій, а відповідно і збільшити безпечність системи. Шостий розділ зосереджено на проблемах кодування дій та оптимізації представлень для керування системами догляду. Запропоновано підходи на основі узгодженості з кодуванням дій, що дозволяють стабілізувати поведінку системи та забезпечити робастне керування навіть у динамічних середовищах із складними просторами дій. Сьомий розділ присвячений розробці цілісної багатокомпонентної системи керування для задач роботизованого догляду на базі нейромережевих стратегій. Спочатку запропоновано і реалізовано фізичну систему керування для задач годування з використанням методів навчання імітацією. Отримана система підтримки прийняття рішень є наскрізною, тобто такою в якій керування реалізується нейронною мережею за сенсорними сигналами та виходами інших нейронних мереж. Це знижує вартість системи зменшуючи залежність від дорогих компонент. Були досліджені показники успішності порівнюваних алгоритмів, а також точність системи раннього виявлення аномалій при різних порогових значеннях. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованих методів для створення ефективних та доступних систем роботизованого догляду, що можуть застосовуватись у реабілітаційних центрах, медичних закладах та для домашнього догляду. Впровадження таких систем дозволить значно зменшити навантаження на медичний персонал та забезпечити якісний догляд за пацієнтами. Фізична реалізація запропонованої системи також була розроблена за результатами досліджень в рамках роботи.

2. The dissertation is dedicated to the development and study of control algorithms based on deep reinforcement learning and imitation learning for automated care tasks. The underlying research problem is highly relevant given global demographic changes, characterized by an aging population and a shortage of human resources to ensure comprehensive patient care. The aim of the research is to create algorithms capable of controlling robotic systems for care tasks while ensuring high adaptability, safety, and efficiency in unpredictable conditions. The thesis consists of seven chapters, which detail both the theoretical foundations of the methods and the practical aspects

of their implementation for robotic care systems. In the first chapter, general issues of robotic care are considered in the context of global demographic changes and modern challenges. Particular attention is given to the needs of Ukraine, where the war has significantly increased the number of people requiring long-term care and rehabilitation. Key technical and social barriers to implementing automated systems, such as high costs, technical complexity, and the need to ensure safety during physical interaction with patients, are identified. The second chapter focuses on the development of neural network policies that ensure robustness and stability of robotic systems. New methods based on diffusion policies and reinforcement learning algorithms are proposed to reduce the risks of errors in robot behavior. Significant attention is paid to developing approaches for optimizing objective functions, enabling systems to efficiently perform tasks even with a limited amount of training data. The third chapter explores methods for training vision-based neural policies for managing care systems. The challenge was to process incomplete or inaccurate sensor data, which is characteristic of real-world robot operation conditions. A neural network architecture is proposed to ensure stable control based on visual information without privileged data. Simulation results in Assistive Gym systems demonstrated the high efficiency of the trained policies. The fourth chapter is dedicated to the development of methods for early detection of abnormal behavior in neural policies to enhance the safety of care systems. The main ways of risk estimation in policies include ensembles of predictive models. The chapter begins by exploring such models, their variations, and modifications. The fifth chapter focuses on the class of methods for learning controllable environments (LCE). These methods generally reduce the dimensionality of the environment's state space so that the resulting latent state space exhibits smooth or locally linear dynamics. The sixth chapter focuses on action encoding problems and representation optimization for managing care systems. Approaches based on action encoding consistency are proposed to stabilize system behavior and ensure robust control, even in dynamic environments with complex action spaces. The seventh chapter is dedicated to developing a comprehensive multi-component control system for robotic care tasks based on neural policies. A physical feeding control system using imitation learning methods was first proposed and implemented. Mechanisms for trajectory smoothing and behavior correction were introduced for task adaptation. The resulting decision support system is end-to-end, where control is implemented by a neural network using sensor signals and outputs from other neural networks. This reduces system cost by minimizing dependency on expensive components (precision actuators, lidars, multiple cameras) and demonstrates safety capabilities in unpredictable environments involving patients and robots. All these capabilities were assessed in an empirical study, where the method is applied to both simulated assistive feeding and arm manipulation tasks, and a physical assistive feeding system. Success rates of the compared algorithms are studied along with the accuracy of the early anomaly detection system with different thresholds. The practical significance of the obtained results lies in the ability to use the proposed methods to create efficient and accessible robotic care systems for rehabilitation centers, medical institutions, and home care. Implementing such systems will significantly reduce the burden on medical personnel and ensure high-quality patient care. An actual physical implementation of the proposed system has also been developed using the results of the research of the dissertation.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

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

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Tytarenko, Andrii. "Multi-step prediction in linearized latent state spaces for representation learning." System research and information technologies 3 (2022): 139-148. DOI: https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2022.3.09
- Tytarenko, Andrii. "Action Encoding in Algorithms for Learning Controllable Environment." System Analysis and Artificial Intelligence. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. 271-287. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-37450-0_16
- Tytarenko, Andrii. "Reducing Risk for Assistive Reinforcement Learning Policies with Diffusion Models " System research and information technologies 3 (2024): 148–154. DOI: https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2024.3.09
- Tytarenko,Andrii."Detectingunsafebehaviorinneuralnetworkimitationpolicies for caregiving robotics" System research and information technologies 4 (2024): 86-96. DOI: https://doi.org/10.20535/SRIT.2308-8893.2024.4.07
- Kurniawan, Erick and Jukl, Alexander and Kalajian, Michael and Sytyi, Mykyta and Tytarenko, Andrii and Yurchenko, Oleg and Shkurka, Olha and Tsyba, Yevhen and Carstoiu, Gabriel. Techniques for generating motion information for videos. US Patent 17219558. Dec 24, 2024. Патент США на винахід.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: підвищення продуктивності праці

Охоронні документи на ОПІВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Kurniawan, Erick and Jukl, Alexander and Kalajian, Michael and Sytyi, Mykyta and Tytarenko, Andrii and Yurchenko, Oleg and Shkurka, Olha and Tsyba, Yevhen and Carstoiu, Gabriel. Techniques for generating motion information for videos. US Patent 17219558. Dec 24, 2024. Патент США на винахід.

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0122U000668 01240000682 0124001308 238/1573

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Касьянов Павло Олегович

2. Pavlo O. Kasyanov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.05.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6662-0160

Додаткова інформація: https://scholar.google.com/citations?user=khjERZkAAAAJ

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

Сектор науки: Університетський

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Притоманова Ольга Михайлівна
2. Olga M. Prytomanova

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.05.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1878-6120

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57192652166

Повне найменування юридичної особи: Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Код за ЄДРПОУ: 02070884

Місцезнаходження: просп. Берестейський (Перемоги), 54/1, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Капустян Олена Анатоліївна
2. Olena A. Kapustyan

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.05.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2629-0750

Додаткова інформація: https://scholar.google.com/citations?user=pZ-idHgAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Недашківська Надія Іванівна

2. Nadiia I. Nedashkivska

Кваліфікація: д. т. н., доц., 01.05.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8277-3095

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

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кузнєцова Наталія Володимирівна

2. Nataliia V. Kuznietsova

Кваліфікація: д. т. н., доц., 01.05.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1662-1974

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

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Зайченко Олена Юріївна
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Зайченко Олена Юріївна

Відповідальний за підготовку облікових документів Титаренко Андрій Миколайович

Реєстратор УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності Юрченко Тетяна Анатоліївна