Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002688

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 22-07-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гаврилович Марія Павлівна
2. Mariia Havrylovych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-9797-2863

Вид дисертації: доктор філософії

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерні науки

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: комп'ютерні науки

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Не застосовується

III. Відомості про дисертацію

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.175; ID 6355

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:

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.29, 28.23.37, 20.57.01

Тема дисертації:

1. Верифікація користувача методами глибокого навчання на основі поведінкових та біометричних характеристик
2. User verification with deep learning neural networks based on biometric and behavioral patterns

Реферат:

1. Дисертація розглядає питання створення систем верифікації користувачів на основі біометричних та поведінкових даних за допомогою нейронних мереж глибокого навчання. Потреба у надійних та високоефективних системах верифікації є надзвичайно актуальною в сферах безпеки, кібербезпеки, захисту персональних даних, медицини та управління ризиками. Неперервні біометричні та поведінкові сигнали дозволяють реалізовувати неперервні та неявні системи автентифікації. Оскільки біометричні сигнали за

своєю природою дуже складні, розробка високоточної системи верифікації вимагає створення нових моделей з високою прогностичною здатністю, які можуть знаходити глибокі закономірності в даних зі складною та глибокою структурою. Метою дослідження є розробка та аналіз методів машинного навчання, зокрема нейронних мереж глибокого навчання, для верифікації користувачів на основі біометричних та поведінкових характеристик. У дисертації вперше були отримані такі нові наукові результати: 1. Розроблені нові гібридні архітектури на основі компресійних та варіаційних автоенкодерів з використанням трансформерів для вирішення завдань верифікації користувачів на основі поведінкових та біометричних характеристик, що дозволило значно покращити критерії ефективності у порівнянні з існуючими методами. 2. На основі розроблених нових гібридних архітектур створена система підтримки прийняття рішень щодо верифікації користувачів. 3. Розроблено новий підхід до підвищення точності біометричних систем верифікації на основі використання фрактальної розмірності. 4. Визначено та подальше розроблено прикладні сценарії та компоненти системи верифікації на основі удосконаленої практичної методології створення систем глибокого навчання на запропонованих архітектурах. Теоретична значущість отриманих результатів полягає у вдосконаленні та подальшому розвитку методології створення систем верифікації на основі нейронних мереж глибокого навчання. Створені гібридні нейронні мережі дозволяють значно підвищити ефективність біометричних систем верифікації завдяки поєднанню переваг компонентів з різних архітектур у одній нейронній мережі. На основі нових розроблених архітектур нейронних мереж було виявлено та кількісно оцінено вплив фрактальної розмірності на якісні показники систем верифікації. Практична цінність дисертаційної роботи: 1. Розроблена оригінальна система підтримки користувачів для неперервної біометричної верифікації на основі нових гібридних архітектур нейронних мереж з використанням фрактальної розмірності; 2. Розроблені архітектури та удосконалена методологія були впроваджені у навчальний процес у вигляді відповідної навчальної програми, лекційних матеріалів та навчально-практичного посібника. Запропонована нова гібридна архітектура на основі компресійних автоенкодерів з використанням трансформерів демонструє на 31% швидший час висновку і в середньому на 11% нижчі значення показника рівної помилки. Було проведено аналіз впливу фрактальної розмірності на системи верифікації на основі автоенкодерів. Доведено позитивний вплив фрактальної розмірності на основні якісні показники, а саме середнє зниження показника рівної помилки на 13% і підвищення площі під кривою на 2,2% у порівнянні з методом без використання фрактальної розмірності. Запропоновано автоматизовану систему неперервної біометричної верифікації користувачів на основі розроблених гібридних архітектур з урахуванням фрактальної розмірності даних. Система отримує вхідні дані з різних датчиків, які характеризують відповідні біометричні або поведінкові показники особи. Під час фази ініціалізації збирається початкова необхідна кількість даних для навчання нових гібридних архітектур. На основі вдосконаленої практичної методології налаштування параметрів системи верифікації вибираються відповідні значення розмірів вхідних даних залежно від характеристик датчиків перед навчанням; коригуються гіперпараметри архітектури нейронної мережі глибокого навчання; і обчислюється фрактальна розмірність даних для кожного типу датчика. Після навчання кожна модель надає значення для відповідних критеріїв (час висновку, порогове значення верифікації). Залежно від наявності сигналів для висновку система вибирає модель, яка охоплює найширший контекст і не перевищує встановлене допустиме значення часу висновку. Також система включає елемент моніторингу розподілу даних, який у разі змін у даних може ініціювати перенавчання моделей за потреби. Було проведено порівняльний аналіз різних типів автоенкодерів з класичними методами машинного навчання, такими як одно-класові підтримуючі векторні машини та isolation forest. Виявлено значну перевагу автоенкодерів у порівнянні з класичними методами машинного навчання, наприклад, на 7% вищу згадку, ніж у isolation forest, і майже на 75% вищу згадку, ніж у одно-класових підтримуючих векторних машин. Було проведено глибокий аналіз впливу різних компонентів біометричного сигналу та їх кількісного впливу на ефективність системи біометричної верифікації користувачів.

2. The dissertation discusses the issues of building user verification systems based on biometric and behavioral data using deep learning neural networks. The need for reliable and highly efficient verification systems is

extremely relevant in the fields of security, cybersecurity, personal data protection, medicine, and risk management. Continuous biometric and behavioral signals allow for the implementation of continuous and implicit authentication systems. Since biometric signals are very complex by nature, developing a high-precision verification system requires building new powerful models that have high predictive power and can find deep patterns in data with a complex and deep structure. The goal of the research is to develop and analyze machine learning methods, particularly deep learning neural networks, for user verification based on biometric and behavioral characteristics. In the dissertation, the following new scientific results were obtained for the first time: 1. New hybrid architectures based on compressive and variational autoencoders using transformers were developed to solve user verification tasks based on behavioral and biometric characteristics, which allowed for improvement in efficiency criteria compared to existing methods. 2. Based on the developed new hybrid architectures, a user verification decision support system was created. 3. A new approach for improving the accuracy of biometric verification systems, based on the use of fractal dimension magnitudes, was developed. 4. Applied scenarios and components of the verification system based on a refined practical methodology for building deep learning systems based on the proposed architectures were identified and further developed. The theoretical significance of the obtained results lies in the improvement and further development of the methodology for building verification systems based on deep learning neural networks. The created hybrid neural networks allow for a significant increase in the efficiency of biometric verification systems, due to the combination of advantages of components from different architectures in one neural network. Based on the new developed neural network architectures, the impact of fractal dimension magnitudes on the quality metrics of verification systems was discovered and quantitatively assessed. The practical value of the dissertation work: 1. An original continuous biometric verification user support system based on new hybrid neural network architectures using fractal dimension magnitudes was developed; 2. The developed architectures and refined methodology were implemented in the educational process in the form of the corresponding syllabus, lecture materials, and a training manual-practicum. The proposed new hybrid architecture, based on compressive autoencoders using transformers, shows a 31% faster inference time and on average 11% lower equal error rate values. An analysis of the impact of fractal dimension magnitudes on verification systems based on autoencoders was conducted. The positive impact of fractal dimension on the main quality metrics, specifically an average of 13% lower equal error rate and 2.2% higher area under the curve value compared to the method without fractal dimension, was proven. An automated system for continuous biometric user verification has been proposed, based on newly developed hybrid architectures and taking into account the fractal dimension of the data. The system receives input data from a variety of sensors, which characterize the corresponding biometric or behavioral indicators of a person. During the initialization phase, an initial necessary amount of data is collected for training the new hybrid architectures. Based on an improved practical methodology for setting verification system parameters, appropriate values for the dimensions of input data are selected depending on the characteristics of the sensors before training; hyper-parameters of the deep learning neural network architecture are adjusted; and the fractal dimension of data for each type of sensor is calculated. After training, each model yields values for the relevant criteria (inference time, verification threshold value). Depending on the availability of signals for inference, the system selects the model that covers the broadest context and does not exceed the established permissible value for inference time. A comparative analysis of different types of autoencoders with classic machine learning methods, was conducted. A significant advantage of autoencoders compared to classic machine learning methods was shown. A deep analysis of the impact of various components of the biometric signal and their quantitative impact on the efficiency of the biometric verification system of the user was conducted and was shown that individual components significantly vary in their impact on quality metrics and demonstrate the effectiveness of combining components to achieve higher accuracy.

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:

- M. Havrylovych, V. Danylov. “Research of autoencoder-based user biometric verification with motion patterns,” Syst. Res. Inf. Technol., no. 2, pp. 128–136, 2022.
- M. Havrylovych, V. Danylov. “Research on hybrid transformer-based autoencoders for user biometric verification,” Syst. Res. Inf. Technol., no. 3, pp. 42–53, 2023.
- М. П. Гаврилович, В. Я. Данилов. «ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ ХІГУЧІ В ЗАДАЧІ БІОМЕТРИЧНОЇ ВЕРИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧА», Вісник ВПІ, вип. 1, с. 121–127, Лют. 2024.
- M. Havrylovych, V. Danylov, A. Gozhyj. Comparative analysis of using recurrent autoencoders for user biometric verification with wearable accelerometer. CEUR Workshop Proceedings. -2020.- vol. 2711. - С. 358–370.
- M. Havrylovych, N. Kuznietsova. Survival analysis methods for churn preventionin telecommunications industry. CEUR Workshop Proceedings. - 2020. - vol. 2577. - С. 47–58.
- M. Havrylovych, N. Kuznietsova. Survival Analysis Methods For Churn Prevention in Telecommunications Industry. Інформаційні технології та безпека. Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції ІТБ-2019 (Київ, 28.11.2019), вип. 19. Київ: ООО «Інжиніринг», 2019. —С.66-75.
- M. Havrylovych, V. Danylov, A. Gozhyj. Comparative analysis of using recurrent autoencoders for user biometric verification with wearable accelerometer. «Інформаційні управляючі системи і технології» (ІУСТ ОДЕСА-2020): матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції (24–26 верес. 2020 р., м. Одеса) / відп. ред. В.В. Вичужанін ; Одес. нац. політех. ун-т. — Одеса: Екологія, 2020. —С.242-243.

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

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

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. Данилов Валерій Якович

2. Valeriy Danylov

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-3389-3661

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:

Сектор науки: Університетський

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Литвиненко Володимир Іванович
2. Volodymyr Lytvynenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.23

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-1536-5542

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Херсонський національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 05480298

Місцезнаходження: Бериславське шосе, буд. 24, Херсон, 73008, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Корабльов Микола Михайлович
2. Mykola M. Korablov

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.23

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-8931-4350

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Зайченко Олена Юріївна
2. Helen Zaichenko

Кваліфікація: д.т.н., доц., 05.13.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-4630-5155

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56294460900

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:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шаповалова Світлана Ігорівна
2. Svitlana Shapovalova

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.13.05

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-3431-5639

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:

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Мухін Вадим Євгенович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Мухін Вадим Євгенович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Гаврилович Марія Павлівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна