

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0825U001394

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 29-04-2025

**Статус:** Наказ про видачу диплома

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:** №87-ас від 25.07.2025 р.



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ковальчук Олексій Володимирович

2. Oleksii Kovalchuk

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**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:** 27-06-2025

**Спеціальність за освітою:** Комп'ютерні науки

**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 8700

**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:**

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

**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:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 20.54, 28.23

**Тема дисертації:**

1. Методи виявлення патологій за сигналом електрокардіограми засобами пояснювального штучного інтелекту
2. Methods for detecting pathologies from the electrocardiogram signal using explainable artificial intelligence.

**Реферат:**

1. На сьогодні існує багато інструментів, які допомагають лікарям попереджати або виявляти проблеми в роботі серця. Одним з найбільш поширених засобів є електрокардіографія, яка надає можливість графічно реєструвати електричні явища з тіла людини, які виникають у серцевому м'язі під час його роботи. Криву, яку отримують в результаті фіксації такої активності, називають електрокардіограмою. У процесі аналізу ЕКГ лікарі-кардіологи звертають увагу на характерні зміни форми, інтервалів і амплітуд хвиль, що вказують на можливі патології в роботі серця. Кожна хвиля та інтервал на ЕКГ-сигналі відображають певні фази серцевого циклу, за якими лікарі оцінюють стан серцевого м'яза. Однак для точного діагностування кардіологам необхідно мати «натреноване око», щоб виявляти навіть мінімальні відхилення в ЕКГ-профілі, які можуть вказувати на серйозні порушення, такі як ішемія, аритмія або порушення провідності. Оскільки існує багато типів можливих відхилень ЕКГ від норми та великі за обсягом ЕКГ-записи (такі, як холтери), то процес їх аналізу може бути затратним за часом та з імовірними помилками, а невчасно або неправильно

поставлений діагноз може мати фатальні наслідки для пацієнтів. Саме тому для вирішення зазначених проблем актуальним є застосування методів та підходів штучного інтелекту. Об'єктом дослідження є процес виявлення патологій аритмій на електрокардіограмі засобами глибокого навчання з подальшою інтерпретацією отриманих результатів. Предметом дослідження є методи та засоби глибокого навчання для виявлення патологій аритмій на електрокардіограмі. Метою дослідження є покращення точності класифікації патологій аритмій на електрокардіограмі засобами глибокого навчання з подальшою інтерпретацією отриманих результатів за допомогою ознак, що використовуються у медичній практиці. У дисертаційній роботі розроблено новий метод ідентифікації R-зубців на ЕКГ-сигналі, який відрізняється від існуючих використанням моделі глибокого навчання з двома вхідними сигналами – ЕКГ-сигналом та, синхронним з ним, сигналом з прогнозованим розташуванням R-зубців, що дало змогу підвищити точність ідентифікації. У дисертаційній роботі удосконалено метод класифікації патологій аритмій на ЕКГ-сигналі, який відрізняється від відомих використанням тріади кардіоциклів, що дозволяє сформувати контекстну інформацію виникнення кардіоциклу, для подальшої класифікації вдосконаленою архітектурою моделі глибокого навчання, що дозволило збільшити кількість патологій для розпізнавання та підвищити точність класифікації. У дисертаційній роботі вперше розроблено метод інтерпретації результатів класифікації патологій аритмій, отриманих з ЕКГ-сигналу за моделями глибокого навчання, що дало змогу подати результати класифікації за ознаками, що використовуються у медичній практиці. Практичне значення отриманих результатів полягає в доведенні теоретичних результатів дисертаційної роботи до реалізації та у безпосередньому використанні їх у відповідних медичних установах. Реалізована інформаційна система на основі методів пошуку R-зубців та класифікації ЕКГ-сигналу на наявність патологій аритмій забезпечують користувачу прогнози наявності патологій аритмій 9 підтримуваних класів для всіх виявлених кардіоциклів, що несе рекомендаційний характер та пришвидшує роботу лікаря в аналізі ЕКГ-сигналу. Реалізована інформаційна система включає використання методу інтерпретації рішень класифікації патологій аритмій, отриманих за моделями глибокого навчання, дозволяє подати лікарю результати класифікації за ознаками, що використовуються у медичній практиці. Такий підхід робить рішення моделей глибокого навчання більш доступними для лікаря, забезпечуючи довіру до отриманих результатів. Реалізована інформаційна система класифікації патологій аритмій та інтерпретації результатів класифікації базується на клієнт-серверній архітектурі, що дозволяє виконувати всі обчислення на віддаленому сервері з потужним обладнанням, тоді як клієнт здійснює лише передачу даних, отримання та візуалізацію результатів, що дає можливість використовувати систему в невеликих клініках з обмеженими обчислювальними ресурсами. Результати дисертаційної роботи впроваджено: у медичному лікувально-діагностичному центрі «Сіліція-Сіті+» (довідка про впровадження); ТОВ «АЙ ТІ ХУТ» (довідка про впровадження); у навчальному процесі Хмельницького національного університету (акт впровадження); при виконанні держбюджетної теми Хмельницького національного університету «Система виявлення ЗПЗ та комп'ютерних атак в корпоративних мережах з використанням хибних об'єктів атак та пасток» (ДР № 0124U000980)

2. Nowadays, there are many tools that help doctors prevent or detect problems in the heart. One of the most common tools is electrocardiography. Electrocardiography makes it possible to graphically record electrical phenomena from the human body that occur in the heart muscle during its work. The curve obtained as a result of recording such activity is called an electrocardiogram (ECG). When analyzing an ECG, cardiologists pay attention to characteristic changes in the shape, intervals, and amplitudes of waves that indicate possible pathologies in the heart. Each wave and interval on the ECG signal reflects certain phases of the cardiac cycle, which doctors use to assess the condition of the heart muscle. However, for an accurate diagnosis, cardiologists need to have a “trained eye” to detect even minimal deviations in the ECG profile that may indicate serious disorders such as ischemia, arrhythmia, or conduction disorders. Since there are many types of possible ECG abnormalities and large ECG recordings (such as Holter), the process of analyzing can be a time-consuming and error-prone procedure. As a result, late or incorrect diagnosis can have fatal consequences for patients. Therefore, to solve these problems, it is important to apply artificial intelligence methods and approaches. The object of the research is the process of detecting arrhythmia pathologies on an electrocardiogram using deep learning tools with subsequent

interpretation of the results. The subject of the study is methods and tools for deep learning to detect arrhythmia pathologies on electrocardiograms. The aim of the study is to improve the accuracy of classification of arrhythmia pathologies on an electrocardiogram using deep learning tools with further interpretation of the obtained results using features used in medical practice. In this dissertation, a new method for identifying R-peaks on an ECG signal was developed, which differs from the existing ones by using a deep learning model with two input signals – an ECG signal and a signal with a predicted location of R-peaks synchronized with it, which made it possible to increase the identification accuracy. In this dissertation, the method of classifying arrhythmia pathologies on an ECG signal was improved, which differs from the known ones by using the triad of cardiac cycles, which allows to form contextual information of the occurrence of a cardiac cycle, for further classification by an improved architecture of the deep learning model, which allowed to increase the number of pathologies for recognition and improve the classification accuracy. In this dissertation, for the first time, a method was developed for interpreting the results of classification of arrhythmia pathologies obtained from an ECG signal using deep learning models, which made it possible to present the results of classification based on the features used in medical practice. The practical significance of the obtained results is to bring the theoretical results of the dissertation to implementation and to use them directly in the medical institutions. The implemented information system based on the method of R-peak identification and ECG signal classification for arrhythmia pathologies provides the user with predictions of arrhythmia pathologies of 9 supported classes for detected cardiac cycles, which is advisory in nature and speeds up the doctor's work in analyzing the ECG signal. The implemented information system includes the use of a method for interpreting arrhythmia pathology classification results obtained by deep learning models, allowing to present the classification results to the doctor according to the features used in medical practice. This approach makes the decisions of deep learning models more accessible to the doctor, ensuring confidence in the results. The implemented information system for classification of arrhythmia pathologies and interpretation of classification results is based on client-server architecture. This architecture allows performing all calculations on a remote server with powerful hardware. At the same time, the client only transfers data, receives, and visualizes the results. This allows the information system to be used in small clinics with limited computing resources. The results of the dissertation have been implemented in (Appendix B): the medical treatment and diagnostic center “Celicia City+” (certificate of implementation); IT Hoot LLC (certificate of implementation); in the educational process of Khmelnytskyi National University (implementation act); in the implementation of the “System for detecting intrusion and computer attacks in corporate networks using false attack objects and traps” state budget topic of Khmelnytskyi National University (State Budget Project No. 0124U000980).

**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:**

- Oleksii Kovalchuk, Oleksandr Barmak, Pavlo Radiuk, Liliana Klymenko, Iurii Krak (Ковальчук О.В., Бармак О.В., Радюк П.М., Кліменко Л.В.), Krak Ю.В., Towards transparent AI in medicine: ECG-based arrhythmia detection with explainable deep learning, Technologies, 2025,
- Ковальчук О. В., Бармак О. В. Метод ідентифікації R-піків у сигналах електрокардіограми. Вісник Хмельницького національного університету. 2024. № 6. С. 108–117
- Ковальчук О. В., Бармак О. В., Метод класифікації аритмій на ЕКГ-сигналі. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 2024. Т 48. № 2. С. 34–44

- Ковальчук О. В., Бармак О. В., Метод інтерпретації результатів класифікації ЕКГ методами глибокого навчання. Проблеми моделювання та автоматизації проектування. 2024. Т. 2, № 20. С. 120–130

**Наукова (науково-технічна) продукція:**

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** ДР № 0124U000980

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Бармак Олександр Володимирович

2. Oleksandr V. Barmak

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0739-9678

**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:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Шаховська Наталія Богданівна

2. Nataliia Shakhovska

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

**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. Бичков Олексій Сергійович
2. Oleksii Bychkov

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**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

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Гнатчук Єлизавета Геннадіївна
2. Yelyzaveta Hnatchuk

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

**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. Кисіль Тетяна Миколаївна
2. Tetyana Kysil'

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., доц., 01.01.06

**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:**

**VIII. Заключні відомості**

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

Говорущенко Тетяна Олександрівна

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

Говорущенко Тетяна Олександрівна

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Кондратюк К.Р

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна