

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**Коломойця Сергія Олексійовича**  
на тему «**Методи інтелектуального прогнозування артеріального тиску та класифікації артеріальної гіпертензії**»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 12 Інформаційні технології  
за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології

### **Актуальність теми дисертації**

На сьогодні гіпертонічна хвороба (артеріальна гіпертензія – АГ) є найпоширенішим неінфекційним захворюванням на глобальному рівні та в Україні зокрема. АГ є найвпливовішим фактором ризику розвитку атеросклеротичних серцево-судинних захворювань і смерті від них. Практично половина пацієнтів з АГ отримують антигіпертензивну терапію, але лише третина з них мають контрольований артеріальний тиск (АТ). Вкрай низький показник ефективності контролю АТ є ключовим чинником серцево-судинної смерті, за яким Україна віднесена до категорії країн з дуже високим серцево-судинним ризиком. Вчасна діагностика та ефективне лікування з досягненням та утриманням АТ в межах цільового діапазону здатні значно зменшити ризик розвитку мозкового інсульту, інфаркту міокарда та серцево-судинної смерті.

З метою покращення ситуації в цьому питанні необхідно створення ефективних індивідуальних систем вимірювання АТ у хворих з наступним його прогнозуванням у часовому просторі, а також розробка діагностичних систем визначення ступеня АГ. Для розв'язання задач прогнозування та діагностики серцево-судинних захворювань ефективним є використання штучного інтелекту, який знаходить широке застосування в різних галузях.

Тому розробка інтелектуальних методів прогнозування артеріального тиску та діагностики визначення ступеня артеріальної гіпертензії являється актуальним науковим завданням, що дозволить підвищити ефективність боротьби з наслідками серцево-судинних захворювань.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

– вперше запропоновано метод для обробки даних артеріального тиску у хворих, який відрізняється тим, що на основі методів безманжетного вимірювання здійснює попередню обробку отриманих даних та подальше прогнозування на основі використання гібридних рекурентних нейронних мереж, горизонт прогнозу яких адаптовано під поточний стан пацієнта, що дає можливість знизити імовірність виникнення інсульту або інфаркту у хворих в середньому на 10%;

– удосконалено метод вирішення задачі класифікації та знижено обчислювальні витрати при машинному навчанні гібридних нейронних мереж за рахунок визначення найбільш впливових ознак артеріальної гіпертензії для різних ступенів захворювання, які крім загальних ознак (анамнез, результати огляду лікаря, результати аналізів крові, сечі, вимірювання артеріального тиску) включають результати обробки ЕКГ, ЕхоКГ;

– розроблено метод структурно-параметричного синтезу гібридної нейронної мережі для розв’язання задачі класифікації ступеня артеріальної гіпертензії, який відрізняється тим, що гібридна нейронна мережа будується на основі створення беггінг-ансамблю інтелектуальних класифікаторів, включених в ансамбль за критеріями точності та різноманіття, що дозволяє підвищити точність класифікації.

Достовірність отриманих результатів обчислювальних експериментів забезпечена коректним застосуванням відповідного апарату математичного моделювання та побудови нейронних мереж глибокого навчання з використанням фактичних даних, які описують характеристики хворих. Контроль значень метрик якості здійснено на незалежних коректно вибраних тестових вибірках даних, що додатково підтверджує достовірність отриманих здобувачем наукових результатів.

Обґрунтованість наукових результатів підтверджується впровадженням методів, алгоритмів та підходів в діяльність ДУ «Національний науковий центр імені академіка М.Д. Стражеска».

Наукові положення, висновки та рекомендації є у достатній мірі обґрунтованими. Вони базуються на сучасних вітчизняних та зарубіжних наукових джерелах, а також коректно використовують методологію машинного навчання, зокрема побудови гібридних нейронних мереж глибокого навчання і методів штучного інтелекту.

У дисертації здобувач отримав нові наукові результати. При цьому основними з них є метод для обробки даних артеріального тиску у хворих на основі безманжетного вимірювання та метод структурно-параметричного синтезу гібридної нейронної мережі для розв’язання

задачі класифікації ступеня артеріальної гіпертензії. Це надає можливість побудови більш точних та ефективних систем прогнозування артеріального тиску та діагностики ступеня артеріальної гіпертензії

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Коломойця С.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 12 Інформаційні технології та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми 126 Інформаційні системи та технології.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Інформаційні системи та технології»

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Коломойця Сергія Олексійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело. Виявлений відсоток співпадинь пояснюється стандартами оформлення дисертаційних робіт. Дисертація написана з дотриманням принципів академічної доброчесності.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Результати проведеного аналізу та досліджень викладено послідовно, логічно, доступно та грамотно. Автор викладає інформацію в науковому стилі та вдається до використання актуальної наукової термінології. Структура тексту дисертації добре організована, що сприяє кращому розумінню та аналізу предмета дослідження, а також забезпечує легке зосередження на ключових елементах роботи та відповідних наукових ресурсах. Такий підхід у викладенні результатів, заснований на теоретичних розробках і практичних експериментах, дозволяє глибше зрозуміти матеріал і сприяє подальшому прогресу в обраній науковій галузі.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації 150 сторінок.

У вступі описуються цілі і задачі дослідження та обґрунтовується значущість обраної теми дисертації. В ньому також висвітлені проблеми, які існують у поточних методах, представлені інноваційні аспекти дослідження та його практична важливість. Автор вказує на свій особистий вклад у дослідження, процес апробації дисертаційної роботи та описує опубліковані роботи, пов'язані з темою дисертації.

У першому розділі наведено інформацію про стан поширення артеріальної гіпертензії у світі, зокрема в Україні, і відзначено, що стан цієї проблеми не відповідає світовим стандартам, зокрема європейським. Особлива увага приділена питанню відсутності використання безманжетного вимірювання тиску для загальної спільноти та аналізу існуючих приладів по безманжетному вимірюванню тиску.

У другому розділі автор описує постановку задачі прогнозування АТ у хворих на АГ та обґрунтовує використання для цього метода інтелектуального прогнозування, який включає попередню інтелектуальну обробку результатів безманжетного вимірювання АТ на основі використання алгоритмів усунення аномальних викидів та очищення даних, що дає можливість покращити результати прогнозування АТ у хворих. Запропоновано новий підхід до інтелектуального прогнозування значень АТ у хворих за рахунок використання гібридних нейронних мереж, які включають нейронні мережі довгої короткострокової пам'яті (LSTM), та вентиляльні рекурентні блоки (GRU), що дозволяє підвищити точність прогнозування та уникнути можливості виникнення інсультів і інфарктів.

У третьому розділі автором визначені основні ознаки першого, другого та третього ступенів АГ, що дає можливість зменшити обчислювальні витрати на розв'язання задачі її діагностики. Показано, що в умовах невизначеності основних ознак першої, другої та третьої ступенів АГ існуючі методи інтелектуальної діагностики ступеню АГ мають недоліки. Томі запропоновано новий метод класифікації ступеню АГ на основі ансамблевого підходу з використанням критеріїв точності та різноманіття. Показано що поєднання кількох прогнозів покращує якість навчання та забезпечує якісну класифікацію ступеню АГ.

У четвертому розділі сформульовані можливі сценарії для прогнозування артеріального тиску на основі безманжетного вимірювання та на їх основі розроблено інформаційну технологію інтелектуального прогнозування. Запропонована технологія може бути використана для безперервної діагностики стану серцево-судинної системи пацієнта, персоналізованого прогнозування ризиків АГ з індивідуальним

прогностичним горизонтом, оперативного сповіщення користувачів про можливі ризики та подальші необхідні дії.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у п'яти наукових публікаціях здобувача, серед яких: три статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України. Також результати дисертації були апробовані на чотирьох наукових фахових конференціях.

Наукові публікації здобувача мають високий науковий рівень і пройшли відповідне рецензування. У кожную публікацію здобувач зробив вагомий особистий внесок, який був використаний при підготовці дисертаційної роботи. Усі публікації були написані з дотриманням принципів академічної доброчесності та складаються з власних досліджень здобувача та співавторів.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

До зауважень по дисертаційній роботі можна віднести наступне:

1. В підрозділі 2.3 роботи розглянуті різні підходи до виправлення викривлених даних, якими можуть бути викиди, пропуски, багатомірні дані, шуми тощо, але при цьому не вказано який конкретно підхід використовується при наявності того чи іншого випадку викривлення при безманжетному вимірюванні артеріального тиску.

2. В роботі для розв'язання поставленої задачі запропоновано гібридну модель, яка поєднує архітектурні елементи довготривалої короткострокової пам'яті (LSTM) та вентильного рекурентного блоку (GRU) (підрозділ 2.5.11), що забезпечує ефективну адаптацію вхідних даних до заданих параметрів моделювання. Доцільним було б розглянути також інші гібридні моделі різних нейронних мереж, зокрема гібрид LSTM та графової нейронної мережі (GNN), яка б враховувала зв'язки між вимірами, що можливо дозволило б досягати більш точних прогнозів.

3. З роботи незрозуміло, в який спосіб реалізується імплементація результатів безманжетного вимірювання артеріального тиску, які використовують датчики та обробку сигналів, в розроблену інформаційну

технологію (підрозділ 4.2).

4. По тексту роботи зустрічаються незначні стилістичні неточності.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Коломойця Сергія Олексійовича на тему «Методи інтелектуального прогнозування артеріального тиску та класифікації артеріальної гіпертензії» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 - 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Коломоєць Сергій Олексійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології.

### **Офіційний опонент:**

Професор кафедри комп'ютерних  
інтелектуальних технологій і систем  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки,  
доктору технічних наук, професор



Микола КОРАБЛЬОВ

### **Підпис засвідчую:**

Учений секретар Харківського національного  
університету радіоелектроніки, к.т.н., доцент  Ірина ЖАРІКОВА  
« 10 » червня 2025 року

