

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України

“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

к.т.н., доц.

Тетяна ЖЕЛЯСКОВА



“ 6 ” березня 2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 9 від 21 лютого 2025 р. розширеного засідання
кафедри біомедичної кібернетики

Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

– з кафедри біомедичної кібернетики (БМК):

- 1) зав. каф. БМК, к.т.н., доц. Алхімова С.М.;
- 2) проф. каф. БМК, д.б.н., к.т.н., проф. Настенко Є.А.;
- 3) проф. каф. БМК, д.т.н., доц. Зеленський К.Х.;
- 4) проф. каф. БМК, д.т.н., проф. Файнзільберг Л.С.;
- 5) проф. каф. БМК, д.м.н., проф. Коваленко О.С.;
- 6) доц. каф. БМК, д.т.н., доц. Кучанський О.Ю.;
- 7) доц. каф. БМК, к.т.н., доц. Павлов В.А.;
- 8) доц. каф. БМК, к.т.н., доц. Федорін І.В.;
- 9) доц. каф. БМК, к.т.н., доц. Кравченко О.В.;
- 10) доц. каф. БМК, к.ф-м.н. Рудніков Є.Г.;
- 11) ст. викл. каф. БМК, к.т.н. Піднебесна Г.А.;
- 12) ст. викл. каф. БМК, к.т.н. Гладка М.В.;
- 13) ст. викл. каф. БМК Кисляк С.В.;
- 14) ст. викл. каф. БМК Аверьянова О.А.;
- 15) ст. викл. каф. БМК Корнієнко Г.А.;
- 16) ас. каф. БМК Матвійчук О.В.;
- 17) ас. каф. БМК Давидович І.В.;
- 18) ас. каф. БМК Дюмін О.Д.;
- 19) ас. каф. БМК Алієв Е.І.

– з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:

- 1) доц. каф. ТМБ, к.фарм.н., доц. Голембіовська О.І.;
- 2) зав. каф. ЦТЕ, д.т.н., проф. Аушева Н.М.;
- 3) зав. каф. СП, д.т.н., проф. Мухін В.Є.;

4) доц. каф. ЦТЕ, к.т.н., доц. Шаповалова С.І.

– запрошені з інших організацій:

1) завідувач відділу інформаційних технологій індуктивного моделювання Інституту інформаційних технологій та систем Національної академії наук України, д.т.н., проф. Степашко В.С.;

2) завідувачка кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Національного аерокосмічного університету імені Миколи Єгоровича Жуковського «Харківський авіаційний інститут», д.т.н., проф. Висоцька О.В.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри біомедичної кібернетики Бабенка Віталія Олеговича за матеріалами дисертаційної роботи “Технологія ієрархічної класифікації в задачах діагностики патологій за медичними зображеннями різних модальностей”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань «12 – Інформаційні технології» за спеціальністю «122 – Комп'ютерні науки».

Освітньо-наукова програма «Комп'ютерні науки».

Тему дисертаційної роботи “Технологія ієрархічної класифікації в задачах діагностики патологій за медичними зображеннями різних модальностей” затверджено на засіданні Вченої ради факультету біомедичної інженерії (протокол № 3 від “01” листопада 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради факультету біомедичної інженерії протокол № 11 від “26” червня 2024 року).

Науковим керівником затверджений д.б.н., к.т.н., проф. Настенко Є.А.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

– к.т.н., доц. Шаповалова С.І.;

– д.т.н., проф. Степашко В.С.;

– д.м.н., проф. Коваленко О.С.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

– к.т.н., доц. Павлов В.А.;

– к.т.н., доц. Шаповалова С.І.;

– д.б.н., к.т.н., проф. Настенко Є.А.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

В умовах інтенсифікації процесів цифровізації, аналіз цифрових зображень набуває особливої значущості в галузі комп'ютерних наук. Це

зумовлює необхідність розробки та вдосконалення методів штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання для вирішення складних завдань класифікації та прогнозування. Особливої актуальності набуває підвищення точності алгоритмів обробки медичних даних, що характеризуються значною варіативністю, обмеженим обсягом анотованих вибірок, наявністю шуму й артефактів, а також дисбалансом класів.

Існуючі методи машинного навчання, зокрема ансамблеві методи (наприклад, випадковий ліс), демонструють обмежену ефективність у вирішенні мультикласових задач за умов суттєвої міжкласової подібності та обмежених обчислювальних ресурсів. Прикладами таких сценаріїв є стадіювання фіброзу печінки на основі ультразвукових зображень та ідентифікація COVID-асоційованих патологій за даними комп'ютерної томографії (КТ). Розв'язання цих проблем потребує розробки нових методів формування більш інформативних, інваріантних до артефактів ознак, а також алгоритмів, здатних до ефективного узагальнення на обмежених та незбалансованих вибірках даних.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження виконано в межах двох науково-дослідних проєктів кафедри біомедичної кібернетики КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1) НДР д/р № 0117U006934 «Методи та моделі ідентифікації станів біологічних об'єктів» (zareestrovano 22 листопада 2017 року, завершено 16 жовтня 2022 року).

2) НДР д/р № 0123U100866 «Методи та моделі ідентифікації станів об'єктів в задачах прийняття медичних рішень» (zareestrovano 06 лютого 2023 року).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше запропоновано технологію класифікації патологій за множиною медичних зображень одного об'єкту дослідження, в якій для кожного зображення за вектором визначених ознак шляхом голосування деревами рішень обчислюється розподіл ймовірностей для бінарних комбінацій класів з подальшим визначенням за ансамблевими методами остаточної приналежності класу; за множиною всіх визначених класів діагностичних показників об'єкту відбувається остаточне визначення класу патології, що надає можливість діагностування за множиною медичних зображень та підвищує його точність по відношенню до класифікації за окремими знімками.

2. Вдосконалено метод машинного навчання «Random Forest» за рахунок: 1) побудови мінімально необхідної кількості дерев рішень, визначених на основі МГУА; 2) визначення на основі генетичних алгоритмів оптимального за критерієм кореляції Меттьюза набору ознак для кожного дерева; 3) визначення ваг дерев методом аналізу ієрархій Сааті, що дозволило підвищити точність класифікації за вектором визначених ознак.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

Розроблена технологія аналізу цифрових зображень, що включає методи текстурного аналізу, метод ВЛДОС та технологію ієрархічної класифікації, має значну практичну цінність для підвищення ефективності та точності медичної діагностики, зокрема, при стадіюванні фіброзу печінки та ідентифікації COVID-асоційованих патологій легень.

Результати дослідження імплементовані в практику:

1) ДУ «Інститут ядерної медицини та променевої діагностики НАМН України» (акт впровадження від «3» листопада 2022 року).

2) ДУ «Інститут педіатрії, акушерства і гінекології імені академіка О.М. Лук'янової НАМН України» (акт впровадження від «13» червня 2024 року).

3) ДУ «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології ім. Ф.Г. Яновського НАМН України» (акт впровадження від «26» грудня 2024 року).

4. Інституту інформаційних технологій та систем НАН України (акт впровадження від «10» січня 2025 року).

Практична реалізація технології охоплює декілька напрямів. У контексті стадіювання фіброзу печінки, технологія може бути інтегрована в клінічну практику як інструмент скринінгу та первинної діагностики, потенційно знижуючи необхідність проведення інвазивних досліджень у пацієнтів з низьким ризиком. Розроблені алгоритми забезпечують об'єктивізацію оцінки текстурних характеристик та ймовірності різних стадій фіброзу, а також моніторинг динаміки захворювання та ефективності терапевтичних втручань. У певних клінічних сценаріях, завдяки неінвазивності методу, можливе зниження частоти проведення біопсії печінки.

При ідентифікації COVID-асоційованих патологій, технологія сприяє оперативному та точному виявленню різних форм перебігу захворювання (гостра фаза, консолідація з подальшим розвитком синдрому зникаючої легені (СЗЛ), постковідний синдром) на основі аналізу КТ-зображень. Це дозволяє індивідуалізувати терапевтичні підходи, оптимізувати прогнозування та знизити навантаження на радіологів, виконуючи функцію додаткового фільтрування. Технологія також може бути застосована для моніторингу пацієнтів у довгостроковій перспективі та інтегрована в телемедичні платформи, що особливо актуально для регіонів з обмеженими медичними ресурсами.

Слід зазначити, що точність класифікації початкових стадій фіброзу (F1, F2) є нижчою, ніж пізніх стадій, що вимагає обережності при інтерпретації результатів. Надійність методу також залежить від якості вхідних зображень та кваліфікації медичного персоналу. Точність діагностики постковідного синдрому знижується через неоднозначність патернів на КТ-зображеннях. Подальші клінічні дослідження з використанням розширених та гетерогенних вибірок пацієнтів сприятимуть подальшому вдосконаленню та широкому впровадженню технології в клінічну практику, а також розробці рекомендацій щодо її інтеграції та навчання персоналу. Особливої уваги

потребують етичні та правові аспекти застосування технологій штучного інтелекту в медичній практиці.

5. Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати роботи доповідалися й обговорювалися на таких науково-практичних заходах:

– IV міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ICM-2021), м. Харків, 25–26 листопада 2021 року, заочна форма участі.

– Міжнародна науково-практична конференція «Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії», присвячена 20-річному ювілею Факультету біомедичної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, 15–16 грудня 2022 року, онлайн участь з доповіддю.

– Міжнародна IEEE конференція з інформаційних та цифрових технологій, Жиліна, Словаччина, 20–22 червня 2023 року, заочна форма участі з публікацією в Scopus.

– 9й Національний конгрес з міжнародною участю «Радіологія в Україні», Київ, Україна, 19–21 жовтня 2023 року, очна форма участі з доповіддю.

– Міжнародна серія симпозіумів IEEE з обчислювального інтелекту (SSCI), Мехіко, Мексика, 5–8 грудня 2023 року, заочна форма участі з публікацією в Scopus.

– Семінар з проблеми «Образний комп'ютер», м. Київ, 26 листопада 2024 року, очна форма участі з доповіддю.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація *Бабенка В.О.* визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано **15** наукових публікацій, у тому числі:

– **9** статей у наукових фахових виданнях України (на момент опублікування) за спеціальністю «122 – Комп'ютерні науки», в т.ч. **9** статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб, в т.ч. **5** статей у фахових виданнях категорії Б, в т.ч. **4** статті у фахових виданнях категорії А (проіндексованих у базах Scopus, в т.ч. **3** статті у виданнях четвертого квартилю, в т.ч. **1** стаття у виданні третього квартилю);

– **2** інші статті;

– **4** тези виступів на наукових конференціях.

Перелік публікацій:

– **Статі у наукових фахових виданнях України категорії Б**

1) Добровська Л. Комбінація локальної порогової бінаризації та машинного навчання для класифікації пухлин молочної залози / Л. Добровська, **В. Бабенко**, А. Іванченко. // Біомедична інженерія і технологія. – 2022. – № 8. – С. 40–47. ISSN: 2617–8974, 2707–8434. DOI: [10.20535/2617-](https://doi.org/10.20535/2617-)

8974.2022.8.267793. *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

2) Використання глибоких нейронних мереж для порівняльного аналізу норми, пневмонії і COVID-19 / [Р. Юхимюк, М. Шкепаст, Є. Настенко, М. Лінник, І. Давидович, **В. Бабенко**]. // Біомедична інженерія і технологія. – 2023. – № 12. – С. 56–64. ISSN: 2617–8974, 2707–8434. DOI: 10.20535/2617-8974.2023.12.292729. *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, проведення експериментальних досліджень, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

3) Давидович І. Методології аналізу зображень для діагностичних застосувань (огляд) / І. Давидович, **В. Бабенко**. // Біомедична інженерія і технологія. – 2024. – № 14. – С. 54–63. ISSN: 2617–8974, 2707–8434. DOI: 10.20535/2617-8974.2024.14.302135. *Особистий внесок здобувача: систематизація методів аналізу медичних зображень, частина огляду сучасних методів обробки зображень, написання статті.*

4) Ієрархічний алгоритм мультикласифікації стадій фіброзу печінки з інтегрованим аналізом областей інтересу / [**В. Бабенко**, Є. Настенко, В. Солодущенко та ін.]. // Біомедична інженерія і технологія. – 2024. – № 14. – С. 63–73. ISSN: 2617–8974, 2707–8434. DOI: 10.20535/2617-8974.2024.14.301108. *Особистий внесок здобувача: огляд та аналіз пов'язаних робіт, проектування технології ієрархічної класифікації, реалізація алгоритму через написання програмного коду, написання статті.*

5) Ефективність алгоритмів машинного навчання для класифікації змін структури легень у постковідних та гострих стадіях COVID-19 / В. Лутченко, **В. Бабенко**, Є. Настенко, М. Лінник. // Біомедична інженерія і технологія. – 2024. – №15. – С. 27–35. ISSN: 2617–8974, 2707–8434. DOI: 10.20535/2024.15.306763. *Особистий внесок здобувача: реалізація класифікаційних алгоритмів, реалізація алгоритму через написання програмного коду, написання статті.*

– **Статті у наукових фахових виданнях України категорії А, Scopus четвертого квартилю (Q4)**

6) Порівняльний аналіз алгоритмів класифікації при аналізі медичних зображень за відеоданими спекл-трекінг ехокардіографії / [О. Петруніна, Д. Шевага, **В. Бабенко** та ін.]. // Innovative Biosystems and Bioengineering. – 2021. – Том 5, № 3. – С. 153–166. ISSN: 2616–177X. DOI: 10.20535/ibb.2021.5.3.234990. *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, реалізація класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

7) Cardiomyopathy Prediction in Patients with Permanent Ventricular Pacing Using Machine Learning Methods / [E. Perepeka, V. Lazoryshynets, **V. Babenko** et al.]. // System Research and Information Technologies. – 2024. – No. 1. – pp. 33–41. ISSN: 16816048, 23088893. DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2024.1.03. *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, реалізація класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

8) Розробка програм на основі штучного інтелекту для діагностики міокардиту при COVID-19 за даними комп'ютерної томографії грудної клітки / [Є. Настенко, М. Гончарук, **В. Бабенко** та ін.]. // Український журнал серцево-судинної хірургії. – 2024. – Том 32, № 3. – С. 58–65. ISSN: 26645963, 26645971. DOI: [10.30702/ujcvts/24.32\(03\)/NH052-5865](https://doi.org/10.30702/ujcvts/24.32(03)/NH052-5865). *Особистий внесок здобувача: участь у реалізації класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, участь у написанні статті.*

– **Статті у наукових фахових виданнях України категорії А, Scopus четвертого квартилю (Q3)**

9) Classification of Pathologies on Medical Images Using the Algorithm of Random Forest of Optimal-Complexity Trees / [**V. Babenko**, I. Nastenکو, V. Pavlov et al.]. // Cybernetics and Systems Analysis. – 2023. – Vol. 59, No. 2. – pp. 346–358. ISSN: 15738337, 10600396. DOI: [10.1007/s10559-023-00569-z](https://doi.org/10.1007/s10559-023-00569-z). *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, модифікація алгоритму випадкового лісу, реалізація класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

– **Інші статті**

10) Personalized Clinical Treatment Selection Using Genetic Algorithm and Analytic Hierarchy Process / [O. Nosovets, **V. Babenko**, I. Davydovych et al.]. // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. – 2021. – Vol. 6, No. 4. – pp. 406–413. ISSN: 24156698. DOI: [10.25046/aj060446](https://doi.org/10.25046/aj060446). *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, проєктування алгоритму вибору персоналізованого лікування, реалізація класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

11) Аналіз ультразвукових зображень хронічних дифузних захворювань печінки із застосуванням текстурних параметрів градацій сірого / [Є. Настенко, І. Дикан, В. Павлов, Б. Тарасюк, **В. Бабенко**, В. Круглий, В. Солодущенко, М. Гончарук, І. Андрущенко, М. Гупало, О. Авер'янова]. // Radiation Diagnostics, Radiation Therapy. – 2023. – Том 13, № 3. – С. 7–20. DOI: [10.37336/2707-0700-2022-3-1](https://doi.org/10.37336/2707-0700-2022-3-1). *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, проєктування частотної бінаризації ультразвукових зображень, реалізація класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, участь у написанні статті.*

– **Матеріали конференцій**

12) Розпізнавання медичних зображень алгоритмом генетично-індуктивного лісу / **В. Бабенко**, Є. Настенко, В. Павлов, О. Носовець. // Збірник наукових праць IV міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні системи та технології в медицині» (ІСМ-2021), м. Харків, 25–26 листопада 2021 року. – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2021. – С. 71–73. *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, модифікація алгоритму випадкового лісу, реалізація класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

13) **Babenko V.** Improved Random Forest Algorithm in the Task of Liver Pathology Classification by Medical Images / **V. Babenko**, I. Nastenka, V. Pavlov. // Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвячена 20-річному ювілею Факультету біомедичної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, 15–16 грудня 2022 року. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2022. – pp. 18–18. DOI: [10.20535/biomedconf.2022.15122022](https://doi.org/10.20535/biomedconf.2022.15122022). *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, модифікація алгоритму випадкового лісу, реалізація класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

14) Inferring Cognitive Load Level from Physiological and Personality Traits / [O. Shaposhnyk, S. Yanushkevich, **V. Babenko** et al.]. // Proceedings of The International Conference on Information and Digital Technologies, Zilina, Slovakia, 20-22 June 2023. – pp. 233–242. ISSN: 2575–677X, 2575–6753. DOI: [10.1109/IDT59031.2023.10194430](https://doi.org/10.1109/IDT59031.2023.10194430). *Особистий внесок здобувача: участь у реалізації класифікаційних алгоритмів, аналіз та обговорення результатів, участь у написанні статті.*

15) Unraveling Body Vitals as Traumatic Event-Caused Stress Indicators / [D. Zahorska, **V. Babenko**, M. Chernykh et al.]. // IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), Mexico City, Mexico, 5-8 December 2023. – pp. 1656–1661. ISSN: 2472–8322, 2770–0097. DOI: [10.1109/SSCI52147.2023.10372048](https://doi.org/10.1109/SSCI52147.2023.10372048). *Особистий внесок здобувача: підбір та попередня обробка даних, перевірка статистичних гіпотез, аналіз та обговорення результатів, написання статті.*

Якість та кількість публікацій відповідають “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.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Бабенка В.О. “Технологія ієрархічної класифікації в задачах діагностики патологій за медичними зображеннями різних модальностей”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань «12 – Інформаційні технології» за спеціальністю «122 – Комп’ютерні науки» за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського «Комп’ютерні науки». зі спеціальності «122 – Комп’ютерні науки».

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Технологія ієрархічної класифікації в задачах діагностики патологій за медичними зображеннями різних модальностей”, подану Бабенка Віталія Олеговича на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

– доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри цифрових технологій в енергетиці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» **Аушева Наталія Миколаївна**.

Члени:

Рецензенти:

– доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри системного проєктування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» **Мухін Вадим Євгенович**;

– кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» **Шаповалова Світлана Ігорівна**.

Офіційні опоненти:

– доктор технічних наук, професор, завідувач відділу інформаційних технологій індуктивного моделювання Інституту інформаційних технологій та систем Національної академії наук України **Степашко Володимир Семенович**;

– доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів та технологій Національного аерокосмічного університету імені Миколи Єгоровича Жуковського «Харківський авіаційний інститут» **Висоцька Олена Володимирівна**.

Головуючий на засіданні
к.т.н., доц., зав. кафедри БМК
(науковий ступінь, вчене звання,
посада, місце роботи)


(підпис)

Світлана АЛХІМОВА
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Вчений секретар
кафедри БМК


(підпис)

Олексій ДЮМІН
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)