



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

Національного технічного

університету України

“Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського”

к.т.н., доц

Тетяна ЖЕЛЯСКОВА

“28” лютого 2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 19 від 26 лютого 2025 р. розширеного засідання

кафедри електронної інженерії

Національного технічного університету України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри електронної інженерії:

1. зав. кафедри електронної інженерії, д. т. н., професор Тимофєєв В. І.;
2. професор, д. т. н., професор Прокопенко Ю. В.;
3. доцент, к. т. н., доцент Витязь О. О.;
4. доцент, к. т. н., доцент Іванушкіна Н. Г.;
5. доцент, к. т. н., доцент Казміренко В. А.;
6. доцент, к. т. н., доцент Ніколов М. О.;
7. доцент, к. т. н., доцент Попов А. О.;
8. доцент, к. т. н., доцент Шуляк О. П.;
9. доцент, к. т. н., доцент Іванько К. О.;
10. доцент, к. т. н., доцент Карплюк Є. С.;
11. доцент, к. т. н., доцент Саурова Т. А.;
12. доцент, к. т. н., доцент Голубева І. П.;
13. доцент, к. т. н., доцент Порєва Г. С.;
14. асистент, к.т.н. Чернов А. С.;
15. асистент, Московко А. О.;
16. аспірант Макачук С. І.;
17. аспірант Мушта С. А.;
18. аспірант Басараб М. Р.;
19. аспірант Мневєць А. В.;
20. аспірант Дакал Б. О.

- з кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем:

21. доцент, д. т. н., доцент Попович П. В.;

- з кафедри біомедичної кібернетики:

22. професор, д. б. н., к.т.н., професор Настенко Є. А.

- з кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ):

23. зав. кафедри біомедичної інженерії ХНУРЕ, професор, д.т.н., професор Аврунін О. Г.

- з кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем Вінницького національного технічного університету:

24. професор, д.т.н., професор Павлов С. В.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри електронної інженерії Басараба Марка Романовича за матеріалами дисертаційної роботи “Аналіз зображень сітківки ока для діагностики діабетичної ретинопатії”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка, освітньо-наукова програма Мікро- та наносистемна техніка.

Тему дисертаційної роботи “Аналіз зображень сітківки ока для діагностики діабетичної ретинопатії” затверджено на засіданні Вченої ради факультету електроніки Національного Технічного Університету України “Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського” (протокол №11/21 від 21 листопада 2021 р.).

Науковим керівником затверджено доцента, к.т.н., доцента Іванько К.О.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

- зав. кафедри електронної інженерії, д. т. н., професор Тимофєєв В.І.
- професор, д. т. н., професор Прокопенко Ю. В.;
- професор, д. б. н., к.т.н., професор Настенко Є. А.
- професор, д.т.н., професор Павлов С. В.
- доцент, к. т. н., доцент Попов А. О.;
- доцент, к. т. н., доцент Ніколов М. О.;

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

- *зав. кафедри електронної інженерії, д. т. н., професор Тимофєєв В. І.*
- *професор, д. т. н., професор Павлов С. В.*
- *професор, д. б. н., к. т. н., професор Настенко Є. А.*
- *доцент, к. т. н., доцент Попов А. О.;*
- *доцент, к. т. н., доцент Ніколов М. О.;*
- *професор, д. т. н., професор Прокопенко Ю. В.;*
- *професор, д. т. н., професор Аврунін О. Г.*

УХВАЛИЛИ:

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

1. Актуальність теми дослідження

Актуальність роботи зумовлена потребою у вирішенні проблеми автоматизації досліджень та вдосконалення інформаційно-алгоритмічного забезпечення оптико-електронних біомедичних офтальмоскопічних систем для виявлення діабетичної ретинопатії та визначення стадії розвитку хвороби на основі аналізу зображень очного дна.

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

Напрямок досліджень пов'язаний з науковою тематикою і темами навчального процесу кафедри електронної інженерії факультету електроніки Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

3. Наукова новизна отриманих результатів

1. Набув подальшого розвитку метод аналізу цифрових зображень сітківки ока в оптико-електронній біомедичній офтальмоскопічній системі для виявлення діабетичної ретинопатії та визначення її стадії, що ґрунтується на комбінованому підході: (1) перетворення аналізованого цифрового зображення за допомогою запропонованих методів фільтрації й підвищення контрастності зображення, (2) аналізі сегментованих судинних структур і ексудатів, (3) гібридному поєднанні ознак зі згорткових нейронних мереж та локальних метрик, отриманих з зображення сітківки ока пацієнта, що дозволяє виділити на цифрових зображеннях судинну мережу та мікроаневризми, діагностично важливі ексудати та крововиливи на ранній стадії захворювання.

2. Запропоновано математичну модель для оцінювання стану сітки судин дна ока та виявлення ранніх ознак діабетичної ретинопатії, яка включає розроблений набір діагностичних показників (довжина всіх судин та середня ширина судин, гладкість мережі судин, середня яскравість зображення оптичного диска, а також п'ять текстурних ознак ексудатів і дисперсію ширини судин), що дозволяє підвищити точність класифікації зображень очного дна у нормі та з наявністю патології порівняно зі загальноприйнятими методами, що не враховують детальну судинну та текстурну інформацію сітківки ока.

3. Розроблено додаткові діагностичні критерії (а саме: комплексний ризик-показник та показник структурної нерегулярності судин) для оцінювання станів діабетичної ретинопатії на межі норми й патології. Ці критерії дозволяють кількісно визначати ступінь прогресування ретинопатії та завчасно виявляти зміну судинних характеристик, відсутніх або ледь помітних при традиційному візуальному аналізі.

4. Запропоновано гібридну модель глибокої нейронної мережі для автоматизованого розпізнавання стадій діабетичної ретинопатії за зображеннями очного дна, отриманими оптико-електронною біомедичною офтальмоскопічною системою, що дозволяє поєднати запропонований набір показників, що можуть свідчити про ураження судин в разі діабетичної ретинопатії та високорівневе представлення з глибокої згорткової нейронної мережі, що дає змогу виявляти патологічні зміни, характерні для різних стадій діабетичної ретинопатії.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

1. Розроблено інформаційно-алгоритмічне забезпечення оптико-електронної біомедичної офтальмоскопічної системи для автоматизованого аналізу та класифікації цифрових зображень сітківки ока на основі розвинутого методу і розробленої гібридної архітектури нейронної мережі, що дозволяє підвищити ефективність обробки цифрових зображень очного дна.

2. Розроблено програмне забезпечення для аналізу зображень очного дна та визначення стадії діабетичної ретинопатії, яке відрізняється комплексним застосуванням методів обробки цифрових зображень (покращення контрастності цифрових зображень очного дна, адаптивна сегментація, екстракція судин та ексудатів) та запропонованої гібридної архітектури глибокої нейронної мережі.

3. Доведено до рівня практичної реалізації веб-застосунок на основі розробленого інформаційно-алгоритмічного забезпечення оптико-електронної біомедичної офтальмоскопічної системи, що забезпечує

врахування одночасно морфологічних та текстурних характеристик судинної мережі очного дна й ексудатів.

4. Розроблено елементи інтерфейсу веб-застосунку, що дозволяють фахівцям-офтальмологам взаємодіяти з результатами роботи інформаційно-алгоритмічного забезпечення оптико-електронної біомедичної офтальмоскопічної системи, зокрема візуалізовувати та аналізувати нанесені на цифрові зображення очного дна теплові карти градієнтно-зваженого відображення активації класів, які виділяють області аналізованого ретинографічного зображення, що найбільше впливають на рішення моделі глибокого навчання, а також оцінювати стадію діабетичної ретинопатії, спираючись на кількісні показники (довжина й ширина судин, ексудати, ризик-показник, тощо).

5. Апробація/використання результатів дисертації

Результати досліджень, що включені в дисертацію, доповідалися на XVII Міжнародній Науково-Практичній конференції “Інформаційні технології і автоматизація” у 2024 р. у м. Одеса та на 41-й Міжнародній науково-технічній конференції IEEE “ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY” (“Електроніка і нанотехнології”) (ELNANO-2022) у м. Києві.

Результати дисертаційної роботи використані та впроваджені в Комунальному некомерційному підприємстві “1 Територіальне Медичне Об’єднання м. Львова”, а саме в відокремленому підрозділі «Лікарня святого Луки» Міжнародного Медичного Центру «Мікрохірургія ока», що підтверджується відповідними актами та довідками про впровадження.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Басараба Марка Романовича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, копіяції, фабрикації, плагіату та запозичень.

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

За результатами досліджень опубліковано 6 наукових публікацій, у тому числі:

- 4 статті у наукових фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України за спеціальністю 153 «Мікро- та наносистемна техніка» з присвоєнням категорії «А» та «Б» (з них 2

- статті опубліковані у фаховому виданні категорії «А» четвертого квартіля (Q4), одна з яких проіндексована базою Web of Science,
- 2 статті опубліковано у фаховому виданні категорії «Б», в т.ч. 1 стаття, у якій число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб),
- 2 тез виступів на наукових конференціях.

[1] “Prediction of the Development of Gestational Diabetes Mellitus in Pregnant Women Using Machine Learning Methods”, **Basarab M. R.**, Ivanko K.O., Kulkarni Vishwesh, MicrosystElectronAcoust, 2021, vol. 26, no. 2 <https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.228845>

(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б)

Особистий внесок здобувача: реалізація програмної частини, порівняльний аналіз запропонованих методів, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів

[2] M.R. Basarab and K.O. Ivanko, “Deep Learning for the Detection and Classification of Diabetic Retinopathy Stages”, Мікросист., Електрон. та Акуст., vol. 29, no. 2, pp. 309642.1–309642.08, Aug. 2024. <https://elc.kpi.ua/article/view/309642>

(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії Б)

Особистий внесок здобувача: постановка задачі, аналіз літературних джерел, аналіз та порівняння існуючих підходів та методів.

[3] Basarab, M.R. and Ivanko, K.O. (2023) “Investigation of Fundus Images for Detection of Diabetic Retinopathy Stage Using Deep Learning”, Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia, (94), pp. 49-57. <https://radap.kpi.ua/radiotechnique/article/view/1962>

(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії А, проіндексованому у базі даних Web of Science)

Особистий внесок здобувача: участь в програмній реалізації запропонованих методів, обґрунтування та порівняння отриманих результатів.

[4] Basarab, M.R. and Ivanko, K.O. (2024) “Advanced Edge Detection Techniques for Enhanced Diabetic Retinopathy Diagnosis Using Machine Learning”, Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia, (97), pp. 67-75. <https://radap.kpi.ua/radiotechnique/article/view/2016>.

(Стаття у періодичному науковому фаховому виданні категорії А)

Особистий внесок здобувача: програмна реалізація запропонованих методів, аналіз, обґрунтування та порівняння отриманих результатів.

Праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

[5] Y. Zerrouk, K. Ivanko, N. Ivanushkina, A. Korniienko, M. Basarab and H. Porieva, "Prediction of Epileptic Seizures Based on Analysis of Electrical Activity of the Brain and Parameters of Heart Rate Variability," 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022, pp. 440-445, doi: [10.1109/ELNANO54667.2022.9927003](https://doi.org/10.1109/ELNANO54667.2022.9927003)

Особистий внесок здобувача: реалізація програмної частини, порівняльний аналіз запропонованих методів, обґрунтування та узагальнення отриманих результатів

[6] Басараб М.Р., Іванько К.О. Діагностика діабетичної ретинопатії з використанням машинного навчання/ XVII Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології і автоматизація-2024". – Одеса, 31 жовтня - 1 листопада, 2024. – с. 774 – 776.

Особистий внесок здобувача: порівняльний аналіз запропонованих методів

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 Басараба Марка Романовича "Аналіз зображень сітківки ока для діагностики діабетичної ретинопатії", що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка 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 КПП ім. Ігоря Сікорського Мікро- та наносистемна техніка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу "Аналіз зображень сітківки ока для діагностики діабетичної ретинопатії", подану Басарабом Марком Романовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

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

Голова:

доктор біологічних наук, кандидат технічних наук, професор, професор кафедри біомедичної кібернетики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" **Настенко Євген Арнольдович;**

Члени:

Рецензенти:

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" **Ніколов Микола Олександрович;**

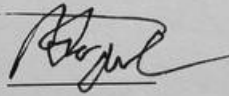
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електронної інженерії Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" **Попов Антон Олександрович;**

Офіційні опоненти:

зав. кафедри біомедичної інженерії ХНУРЕ, професор, доктор технічних наук, професор кафедри біомедичної інженерії **Аврунін Олег Григорович;**

професор, д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем Вінницького національного технічного університету **Павлов Сергій Володимирович.**

Головуючий на засіданні,
В.о. завідуючого кафедри
електронної інженерії



Володимир ТИМОФЄЄВ

Вчений секретар кафедри
електронної інженерії



Тетяна САУРОВА