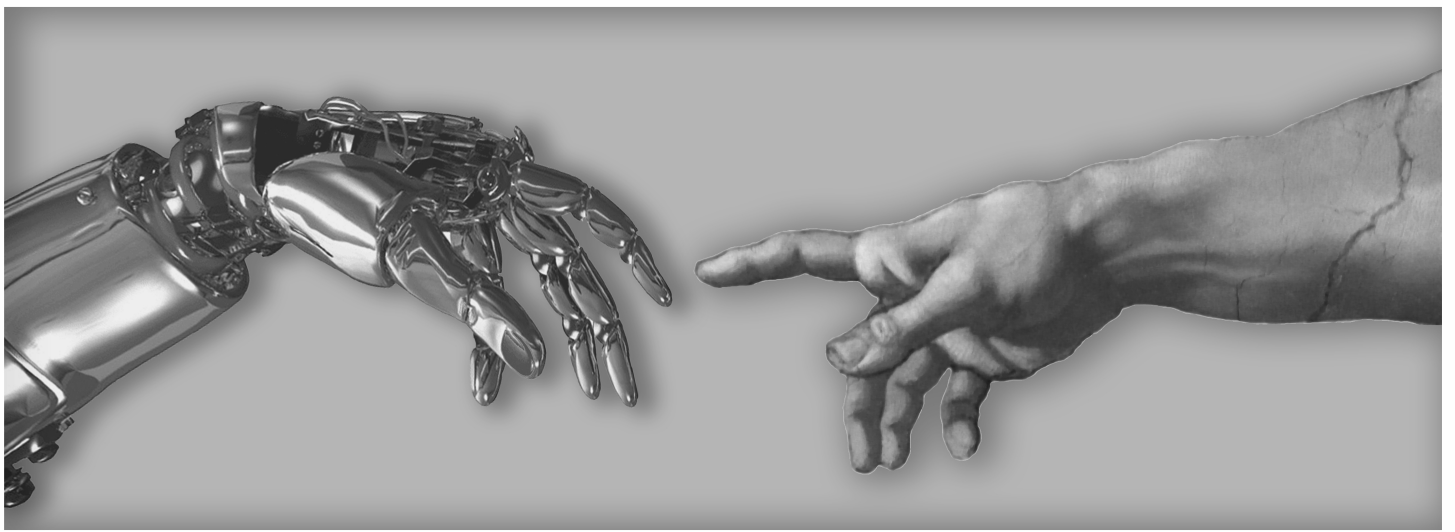


MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ



PROCEEDINGS OF THE 5th INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND TECHNICAL CONFERENCE
MAY 06-08, 2026

МАТЕРІАЛИ V МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
06-08 ТРАВНЯ 2026 РОКУ

Odesa, Ukraine / Одеса, Україна
2026

Ministry of Education
and Science of Ukraine
Odesa Polytechnic National University
Institute of Medical Engineering

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Одеська політехніка»
Навчально-науковий інститут
медичної інженерії

MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING

PROCEEDINGS OF THE 5th INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE

MAY 06-08, 2026
Odesa, Ukraine

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

МАТЕРІАЛИ V МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

6-8 ТРАВНЯ 2026 РОКУ
м. Одеса, Україна

*Under the general editorship of
I. Prokopovich, N. Manicheva*

*Під загальною редакцією
І. Прокопович, Н. Манічева*

Odesa
«Ecologiya»
2026

Under auspice of the
Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers and Technologists”
За сприяння
Громадської організації «Всеукраїнська асоціація біомедичних інженерів і технологів»

CONFERENCE
ORGANIZING COMMITTEE:

Oborskyi H. (Ukraine) – Organizing Committee Chairman
Prokopovych I. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Titova N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Manicheva N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman

INTERNATIONAL
PROGRAM COMMITTEE:

<i>Avrunin O.</i> (Ukraine)	<i>Shlykov V.</i> (Ukraine)
<i>Azarkhov O.</i> (Ukraine)	<i>Storchun E.</i> (Ukraine)
<i>Diadiura K.</i> (Ukraine)	<i>Suchkov H.</i> (Ukraine)
<i>Filatova A.</i> (Ukraine)	<i>Sukhodub L.</i> (Ukraine)
<i>Galkin A.</i> (Ukraine)	<i>Sydorenko I.</i> (Ukraine)
<i>Khudetskyi I.</i> (Ukraine)	<i>Timchyk S.</i> (Ukraine)
<i>Kovalenko O.</i> (Ukraine)	<i>Vassilenko V.</i> (Portugal)
<i>Levashenko V.</i> (Slovakia)	<i>Vysotska O.</i> (Ukraine)
<i>Liashenko A.</i> (Ukraine)	<i>Wójcik W.</i> (Poland)
<i>Mamyrbayev O.</i> (Kazakhstan)	<i>Yavorska E.</i> (Ukraine)
<i>Maksymenko V.</i> (Ukraine)	<i>Yavorsky B.</i> (Ukraine)
<i>Pavlov S.</i> (Ukraine)	<i>Zaitseva E.</i> (Slovakia)

Recommended for publication by the Academic Council of Odesa
Polytechnic National University, Minutes No. 18 dated May 13, 2026

*The authors are responsible for the uniqueness of the text of the
materials and compliance with the requirements of academic integrity*

Free online access to printed materials at:

<https://drive.google.com/drive/u/3/folders/124-7xUMONfLFS2TB0ZiHBSScLI5COal>

ОРГКОМІТЕТ
КОНФЕРЕНЦІЇ:

Оборський Г.О. (Україна) – голова оргкомітету
Прокопович І.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету
Тітова Н.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету
Манічева Н.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету

МІЖНАРОДНИЙ
ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:

<i>Аврунін О.Г.</i> (Україна)	<i>Максименко В.Б.</i> (Україна)
<i>Азархов О.Ю.</i> (Україна)	<i>Павлов С.В.</i> (Україна)
<i>Вассіленко В.</i> (Португалія)	<i>Сідоренко І.І.</i> (Україна)
<i>Висоцька О.В.</i> (Україна)	<i>Сторчун Є.В.</i> (Україна)
<i>Вуйцік В.</i> (Польща)	<i>Суходуб Л.Ф.</i> (Україна)
<i>Галкін О.Ю.</i> (Україна)	<i>Сучков Г.М.</i> (Україна)
<i>Дядюра К.О.</i> (Україна)	<i>Тимчик С.В.</i> (Україна)
<i>Зайцева О.</i> (Словаччина)	<i>Філатова Г.Є.</i> (Україна)
<i>Коваленко О.С.</i> (Україна)	<i>Худецький І.Ю.</i> (Україна)
<i>Левашенко В.</i> (Словаччина)	<i>Шликов В.В.</i> (Україна)
<i>Ляшенко А.В.</i> (Україна)	<i>Яворська Є.Б.</i> (Україна)
<i>Мамірбаєв О.</i> (Казахстан)	<i>Яворський Б.І.</i> (Україна)

Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного університету «Одеська політехніка»,
протокол № 18 від 13 травня 2026 року

*Автори несуть відповідальність за унікальність тексту
матеріалів та відповідність вимогам академічної доброчесності*

Комп'ютерна версія опублікованих матеріалів за адресою:

M78 **Modern technologies of biomedical engineering : proceedings of the 5-th international scientific and technical conference (May 06–08, 2026, Odesa, Ukraine) =** Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції (6–8 травня 2026 р., м. Одеса, Україна) / Under the gen. ed. of I. Prokopovich, N. Manicheva ; Ministry of Education and Science of Ukraine ; Odesa Polytechnic National University ; Institute of Medical Engineering. — Odesa : Ecologiya, 2026. — 268 с.

ISBN 978-617-8420-43-7

The collected volume of scientific reports presented at the international scientific and technical conference is a scientific and practical publication that contains scientific articles by students, graduate students, candidates and doctors of sciences, teachers, researchers, scientists and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries, and beyond. The topics of reports are very diverse and cover many topical problems of modern fundamental sciences related to biomedical engineering. Based on the relevance of the topics and the high level of the presented reports, the conference materials should be recommended to the relevant organizations of the countries for use and implementation of research results in the field of biomedical engineering and informatics.

UDC 615.47:616-89

Збірник наукових доповідей міжнародної науково-технічної конференції є науково-практичним виданням, яке містить наукові статті студентів, аспірантів, кандидатів та докторів наук, викладачів, науковців та практиків з різних країн та регіонів України. Тематика доповідей дуже різноманітна та охоплює багато актуальних проблем сучасних фундаментальних наук, пов'язаних з біомедичною інженерією. Виходячи з актуальності тематик і високий рівень представлених доповідей, матеріали конференції доцільно рекомендувати відповідним організаціям для використання та впровадження результатів досліджень в практичну та наукову діяльність.

ISBN 978-617-8420-43-7

© Odesa Polytechnic National University, Institute of Medical
Engineering, 2026

© Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers
and Technologists”, 2026

Михайло ТЕРЕХОВ, аспірант

Національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна, e-mail: mykhailo.terekhov@nure.ua

ІННОВАЦІЙНІ ПАРАДИГМИ АНАЛІЗУ НЕЙРОВІЗУАЛІЗАЦІЙНИХ ДАНИХ: СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД ТОПОЛГІЧНИХ ТА РОЗПОДІЛЕНИХ МОДЕЛЕЙ

Анотація. У роботі здійснено комплексний огляд передових векторів розвитку медичного машинного навчання на основі актуальних даних провідних наукометричних баз. Досліджено еволюційний перехід від традиційних згорткових архітектур до використання графових нейромереж, протоколів федеративного навчання та генеративних методів контрафактичної прозорості в задачах діагностики за МРТ-знімками.

Ключові слова: медичний штучний інтелект, графові нейронні мережі (GNN), федеративне навчання, контрафактичний аналіз, МРТ, конектом мозку

Актуальність дослідження

Сучасний етап впровадження систем штучного інтелекту в радіологічну практику характеризується вичерпанням діагностичного потенціалу класичних згорткових нейромереж (CNN). Аналіз останніх публікацій свідчить, що традиційні архітектури та базові алгоритми пояснюваності не здатні ефективно вирішувати складні клінічні завдання, такі як аналіз цілісної топології мозку або забезпечення конфіденційності пацієнтів при формуванні великих навчальних вибірок. Це зумовлює гостру необхідність систематизації світового досвіду щодо застосування алгоритмів вищого рівня абстракції, здатних подолати ці обмеження та забезпечити високу довіру медичної спільноти [1].

Мета дослідження: провести систематичний аналіз сучасної фахової літератури для визначення ролі та перспектив впровадження макросистемних алгоритмів (графових і федеративних мереж), а також новітніх методів контрафактичної інтерпретованості у сфері обробки МРТ-зображень.

Основні матеріали досліджень

Інформаційною базою дослідження стали наукові публікації з провідних баз даних (Scopus, Web of Science, матеріали MICCAI), що відображають останні досягнення у сфері медичного ШІ. Аналіз цих джерел дозволив виділити три ключові інноваційні технології.

Сучасний аналіз нейровізуалізаційних даних переходить від попиксельних згорткових мереж (CNN), обмежених локальним контекстом, до графових нейронних мереж (GNN). Останні моделюють мозок як багатовимірний конектом, де анатомічні центри – це вузли, а провідні шляхи – ребра. Такий топологічний підхід дозволяє алгоритмам виявляти ранні дифузні мікропатології, які ще не утворили видимих контурів, але вже деформували загальну просторову архітектоніку органу [2].

Паралельно з ускладненням архітектур медична інформатика стикається з критичним бар'єром: розробка таких топологічних моделей потребує колосальних обсягів репрезентативних даних, тоді як обмін «сирими» МРТ-знімками між установами суворо блокується біоетичними нормами та юридичними протоколами (зокрема, GDPR) [3]. Елегантною відповіддю на цей парадокс стало розгортання систем федеративного навчання (Federated Learning). Ця технологія кардинально змінює логіку взаємодії з даними – замість того, щоб формувати єдину вразливу базу пацієнтів, сама нейромережа подорожує до ізольованих клінічних архівів. Процес відбувається децентралізовано: локальні моделі самостійно навчаються на серверах конкретної лікарні, після чого емітують до глобального хабу виключно деперсоналізовані математичні оновлення (вектори градієнтів) [4].

Утім, експоненційне зростання складності таких розподілених ансамблів неминуче перетворює їх на абсолютний «чорний ящик», що вимагає принципово нового рівня алгоритмічної прозорості. Сучасна доказова медицина вже не задовольняється примітивними градієнтними тепловими картами, які часто розмивають увагу моделі або фокусуються на фоновому шумі томографа. Авангардом концепції Explainable AI нині стають контрафактичні генеративні моделі (Counterfactual XAI).

Використовуючи обчислювальну потужність дифузійних мереж або GAN, система буквально генерує персоналізованого «здорового двійника» для конкретного пацієнта. Замість абстрактного підсвічування пікселів, алгоритм наочно демонструє радіологу: які саме мікроструктурні елементи тканини (форма інфільтративних країв чи щільність паренхіми) мають морфологічно змінитися на цьому унікальному знімку, щоб штучний інтелект переглянув свій висновок з «патологія» на фізіологічну норму. Це переводить процес діагностики зі сліпої довіри до машини у площину аргументованого візуального доказу.

Результати

Комплексний аналіз акумульованого світового досвіду дозволяє констатувати фундаментальну зміну вектора у проектуванні медичних інтелектуальних систем [5]. Доведено, що стратегічна синергія графового моделювання (GNN) та протоколів розподіленого навчання (Federated Learning) наразі формує єдиний життєздатний шлях до створення епістемологічно надійних та юридично безпечних діагностичних платформ. Графові архітектури забезпечують глибинне розуміння структурно-функціональної зв'язності мозку, тоді як федеративний підхід дозволяє масштабувати цю математичну модель на глобальний рівень. Це дає змогу агрегувати діагностичний досвід тисяч ізольованих клінічних випадків без жодного ризику компрометації персональних даних пацієнтів.

Утім, імплементація таких гібридних макросистем неминуче породжує новий, ще більш критичний виклик. Поєднання децентралізованих вагових коефіцієнтів із нелінійною топологією багатовимірних графів перетворює алгоритм на гіпертрофований «чорний ящик» найвищого рівня закритості. Традиційна лінійна логіка прийняття рішень тут повністю розмивається у високорозмірному просторі ознак. Використання подібних надскладних обчислювальних ансамблів у реальній радіологічній практиці є категорично неможливим без впровадження механізмів жорсткої, фізіологічно обґрунтованої інтерпретації, оскільки лікар де-факто позбавлений інструментів для незалежної верифікації машинного діагнозу.

Як свідчать результати систематичного огляду, класичні методи локальної пояснюваності (на кшталт градієнтних теплових карт) виявляються абсолютно безсилими в умовах такої топологічної складності. Натомість єдиним інструментом, здатним забезпечити клінічно релевантний та доказовий рівень прозорості, сьогодні визнаються генеративні контрафактичні методи. Шляхом високоточної генерації модифікованих копій МРТ-знімка, контрафактична модель наочно візуалізує ті мінімально необхідні морфологічні чи структурні трансформації тканин, за яких неймережа гарантовано змінила б свій висновок із «патологія» на «фізіологічна норма». Саме такий підхід деконструє «чорний ящик», перетворюючи абстрактні математичні обчислення на наочний клінічний доказ.

Висновок

Систематизація передового міжнародного досвіду доводить зміну парадигми в медичній інформатиці. Майбутнє комп'ютерної нейровізуалізації належить не вдосконаленню локальних згорток, а розбудові комплексних макросистем, де топологічний аналіз (GNN) та інструменти захисту даних (Federated Learning) тісно інтегровані з візуальними контрафактичними поясненнями. Саме така синергія здатна подолати кризу довіри до штучного інтелекту та забезпечити його впровадження у реальну доказову медицину.

Література

1. Павлов С.В., Аврунін О.Г., Злепко С.М., Бодяньський Є.В. та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації // Монографія [за редакцією С. Павлова, О. Авруніна]. Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.
2. The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care / M. Ghassemi та ін. // The Lancet Digital Health. – 2021. – Vol. 3, № 11. – P. e745–e750. – DOI: 10.1016/S2589-7500(21)00208-9.
3. A historical perspective of biomedical explainable AI research / L. Malinverno та ін. // Patterns. – 2023. – Vol. 4, № 9. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100830> (дата звернення: 31.03.2026).
4. A comprehensive review on federated learning based models for healthcare applications / S. Sharma, K. Guleria // Artificial Intelligence in Medicine. – 2023. – Vol. 146. – P. 102691. DOI: 10.1016/j.artmed.2023.102691.
5. Avrunin, O. G., Tymkovych, M. Y. (2015). Optimization of neurosurgical access using the digital atlas of intracerebral structures. Vestnik NTU KhPI, 39(1148), 63–67. ISSN: 2079–5459.