

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

¹Вінницький національний технічний університет, Україна

²Новий університет Лісабону, Португалія

Анотація

Біомедична інженерія є однією з найдинамічніших і міждисциплінарних галузей сучасної науки, що поєднує принципи інженерії, біології та медицини для створення інноваційних рішень у діагностиці, лікуванні та профілактиці захворювань. У роботі проаналізовано ключові перспективні напрями розвитку біомедичної інженерії, актуальність яких зумовлена глобальними викликами — старінням населення, поширенням хронічних захворювань і зростаючим запитом на персоналізовану медицину.

Особливу увагу приділено трьом основним напрямкам досліджень. Перший — тканинна інженерія та регенеративна медицина, що зосереджені на розробленні біосумісних матеріалів, застосуванні технологій 3D-біодруку та використанні стовбурових клітин для відновлення пошкоджених тканин і органів. Другий — нейроінженерія та інтерфейси “мозок–комп’ютер”, які дають змогу відновлювати втрачені сенсорні та моторні функції за допомогою біонічних протезів, керованих нейронними сигналами. Третій напрям — штучний інтелект і біоінформатика, де алгоритми машинного навчання застосовуються для аналізу великих масивів клінічних і геномних даних, підвищуючи точність ранньої діагностики, прогнозування перебігу хвороб і вибору індивідуальних терапевтичних стратегій.

Окремо відзначено зростаючу роль біосенсорів і “розумних” імплантатів, які забезпечують моніторинг фізіологічних показників у реальному часі, сприяючи переходу до прогностичної та превентивної медицини. Зроблено висновок, що біомедична інженерія є рушійною силою сучасного медико-технологічного прогресу з потенціалом докорінно трансформувати систему охорони здоров’я та підвищити якість і тривалість життя людини.

Ключові слова: біомедична інженерія, регенеративна медицина, нейроінженерія, штучний інтелект, біоінформатика, біосенсори, персоналізована медицина.

Abstract

Biomedical engineering represents one of the most dynamic and interdisciplinary fields of modern science, integrating principles of engineering, biology, and medicine to create innovative solutions for diagnostics, treatment, and disease prevention. This paper analyzes key emerging directions in biomedical engineering, driven by global challenges such as population aging, the growing prevalence of chronic diseases, and the demand for personalized medicine.

Particular attention is given to three major research areas. The first is tissue engineering and regenerative medicine, focused on developing biocompatible materials, applying 3D bioprinting technologies, and using stem cells to restore damaged tissues and organs. The second is neuroengineering and brain–computer interfaces, enabling the recovery of lost sensory and motor functions through neural-controlled bionic prostheses. The third area involves artificial intelligence and bioinformatics, where machine learning algorithms are applied to analyze large-scale clinical and genomic data, improving early diagnosis, prognosis, and individualized therapy planning.

The paper also highlights the growing role of biosensors and smart implants that provide real-time physiological monitoring, fostering the shift toward predictive and preventive medicine. Biomedical engineering is concluded to be a driving force of medical and technological progress, with the potential to fundamentally transform healthcare and enhance human life quality and longevity.

Keywords: biomedical engineering, regenerative medicine, neuroengineering, artificial intelligence, bioinformatics, biosensors, personalized medicine.

Вступ

Біомедична інженерія є однією з найбільш динамічних галузей сучасної науки, що інтегрує принципи інженерії, біології та медицини для розробки інноваційних рішень у діагностиці, лікуванні та профілактиці захворювань.

Актуальність досліджень у цій сфері зумовлена глобальними викликами, такими як старіння населення, поширення хронічних захворювань та потреба у персоналізованій медицині. Метою даної роботи є аналіз ключових перспективних напрямів досліджень у біомедичній інженерії.

Перспективні дослідження

Одним із провідних напрямів на сучасному етапі розвитку біомедичної інженерії є тканинна інженерія та регенеративна медицина. Дослідження зосереджені на створенні біосумісних матеріалів та 3D-біодруку для вирощування функціональних тканин та органів [1].

Використання стовбурових клітин у поєднанні з інженерними каркасами (скафолдами) відкриває можливості для відновлення пошкоджених тканин серця, печінки, а також нервової тканини. Це може кардинально змінити підходи до лікування дегенеративних захворювань та травматичних ушкоджень.

Іншим важливим вектором розвитку є нейроінженерія та розробка інтерфейсів "мозок-комп'ютер". Ці технології спрямовані на відновлення втрачених рухових або сенсорних функцій у пацієнтів з ураженнями спинного чи головного мозку [2]. Перспективними є дослідження у сфері нейропротезування, де біонічні протези кінцівки, керовані безпосередньо сигналами мозку, дозволяють повернути пацієнтам значну частину функціональності.

Не можна оминати вплив штучного інтелекту (ШІ) та біоінформатики.

Методи машинного навчання використовуються для аналізу великих масивів медичних даних (медичні зображення, геномні дані, показники з сенсорних полів). ШІ допомагає у ранній діагностиці онкологічних захворювань, прогнозуванні перебігу хвороби та розробці персоналізованих планів лікування [3]. Біосенсори та "розумні" імплантати, що забезпечують моніторинг стану пацієнта в режимі реального часу, стають невід'ємною частиною превентивної медицини.

Висновки

Таким чином, біомедична інженерія знаходиться на передньому краї науково-технічного прогресу. Подальші дослідження у галузях регенеративної медицини, нейроінженерії та медичного ШІ обіцяють революційні зміни у системі охорони здоров'я, спрямовані на підвищення якості та тривалості життя людини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Atsavapranee P., Chi J. C. H., Chiu S. C. Wearable Devices for Remote Cardiac Monitoring. *Innovations in Cardiac Rhythm Management*. 2021. Vol. 12 (4). P. 4450–4456.
2. Mao D., Wang H., Liu Y. Application of artificial intelligence in spine surgery. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2023. Vol. 43. P. 53–62.
3. Jamialahmadi H., Khalili-Tanha G., Nazari E., Rezaei-Tavirani M. Artificial intelligence and bioinformatics: a journey from traditional techniques to smart approaches. *Gastroenterology and hepatology from bed to bench*. 2024. Vol. 17 (3). P. 241-252.

Коваль Леонід Григорович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: koval.l@vntu.edu.ua

Василенко Валентина – доктор наук, професор департаменту фізики, факультету науки і технологій, Лісабонський Новий університет, м. Лісабон, Португалія.

Koval Leonid H. – Ph.D., Associate Professor, Head of the department of biomedical engineering and optical-electronic systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. email: koval.l@vntu.edu.ua

Vassilenko Valentina – Ph. D., Professor, Department of Physics, Faculty of Sciences and Technology, Nova University of Lisbon, Portugal.