

Секція: МЕХАТРОНІКА, РОБОТОТЕХНІКА, ДРОНИ

УДК 007.52:61

Андрій Горкуненко, к.т.н., доц.

Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, Україна

РОБОТИЗОВАНІ СИСТЕМИ В МЕДИЦИНІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Анотація. У роботі розглянуто сучасні роботизовані системи у медицині як перспективний напрям розвитку медичної інженерії, мехатроніки та штучного інтелекту. Проаналізовано основні компоненти медичних роботизованих платформ: мехатронні модулі, системи комп'ютерного зору, сенсорні підсистеми, алгоритми машинного навчання та системи керування. Наведено приклади застосування роботизованих систем у хірургії, діагностичній візуалізації, реабілітації та телемедицині. Особливу увагу приділено перспективам розвитку автономних та напівавтономних медичних роботів, а також питанням безпеки, етики та регуляторного контролю.

Ключові слова: медична робототехніка, роботизована хірургія, штучний інтелект, комп'ютерний зір, мехатроніка, телемедицина, медична інженерія.

Andrii Horkunenko, Ph.D., Assoc. Prof.

ROBOTIC SYSTEMS IN MEDICINE: CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Abstract. The paper considers modern robotic systems in medicine as a promising direction in the development of medical engineering, mechatronics, and artificial intelligence. The main components of medical robotic platforms are analyzed, including mechatronic modules, computer vision systems, sensing subsystems, machine learning algorithms, and control systems. Examples of the application of robotic systems in surgery, diagnostic imaging, rehabilitation, and telemedicine are presented. Particular attention is paid to the prospects for the development of autonomous and semi-autonomous medical robots, as well as to issues of safety, ethics, and regulatory control.

Keywords: medical robotics, robotic surgery, artificial intelligence, computer vision, mechatronics, telemedicine, medical engineering.

Сучасна медицина характеризується активним впровадженням цифрових технологій, систем штучного інтелекту та роботизованих платформ. Медична робототехніка сьогодні є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку інженерії та охорони здоров'я [1], оскільки дозволяє підвищити точність медичних маніпуляцій, зменшити ризик людських помилок і забезпечити новий рівень автоматизації клінічних процесів.

Роботизовані системи у медицині є кіберфізичними комплексами, що об'єднують механічні виконавчі пристрої, сенсорні модулі, комп'ютерний зір, системи керування та алгоритми штучного інтелекту. На відміну від традиційних промислових роботів, медичні роботи функціонують у середовищі з високими вимогами до безпеки, точності та адаптивності, оскільки працюють безпосередньо з пацієнтом.

Одним із найбільш відомих напрямів є роботизована хірургія. Сучасні хірургічні системи дозволяють виконувати високоточні малоінвазивні операції із використанням дистанційного керування маніпуляторами. Такі системи забезпечують масштабування рухів оператора, компенсацію фізіологічного тремору та покращену візуалізацію

операційного поля [1, 2]. Роботизована хірургія особливо активно застосовується в урології, кардіохірургії, нейрохірургії та гінекології.

Важливим компонентом сучасних роботизованих систем є комп'ютерний зір. Алгоритми аналізу медичних зображень використовуються для розпізнавання анатомічних структур, сегментації тканин, навігації інструментів та оцінювання стану пацієнта. Поєднання комп'ютерного зору з методами машинного навчання відкриває можливості для створення систем часткової автономії [1, 3], здатних виконувати окремі етапи медичних процедур під контролем лікаря.

Перспективним напрямом є роботизовані системи ультразвукової діагностики [3]. Такі системи можуть автоматично позиціонувати ультразвуковий датчик, аналізувати отримані зображення та допомагати у виявленні патологічних змін. Особливого значення роботизовані діагностичні системи набувають у телемедицині, де вони дозволяють проводити дистанційні обстеження пацієнтів.

Ще одним важливим напрямом є роботизовані реабілітаційні комплекси та екзоскелети. Вони застосовуються для відновлення рухових функцій у пацієнтів після інсультів, травм або неврологічних захворювань. Завдяки сенсорним системам та алгоритмам адаптивного керування роботизовані екзоскелети здатні підлаштовуватися під фізіологічні особливості пацієнта та забезпечувати персоналізовану терапію [2].

Подальший розвиток медичної робототехніки тісно пов'язаний із розвитком технологій штучного інтелекту. Використання нейронних мереж, алгоритмів глибокого навчання та систем підтримки прийняття рішень дозволяє підвищити ефективність аналізу медичних даних та автоматизувати окремі клінічні процеси. Водночас повна автономність медичних роботів поки що залишається обмеженою через складність біологічного середовища та високі вимоги до безпеки.

Окрему увагу необхідно приділяти етичним та регуляторним аспектам. Медичні роботизовані системи повинні відповідати вимогам безпеки, кіберзахисту, захисту персональних даних та принципам прозорості алгоритмів штучного інтелекту [4, 5]. Ключовим принципом залишається збереження контролю лікаря над клінічно значущими рішеннями.

Отже, роботизовані системи є одним із найважливіших напрямів розвитку сучасної медицини та медичної інженерії. Їх використання сприяє підвищенню точності діагностики, ефективності лікування та якості медичної допомоги. Перспективи розвитку медичної робототехніки пов'язані зі створенням систем керованої автономії, удосконаленням алгоритмів комп'ютерного зору, інтеграцією штучного інтелекту та розвитком телемедичних технологій.

Перелік посилань

1. Saeidi, H., Opfermann, J. D., Kam, M., Wei, S., Leonard, S., Hsieh, M. H., Kang, J. U., & Krieger, A. (2022). Autonomous robotic laparoscopic surgery for intestinal anastomosis. *Science Robotics*, 7(62), eabj2908.
2. Bergholz, M., Ferle, M., & Weber, B. M. (2023). The benefits of haptic feedback in robot assisted surgery and their moderators: a meta-analysis. *Scientific Reports*, 13, 19215.
3. Su, K., Liu, J., Ren, X., Huo, Y., Du, G., Zhao, W., Wang, X., Liang, B., Li, D., & Liu, P. X. (2024). A fully autonomous robotic ultrasound system for thyroid scanning. *Nature Communications*, 15, 4004.
4. Vayena, E., & Blasimme, A. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*. Geneva: World Health Organization.
1. European Parliament and Council of the European Union. (2017). Regulation (EU) 2017/745 of the European Parliament and of the Council of 5 April 2017 on medical devices. *Official Journal of the European Union*, L 117, 1–175.