

ВИКОРИСТАННЯ СЕНСОРІВ У МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Використання носимих та оточуючих сенсорів дозволяє збирати данні в режимі реального часу про фізіологічні, поведінкові показники пацієнта за межами традиційної клінічної установи. У цих тезах розглянуто основні типи сенсорів, сфери застосування, переваги та недоліки, а також перспективи розвитку цієї технології в контексті моніторингу.

Ключові слова: сенсори, моніторинг пацієнтів, носимі пристрої, дистанційні моніторинг, цифрове здоров'я.

Abstract

In today's medical environment, monitoring patients' conditions using sensor technologies is an integral part of providing medical care. The use of wearable and ambient sensors allows real-time data collection on physiological, behavioural indicators of patients outside traditional clinical settings. These abstracts discuss the main types of sensors, their areas of application, advantages and disadvantages, as well as the prospects for the development of this technology in the context of monitoring.

Keywords: sensors, patient monitoring, wearable devices, remote monitoring, digital health.

Вступ

Впливи на систему охорони здоров'я (старіння населення, зростання хронічних захворювань) потребують нових рішень для моніторингу стану пацієнтів. У даному випадку використання сенсорів як носимих, так і вбудованих відкриває можливості для постійного нагляду за показниками життєдіяльності, раннього виявлення погіршення стану, зниження ризику ускладнень захворювань і оптимізації ресурсів. Наприклад, як зазначено в огляді, сенсори в дистанційному моніторингу можуть зменшувати кількість госпіталізацій та летальних випадків.

Історичний розвиток сенсорних технологій у медицині

Перші біомедичні сенсори з'явилися у 1960-х і використовувалися для ЕКГ та моніторингу тиску. З розвитком мікроелектроніки у 1980-х роках з'явилися мініатюрні датчики, які можна було вбудовувати в медичні прилади. З початку 2000-х років, технологія носимих сенсорів стала використовуватися в повсякденні - фітнес браслети, «розумні» годинники.[3] Сьогодні ці сенсори є основою Інтернету медичних речей (IoMT), який поєднує лікарів, пацієнтів і клінічні бази в одну систему. Загальна інформація представлена в таблиці 1.

Таблиця 1. Загальна інформація про сенсори

№	Види сенсорів	Технологічні основи
1	Носимі сенсори (Wearables)	Пристрої, які пацієнт носить на тілі (браслети, пластини, текстильні сенсори) які вимірюють частоту серцевих скорочень, дихальну частоту, температуру, рухову активність.
2	Оточуючі сенсори (Ambient sensors)	Сенсори вбудовані в житлове чи клінічне середовище, дозволяють збирати дані без безпосереднього контакту з пацієнтом
3	Бездротові сенсорні мережі IoT-інтеграція	Сенсори передають дані в хмари чи локальні системи, аналізуються з використанням алгоритмів машинного навчання для виявлення закономірностей, прогнозування погіршення стану.

Переваги використання сенсорів для моніторингу життєвих показників

1. Постійний моніторинг в реальному часі, а не лише під час візиту до лікаря.
2. Можливість раннього виявлення змін стану і своєчасного втручання.
3. Підвищення безпеки пацієнтів, зниження ризику госпіталізації та ускладнень.
4. Зручність для пацієнта: домашній моніторинг, зменшення потреби в поїздках до медзакладів.

Особливості застосування

1. Прийняття пацієнтами, адже вони мають погодитись носити пристрій або жити в середовищі з сенсорами, що може викликати дискомфорт чи порушення приватності.
2. Технічні обмеження, а саме точність сенсорних даних, інтерференції, потреба в калібруванні та стандартизації.
3. Питання безпеки, конфіденційності та властивості даних.
4. Оплата сенсорних систем.

Принцип роботи сенсорних систем

Сенсори реєструють та перетворюють фізіологічний сигнал у електричний імпульс, який надсилається до обчислювального модуля. Там дані фільтруються, оцифровуються й передаються через бездротові протоколи (Bluetooth, Wi-Fi, LTE та інші) [2]. У хмарному сервісі інформація аналізується штучним інтелектом для виявлення відхилень. Наприклад, система BioBeat аналізує пульсові хвилю для оцінки артеріального тиску без манжетки.

Практичні впровадження в клініках

Сенсорні системи широко застосовуються у клінічній практиці. Наприклад, у кардіології застосовують носимі ЕКГ-пристрої, зокрема Zio Patch, які забезпечують тривалий-до двох тижнів - безперервний запис серцевого ритму[3]. У пульмонології все частіше використовують безконтактні радари дихання, що дають можливість контролювати функцію дихання у пацієнтів у палатах інтенсивної терапії. В ендокринології поширені системи безперервного моніторингу глюкози, такі як FreeStyle Libre, які автоматично передають дані про рівень цукру на смартфон користувача. У сфері реабілітації важливу роль відіграють сенсорні системи для оцінки рухової активності, такої як інерційні модулі, що дозволяють відстежувати прогрес відновлення після травм або хірургічних втручань. Загальна інформація представлена в таблиці 2.

Таблиця 2. Сфера застосування моніторингу

№	Категорія моніторингу	Застосування
1	Хронічні захворювання	Пацієнти з серцево-судинними(серцева недостатність, аритмія), дихальними або метаболічними (діабет) захворюваннями можуть перебувати під контролем за допомогою сенсорів, що дозволяють попереджати погіршення.
2	Післяопераційний/реабілітаційний моніторинг	Носимі сенсори допомагають відслідковувати рухову активність, дотримання реабілітаційних програма, стан пацієнта після виписки.
3	Моніторинг у домашньому середовищі	Завдяки сенсорам пацієнти можуть бути під наглядом з дому, що зменшує навантаження на стаціонари й дозволяє лікарям реагувати дистанційно.

Перспективи розвитку сенсорних технологій у медицині та роль біомедичних інженерів

Сенсорні технології стрімко розвиваються і стають ключовим елементом сучасної медицини. Одним із провідних напрямів є удосконалення систем для аналізу біосигналів: сучасні алгоритми вже демонструють точність понад 90% у класифікації фізіологічних станів. Паралельно відбувається активна інтеграція сенсорів у систему (IoT) та хмарні інфраструктури, що забезпечує масштабований та безперервний моніторинг пацієнтів у домашніх умовах [1]. Такі технологічні зрушення підтримують перехід до превентивної та персоналізованої медицини. Сенсори вже не лише фіксують зміни показників, а й дозволяють прогнозувати ризики розвитку захворювань, що особливо важливо для вразли-

вих груп - літніх людей, пацієнтів з обмеженою мобільністю або тих, хто живе у віддалених регіонах. Водночас посилюється потреба у створенні інтероперабельних стандартів і зручних інтерфейсів, які полегшать впровадження технологій у рутинну клінічну практику.

У цьому процесі зростає роль біомедичних інженерів. Розвиток сенсорних систем формує широкий спектр професійних завдань: від проєктування біосумісних матеріалів та оптимізації енергоспоживання до розробки алгоритмів штучного інтелекту для аналізу біосигналів. Важливим залишаються також створення інтуїтивних інтерфейсів для медичного персоналу та пацієнтів, а також участь у сертифікації та оцінюванні безпеки нових пристроїв. Саме фахівці з біомедичної інженерії є ключовими у забезпеченні відповідності сенсорних технологій клінічним вимогам та стандартам безпеки.

Висновок

Використання сенсорів у моніторингу стану пацієнтів - це перспективний напрямок, який має потенціал змінити спосіб надання медичної допомоги: з реактивної моделі (лікування після виникнення проблем) - до проактивної (моніторинг, раннє втручання). Сенсори дозволяють збирати точні данні в режимі реального часу, підвищувати безпеку, знижувати навантаження на стаціонари та покращувати досвід пацієнта. Однак для широкого впровадження ще потрібно подолати технічні, організаційні та етичні виклики. У майбутньому розвиток сенсорних систем, алгоритмів аналізу даних і стандартизації може привести до значних змін у системі охорони здоров'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zhang S., Li Y., Shahabi, F., Xia, S., Deng, Y., Alshurafa, N. Deep learning in human activity recognition with wearable sensors: A review on advances. Url: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/4/1476>
2. Stehlik, J., Schmalfuss, C., Bozkurt, B., Nativi-Nicolau, J., Wohlfahrt, P., Wegerich, S. Continuous wearable monitoring analytics predict heart failure hospitalization: the LINK-HF multicenter study. Url: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/4/1476/>
3. Seshadri, D.R., Li, R.T., Voos, J.E., Rowbottom, J.R., Alfes, C.M., Zorman, C., Drummond, C.K. Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete/ Url: <https://www.nature.com/articles/s41746-019-0149-2/>

Корчевська Вікторія Андріївна - студентка групи БМІ-23б, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: korchevskaviktoria388@gmail.com

Науковий керівник: **Тимчик Сергій Васильович** - кандидат техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Korchevska Viktoria A. - student of group BMI-23b, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia korchevskaviktoria388@gmail.com

Supervisor: **Tymchyk Serhiy V.** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia