

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

**МАТЕРІАЛИ
XXX МІЖНАРОДНОГО
МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ**

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ У ХХІ СТОЛІТТІ



Том 1

Харків 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ 30-го МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ

**«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ
У ХХІ СТОЛІТТІ»**

22–24 квітня 2026 р.

Том 1

**КОНФЕРЕНЦІЯ
«ЛАЗЕРНА ТА БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ»**

Електронне видання

Харків 2026

УДК 621.375.826+57.089:616.053]:004.9(06)

30-й Міжнародний молодіжний форум «Радіoeлектроніка та молодь у ХХІ столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 1. / [Електронний ресурс] – Харків: ХНУРЕ. 2026. – 66 с. – pdf 8,54 Mb

ISBN 978-966-659-386-6

В збірник включені матеріали 30-го Міжнародного молодіжного форуму
«Радіoeлектроніка та молодь у ХХІ столітті».

Збірник тез конференції «Лазерна та біомедична інженерія» представляє дослідження та розробки у сферах біомедичної інженерії та фотоніки. Він включає роботи, що охоплюють широкий спектр тем: від перспективних досліджень та інноваційних методів у галузі біомедичної інженерії до прогресивних підходів у фотоніці. Автори діляться своїми знаннями про біомедичні електронні пристрої, прилади та системи, які відіграють важливу роль у моделюванні, обробці і аналізі медико-біологічної інформації. Розглядаються також новітні досягнення у фотоніці, включаючи фізичні принципи фотоніки та застосування лазерів та лазерних систем, оптоелектронних пристроїв на базі фотонних кристалів.

Матеріали конференції є цінним ресурсом для дослідників, інженерів, та студентів, які прагнуть розширити свої знання та внести вклад у розвиток цих динамічних галузей науки та техніки.

Матеріали в збірнику друкуються мовою оригіналу.

Матеріали, що включені до збірника тез конференції, пройшли рецензування.

Електронне видання

Видання підготовлено навчально-науковим інститутом лазерної та
біомедичної інженерії Харківського національного університету
радіoeлектроніки

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14
тел./факс: (057) 7021397

E-mail: mref21@nure.ua

ISBN 978-966-659-386-6

© Харківський
національний університет
радіoeлектроніки (ХНУРЕ), 2026

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ БЕЗПЕРЕРВНОГО МОНІТОРИНГУ ГЛЮКОЗИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГІПО- ТА ГІПЕРГЛІКЕМІЧНИХ СТАНІВ

Гузенко В.А.

veronika.huzenko@nure.ua

Науковий керівник: к. т. н., доц. Авер'янова Л. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. БМІ
м. Харків, Україна

Continuous glucose monitoring (CGM) systems provide real-time measurements of glucose concentration and play a crucial role in diabetes management. However, CGM signals are often affected by measurement noise, sensor limitations, and physiological delays, which can reduce the reliability and accuracy of the recorded data. To address these challenges, advanced signal processing techniques and adaptive filtering methods are applied to improve signal quality and enhance data reliability. These approaches also enable more accurate prediction of hypoglycemic and hyperglycemic events, which is essential for providing timely alerts and improving patient safety.

Цукровий діабет залишається однією з найгостріших глобальних загроз: за даними IDF (Diabetes Atlas, 11th edition, 2025), у світі налічується 589 млн хворих, а до 2050 року їх кількість зросте до 852,5 млн [1]. Для 9,2 млн пацієнтів із 1 типом (T1DM) критично важливим є перехід від традиційного самоконтролю (SMBG), який не дозволяє відстежувати швидкі зміни концентрації глюкози, до систем безперервного моніторингу (CGM) [3]. CGM є ядром системи «штучної підшлункової залози», де точність обробки сигналів є вирішальною, оскільки помилки в даних можуть призвести до неправильного розрахунку дози інсуліну. Проте робота сенсорів обмежена шумами та фізіологічною затримкою (5–15 хв), що потребує впровадження адаптивних алгоритмів обробки [4].

Для подолання технічних обмежень проведено порівняльний аналіз основних підходів до обробки даних (табл. 1).

Таблиця 1

Етап обробки	Метод	Переваги	Обмеження
Калібрування	Метод Кінга [2]	Усунення систематичної похибки сенсора.	Потребує регулярних вимірювань SMBG.
Фільтрація	Фільтр Калмана [2]	Висока точність усунення шумів у реальному часі.	Чутливість до вибору математичної моделі.

Продовження Таблиця 1

Етап обробки	Метод	Переваги	Обмеження
Прогнозування	Класичні ML (k-NN, SVM, RF)	Простота реалізації та низькі вимоги до пам'яті.	Низька точність на довгих інтервалах.
	Нейромережі (LSTM)	Здатність зберігати інформацію про попередні стани; найвища точність.	Висока обчислювальна складність.

Дані сенсорів часто містять шум, спричинений рухами пацієнта, змінами температури або деградацією сенсора, що критично впливає на надійність та точність системи [4]. Для мінімізації похибки використано метод Кінга (рис. 1) [2].

Наступним етапом є адаптивна фільтрація Калмана для оцінки стану системи x_k за зашумленими вимірюваннями z_k :

$$x_k = Ax_{k-1} + Bu_k + \omega_{k-1} \text{ — еволюція стану;}$$

$$z_k = Hx_k + v_k \text{ — спостереження.}$$

де x_k — вектор стану системи; z_k — виміряне значення сенсора CGM; A — матриця переходу станів; H — матриця спостереження, яка пов'язує вимірювання із реальним станом системи; ω_{k-1} та v_k — шум процесу та вимірювання. Вектор стану x_k включає поточну концентрацію глюкози та швидкість її зміни, що готує дані для LSTM-мережі (рис. 2) [2]. Після фільтрації реалізується прогнозування глікемічних станів за допомогою методів k-NN, SVM та LSTM-мереж. Останні найбільш ефективні завдяки здатності зберігати історію станів, що дозволяє компенсувати фізіологічну затримку сигналу. На основі отриманих прогнозів система генерує вчасні попередження для оперативної корекції дози інсуліну або прийому їжі.

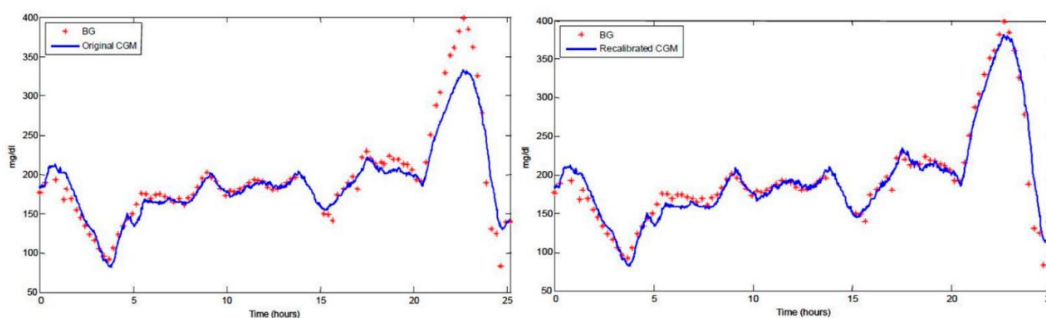


Рисунок 1 – Порівняння вихідних даних CGM-сенсора (ліворуч) та результатів калібрування за методом Кінга (праворуч) [2]

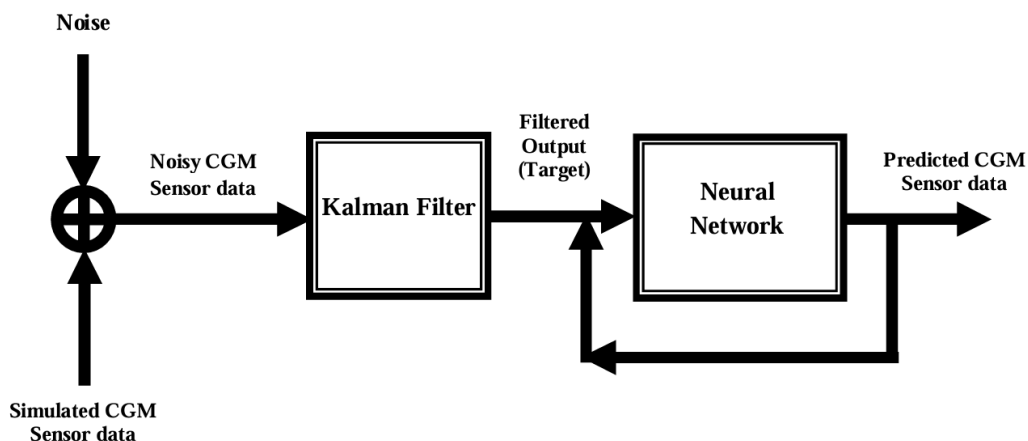


Рисунок 2 – Блок-схема інтелектуальної системи обробки та прогнозування даних CGM-сенсора [2]

Точність систем CGM безпосередньо залежить від ефективності алгоритмів багатоетапної обробки сигналів. Поєднання методів калібрування, фільтрації Калмана та машинного навчання дозволяє суттєво підвищити якість даних і точність прогнозування глікемічних подій.

Аналіз показав, що найбільш перспективною для систем «штучної підшлункової залози» є гібридна архітектура, яка поєднує фільтрацію Калмана для очищення сигналу та LSTM-мережі для завчасного прогнозування критичних станів. Така комбінація дозволяє не лише мінімізувати вплив затримки, а й персоналізувати прогнози з урахуванням індивідуальних особливостей пацієнта. Подальший розвиток мультимодальних систем відкриває шлях до створення повністю автономних та безпечних систем управління діабетом, здатних мінімізувати ризик життєво небезпечних гіпоглікемічних епізодів.

Список використаних джерел:

1. IDF Diabetes Atlas 11th edition: вебсайт. International Diabetes Federation, 2025. URL: <https://www.diabetesatlas.org> (дата звертання: 05.03.2026)
2. Ahmed H. B. Design and analysis of a CGM sensor glucose concentration prediction system: Master's thesis. Nicosia: Near East University, 2013. 61 с.
3. Poolsup N., Suksumboon N., Kyaw A. M. Systematic review and meta-analysis of the effectiveness of continuous glucose monitoring (CGM) on glucose control in diabetes. Diabetology & Metabolic Syndrome. 2013. Vol. 5, № 1. Art. 39. URL: <https://doi.org/10.1186/1758-5996-5-39>
4. Sparacino G., Facchinetti A., Cobelli C. "Smart" Continuous Glucose Monitoring Sensors: On-Line Signal Processing Issues. Sensors. 2010. Vol. 10, № 7. P. 6751–6772. URL: <https://doi.org/10.3390/s100706751> (дата звернення: 07.03.2026).