УДК 004.85:61

**С. С. Гладіголов**
**О. М. Козачко**

# СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ЛІКАРЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА ОЦІНКИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Вінницький національний технічний університет, Україна

**Анотація**

*Представлено проєктування інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень для медичних закладів, що базується на комбінації методів машинного навчання та байєсового аналізу. Система призначена для вирішення проблеми нерівності у якості медичної допомоги між міськими/обласними та районними лікарнями шляхом передбачення відсутніх показників лабораторних досліджень з оцінкою невизначеності та формування персоналізованого прогнозу перебігу захворювань та ризиків ускладнень. Архітектура системи включає компоненти збору даних інтегрований з електронними медичними картками, підготовки та збереження даних, модуль заповнення пропусків та оцінки їх невизначеності, окремі модулі для оцінки ризиків та прогнозування перебігу захворювань, а також інтерфейс з рекомендаціями для лікарів. Завдяки поєднанню байєсового аналізу та методів машинного навчання система забезпечує якісне прогнозування та оцінку невизначеності. Система забезпечує поширення досвіду та статистичних даних з великих лікарень на районні заклади, що сприяє підвищенню якості медичної допомоги.*

***Ключові слова:*** машинне навчання, аналіз даних, медичні дані, оцінка невизначеності, інформаційна система.

**Abstract**

*This paper presents the design of an intelligent decision support system for medical institutions, based on a combination of machine learning methods and Bayesian analysis. The system addresses the problem of inequality in healthcare quality between urban/regional hospitals and rural hospitals by predicting missing laboratory test indicators with uncertainty estimation and generating personalized predictions of disease progression and complication risks. The system architecture includes components for data collection integrated with electronic medical records, data preparation and storage, a module for imputing missing data and assessing its uncertainty, separated modules for risk assessment and disease progression prediction, and an interface providing recommendations for physicians. By combining Bayesian analysis and machine learning methods, the system ensures high-quality prediction and uncertainty estimation. The system enables the dissemination of expertise and aggregated statistical data from large hospitals to rural facilities, thereby contributing to improved healthcare quality.*

***Keywords:*** machine learning, data analysis, medical data, uncertainty estimation, information system.

## Вступ

На сьогоднішній день не всі лікарні мають однакове забезпечення. Міські та обласні лікарні зазвичай мають можливість для проведення всіх необхідних аналізів та досліджень для якісної постановки діагнозу та плану лікування, але районні лікарні часто не мають достатнього фінансування та персоналу для якісного надання послуг. Це створює значну нерівність у якості медичної допомоги між різними рівнями медичних закладів і може негативно впливати на здоров'я пацієнтів у віддалених регіонах.

Одним з ключових факторів для оцінки перебігу захворювання та ризиків ускладнень є особистий досвід лікаря, проте не всі лікарі встигли його накопичити, що впливає на якість вказаних оцінок. Особливо гостро ця проблема стоїт у районних лікарнях, де рідше працюють висококваліфіковані лікарі або відсутні вузькопрофільні спеціалісти. Це може призводити до не точних діагнозів або ризиків ускладнень.

Методи машинного навчання мають високу якість у задачах прогнозування та класифікації, особливо при роботі з великими обсягами медичних даних [1]. Методи байєсового аналізу здатні використовувати галузеві знання та надавати оцінку невизначеності, що є критично важливим для медичних задач. В комбінації ці методи можуть надати додаткову оцінку ризиків та прогнози перебігу захворювання для допомоги в прийнятті рішень лікарями.

Сучасні технології дозволяють створювати централізовані системи, які можуть поширювати досвід, отриманий з більших міських та обласних лікарень, на районні медичні заклади, що дозволяє

поширювати аналітичні та прогностичні інструменти незалежно від географічного розташування та фінансових можливостей конкретного медичного закладу.

Метою даної роботи є проєктування системи підтримки прийняття рішень для допомоги лікарям з використанням методів машинного навчання та байєсового аналізу.

Об'єктом дослідження є інформаційна система на основі комбінації технологій машинного навчання та байєсового аналізу.

Предметом дослідження є процеси та методи підтримки прийняття клінічних рішень, апроксимації медичних показників та оцінки ризиків ускладнень за допомогою байєсового аналізу та машинного навчання.

## Результати дослідження

Перед розробкою системи було проведено консультування з лікарями про наявні потреби лікарень, дослідження та випробування інформаційних рішень [2-5]. Зокрема, було проведено порівняльний аналіз методів машинного навчання та байєсових методів машинного навчання, досліджено специфіку роботи районних лікарень та визначено ключові обмеження у доступі до діагностичних можливостей.

Під час консультацій з лікарями було виявлено, що найбільші труднощі виникають при прогнозуванні перебігу хронічних захворювань, оцінці ризиків ускладнень та прийнятті рішень за відсутності всіх необхідних діагностичних даних.

Порівняльний аналіз показав, що методи машинного навчання при достатній кількості даних мають кращу точність, а байєсові методи мають переваги для медичних задач завдяки можливості вбудови галузевих знань у моделі та оцінці невизначеності отриманих передбачень.

Архітектура інформаційної системи підтримки прийняття рішень складається з 5 ключових компонентів, які забезпечують повний цикл обробки медичних даних та надання рекомендацій лікарям.

**Компонент збору даних інтегрований з системою електронних медичних карток (ЕМК)** забезпечує автоматичний збір інформації про пацієнтів та проведені аналізи. Він збирає демографічні дані, анамнез, результати лабораторних та інструментальних досліджень та призначені ліки. Для підтримки якості інформації компонент включає валідацію даних при зборі та стандартизацію одиниць вимірювання.

**Компонент зберігання даних**, що складається з реляційної та документо-орієнтованої баз даних для структурованих та неструктурованих даних відповідно.

**Компонент заповнення пропусків в лабораторних дослідженнях** аналізує наявні дані про пацієнта та використовує ієрархічні байєсові моделі для апроксимації пропущених значень. Такий підхід дозволяє отримати окрім самих показників їх міру невизначеності, що буде використовуватись в прогностичних модулях, як додаткові ознаки для підвищення їх точності.

**Окремі прогностичні модулі** використовують методи машинного навчання, байєсового аналізу та їх комбінації для прогнозування перебігу захворювань та оцінювання ризиків ускладнень. До найбільш актуальних відносяться прогнозування ускладнень діабету, оцінка ризиків серцево-судинних захворювань та прогнозування перебігу онкологічних захворювань. Усі модулі оновлюються по мірі появи нових даних для забезпечення якості наданих прогнозів.

Останнім компонентом системи є **інтерфейс** для відображення отриманих оцінок, прогнозів та рекомендацій, що буде доступний лікарям для допомоги у прийнятті рішень.

## Висновки

Спроєктовано систему підтримки прийняття рішень з використанням методів машинного навчання та байєсового аналізу. Запропонована система є ефективним рішенням для лікарів у наданні якісної медичної допомоги, оцінки ризиків перебігу захворювань та попередження важких станів. Завдяки поєднанню байєсового аналізу та машинного навчання система здатна забезпечити точне прогнозування та оцінку невизначеності наданих прогнозів, а завдяки хмарним технологіям може бути ефективно використана лікарнями з обмеженим фінансуванням, поширюючи досвід, отриманий з більших міських та обласних лікарень та статистичні дані з них.

Детальна архітектура системи з п'яти основних компонентів забезпечує повний цикл від збору медичних даних до надання персоналізованих рекомендацій лікарям. Особлива увага приділена оцінці невизначеності прогнозів та апроксимацій, що є критично важливим для медичних застосувань.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ


1. Haug C. J. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023 [Екектронний ресурс] / Charlotte J. Haug, Jeffrey M. Drazen // New england journal of medicine. – 2023. – Т. 388, № 13. – С. 1201–1208. – Режим доступу: https://doi.org/10.1056/nejmra2302038
2. Гладіголов С. С. Порівняльний аналіз моделей машинного навчання в задачі передбачення вигорання співробітників / С. С. Гладіголов, О. Б. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2023. – № 5. – С. 25–31.
3. Гладіголов С. С. Персоналізація предиктивних моделей в задачі прогнозування емоційного вигорання [Екектронний ресурс] / Гладіголов С. С., Козачко О. М. // Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. – Електрон. текст. дані. – 2024. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2024/paper/view/20070
4. Hladiholov S. Prediction of alzheimer's disease using bayesian neural networks [Електронний ресурс] / Serhii Hladiholov, Oleksii Kozachko // Computer systems and information technologies. – 2025. – № 1. – С. 42–47. – Режим доступу: https://doi.org/10.31891/csit-2025-1-5
5. Гладіголов С. С. Використання оцінки невизначеності для покращення моделей прогнозування в медичних задачах. [Електронний ресурс] / Гладіголов С. С., Козачко О. М. // Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінниця, 24-27 березня 2025 р. – Електрон. текст. дані. – 2025. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2024/paper/view/20070



***Гладіголов Сергій Сергійович*** — аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: hladiholov.s@gmail.com

***Козачко Олексій Миколайович*** — к.т.н., доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lekoz80@gmail.com

***Hladiholov Serhii*** — postgraduate student of Department of Systems Analysis and Information Technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: hladiholov.s@gmail.com

***Kozachko Oleksii*** — Ph.D., associate professor of the System Analysis and Information Technologies Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lekoz80@gmail.com