

Левківський В.Л.

Державний університет «Житомирська політехніка»

Марчук Д.К.

Державний університет «Житомирська політехніка»

Панаріна І.В.

Державний університет «Житомирська політехніка»

Кузьменко О.В.

Державний університет «Житомирська політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗДОРОВ'Я

Нові технології, такі як хмарні рішення, системи Інтернету речей, блокчейн та штучний інтелект, мають великий потенціал для вдосконалення медичної сфери. Цифровізація системи охорони здоров'я потребує постійного удосконалення, тому розробка нових інформаційних технологій різних напрямків є надзвичайно важливим завданням. Зростання потреби у віддаленому моніторингу та діагностуванні стану пацієнтів вимагає розвитку нових та вдосконалення існуючих моделей, методів та технологій для підвищення рівня інформованості лікарів про стан пацієнтів, покращення доступності та ефективності медичних послуг, обміну медичною інформацією та вдосконалення обробки та аналізу медичних даних. Постійне оновлення та розвиток медичних інформаційних систем є необхідними для забезпечення цих потреб. Метою даної роботи є розробка веб-орієнтованої підсистеми для моніторингу стану здоров'я. Дана підсистема використовує технологію для збору даних, пов'язаних із фізіологічними параметрами людини, рівнями активності та іншою важливою інформацією про стан здоров'я. На етапі моделювання підсистеми були визначені основні ролі - адміністратор та зареєстрований користувач. Складено перелік основних функціональних можливостей, розподілених за відповідними ролями. Описано та проілюстровано діаграми варіантів використання, активностей і послідовностей. Спроектовано об'єктно-орієнтовану структуру програми, яка представлена у вигляді діаграми класів. Здійснено підбір технологій для програмної реалізації підсистеми - стек LAMP та PHP-фреймворк Yii2. Підсистема може бути використана як один із модулів у складі комплексної медичної інформаційної системи. Дані системи стають все більш поширеними, змінюючи наш підхід до охорони здоров'я та пропагуючи більш проактивний та персоналізований підхід до управління станом здоров'я.

Ключові слова: алгоритм, моніторинг, лікар, пацієнт, медична інформаційна система, МІС.

Постановка проблеми. Останні події на території України стимулюють пошук нових рішень для поліпшення процесів цифрової трансформації в сфері охорони здоров'я. Пандемія Covid-19 та російське вторгнення показують необхідність прискорення цифровізації медичного сектору. Проте, щоб підвищити ефективність системи охорони здоров'я, необхідні нові підходи, такі як покращення інформованості лікаря про стан пацієнтів, стандартизація медичної документації, оптимізація збору первинних даних та забезпечення більшої доступності медичних послуг [1].

Останнім часом стає все більш поширеним використання телемедицини, включаючи телемедичне консультування, моніторинг і проведення медичних процедур за допомогою віддалених

технологій. Використання мобільних додатків для збирання даних, реєстрації пацієнтів та інших завдань стало особливо актуальним під час пандемії та вторгнення. Впровадження електронних систем охорони здоров'я в Україні дозволило централізувати зберігання даних, покращити облік і уніфікацію документів, а також поліпшити якість управління і моніторингу. Хоча використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в охороні здоров'я не є новиною, технічні, організаційні та нормативні аспекти потребують постійного вдосконалення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [2] автори виконали порівняльний аналіз кількох існуючих медичних інформаційних систем (МІС), дослідивши їхню структуру та

можливості. Вони також описали роль МІС як ключового інструменту для зберігання медичних даних. Ковбасюк С.В. та співавтори [3] запропонували програмний додаток для моніторингу захворюваності на Covid-19, який призначений для збору та обробки статистичних даних про поширення коронавірусної інфекції. У роботі [4] була розроблена медична система, головною метою якої – оцінка стану серцево-судинної системи на основі регулярних показників та прогнозування ризику розвитку захворювання за шкалою SCORE. Автори роботи [5] розробили систему автоматизованого контролю цукрового діабету, використовуючи математичні моделі для розрахунку балансу «глюкоза-інсулін». Запропонований додаток має значний потенціал для покращення якості життя людей, які страждають на це захворювання. У роботі [6] було здійснено проектування алгоритмів функціонування системи віддаленої діагностики стану пацієнтів. В роботі описано сценарії використання основних ролей програмного продукту та наведено приклади можливих опитувальних аркушів. Основна увага зосереджена на віддаленому консультуванні пацієнтів. Шматко О.В. та Сальников С.С. описують модель децентралізованої системи для збору, зберігання та обміну електронними медичними картками. Запропонована модель не лише підвищує конфіденційність та цілісність медичних даних, але й суттєво покращує якість надання медичної допомоги та результати лікування пацієнтів [7]. Авторський колектив [8] дослідив проблему діагностики на основі даних пацієнта. Для вирішення цього завдання запропоновано використовувати підходи та методи штучних нейронних мереж. Вагомий внесок у розвиток медичних інформаційних систем та цифровізацію охорони здоров'я зробили вітчизняні та зарубіжні автори. Дослідження показують, що наразі увага сконцентрована на створенні єдиного медико-інформаційного простору, розвитку інструментів співпраці між медичними закладами, і удосконаленні систем державного управління в цій сфері [9]. Аналіз функціональності сучасних медичних інформаційних систем України та світу показує відсутність можливості аналізу та прогнозувати розвитку хронічних захворювань та їх ускладнень та модулів для моніторингу поточного стану пацієнтів [10]. Тому є необхідність у подальшому розвитку та вдосконаленні таких систем.

Постановка завдання. Метою роботи є представлення дослідження щодо моделювання та програмної реалізації підсистеми моніторингу стану

здоров'я. Підсистема має забезпечувати моніторинг у реальному часі, збір даних для допомоги контролю стану власного здоров'я, також допомоги медичним працівникам приймати обґрунтовані рішення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для моделювання інформаційної підсистеми використовуємо інструменти, запропоновані мовою Unified Modeling Language (UML). Головними ролями підсистеми є адміністратор та користувач. Адміністратор (*Admin*) відповідає за керування системою та обліковими записами користувачів. *Admin* може виконувати такі дії, як керування користувачами, створення або зміна облікових записів користувачів, надання або скасування прав адміністратора іншим користувачам, а також внесення та перегляд даних про стан здоров'я користувачів.

Користувач (*User*) представляє осіб, які бажають робити моніторинг власного здоров'я використовуючи програмний продукт. Вони можуть бути зареєстровані або адміністратором або самостійно. Користувачі можуть отримувати доступ до своїх особистих даних про здоров'я, оновлювати їх. Також користувачі можуть формувати власну групу серед інших користувачів (наприклад, членів родини), таким чином отримуючи можливість керувати даними про стан здоров'я членів своєї групи. Також користувачі мають можливість підтверджувати або скасовувати запити на додавання їх до групи іншого користувача, який відправив запит (рис. 1).

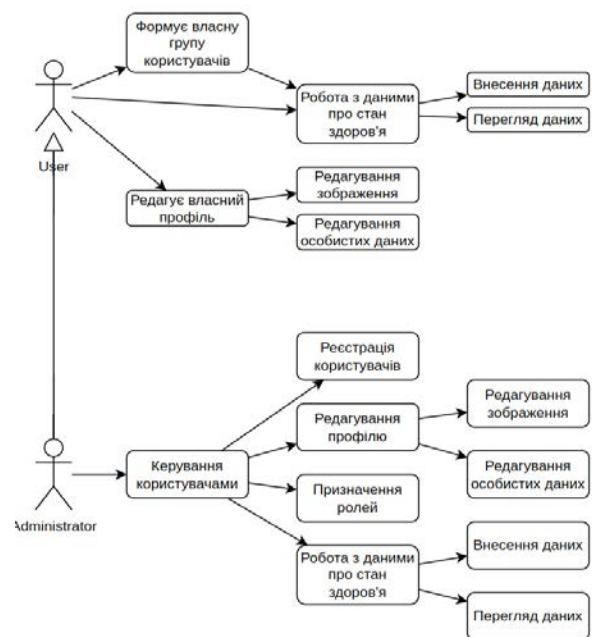


Рис. 1. Діаграма варіантів використання підсистеми моніторингу стану здоров'я

Опишемо алгоритми роботи основних ролей підсистеми. Користувачі підсистеми мають доступ до опції «Мій профіль», де є доступна особиста інформація користувача – ім'я, вік, контактна інформація та інші дані. Програма надає користувачеві інтерфейс для редагування бажаних полів: прізвище, ім'я, дата народження, фото. Після внесення необхідних змін користувач вибирає опцію «Зберегти зміни», щоб зберегти оновлену інформацію. Програма підтверджує, що зміни успішно збережені, і відображає повідомлення про те, що особисту інформацію оновлено.

Для заповнення даних про стан здоров'я можна скористатись опцією «Введення даних стану здоров'я», де є можливість ввести значення тиску, пульсу, рівня цукру в крові, температури. Програма надає різні форми для внесення даних. Підсистема надає користувачу можливості щодо перегляду історії різних показників стану здоров'я з можливістю сортування, пошуку і фільтрації даних, для цього необхідно обрати опцію «Перегляд даних про стан здоров'я».

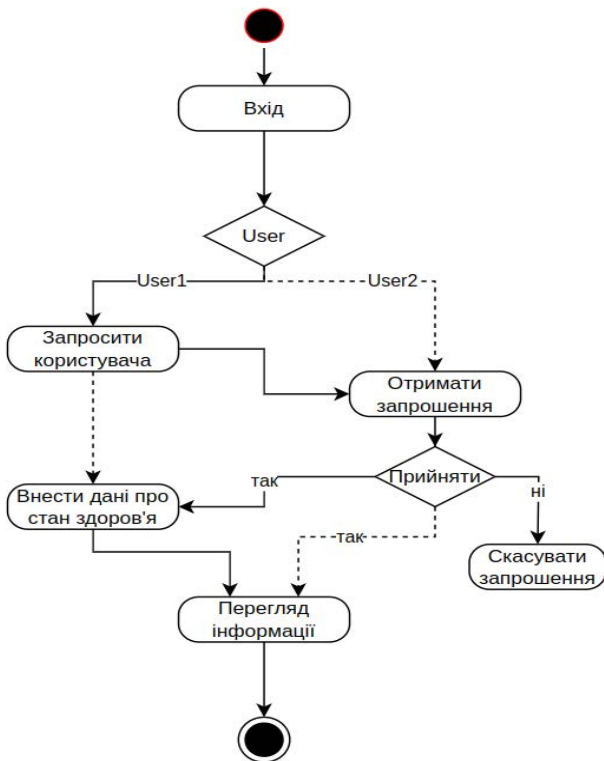


Рис. 2. Діаграма активності процесу додавання одним користувачем іншого до своєї групи для моніторингу стану здоров'я

Особливість даної підсистеми полягає в наданні можливості моніторингу власного здоров'я довірений особі. Це може бути корисно для людей досить похилого віку, коли є необхідність постій-

ного стороннього контролю. За надання відповідного доступу, довірена особа може зі свого профілю контролювати не лише власні показники здоров'я, а і іншої особи, яка надала на це згоду. В даному дослідженні опишемо можливість використання даної функції, не зачіпаючи глибоко питання безпеки, звичайно ж всі користувачі системи мають бути авторизованими.

Для додавання іншої особи (іншого користувача), потрібно натиснути на кнопку «Додати користувача у мою групу», програма відобразить форму з внесення логіну іншого користувача. Необхідно ввести потрібний логін і натиснути кнопку «Запросити». Користувач, якого запросили, в своєму кабінеті в списку «Мої запрошення», отримає запрошення та прийме або скасує його. Після прийняття запрошення, користувач, що надав запит, може вносити та переглядати дані про стан здоров'я іншого користувача (рис. 2).

Діаграма послідовності ілюструє процес взаємодії користувачів із системою при додаванні іншого користувача у власну групу для здійснення моніторингу стану здоров'я (наприклад, користувач може формувати групу з членів своєї сім'ї) (рис. 3).

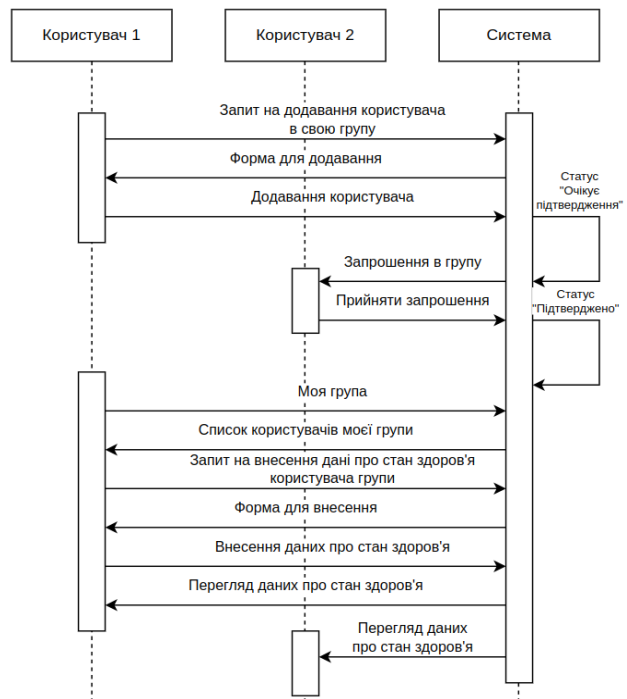


Рис. 3. Діаграма послідовності додавання іншого користувача у власну групу для можливості моніторингу стану здоров'я

На діаграмі (див. рис. 3) можемо спостерігати як Користувач 1 надсилає запит на додавання Користувача 2 в свою групу. Отримавши запит

програма надсилає користувачу 1 форму для додавання користувача 2 в групу. Користувач 1 вводить логін Користувача 2 і натискає кнопку «Відправити запрошення». Програма отримує запит та додає його до бази даних зі статусом «Очікує підтвердження». Користувач 2 отримує запрошення на вступ до групи у вкладці «Мої запрошення». Користувач 2 підтверджує або скасовує запрошення; в подальшому він може вийти з групи. Користувач 1 переглядає список своєї групи, може вносити дані різних показників стану здоров'я для користувачів своєї групи. Користувач 1 і Користувач 2 можуть переглядати історію різних показників стану здоров'я Користувача 2.

Програмна реалізація підсистеми передбачає використання об'єктно-орієнтованого підходу. Спроектовано основні класи, які представлено на діаграмі (рис. 4). Діаграма складається із основних сутностей та їх відношень: користувачі, показники стану здоров'я: артеріальний тиск, пульс, рівень цукру тощо.

Клас User – працює з даними зареєстрованих користувачів: реєстрація, автентифікація, вхід, робота з профілем користувача.

Клас Admin – наслідується від User. Має можливості щодо перегляду/редагування/видалення профілів та роботою з даними про стан здоров'я усіх користувачів.

Клас GroupUser – призначений для роботи з даними про групи користувачів. Кожен користувач може формувати власну групу користувачів, надсилаючи їм запрошення. Таким чином, він стає менеджером цих користувачів з можливостями перегляду їх профілю та роботи з даними про стан їх здоров'я.

Клас HealthData – базовий клас для зберігання спільних даних про стан здоров'я: пацієнт (для якого ввели дані), менеджер (хто ввів дані), дата і час вимірювання.

Класи BloodPressure, BloodSugar, Temperature – дані про конкретні показники стану здоров'я. На основі цих даних формується історія та можливість генерації статистики та звітної інформації.

В якості інструментів для реалізації програмної частини було обрано стек технологій LAMP

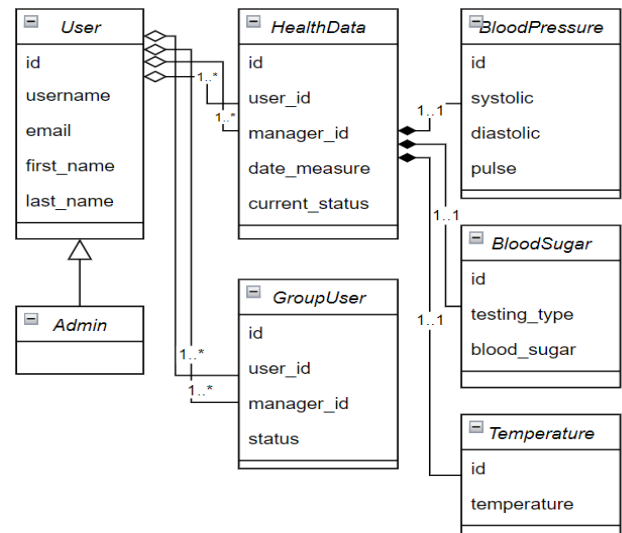


Рис. 4. Діаграма класів підсистеми моніторингу стану здоров'я

(Linux, Apache, MySQL, PHP) та PHP-фреймворк Yii2 враховуючи такі вимоги як економічна ефективність, безпека, надійність, швидкість розробки, гнучкість, масштабованість, документація та активна підтримка спільноти розробників.

Висновки. В даній статті було представлено результати моделювання та програмної реалізації підсистеми моніторингу стану здоров'я. На етапі проектування системи визначено варіанти використання для адміністраторів та зареєстрованих користувачів, наведено перелік основних функціональних можливостей, розподілених по відповідних ролях. Здійснено опис та проілюстровано діаграми варіантів використання, активностей, послідовностей. Спроектовано об'єктно-орієнтовану структуру програми та представлено у вигляді діаграми класів. Здійснено підбір технологій для програмної реалізації підсистеми.

Підсистема може бути використана як один з модулів в складі медичної інформаційної системи. У подальшому, дана реалізація може бути розширена шляхом впровадження нового функціоналу та розширення наявного. Завдяки обраній архітектурі масштабування програми відбуватиметься значно швидше.

Список літератури:

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку електронної охорони здоров'я». 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1671-2020-%D1%80#Text> (дата звернення 15.04.2024).
2. Плєскач В.Л., Панасюк О.І. Особливості побудови медичної інформаційної системи для поліклініки. *Сучасні електромеханічні та інформаційні системи*: монографія / за заг. ред. І. В. Панасюка. Київ : КНУТД, 2021. С. 61-89.

3. Ковбасюк С.В., Легенчук С.Ф., Янчук В.О., Раєва С.Л. Інформаційна технологія обробки та візуалізації статистичних даних захворюваності на COVID-19. *Технічна інженерія*, № 2(92) 2023. С. 113-117.
4. Легенчук С.Ф., Ковбасюк С.В., Моргун А.М. Інформаційна технологія діагностування стану серцево-судинної системи людини. *Науковий журнал Вісник Хмельницького національного університету Серія: «Технічні науки»*. №5 т.2 2023 (325). С. 60-65.
5. Levkivskiy, V., Marchuk, G., Kuzmenko, O., Levchenko, A. The System of Automated Diabetes Control. Proceedings of the 5th Workshop for Young Scientists in Computer Science and Software Engineering - CS&SE@SW. SciTePress. 2023. pages 41-49. DOI: 10.5220/0012009500003561
6. Левківський В.Л. Функціональні алгоритми роботи віддаленої системи діагностування стану пацієнтів. *Технічна інженерія*, № 2(92) 2023. С. 118-124.
7. Шматко О.В., Сальніков С.С. Модель децентралізованої системи обміну електричними медичними картками на основі технології блокчейн. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2024. – Т. 2 (76). – С. 155-162. – DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.2.155>.
8. Leoshchenko S., Subbotin S., Oliinyk A., Lytvyn V., Ilyashenko M. Smart Crossover Mechanism for Parallel Neuroevolution Method of Medical Diagnostic Models Synthesis. 3rd International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems. Volume 2608, 2020, Pages 57-69.
9. Левківський В.Л. Аналіз структури та функціональних можливостей медичних інформаційних систем України. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. № 3(86), 2023. С. 111-118. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.3.14>
10. Левківський В. Л. Моделі та методи обробки даних системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом: дис. д-ра філософії в галузі техн. наук : 121. Житомир, 2023. 218 с.

Levkivskiy V.L., Marchuk D.K., Panarina I.V., Kuzmenko A.V. MODELING AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF A HEALTH MONITORING SUBSYSTEM

Emerging technologies such as cloud solutions, the Internet of Things systems, blockchain, and artificial intelligence hold significant potential for enhancing the medical field. The digitalization of healthcare requires continuous improvement, making the development of new information technologies across various directions a critically important task. The growing need for remote monitoring and diagnosis of patients' health conditions necessitates the advancement of new models, methods, and technologies, as well as the improvement of existing ones, to increase physicians' awareness of patients' health, enhance the accessibility and efficiency of medical services, facilitate the exchange of medical information, and improve the processing and analysis of medical data. The continuous updating and development of medical information systems are essential to meet these needs. The aim of this work is to develop a web-oriented subsystem for health monitoring. This subsystem utilizes technology to collect data related to human physiological parameters, activity levels, and other important health-related information. During the modeling phase of the subsystem, key roles – administrator and registered user, were identified. A list of key functional capabilities distributed across these roles was compiled. Diagrams of use cases, activities, and sequences were described and illustrated. An object-oriented structure of the program was designed and presented as a class diagram. Technologies for the software implementation of the subsystem were selected, specifically the LAMP stack and the Yii2 PHP framework. The subsystem can be used as a module within a comprehensive medical information system. These systems are becoming increasingly widespread, transforming our approach to healthcare and promoting a more proactive and personalized approach to health management.

Key words: algorithm, monitoring, doctor, patient, medical information system, MIS.