

Міністерство освіти і науки України  
Державний університет «Житомирська політехніка»

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

ЛЕВКІВСЬКИЙ ВІТАЛІЙ ЛЕОНІДОВИЧ

УДК 004.415:614.2

ДИСЕРТАЦІЯ  
МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО  
МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ З ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ

121 Інженерія програмного забезпечення  
12 Інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ /Левківський В.Л.

Науковий керівник: Лобанчикова Надія Миколаївна, кандидат технічних наук,  
доцент, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення

Житомир – 2023

## АНОТАЦІЯ

*Левківський В. Л.* Моделі та методи обробки даних системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення. – Державний університет «Житомирська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Житомир, 2023.

Актуальність удосконалення процесів цифровізації в галузі охорони здоров'я визначається рядом факторів, що включають технологічний прогрес, глобальні виклики у сфері здоров'я та потреби пацієнтів. Пріоритетними аспектами цифровізації є: підвищення доступності та ефективності медичних послуг, що передбачає полегшення доступу пацієнтів до медичних послуг, зменшення часу очікування та покращення ефективності надання медичної допомоги; покращення обміну медичною інформацією між медичними установами, лікарями та пацієнтами, що підвищить інформованість лікаря про поточний стан пацієнта для визначення протоколів лікування; забезпечення безпеки пацієнтів за рахунок удосконалення медичних інформаційних систем, покращення систем моніторингу та виявлення ризиків для забезпечення безпеки пацієнтів та уникнення медичних помилок; розробка аналітичних систем для прийняття рішень; розвиток телемедицини, що особливо важливо у віддалених або важкодоступних регіонах; розробка інформаційних технологій, що можуть допомогти в управлінні та моніторингу епідемій, швидко реагувати на нові захворювання та впроваджувати ефективні заходи контролю; оптимізація процесів управління ресурсами, лікарнями та медичним персоналом для підвищення ефективності управління.

Удосконалення процесів цифровізації сфери охорони здоров'я важливе для покращення якості медичних послуг, забезпечення доступності, ефективності та взаємодії між всіма учасниками системи охорони здоров'я. Нові інформаційні технології, зокрема хмарні технології, IoT-системи, edge devices, блокчейн, інтелектуальний аналіз, створюють передумови їх провадження у медичну сферу. Знайдення нових інформаційних технологій для удосконалення процесів цифровізації сфери охорони здоров'я з урахуванням розвитку цифрового суспільства та входження людства в четверту промислову революцію (INDUSTRY 4.0) є актуальним завданням.

**Метою** дисертаційної роботи є розробка моделей і методів обробки даних системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом для підвищення інформованості лікаря про поточний стан пацієнта та удосконалення процесів цифровізації сфери охорони здоров'я.

Зміст дисертаційного дослідження викладено у чотирьох розділах, в яких представлені та обґрунтовані основні результати роботи.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та визначено завдання дослідження, описано методи дослідження, представлено інформацію про наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, їх апробацію та публікації по дослідженню.

У **першому розділі** було проведено аналіз стану цифровізації сфери охорони здоров'я України та нормативно-правової бази. Проведено порівняльний аналіз структурних модулів та функціональних можливостей сучасних медичних інформаційних систем, що використовуються в Україні. Виявлено недостатнє застосування методів інтелектуального аналізу даних та штучного інтелекту в цих системах, що значно підвищило б їх якість. Проведено аналіз захворюваності на цукровий діабет та наведено статистичні дані поширеності хвороби в Україні та світі, який показав високі показники

смертності від наслідків даного захворювання та необхідність профілактики діабету та його ускладнень, що потребує знайдення нових рішень. Проаналізовано технології віддаленого моніторингу стану пацієнтів, зокрема онлайн-платформи, відеодзвінки, портативні електронні пристрої та програми, які стають стандартними засобами у сфері охорони здоров'я, що досить ефективно себе показали під час пандемії Covid-19 та реалій сучасної війни. Виявлено відсутність опитувальних листів як засобу віддаленого моніторингу стану пацієнтів та відсутність електронного кабінету пацієнта для підвищення комунікативного зв'язку та інформованості лікарів та пацієнтів. Виявлено обмежене застосування інтелектуальних технологій та спостерігається вибіркоче застосування автоматизації окремих процесів.

У **другому розділі** представлено моделі та методи удосконалення сучасних медичних інформаційних систем. Запропоновано модель опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів, що включає в себе загальну та спеціальну складову, які адаптовані до спеціалізації лікаря. Розроблено модель модулю збирання первинної інформації засобами віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, модель інформаційних потоків даних. Визначено взаємодію з медичними інформаційними системами. Закладені передумови запровадження електронного кабінету пацієнта. Запропоновано метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань пацієнтів з цукровим діабетом. Проведено кореляційно-регресійний аналіз статистики хронічних захворювань на основі набору даних американської організації Centers for Disease Control and Prevention. Для проведення класифікації та регресійного аналізу було використано метод опорних векторів. Проведено розвідувальний аналіз, в результаті якого було виявлено залежності між діагностованим цукровим діабетом серед дорослих та іншими захворюваннями.

У **третьому розділі** за допомогою мови моделювання UML здійснено побудову діаграм прецедентів лікаря, пацієнта та адміністратора системи, що демонструють можливі дії користувачів в системі. Удосконалено функціональні алгоритми роботи віддаленої системи моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями. Здійснено розробку компонентів системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями. Здійснено проектування бази даних системи та представлено основні її таблиці. Розроблено схему основних модулів системи з маршрутами.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи представлено програмну реалізацію прототипу медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів. Висвітлено структуру та вигляд інтерфейсу веб-додатку та порядок роботи з ним, наведено рекомендації щодо розгортання. Здійснено оцінку якості програмного забезпечення на основі моделі якості ISO/IEC 25010:2023 Інженерія систем і програмного забезпечення – Вимоги та оцінка якості систем і програмного забезпечення (SQuaRE).

У дисертаційній роботі отримано низку нових **наукових результатів**, зокрема:

- **вперше** розроблено модель опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що підвищує інформованість лікаря про поточний стан пацієнтів для покращення якості надання медичних послуг;

- **вперше** розроблено узагальнену модель і модель інформаційних потоків віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що встановлює взаємозв'язки між існуючими компонентами медичних інформаційних систем і запропонованими модулями, для забезпечення інтеграції, електронної взаємодії та забезпечення доступу

пацієнтів до своїх персональних даних через електронний кабінет пацієнта, що в сукупності удосконалює процеси цифровізації сфери охорони здоров'я;

- **вперше** запропоновано метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з цукровим діабетом, що встановлює залежності між діагностованим цукровим діабетом і хронічними захворюваннями, шкідливими звичками та способом життя пацієнта для прогнозування розвитку супутніх захворювань та інтелектуалізації процесів прийняття рішень;

- **удосконалено** функціональні алгоритми роботи віддаленої системи моніторингу стану пацієнтів з врахуванням впровадження модулю збирання первинної інформації для удосконалення процесів взаємодії лікаря і пацієнта, удосконалення процесів обробки даних.

**Практична значимість отриманих результатів** визначається наступним:

- програмно-алгоритмічній реалізації інтеграційного модулю опитувальних листів для покращення взаємодії між пацієнтом і лікарем, та удосконалення збору первинної інформації, що може використовуватись у медичних інформаційних системах;

- програмно-алгоритмічній реалізації інтеграційного модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з цукровим діабетом для обробки та аналізу медичних даних в закладах сфери охорони здоров'я;

- програмній реалізації прототипу медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом, що може використовуватись у закладах сфери охорони здоров'я для удосконалення процесів цифровізації;

- розробленій методиці оцінки якості програмного забезпечення на основі моделі якості ISO/IEC 25010:2023, що може використовуватись розробниками програмного забезпечення;

- теоретичні та практичні результати дослідження пройшли апробації у медичних закладах Житомирщини, що підтверджено відповідними довідками про впровадження, зокрема в ТОВ «МЕДИЧНИЙ ЦЕНТР АСКЛЕПІЙ ПЛЮС» (довідка № 368 від 08.12.2023 р.), ТОВ «СТОМАТОЛОГІЯ 32» (довідка № 12 від 28.11.2023 р.), та в освітньому процесі Державного університету «Житомирська політехніка» (довідка № 44-01.00/1588 від 11.12.2023 р.).

**Основні результати дисертаційної роботи опубліковано** у 12 наукових працях, зокрема, 5 статей опубліковано у фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України з присвоєнням категорії «Б», та 7 у матеріалах науково-технічних конференцій, з яких 1 публікація у матеріалах міжнародної наукової конференції, що проіндексовано у базі даних Scopus.

**Ключові слова:** Edge Devices, IoT, діагностування, захворювання, інтелектуальний аналіз даних, інформаційні технології, медичні інформаційні системи, моделювання, моніторинг, обробка даних, пацієнт, прогнозування, програмна компонента модель, проектування систем, цукровий діабет.

## ABSTRACT

*Levkivskyi V. L.* Models and methods of data processing of the system of remote monitoring of the condition of patients with diabetes. - Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 12 Information Technology in a specialty 121 Software Engineering. – Zhytomyr Polytechnic State University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Zhytomyr, 2023.

The actuality of improving digitization processes in the healthcare sector is determined by a number of factors, including technological progress, global challenges in the health sector and patient needs. The priority aspects of digitalization are: increasing the availability and efficiency of medical services, which involves facilitating patient access to medical services, reducing waiting time, and improving the efficiency of providing medical care; improving the exchange of medical information between medical institutions, doctors and patients, which will increase the doctor's awareness of the patient's current condition to determine treatment protocols; ensuring patient safety by improving medical information systems, improving monitoring systems and identifying risks to ensure patient safety and avoid medical errors; development of analytical systems for decision-making; the development of telemedicine, which is especially important in remote or hard-to-reach regions; development of information technologies that can help in the management and monitoring of epidemics, quick response to new diseases and implementation of effective control measures; optimization of resource, hospital and medical personnel management processes to improve management efficiency.

Improving the processes of digitalization of the health care sector is important for improving the quality of medical services, ensuring accessibility, efficiency and interaction between all participants of the healthcare system. New information



technologies, in particular cloud technologies, IoT systems, edge devices, blockchain, intellectual analysis, create prerequisites for their implementation in the medical field. Finding new information technologies to improve digitization processes in the healthcare sector, taking into account the development of a digital society and humanity's entry into the fourth industrial revolution (INDUSTRY 4.0) is an actual task.

**The purpose** of the dissertation is to develop models and methods of data processing of the system of remote monitoring of the condition of patients with diabetes in order to increase the awareness of the doctor about the current condition of the patient and improve the processes of digitalization of the health care sector.

The content of the dissertation research is presented in four chapters, in which the main results of the work are presented and substantiated.

**The introduction** substantiates the relevance of the research topic, formulates the goal and defines the research tasks, describes the research methods, presents information about the scientific novelty and practical significance of the obtained results, their approval and research publications.

**In the first chapter**, an analysis of the state of digitization of the health care sector of Ukraine and the regulatory and legal framework was carried out. A comparative analysis of structural modules and functional capabilities of modern medical information systems used in Ukraine was conducted. Insufficient application of methods of intelligent data analysis and artificial intelligence in these systems was revealed, which would significantly increase their quality. An analysis of the incidence of diabetes was conducted and statistical data on the prevalence of the disease in Ukraine and the world were provided, which showed high mortality rates from the consequences of this disease and the need to prevent diabetes and its complications, which requires finding new solutions. The technologies of remote monitoring of patients' condition were analysed, including online platforms, video

calls, portable electronic devices and programs that are becoming standard tools in the field of health care, which have proven to be quite effective during the Covid-19 pandemic and the realities of modern warfare. The absence of questionnaires as a means of remote monitoring of patients' condition and the absence of an electronic patient office to increase communication and awareness of doctors and patients were revealed. The limited use of intelligent technologies was revealed and the selective use of automation of individual processes was observed.

**The second chapter** presents models and methods of improving modern medical information systems. A model of questionnaires for systems of remote monitoring of patients' condition is proposed, which includes a general and a special component, which are adapted to the doctor's specialisation. A model of the module for collecting primary information by means of remote monitoring of the condition of patients with diabetes and other diseases and a model of information flows of data has been developed. Interaction with medical information systems is determined. The prerequisites for the introduction of the patient's electronic office have been laid. A method of building a module for analysing and predicting the development of concomitant diseases in patients with diabetes is proposed. Correlation-regression analysis of statistics of chronic diseases was carried out based on the data set of the American organisation Centers for Disease Control and Prevention. The method of support vectors was used for classification and regression analysis. An exploratory analysis was conducted, as a result of which dependencies between diagnosed diabetes among adults and other diseases were revealed.

**In the third section,** using the UML modelling language, diagrams of physician, patient, and system administrator precedents were constructed, demonstrating possible actions of users in the system. The functional algorithms of the remote system for monitoring the condition of patients with diabetes and other diseases have been improved. The components of the remote monitoring system for

patients with diabetes and other diseases were developed. The design of the system database was carried out and its main tables were presented. A scheme of the main modules of the system with routes has been developed.

**The fourth chapter** of the dissertation presents the software implementation of the prototype of the medical information system for remote monitoring of the patient's condition. The structure and appearance of the web application interface and the procedure for working with it are covered, as well as recommendations for deployment. A software quality assessment was performed based on the ISO/IEC 25010:2023 Systems and Software Engineering – Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) quality model.

A number of **new scientific results** were obtained in the dissertation work, in particular:

- **for the first time**, a model of a questionnaire module was developed for systems of remote monitoring of the condition of patients with diabetes and other diseases, which increases the doctor's awareness of the current condition of patients to improve the quality of medical services and optimise the time of a doctor's appointment by 17%;

- **for the first time**, a generalised model and a model of information flows of remote monitoring of the condition of patients with diabetes and other diseases were developed, which establishes relationships between existing components of medical information systems and proposed modules, to ensure integration and electronic interaction and ensure access of patients to their personal data through the patient's electronic cabinet, which collectively improves the processes of digitalization of the health care sector;

- **for the first time**, a method of building a module for analysing and predicting the development of concomitant diseases in patients with diabetes mellitus was proposed, which establishes the dependencies between diagnosed diabetes and

chronic diseases, bad habits and the patient's lifestyle for predicting the development of concomitant diseases and intellectualising decision-making processes;

- the functional algorithms of the remote patient condition monitoring system have **been improved**, taking into account the introduction of the primary information collection module to improve the processes of interaction between the doctor and the patient, and the improvement of data processing.

**The practical significance of the obtained results** is determined by the following:

- algorithmic implementation of the integration module of questionnaires to improve the interaction between the patient and the doctor, and improve the collection of primary information that can be used in medical information systems;

- algorithmic implementation of the integration module for the analysis and forecasting of the development of concomitant diseases in patients with diabetes for the processing and analysis of medical data in health care institutions;

- software implementation of a prototype of a medical information system for remote monitoring of the condition of patients with diabetes, which can be used in healthcare institutions to improve digitization processes;

- the developed software quality assessment methodology based on the ISO/IEC 25010:2023 quality model, which can be used by software developers;

- the theoretical and practical results of the research were tested in medical institutions of Zhytomyr region, which is confirmed by relevant certificates of implementation, in particular in LLC "ASKLEPIUS PLUS MEDICAL CENTER" (certificate No. 368 dated 08.12.2023), LLC "DENTISTRY 32" (certificate No. 12 dated November 28, 2023), and in the educational process of the State University "Zhytomyr Polytechnic" (certificate No. 44-01.00/1588 dated December 11, 2023).

**The main results of the dissertation work were published** in 12 scientific works, in particular, 5 articles were published in specialized publications included in

the list of scientific specialized publications of Ukraine with the assignment of category "B", and 7 in the materials of scientific and technical conferences, of which 1 publication in the materials of an international scientific conferences indexed in the Scopus database.

**Key words:** Edge Devices, IoT, diagnostics, diseases, intelligent data analysis, information technologies, medical information systems, modeling, monitoring, data processing, patient, forecasting, software component model, system design, diabetes.

## **СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА**

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації.

**Статті у фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України з присвоєнням категорії «Б»:**

1. Левківський В.Л. Аналіз структури та функціональних можливостей медичних інформаційних систем України. Вісник Херсонського національного технічного університету. № 3(86), 2023. С. 111-118.

2. Левківський В.Л. Функціональні алгоритми роботи віддаленої системи діагностування стану пацієнтів. - Технічна інженерія, № 2(92) 2023. С. 118-124.

3. Левківський В.Л. Моделі та методи удосконалення побудови медичних інформаційних систем. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки». №5 т.2 2023 (325). С. 54-59.

4. Марчук Г.В., Левківський В.Л., Каліберда С.С. Інтелектуальний аналіз даних. Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. - №1 (92) – 2019. С. 65-70.

5. Левківський В.Л. Концептуальні положення та технології побудови інформаційної системи віддаленого діагностування стану пацієнтів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського Серія: Технічні науки Том 31 (70) № 6 2020 Частина 1. С. 105-112.

**Публікація у матеріалах міжнародної наукової конференції, що проіндексована у базі даних Scopus:**

6. Levkivskiy, V., Lobanchykova, N., Marchuk, D. Research of algorithms of Data Mining. E3S Web of Conferences Volume 166, 05007 (2020). The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020).

**Публікація у матеріалах наукової конференції:**

7. Моргунов Д.С., Левківський В.Л. Аналіз методів та метрик для моделювання системи автоматизованого контролю цукрового діабету. Тези доповідей учасників X Міжнародної науково-технічної конференції

«Інформаційно-комп'ютерні технології – 2019» - Житомир: ЖДТУ, 18-20 квітня 2019 р. С. 70-71.

8. Левківський В.Л., Штоюнда Н.В., Левченко А.Ю. Математичне моделювання систем регуляції глікемії пацієнтів з цукровим діабетом. Тези всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки. – Житомир : ЖДТУ, 2019. С. 87

9. Дацюк Д.В., Левківський В.Л. Аналіз метрик узагальнення та оцінки компенсації цукрового діабету. Тези доповідей учасників Всеукраїнської конференції «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку», м. Дніпро: Національна металургійна академія України, 18 грудня 2019 р. С. 370-372

10. Левківський В.Л. Дослідження алгоритмів інтелектуального аналізу статистичних даних медичного спрямування. Тези XI Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2020 (ІКТ-2020)», м. Житомир, 09 - 11 квітня 2020 р. – Житомир: Житомирська політехніка, 2020. С. 76-77.

11. Левківський В. Л., Саламатов Д. І. Мова програмування python - потужний інструмент для розробки додатків зі штучним інтелектом. Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2020. С. 64–65.

12. Левківський В.Л., Ярмоленко Д. А. Глікозильований гемоглобін (HbA1C), як метод діагностування. Тези доповідей III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення», м. Житомир, 26 – 27 листопада 2020 р. – Житомир: Житомирська політехніка, 2020. С. 67-68.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	18
ВСТУП .....	19
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ ТА ЗАХВОРЮВАНОСТІ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ .....	27
1.1. Аналіз цифровізації сфери охорони здоров'я України та нормативно- правова база.....	27
1.2. Аналіз структури та функціональних можливостей медичних інформаційних систем України .....	32
1.3. Аналіз захворюваності на цукровий діабет серед населення.....	45
1.4. Аналіз технологій віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями .....	51
Висновки до першого розділу .....	59
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНИХ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ .....	61
2.1 Модель модулю опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями .....	61
2.2. Модель модулю збирання первинної інформації засобами віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями .....	68
2.3. Метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань пацієнтів з цукровим діабетом .....	74
Висновки до другого розділу .....	103
РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМИ, ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОДЕЛІ ТА КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ З ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ ТА ІНШИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ .....	105



3.1. Моделювання системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями .....	105
3.2. Функціональні алгоритми роботи системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями.....	110
3.3 Розробка компонентів системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями.....	116
Висновки до третього розділу.....	124
<b>РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ, РОЗГОРТАННЯ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОТОТИПУ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ.....</b>	<b>125</b>
4.1. Реалізація прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями .....	125
4.2. Рекомендації щодо розгортання прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями .....	139
4.3. Оцінка якості прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями.....	141
Висновки до четвертого розділу.....	151
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>153</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>157</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>171</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

CDC – Centers for Disease Control and Prevention– Центри з контролю та профілактики захворювань.

Covid-19 – Coronavirus disease 2019 – Коронавірусна хвороба 2019

EDA – Exploratory data analysis

IDF – International Diabetes Federation – Міжнародна діабетична федерація

IoT – Internet of things – Інтернет речей

MVP – Minimum viable product - Мінімально життєздатний продукт

RPM – Remote Patient Monitoring – віддалений моніторинг пацієнтів

UML – Unified Modeling Language – уніфікована мова моделювання

АЗ – аптечний заклад

БД – база даних

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров'я

ЄС – Європейський Союз

ЕСОЗ – електронна система охорони здоров'я

ЕКГ – електрокардіографія

МІС – медична інформаційна система

МОЗ – міністерство охорони здоров'я

НСЗУ – Національна служба здоров'я України

ЦБД – центральна база даних

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Останнім часом події на території України вимагають знайдення нових рішень щодо удосконалення процесів цифрових трансформацій в охороні здоров'я. Пандемія коронавірусної інфекції Covid-19 та повномасштабне вторгненням Росії прискорили процес цифровізації сектору охорони здоров'я. Однак потребують розв'язання проблеми підвищення ефективності системи охорони здоров'я, зокрема підвищення інформованості лікаря про стан пацієнтів; мінімізація та уніфікація медичної документації; удосконалення процесів збору первинної інформації; підвищення доступності медичних послуг [1]. Використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в охороні здоров'я не є чимось новим, проте технічні, організаційні та нормативні аспекти потребують постійного вдосконалення. Останнім часом набирає обертів використання телемедицини, включаючи телемедичне консультування, телемедичні консультації, телеметрію, телемоніторинг, консультації вдома, проведення медичних процедур і операцій.

Використання мобільних додатків для збирання статичних даних, визначення місцезнаходження пацієнтів, проведення діагностики, запису до лікаря, реєстрації новонароджених та інших завдань було дуже актуальним як під час пандемії коронавірусу, так і після повномасштабного російського вторгнення. Впровадження електронної системи охорони здоров'я в Україні дозволило централізувати зберігання даних (близько 35 мільйонів українців), покращити облік та уніфікацію документів (електронні лікарняні, електронні медичні картки пацієнтів, направлення, медичні висновки), включаючи рецептурні (електронні рецепти), облік медикаментів та їх виробництво, підвищило якість управління та моніторингу, створило комфортні умови для реєстрації новонароджених (єМалютко) та обміну інформацією (zareestrovano 360 тисяч медичних працівників, більше 17 тисяч медичних закладів охорони

здоров'я та аптек, понад 35 медичних інформаційних систем, понад 2 мільярди електронних медичних записів, кількість яких щосекунди зростає) [2,3].

Вагомий внесок у створення інформаційних технологій, побудову медичних інформаційних систем, цифровізацію сфери охорони здоров'я та процесів удосконалення внесли роботи вітчизняних та закордонних авторів. Аналіз досліджень науковців засвідчив, що в даний час їх зусилля зосереджені, в основному, на створенні єдиного медико-інформаційного простору, інструментів інформаційно-комунікаційних технологій для співпраці між закладами охорони здоров'я, розробці теоретико-методологічних аспектів публічного адміністрування охорони здоров'я, удосконалення сфери державного управління в даному напрямку, дослідженні платформ для функціонування та побудови МІС, ефективності інформатизації сфери охорони здоров'я, розробці інформаційних технологій створення прикладних МІС та захисту інформації.

Аналіз функціональності сучасних медичних інформаційних систем, зокрема американської, штату Техас, UtHealth, Індії – веб-ресурс «Online registration system», медичних страхових компаній Чеської Республіки – Vseobecna zdravotni pojistovna, Zdravotni pojistovna Ministerstva vnitra CR, Oborova zdravotni pojistovna – OZP, Нідерландська платформа “Vlaams patientenplatform”, найбільш розповсюджених в Україні МІС – Medcard24, eHealth, Doctor Eleks, EMCiMED, МедІнфоСервіс, Нейрон показав відсутність, блоку аналізу та прогнозування розвитку хронічних захворювань та їх загострення, модулів для моніторингу поточного стану пацієнтів.

Нові інформаційні технології, такі як хмарні технології, системи Інтернету речей (IoT), пристрої edge, блокчейн, аналіз даних з використанням штучного інтелекту, відкривають перспективи для їх впровадження у медичну галузь. Пошук і розробка новітніх інформаційних технологій з метою оптимізації цифрової трансформації у сфері охорони здоров'я, враховуючи розвиток

цифрового суспільства та проникнення людства в еру четвертої промислової революції (INDUSTRY 4.0), є актуальним завданням. Цифрова трансформація системи охорони здоров'я потребує постійного удосконалення, тому розробка нових інформаційних технологій різного спрямування є актуальним завданням сьогодення. Зростання потреби віддаленого моніторингу та діагностування стану пацієнтів потребує нових та удосконалення наявних моделей, методів та технологій для підвищення інформованості лікаря про стан пацієнта, підвищення доступності та ефективності медичних послуг, обміну медичною інформацією та інтелектуалізації обробки та аналізу даних. Потребують постійного оновлення та розвитку медичні інформаційні системи. Тому дане дослідження є актуальним.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження за темою дисертаційної роботи проводилось у Державному університеті «Житомирська політехніка» в рамках виконання науково-дослідної роботи «Алгоритмічно-програмне забезпечення обробки сигналів для мобільного комплексу радіомоніторингу» (номер державної реєстрації 0119U100155).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка моделей та методів обробки даних системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом для удосконалення процесів цифровізації сфери охорони здоров'я шляхом підвищення рівня інформованості лікаря про поточний стан пацієнта та інтелектуалізації процесів обробки даних.

Відповідно до поставленої мети основними науково-технічними завданнями дослідження є:

- проаналізувати стан цифровізації сфери охорони здоров'я, структуру і функціональні можливості сучасних медичних інформаційних систем та сучасний стан захворюваності населення на цукровий діабет;

– здійснити моделювання системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями (розробити: модель опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, модель підсистеми віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, модель інформаційних потоків для процесів віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями);

– запропонувати метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з цукровим діабетом;

– розробити алгоритми функціонування модулів системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями;

– здійснити програмну реалізацію прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями з реалізацією модулю опитувальних листів та модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань.

**Об’єкт дослідження** – інформаційна технологія обробки даних віддаленого моніторингу стану пацієнтів.

**Предметом дослідження** є моделі, методи та алгоритми обробки даних віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом.

**Методи дослідження:** системний підхід, методи інтелектуального аналізу даних, об’єктно-орієнтоване моделювання, проектування та програмування, теорія тестування, теорія програмних систем, теорія програмування, теорія алгоритмів.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає у наступному:

- **вперше** розроблено модель опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими

захворюваннями, що підвищує інформованість лікаря про поточний стан пацієнтів для покращення якості надання медичних послуг;

- **вперше** розроблено узагальнену модель і модель інформаційних потоків віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що встановлює взаємозв'язки між існуючими компонентами медичних інформаційних систем і запропонованими модулями, для забезпечення інтеграції, електронної взаємодії та забезпечення доступу пацієнтів до своїх персональних даних через електронний кабінет пацієнта, що в сукупності удосконалює процеси цифровізації сфери охорони здоров'я;

- **вперше** запропоновано метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з цукровим діабетом, що встановлює залежності між діагностованим цукровим діабетом і хронічними захворюваннями, шкідливими звичками та способом життя пацієнта для прогнозування розвитку супутніх захворювань та інтелектуалізації процесів прийняття рішень;

- **удосконалено** функціональні алгоритми роботи віддаленої системи моніторингу стану пацієнтів з врахуванням впровадження модулю збирання первинної інформації для удосконалення процесів взаємодії лікаря і пацієнта, удосконалення процесів обробки даних.

**Практична значимість отриманих результатів** визначається наступним:

- програмно-алгоритмічній реалізації інтеграційного модулю опитувальних листів для покращення взаємодії між пацієнтом і лікарем, та удосконалення збору первинної інформації, що може використовуватись у медичних інформаційних системах;

- програмно-алгоритмічній реалізації інтеграційного модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з цукровим діабетом для обробки та аналізу медичних даних в закладах сфери охорони здоров'я;

- програмній реалізації прототипу медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом, що може використовуватись у закладах сфери охорони здоров'я для удосконалення процесів цифровізації;

- розробленій методиці оцінки якості програмного забезпечення на основі моделі якості ISO/IEC 25010:2023, що може використовуватись розробниками програмного забезпечення;

- теоретичні та практичні результати дослідження пройшли апробації у медичних закладах Житомирщини, що підтверджено відповідними довідками про впровадження, зокрема в ТОВ «МЕДИЧНИЙ ЦЕНТР АСКЛЕПІЙ ПЛЮС» (довідка № 368 від 08.12.2023 р.), ТОВ «СТОМАТОЛОГІЯ 32» (довідка № 12 від 28.11.2023 р.), та в освітньому процесі Державного університету «Житомирська політехніка» (довідка № 44-01.00/1588 від 11.12.2023 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні результати дисертаційного дослідження, які представлені до захисту, одержані автором особисто. У публікаціях, написаних у співавторстві, здобувачеві належать наступні результати. У роботі [4] здобувачем запропоновано застосування методів і технологій Data mining для дослідження даних і виявлення в них прихованих закономірностей різних видів. У роботі [6] здобувачем реалізовано систему інтелектуальної обробки даних з використанням методів інтелектуального аналізу даних для підвищення якості медичної допомоги пацієнтам. У роботі [7] здобувачем визначено основні метрики та способи їх отримання для математичного модуля системи, що реалізує модель пацієнта для обчислення кількості поглинання інсуліну при одноразовій ін'єкції. У роботі [8] здобувачем



описано класифікацію математичних моделей для системи регуляції глікемії пацієнтів з цукровим діабетом. У роботі [9] здобувачем визначено основні метрики та способи їх отримання для математичного модуля системи регуляції глікемії пацієнтів з цукровим діабетом. У роботі [11] здобувачем обгрунтовано використання мови програмування Python, як важливого інструменту для розробки додатків зі штучним інтелектом. У роботі [12] здобувачем описано один з можливих методів моніторингу цукрового діабету.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційного дослідження доповідалися та обговорювалися на міжнародних та національних науково-практичних конференціях:

1. The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020). Kryvyi Rih, Ukraine, 2020.

2. X Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2019». Житомир, Україна, 2019.

3. Всеукраїнська науково-практична on-line конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвячена Дню науки. Житомир, Україна, 2019.

4. Всеукраїнська конференція «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку», Дніпро, Україна, 2019.

5. Всеукраїнська науково-практична on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвячена Дню науки. Житомир, Україна, 2020.

6. XI Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2020 (ІКТ-2020)». Житомир, Україна, 2020.

7. Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. Кривий Ріг, Україна, 2020.

8. III Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення». Житомир, Україна, 2020.

**Публікації.** За результатами проведених досліджень в межах дисертаційної роботи опубліковано 12 наукових праць, із них 5 статей у фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України з присвоєнням категорії «Б», та 7 у матеріалах науково-технічних конференцій, з яких 1 публікація у матеріалах міжнародної наукової конференції, що проіндексовано у базі даних Scopus.

**Структура роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, 6 додатків та списку використаних джерел, що включає 111 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 218 сторінок, у тому числі 138 сторінок основного тексту, 63 рисунки, 15 таблиць.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ ТА ЗАХВОРЮВАНОСТІ НА ЦУКРОВИЙ ДІАБЕТ**

### **1.1. Аналіз цифровізації сфери охорони здоров'я України та нормативно-правова база**

Багато з нас мають досвід відвідування лікаря чи поліклініки, де проходять медичні обстеження, лікування чи заплановані огляди. Однак ці візити можуть бути тривалими та недостатньо швидкими. Деякі ситуації, наприклад, подорожі, переїзди або відрядження, можуть вимагати негайного звернення до медичних закладів у новому місці, де не доступні попередні дані про стан здоров'я пацієнта, які були у його амбулаторній картці чи електронній системі медичної інформації в рідному місті. Дуже часто виникає ситуація, коли медичні картки пацієнтів втрачаються в поліклініці, а це може призвести до втрати важливих медичних записів. Іноді саме ці записи могли бути вирішальними у наданні ефективної медичної допомоги та навіть врятувати життя людини.

У ХХІ столітті важко уявити своє життя без гаджетів, сучасних інформаційних технологій. В останні роки цифровізація увійшла у всі сфери людської діяльності, зокрема і в сферу охорони здоров'я також. Якщо раніше в кабінеті лікаря не завжди була комп'ютерна техніка, то сьогодні це явище буденне. Слід наголосити на тому, що сфера охорони здоров'я донедавна дуже повільно впроваджувала електронну документацію та сьогодні ще не відмовилася від паперових документів, зокрема від паперової амбулаторної картки, діагностичних висновків. У розвинених країнах, де інновації та технології швидко інтегруються у медичну сферу, паперові амбулаторні картки та відсутність можливості телеконсультацій можуть викликати подив.

Ефективність та доступність медичних послуг значно покращуються завдяки впровадженню електронних медичних записів та телемедицини.

Питання цифровізації в Україні досить гостро постало під час пандемії на Covid-19 та повномасштабного вторгнення Росії. Тому в останні роки цифровізація сфери охорони здоров'я в Україні швидко розвивається та приносить свої позитивні результати. Запровадження цифрової медицини дозволить пацієнтам звертатися в різні медичні заклади не хвилюючись про інформованість лікаря щодо анамнезу, наявності результатів досліджень та зменшить час перебування в закладах охорони здоров'я.

Цифровізація охорони здоров'я в Україні має низку невдач та досягнень. Позитивним аспектом є запровадження системи eHealth та постійна підтримка її на державному рівні, електронні рецепти, лікарняні, реєстрацію новонароджених, існування багатьох медичних інформаційних систем, активний розвиток стандартів медичної допомоги. Значна частина медичного обладнання вже обладнана цифровими інтерфейсами для збору, обробки та передачі інформації. Технології дистанційного навчання та телемедицини широко використовуються.

У той же час, серед недоліків слід зазначити відсутність взаємодії між усіма медичними інформаційними системами в Україні, відсутність єдиної інтегрованої платформи, яка об'єднала б медичні заклади різних рівнів та страхові компанії, використання єдиної електронної бази даних у всіх медичних закладах та організаціях, які надають медичні послуги. Також існує обмежене застосування інтелектуальних технологій у медичних інформаційних системах для управління, пошуку діагнозів та вирішення завдань діагностики та моніторингу за станом пацієнтів. Не використовуються методи кількісної індивідуальної оцінки тяжкості стану хворих для обґрунтування найкращих протоколів лікування. Також спостерігається вибіркоче застосування

автоматизації окремих процесів у медичних установах, здебільшого для отримання статистичної інформації та формування звітів, а також для створення медичної електронної картки пацієнта шляхом внесення медичних записів.

Серед найближчих перспектив цифровізації медицини в Україні слід відмітити [4]:

- стандартизоване зберігання величезних обсягів даних;
- створення інформаційних технологій для аналізу медичних даних;
- COVID-сертифікати для щеплених за кордоном;
- реімбурсація імуносупресивних лікарських засобів;
- функціонал категоризації для різних категорій пацієнтів відповідно до наявних у них нозологій;
- внесення змін у процеси формування медичних висновків про народження та тимчасову непрацездатність, створення адмінпанелі медвисновків
- інтеграції електронної системи охорони здоров'я з іншими державними реєстрами для підвищення якості даних;
- можливість розміщення генетичної інформації;
- розширення переліку отримання інформації у форматі онлайн;
- електронні медичні записи стаціонарної допомоги;
- можливість аналізу впливу лікарських засобів, визначення особистого профілю ризиків пацієнта;
- MVP версія реєстру осіб відповідальних за введення медичних виробів, активних медичних виробів, які імплантують, та медичних виробів для діагностики *in vitro* в обіг;
- телемедичні рішення на час воєнного стану в Україні;
- реабілітаційна складова в електронній системі охорони здоров'я.

Цифрова трансформація у сфері охорони здоров'я на 2023 рік включає 107 ключових проєктів [4]. Ці ініціативи охоплюють віртуальне планування медичних заходів, онлайн-управління системою охорони здоров'я. Нововведення також включають створення згуртованих навчальних систем, в яких передбачено використання кіберпростору. Це охоплює такі аспекти, як навчання на віртуальних пацієнтах за допомогою інтерактивних мультимедійних посібників, розширення ролі віртуальних медичних університетів і планування освітніх програм на основі реальних медичних даних.

Керувати в країні галузю охорони здоров'я вкрай важко, адже централізовані системи управління слабо розвинені. А сучасну, суперспеціалізовану лікарню важкою уявити без системи управління та роботи з пацієнтами. Надійна та ефективна медична інформаційна система є основою успіху для кожного медзакладу.

Згідно з наказами Міністерства охорони здоров'я України «Про державні фінансові гарантії медичного обслуговування населення» та «Про затвердження Порядку вибору лікаря, який надає первинну медичну допомогу, та форми декларації про вибір лікаря, який надає первинну медичну допомогу», для отримання медичних послуг та лікарських засобів за програмою медичних гарантій кожна особа повинна мати закріпленого договором сімейного лікаря (лікаря який надає первинну медичну допомогу) [5, 6]. Всі проблеми зі здоров'ям вирішуємо звернувшись в першу чергу до сімейного лікаря, який має відповідну медичну документацію на кожного пацієнта – медичну картку та її електронний вигляд, хоча в багатьох випадках неповний.

Сучасні тенденції доводять, що розвиток електронних ресурсів, швидке надання послуг громадянам є пріоритетними завданнями держави і електронна медицина не є виключенням. Введення в експлуатацію системи eHealth та її

постійна підтримка на державному рівні це підтверджують. Однак аналіз даної системи показав відсутність модулю віддаленого моніторингу стану пацієнтів, а сама реалізація знаходиться на початковій стадії [7].

В роботі Авраменко В.І. та Качмар В.О. [8] вказується, що широке використання інформаційних технологій у поєднанні з організаційними змінами в медичних установах може призвести до значного підвищення ефективності діяльності закладів охорони здоров'я протягом короткого часу, покращити якість лікування та діагностики. Важливим напрямком у розвитку системи охорони здоров'я є створення єдиного медичного інформаційного простору, що дозволить обмінюватися та спільно використовувати дані пацієнтів, які отримували лікування в різних медичних закладах.

Отже, проблема браку інформатизації медичної сфери в Україні на сьогодні є досить актуальною. Створення електронних реєстрів та історій хвороб пацієнтів, а також передача медичних даних всередині лікарні та між різними медичними установами є ключовими компонентами процесу інформатизації охорони здоров'я. Це дозволяє зберігати, обробляти та легко обмінюватися важливою інформацією про пацієнтів, що є критичним для забезпечення високоякісної та координованої медичної допомоги. Централізована система для роботи з пацієнтами медзакладу дозволить оптимізувати процес роботи лікарів з пацієнтами та покращити якість надання медичних послуг. Автоматизація процесу дозволить зменшити кількість лікарських помилок, зменшить час, який витрачає лікар та пацієнт на прийом, дозволить краще контролювати здоров'я пацієнта та зменшить інші ризики. Інформатизація медичної сфери України допоможе раціонально використовувати бюджет галузі охорони здоров'я.

## **1.2. Аналіз структури та функціональних можливостей медичних інформаційних систем України**

Останні кілька років в Україні медичні інформаційні системи почали розвиватись інтенсивніше. Це може бути пов'язано з всесвітньою пандемією та війною. Однак, цей сектор вважається ризикованим, оскільки витрати на розробку нових систем перевищують їхню економічну вигідність на ринку. Це призводить до рідкісного виникнення нових розробок. Проблемою в інформатизації системи охорони здоров'я є нестача фінансування медичних установ і недостатня усвідомленість керівництва щодо необхідності використання інформаційних технологій для покращення роботи медичних закладів.

На сьогоднішній день медична інформаційна система – це інформаційно-телекомунікаційна система, яка дозволяє автоматизувати роботу суб'єктів господарювання у сфері охорони здоров'я та сприяє створенню, перегляду, обміну та збереженню інформації у електронній формі [9]. Медичні інформаційні системи дозволяють ефективно впроваджувати електронний документообіг, гнучко налаштовувати роботу з пацієнтами, вести оперативний облік роботи адміністративного персоналу, а також контролювати організаційні та фінансові питання.

За останні роки сфера інформатизації медицини активніше почала досліджуватись науковцями і активно набирає обертів. У роботі [10] автори розглянули моделі розвитку eHealth та існуючі медичні інформаційні системи в Україні. Вони визначили основні характеристики медичної інформаційної системи та на їх основі провели порівняльний аналіз вивчених систем. Також були розглянуті проблеми, пов'язані з утворенням єдиного медико-інформаційного простору. Самофалов Д.О. в своїй роботі [11] вказує, що медичні інформаційні системи є основним інструментом інформаційно-



комунікаційних технологій в охороні здоров'я України. Автор досліджує нормативно-правові акти, що унормовують діяльність і необхідність співпраці за допомогою цього інструменту між закладами охорони здоров'я та єдиним стратегічним закупівельником медичних послуг – Національною службою здоров'я України. Волошин С.О. [12] проводить аналіз проблеми побудови сучасних медичних інформаційних систем, особливо українського виробництва. Автором запропонована оптимальна платформа для побудови медичної інформаційної системи України – OpenVista. Копняк К.В. [13] проводить дослідження ефективності інформатизації сфери охорони здоров'я. Автор виділяє складові ефективності впровадження та функціонування медичних інформаційних систем. Наводить параметри оцінювання ефективності процесу інформатизації первинної ланки регіональної системи охорони здоров'я. Лещенко О. [14] та співавтори порушують вагоме питання щодо захисту інформації в медичних інформаційних системах, особливо за умов передачі її до центральної бази даних. Автори пропонують розділяти інформацію в базі даних на загальну та екстрену, з відповідним розмежуванням доступу. Авторами дослідження [15] розроблено математичну модель спеціалізованої медичної інформаційної системи служби крові. Проведені експерименти продемонстрували покращення загальних показників діяльності закладу служби крові. Ключко О. М. [16] описує результати розробки медичної інформаційної системи моніторингу стану здоров'я. Систему створено засобами мови C#, а в якості сховища даних використовується MySQL. В програмному забезпеченні передбачена можливість попереднього автоматизованого аналізу даних деяких показників. Звертається увага на захист персональних даних пацієнтів в системі за допомогою електронного апаратного ключа. У своїй роботі Панасюк О.І. та інші провели огляд новоствореної медичної інформаційної системи у вигляді веб-застосунку. Ця система включає

функціональний модуль для проведення лікарських прийомів за стандартом ІСРС2 для медичних закладів первинної ланки [17]. У роботі [18] автори провели порівняльний аналіз кількох існуючих МІС, розглянули особливості їх структури. Також описано можливості медичних інформаційних систем як ключового інструменту для зберігання медичних даних. Ковбасюк С.В. та інші пропонують програмну реалізацію медичного спрямування для контролю захворюваності на Covid-19. Додаток призначений для ведення та опрацювання статистичних даних по захворюваності коронавірусною інфекцією [19]. Авторами роботи [20] створено та представлено медичну систему, головною метою якої є оцінка стану серцево-судинної системи людини на основі введених регулярних показників та прогнозування ймовірного ризику виникнення захворювання за шкалою SCORE.

В результаті проведеного аналізу визначено основні напрямки наукових досліджень авторів, що зосереджені на аналізі стану інформатизації медичної сфери України, на захисті персональних даних, захисті самих систем, моделюванні та розробці медичних інформаційних систем.

Проаналізуємо декілька закордонних та вітчизняних додатків, що містять подібний функціонал до тематики нашого дослідження, для роботи з пацієнтами медичних закладів. Проведемо аналіз функціональності системи електронної медицини в Індії – з веб-ресурсом «Online registration system» [21]. Система дозволяє зареєструватися до потрібної лікарні та оплатити прийом. Під час реєстрації можна обрати потрібний штат, лікарню. Для ідентифікації користувача, використовуються спеціальні ідентифікатори, що вводяться під час реєстрації до лікарні, або ж номер мобільного телефону. Також користувач має можливість відмінити зустріч. Для відміни зустрічі використовується досить довгий процес, що є не зручно.

Розглянемо одну з американських систем - системи штату Техас – UtHealth[22]. Американська система за своїм основним функціоналом є подібною до індійської, однак реалізація системи набагато якісніша. В даній системі пацієнт може зручно записатися на прийом до лікаря. Перевагою даної системи в порівнянні з індійською - кращий дизайн та можливість більш детально обирати необхідного лікаря. Система дозволяє проаналізувати розклад лікарів, обрати зручний час для запису пацієнта та переглянути розклад прийомів лікарів. Зареєструватися на прийом можна без реєстрації в системі – після реєстрації дані направляються в потрібну лікарню для обробки. Для пацієнта процес реєстрації простіший, однак для медичних працівників додається функція підтвердження прийому. Після реєстрації користувач зможе роздрукувати форму, або ж додати запис в календар, що буде нагадувати про дату походу до лікаря.

Якщо проаналізувати стан інформатизації медичної системи Чеської Республіки, то вона наразі розвивається. В цілому цим займаються медичні страхові компанії, яких в країні є досить багато. Більшість медичних страхових компаній у Чеській Республіці вже дозволяють своїм страхувальникам переглядати свої медичні записи. Загальна медична страхова компанія (Všeobecná zdravotní pojišťovna - VZP) пропонує ці послуги в рамках порталу “Моє VZP” [23], медична страхова компанія Міністерства внутрішніх справ Чеської Республіки (Zdravotní pojišťovna Ministerstva vnitra ČR) в Elektronické komunikaci a Kartě života (електронний зв'язок та карта життя) [24], спеціалізована медична страхова компанія (Oborová zdravotní pojišťovna - OZP) через додаток VITAKARTA [25]. Кожна застрахована особа отримує дані для входу від своєї страхової компанії, за допомогою яких вона може увійти на портал медичного страхування та таким чином керувати своїм профілем здоров'я. Портал надає можливість запису до лікаря. Тут можна побачити

інформацію, пов'язану з охороною здоров'я, в тому числі суму коштів, використаних лікарем. Дізнатися, наприклад, скільки медична страхова компанія заплатила за стоматологічний огляд, забір крові та аналіз у лабораторії або за призначені ліки. Клієнт отримує вичерпний огляд візитів до лікаря та інших медичних закладів, можна перевірити кількість та вид наданої медичної допомоги та, у разі розбіжностей, повідомити про проблему безпосередньо в вашу медичну страхову компанію, яка перевірить ситуацію.

Нідерландська платформа “Vlaams patientenplatform” [26] орієнтована на роботу з пацієнтами. Система надає можливість зберігати та працювати з такими даними, як діагнози, історія хвороби, щеплення, графік прийому ліків, алергії, результати медичних обстежень тощо. Платформа орієнтована на покращення якості життя людей із хронічними захворюваннями.

Проведений аналіз сучасних медичних інформаційних систем показує, що в їх структурі існує низка блоків, відповідальних за автоматизацію різних аспектів діяльності медичних установ, зокрема:

- реєстратура (графік роботи лікарів та запис на прийом);
- лікар (електронні медичні картки пацієнтів з лікарськими призначеннями);
- лабораторія (дані медичних досліджень);
- автоматизація робочого місця основного та допоміжного медичного персоналу та адміністрації;
- облік матеріальних засобів установи;
- бухгалтерія (управління фінансами та облік);
- автоматизація комунікації співробітників (месенджери, чат-боти);
- автоматизація нормативної бази медичної установи, тощо.

МІС відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного функціонування медичних закладів, а також у здійсненні адміністративних

операцій та аналізі даних. Ці системи дозволяють регулювати доступ до інформації для різних категорій користувачів та впроваджувати стандарти безпеки даних.

На сьогоднішній день в Україні існують різноманітні медичні інформаційні системи, зокрема, такі як e-Health, Doctor Eleks, EMCiMED, МедІнфоСервіс, Нейрон. Подальше дослідження спрямоване на більш детальний аналіз цих систем.

Зокрема, e-Health є гібридною моделлю електронної системи охорони здоров'я в Україні. Вона складається з двох компонентів і має єдину центральну базу даних. Ця база даних належить державі та може бути підключена до інших медичних інформаційних систем. Крім того, держава встановлює правила користування, гарантує безпеку системи та зберігання даних. Центральна база даних електронної системи охорони здоров'я розташована в захищеному дата-центрі в Києві, який відповідає міжнародним (сертифікат відповідності ISO 27001:2013, сертифікат виданий Bureau Veritas NoIND17.0398/U) та українським стандартам (атестат відповідності ДССЗЗІ No14162 від 22.07.16) у сфері захисту даних [27].

Архітектурне рішення e-Health має безліч переваг для користувачів системи. Користувачами системи можуть бути лікарі, пацієнти, аптечні працівники та менеджери закладів. Вони дають можливість підключення великої кількості інших медичних інформаційних систем, що містять електронні кабінети лікарів та пацієнтів. Через ці системи здійснюється взаємодія користувачів з центральною базою даних електронної системи охорони здоров'я (рис. 1.1).

Зберігання інформації в ЦБД є ключовим аспектом для отримання повної та цілісної картини щодо надання медичних послуг громадянам. Це надає

можливість здійснювати аналіз і прогнозування необхідних медичних послуг для населення.



Рис. 1.1. Архітектура системи e-Health [9]

На сьогодні Державне підприємство «Електронне здоров'я» [28] виконує функцію адміністрування електронної системи охорони здоров'я. Це підприємство відповідає за безперебійну роботу центральної бази даних, забезпечення технічної підтримки системи та взаємодію з медичними інформаційними системами щодо їх роботи з ЦБД. Це важлива роль для забезпечення ефективної та безперебійної роботи системи охорони здоров'я та забезпечення доступу до необхідної медичної інформації для проведення аналізу та прийняття управлінських рішень.

Медичним закладам, які бажають взаємодіяти з e-Health потрібно підключитись до неї через довільну інформаційну систему, яку заклад може обрати самостійно. Таким чином, лікар зможе побачити всю інформацію про свого пацієнта з центральної бази даних незалежно від того, з якою МІС він працює. Пацієнт, який має підписану декларацію надає доступ лікарю до даних

про нього, які містяться в електронній системі охорони здоров'я. Розглянемо детальніше декілька систем, які можуть бути приєднані до e-Health.

Система Doctor Eleks, розроблена компанією Doctor Eleks (Львів, Україна) [29], є однією з інформаційних систем, призначених для медичних установ. Цей програмний продукт має в собі ряд функцій, таких як підтримка електронної медичної картки пацієнта, особистий кабінет лікаря, реєстратуру (рис. 1.2) та фінансову звітність.

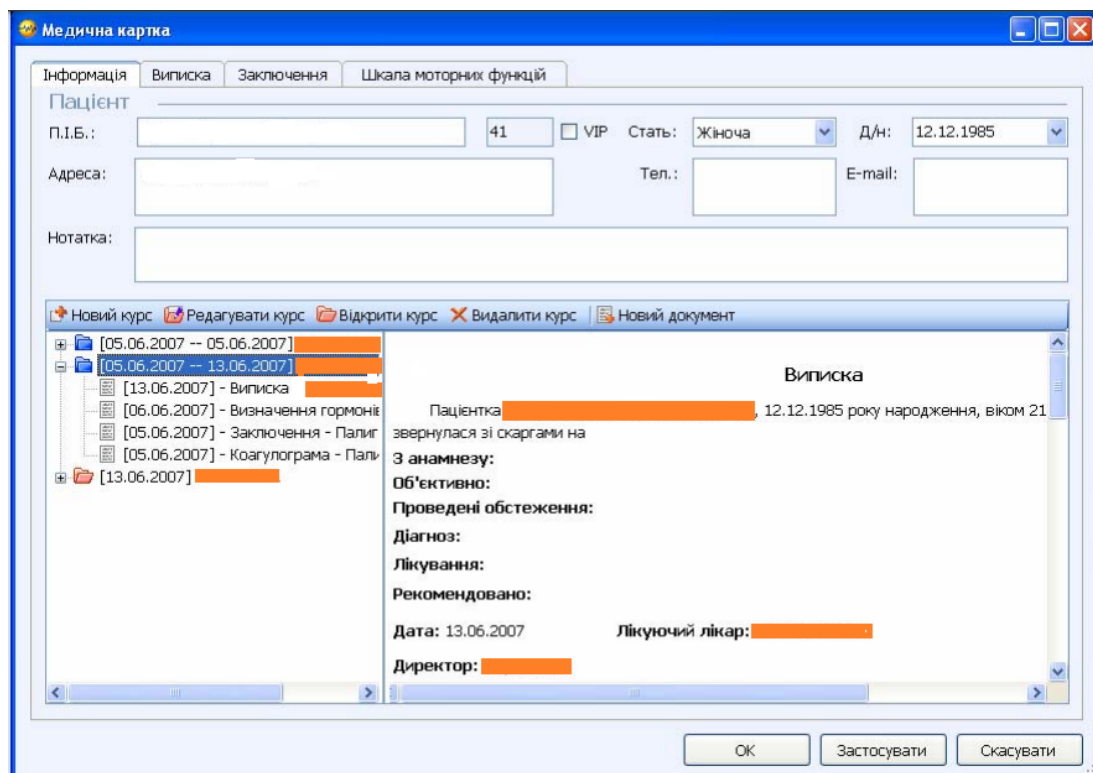


Рис. 1.2. Система Doctor Eleks (медична картка пацієнта) [29]

Додаток також надає можливість формувати графіки роботи співробітників медичних установ, що допомагає керувати робочими годинами та ділити обов'язки між персоналом лікарень чи клінік. Ця система спрямована на оптимізацію роботи медичних установ, полегшення управління пацієнтською базою та оптимізацію фінансових операцій, пов'язаних з медичною діяльністю.

Система Doctor Eleks має ряд переваг, таких як комунікація з зовнішніми лабораторіями та страховими компаніями, спрощена процедура розрахунків за надані послуги, зменшення понаднормового витрати матеріалів, структуроване зберігання даних медичної карти пацієнта, робота з діагностичним обладнанням: запис і редагування відео та зображень, візуальні підказки в разі відхилення від норми, широкий спектр шаблонів огляді, можливість друку результатів на різних мовах. Підтримка пристроїв та медичного обладнання, таких як Toshiba УЗД і DICOM-зображення, робить систему більш універсальною та зручною для роботи з різними типами медичних даних та зображень. Система Doctor Eleks відповідає стандартам та вимогам сфери охорони здоров'я та рекомендована до використання Міністерством охорони здоров'я України [29].

До недоліків можна віднести те, що в системі недостатньо пропрацьовано модуль роботи з записами про пацієнтів, а саме відсутня можливість приєднання записів не ідентифікованого пацієнта до ідентифікованого.

Наступною розглянемо передову українську медичну інформаційну систему для медичних установ, приватних клінік і лабораторій, підключену до системи eHealth України – EMCiMED (рис. 1.3). Система містить наступні модулі [30]:

- реєстратура;
- управління персоналом;
- управління організацією;
- поліклініка;
- стаціонар;
- лабораторія;
- управління партнерськими відносинами.



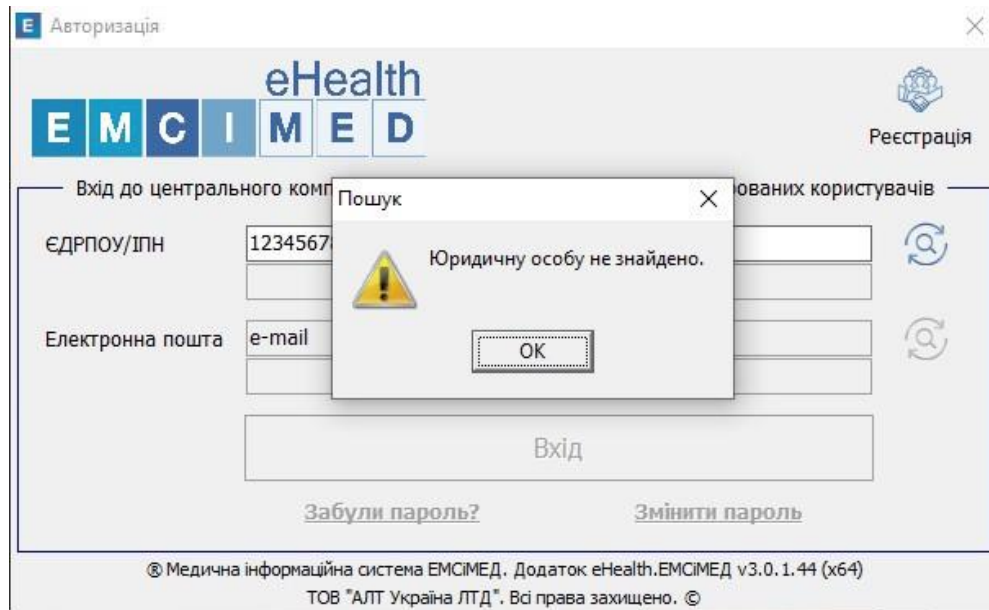


Рис. 1.3. Медична інформаційна система EMCiMED  
(реєстрація в системі eHealth)[30]

До переваг системи можна віднести можливість вибору модулів відповідно до потреб медичного закладу, що свідчить про гнучкість і можливість налаштування системи для конкретних вимог. Система має високий рівень функціональності. Використання USB-брелоків та шифрування інформації вказує на високий рівень безпеки системи. Це важливо для збереження конфіденційності медичної інформації пацієнтів. Можливість інтеграції з іншими програмними продуктами, такими як 1С, відкриває широкі можливості для обміну даними та забезпечення сумісності з іншими системами. Рекомендація МОЗ України щодо використання даної системи підтверджує її відповідність стандартам та високу якість, що може стати важливим фактором вибору для медичних закладів.

До недоліків можна віднести те, що в системі не передбачено погашення електронного рецепта на лікарські засоби, відсутня реєстрація аптеки, не передбачено модуля робочого місця лаборанта.

Ще одна інформаційна система, яка приєднана до «E-Health» та акредитована МОЗ є «МедІнфоСервіс». Система призначена для автоматизації лікувальних процесів у амбулаторіях, поліклініках та стаціонарних лікувальних закладах[31]. Система підтримує роботу онлайн та офлайн реєстратури з можливістю формування електронної черги на прийом. В системі наявний модуль медичної статистики та формування звітності. На рисунку 1.4 зображений інтерфейс МІС «МедІнфоСервіс».

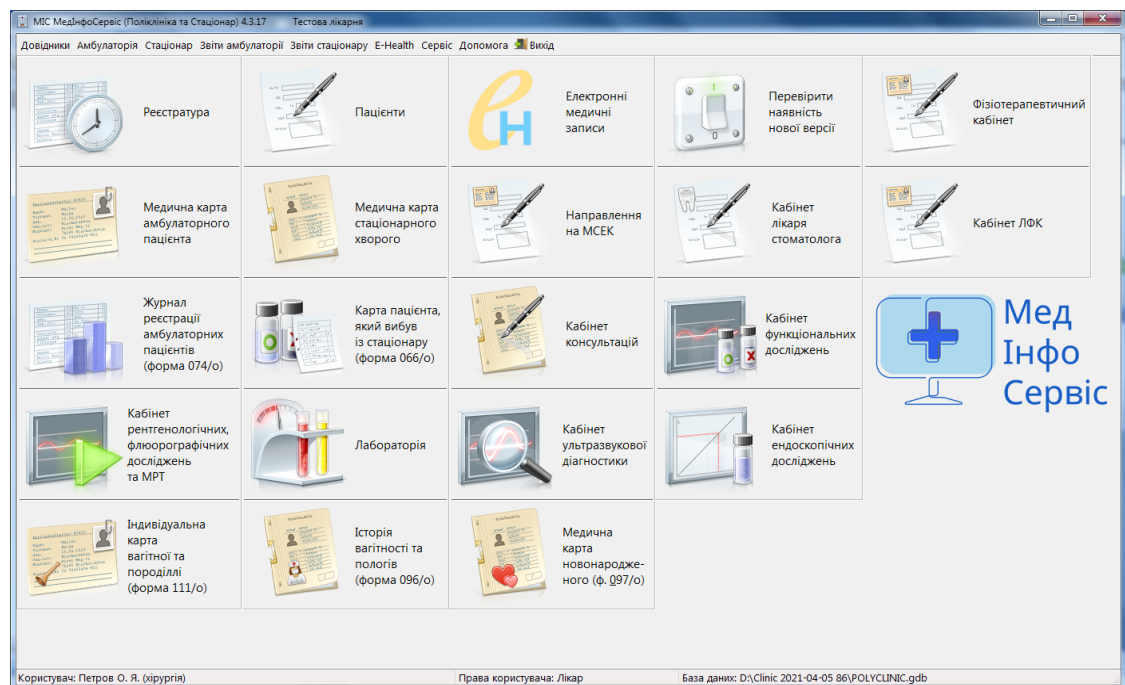


Рис. 1.4. Інтерфейс МІС «МедІнфоСервіс» [31]

Перевагами системи є інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувачів швидко впровадження змін, не потребує значних витрат на встановлення та експлуатацію, можливість формування звітності в форматі Microsoft Office для виведення на друк.

До недоліків можна віднести відсутність адміністративного модуля погашення е-рецепту та укладення договорів АЗ з НСЗУ за програмою "Інсуліни", не передбачено модуля робочого місця лаборанта.

Система активно розвивається та оновлюється, крім того наявний youtube канал МІС «МедІнфоСервіс» з детальними відеоінструкціями для користувачів.

Наступною розглянемо інформаційну систему “Нейрон”, яка розроблена з урахуванням інтересів малого та середнього бізнесу. Розробником системи є колектив ТОВ «Алюр»[32].

Перевагами системи є інтуїтивно зрозумілий інтерфейс; зручна система створення графіків роботи; запис пацієнтів на прийом і планування їх подальших візитів; картотека пацієнтів з швидким доступом до медичних даних і структуроване зберігання медичної інформації; проста схема оплати наданих послуг; формування фінансових звітів і управління тарифними планами; поділ прав доступу для різних категорій персоналу.

До недоліків можна віднести відсутність адміністративних модулів неонатального скринінгу для новонароджених, укладення договорів АЗ (аптечним закладам) з НСЗУ за програмою "Інсуліни" та модуля робочого місця лаборанта.

В результаті проведеного дослідження можна зробити висновок, що в Україні відбувається активний процес інформатизації медичної сфери. Цифрова трансформація в системі охорони здоров'я стала одним із ключових напрямків розвитку. Завдяки впровадженню електронної системи охорони здоров'я з 2020 року, збирається та зберігається значна кількість цінної інформації про пацієнтів у вигляді електронних медичних карток [33].

В нашій державі використовуються різні медичні інформаційні системи. Було проведено порівняльний аналіз структурних модулів та функціональних можливостей сучасних медичних інформаційних систем, що використовуються в Україні. В цілому кожна з систем має схожі базові модулі - це як правило так звані АРМи – автоматизовані робочі місця, що повторюються в декількох версіях: АРМ лікаря, АРМ реєстратора, АРМ лаборанта та інші. Але кожна МІС

має і інші модулі які в одних системах можуть бути наявні, а в інших відсутні. Наприклад деякі системи не мають модуля роботи з електронними рецептами на лікарські засоби, відсутня можливість реєстрації аптеки, не містять модуля для забезпечення роботи лаборанта. Деякі системи постачаються зі сталою конфігурацією, інші мають базовий функціонал і можливість придбання додаткових модулів.

В Україні найбільш поширені у використанні медичні системи вітчизняного виробництва. Також є помітним інтерес до українського ринку з боку польських та турецьких розробників медичних інформаційних систем. Варто відзначити, що хоча ці системи можуть мати більш розвинені функції та можливості, їх вартість впровадження та розробки зазвичай вища порівняно з аналогічними українськими системами.

Також не останнє місце в медичних системах відіграє захист даних – тому що медичні дані є досить чутливі. В кожній МІС розробники намагаються захистити персональні дані та самі системи. Зазвичай МІС розгортаються або на власних серверах компанії, або на хмарних сервісах. Це також один з варіантів захисту даних, оскільки власні сервери обмежують доступ до даних третіх осіб, але як правило це є дорожчий варіант.

В результаті проведеного аналізу МІС було виявлено відсутність блоку аналізу та прогнозування розвитку хронічних захворювань та їх загострення. Також не знайдено модулів для роботи та моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом. В МІС на сьогодні мало застосовують або взагалі не застосовують методи інтелектуального аналізу даних та штучного інтелекту.

Перспективним вважаємо створення єдиної медичної інформаційної системи України, котра б забезпечила необхідну доступність та швидкість обміну медичною інформацією не лише в межах нашої держави, а й за її межами.

### 1.3. Аналіз захворюваності на цукровий діабет серед населення

Хронічне захворювання – це стан здоров'я або хвороба людини, яка є стійкою або іншою довготривалою в її наслідках або хворобою, що настає з часом. Термін хронічний часто застосовується, коли перебіг захворювання триває більше трьох місяців. Часті хронічні захворювання включають артрит, астму, рак, діабет, вірусні захворювання, такі як гепатит С та ВІЛ/СНІД тощо. Багато людей з хронічними захворюваннями можуть навіть не підозрювати, що вони хворіють, симптоми хвороби можуть бути не помітні. Часто це є причиною відсутності розуміння та підтримки лікарів, родичів, друзів та колег [34].

Частка людей які в Україні мають хронічні захворювання станом на 2019 рік складала 39,55%, а у 2020 році - 40,65%. Найбільш поширеними були гіпертонія та серцеві захворювання – про наявність однієї з цих хвороб повідомили відповідно 43,8% і 26,2% осіб (2019 р.) та 47,1% і 27,3% осіб (2020 р.), які мають хронічні захворювання [35, 36].

У країнах Європейського Союзу більше третини осіб віком 16 років і старше мали хронічні захворювання або проблеми зі здоров'ям. Найбільша кількість таких осіб у Фінляндії – 47%, Естонії – 44%, по 42% – у Німеччині та Португалії, а найменша в Італії – 15%, Румунії – 19% та Болгарії – 21%. В Україні повідомили, що мають хронічні захворювання або проблеми зі здоров'ям 44% осіб цієї вікової категорії [35, 36].

Особливе занепокоєння викликає проблема передчасної смертності. Соціально-економічними наслідками передчасної смертності є не лише зменшення років потенційного життя та збільшення величини безповоротних втрат унаслідок смерті, а і значні економічні збитки. Через передчасну смертність населенням України лише щороку втрачається близько 4 млн. років потенційного життя, відповідно обсяг недовиробленого національного продукту

становив від 47,9 до 89,1 млрд. гривень, причому левова частка втрат була зумовлена смертністю чоловіків [37].

Цукровий діабет – це хронічне захворювання, основною ознакою якого є стійке підвищення рівня глюкози в крові. В людському організмі за стабілізацію рівня глюкози в крові відповідає підшлункова залоза, яка виробляє гормони інсулін та глюкагон, що дозволяють збільшити або зменшити концентрацію глюкози. Проте у хворих на цукровий діабет спостерігається порушення функцій підшлункової залози в поєднанні із заниженою чутливістю до інсуліну. Це призводить до коливання рівнів глюкози в крові, зокрема до появи як гіперглікемії (високої концентрації глюкози), так і гіпоглікемії (низької концентрації).

Цукровий діабет з часом призводить до серйозних проблем різних систем організму, особливо нервових закінчень та кров'яних судин. Цукровий діабет небезпечний ускладненнями, що призводить до інвалідності та втрати працездатності. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, з 1980 по 2014 рік кількість хворих на діабет збільшилася з 108 мільйонів до 422 мільйонів осіб, що майже в чотири рази перевищує початковий показник [38]. Тенденція зростання поширеності діабету є більш виразною в країнах з низьким та середнім рівнем доходу порівняно з країнами, де дохід населення є високим.

За даними IDF diabetes Atlas глобальна поширеність діабету в 2021 р. оцінюється в 10,5% (536,6 мільйони осіб) і може збільшитись до 12,2% (783,2 млн осіб) в 2045 р. [39]. Троє з чотирьох дорослих, у яких діагностований діабет, проживають у країнах з низьким та середнім рівнем доходу. Майже кожен другий дорослий (240 мільйонів) живе з недіагностованим діабетом. У 2021 році діабет спричинив 6,7 мільйона смертей, що означає одну смерть кожні 5 секунд. Діабет призвів до витрат на охорону здоров'я щонайменше на 966 мільярдів доларів США, що становить 9% від загальних витрат на дорослих.

Також більше 1,2 мільйона дітей та підлітків у віці від 0 до 19 років живуть з діабетом 1 типу.

В статті «Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition» проведено оцінювання поширеності діабету на 2019 рік та спрогнозовано на 2030 та 2045 роки. Дослідження проведено по 255 якісних джерелах даних з 138 країн. Дані взято з 1990 по 2018 рік у дорослих віком 20-79 років, прогнози не втішні. Прогнозується, що загальна кількість людей, з діабетом, продовжить зростати, кількість осіб із цим захворюванням збільшиться до 643 мільйонів до 2030 року та до 783 мільйонів до 2045 року. Цей тенденційний ріст кількості хворих на діабет викликаний різноманітними факторами, такими як зміни у стилях життя, вік населення, харчування, рівень фізичної активності та інші медичні та соціально-економічні чинники [40]. В статті Saeedi P, Salpea P, Karuranga S та ін. проведено оцінювання кількості смертей пов'язаних з цукровим діабетом серед дорослих у віці 20–79 років [41]. За оцінками, діабет є причиною 11,3% смертей у всьому світі.

За період з 2000 по 2016 рік передчасна смертність від діабету зросла на 5%. У 2019 році цукровий діабет став дев'ятою причиною смерті у всьому світі та, за оцінками, безпосередньо призвів до 1,5 мільйона випадків смерті. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, ця хвороба збільшує ризик смертності в 2-3 рази і значно скорочує тривалість життя. Кількість хворих на цей захворювання щорічно зростає на 5-7% у всіх країнах, а кожні 12-15 років подвоюється [38].

Міжнародна діабетична федерація підтверджує постійне зростання поширеності діабету на світовому рівні. Статистика захворюваності по регіонах світу наведена на рисунку 1.5 Найбільша кількість хворих нараховується в країнах західної частини Тихого океану. В Європі за останніми даними

нараховується 61 млн. хворих. Прогнозується, що кількість дорослих хворих на діабет в Європі до 2045 року збільшиться на 13%, це означає, що за цей період очікується зростання кількості хворих до 69 мільйонів. Найбільше зростання захворюваності на 87% прогнозується в країнах Близького Сходу і Північної Африки. Такий прогноз зростання є суттєвим і вказує на продовження тенденції збільшення захворювання на діабет, що вимагає уваги та заходів з профілактики та управління цим захворюванням [42].



Рис. 1.5. Статистика захворюваності по регіонах світу [42]

Якщо говорити про статистику захворюваності в Україні, то за даними Державного закладу «Центр медичної статистики Міністерства охорони здоров'я України» станом на 1 січня 2017 року було зафіксовано майже 1 млн 271 тис випадків цукрового діабету в Україні [43]. Нажаль починаючи з 2017 року офіційна статистика в Україні за цим захворюванням не ведеться, але вважається що хворих з кожним роком стає більше. Це ґрунтується на



досліджених вчених проведених з 2008 по 2013 роки, яке підтвертило зростання кількості хворих на 240 тисяч [44]. Починаючи з 2015 року було створено реєстр хворих цукровим діабетом, які потребують інсулінотерапії, який в 2022 році також перестали вести [45]. Цей реєстр також підтверджував зростання захворюваності.

Цукровий діабет є одним з найпоширеніших захворювань, що може призводити до серйозних ускладнень, таких як інсульт, інфаркт, ниркова недостатність, ампутації та втрата зору. Наслідками тривалого перебігу цукрового діабету та недостатньої компенсації вуглеводного обміну у понад 8 тисяч осіб в Україні діагностована повна втрата зору. Також, близько 1 тисячі осіб із цукровим діабетом мають проблеми з проведенням діалізу. Проблема реабілітації стає актуальною для осіб після ампутації будь-якого рівня. У 2019 році було здійснено більше 2 тисяч ампутацій, а вже у 2020 році ця кількість зросла до 1300 у пацієнтів із цукровим діабетом. Всі ці люди потребують реабілітації та уваги. Проте ці дані вказують лише на 1/6 від усієї кількості людей із цукровим діабетом, які мають проблеми, зафіксовані у реєстрі, що потребують уваги та системно організованої підтримки. У 2020 році діабет став причиною 11 тис. 710 смертей людей в Україні, серед тих, що отримували інсулін [44].

Оцінки Міжнародної діабетичної федерації показують, що поширеність діабету в Україні становить 7,3% серед всього населення. Однак близько 65% хворих на діабет залишаються недіагностованими (що вдвічі більше, ніж у країнах Східної Європи), що може призводити до затримок у лікуванні та зростання ускладнень.

Ця хвороба часто стає причиною передчасної смерті та інвалідизації. Люди, які страждають на діабет, часто втрачають можливість бути економічно активними. У 2019 році економічні втрати, пов'язані із цукровим діабетом в

Україні, складала близько 104 мільярди гривень, що становило 2,5% від ВВП країни. За відповідними оцінками, цю суму можна було б зменшити на 2,2 мільярди гривень щорічно, якщо вдосконалити профілактику захворювання та покращити систему діагностики й лікування цієї хвороби. 65% цих витрат становлять прямі медичні витрати на лікування діабету, а решта 35% пов'язані з передчасним вибуттям з роботи людей з діабетом та їхньою передчасною смертю. Основними причинами таких втрат є недостатній рівень діагностики та неефективне лікування через обмежений доступ пацієнтів до лікарських засобів та засобів контролю рівня цукру в крові [46].

Діабет є значним фактором ризику несприятливих наслідків у випадку захворювання на Covid-19. Виявлено, що ризик надмірної смертності та тяжких проявів Covid-19 у людей з діабетом 1 типу вищий, ніж у людей з діабетом 2 типу. Поганий контроль рівня глюкози в крові (виражений, наприклад, в високому рівні HbA1C, який дорівнює або перевищує 7%) був фактором ризику для розвитку серйозних ускладнень, включаючи госпіталізацію, у випадку зараження Covid-19. Люди з діабетом і вищим рівнем HbA1C мали на 35-40% більше шансів отримати серйозні ускладнення, якщо вони захворіли на Covid-19 [47].

Діабет є однією з провідних причин сліпоти, ниркової недостатності, серцевих нападів, інсульту та ампутації нижніх кінцівок. При чому це захворювання більше вражає людей похилого віку, а останнім часом воно стало молодшати. Це підкреслює важливість та серйозність цієї проблеми для здоров'я та благополуччя окремих людей, їх родин і суспільства в цілому. Глобальний ріст захворюваності на діабет вказує на необхідність приділяти увагу профілактиці, ранньому виявленню та ефективному управлінню цією хворобою для забезпечення здорового способу життя для всіх. Також постає необхідність пошуку методів лікування, які зможуть покращити рівень життя людей з даним

захворюванням. Контроль за станом пацієнта та погнозування розвитку супутніх захворювань є досить актуальним та потребує нових цифрових рішень.

#### **1.4. Аналіз технологій віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями**

Технології віддаленого моніторингу стану пацієнтів активно входять в наше життя. Особливо ця комунікація стала потрібною під час пандемії Covid-19. Цифрові інновації в сфері охорони здоров'я стали необхідними. У 2019 році близько 54% користувачів гаджетів виразили бажання використовувати смартфони для спілкування з лікарями, оскільки виникла проблема вільного відвідування медичного закладу через пандемію. У 2021 році кількість людей у світі, які використовують додатки та пристрої для віддаленого моніторингу здоров'я, перевищила 50 мільйонів осіб. Використання віддаленого моніторингу також входить в життя українців.

Пацієнти з Covid-19, які перебувають на амбулаторному лікуванні з дистанційним моніторингом з боку лікаря, більш активно слідкують за власним здоров'ям, мають менший ризик ускладнень та швидше одужують, уникаючи госпіталізації. Впровадження віддаленого моніторингу робить медичну допомогу більш доступною для жителів сільських і важкодоступних районів. Під час пандемії цей інструмент стає надзвичайно важливим, оскільки дозволяє регулярно передавати дані про стан здоров'я лікарю без відвідування його кабінету [48].

При застосуванні технологій віддаленого моніторингу важко обійтися без використання IoT-засобів (edge devices). IoT-засоби використовують в різних сферах життя. Так, в роботі [49] висвітлено можливості застосування технологій інтернету речей для побудови системи моніторингу мікроклімату в навчальних приміщеннях. В наукових працях [50-53] проведено дослідження використання

IoT-засобів для побудови різних систем. Автори підкреслюють корисність та перспективність використання технологій інтернету речей для моніторингу та зняття різних показників в реальному часі. У статті [54] була проаналізована можливість технічної реалізації апаратного комплексу з використанням фотоплетизмографічних датчиків для оцінки параметрів функціонального стану серцево-судинної системи у студентів. Під час виконання дослідження [55] було проведено аналіз використання Інтернету речей у сфері охорони здоров'я для профілактики захворювань та покращення медичної діагностики. Основною метою було дослідити можливості застосування IoT-технологій у системах моніторингу та контролю за станом здоров'я. Дослідженню використання технологій IoT в медичній сфері присвячено праці закордонних авторів [56-59]. Науковці підкреслюють актуальність та необхідність розвитку віддаленого моніторингу саме під час пандемії Covid-19.

Питанням дистанційного моніторингу пацієнтів присвячено ряд наукових праць. Авторами робіт [54-60] підкреслено активне використання технологій Інтернету речей та телемедицини в медичній галузі. Палагнюк Д. М., Барась С. Т. пропонують модель системи візуального моніторингу за життєво важливими показниками стаціонарного хворого. Розглянуто можливість застосування бездротових технологій для збору даних, автори вказують на проблеми застосування Bluetooth-пристроїв та пропонують використовувати ZigBee [61]. У своєму дослідженні Коваленко О.С. та співавтори розглядають значення мобільних застосунків у складі сучасних медичних інформаційних систем. Вони проаналізували завдання та потенційні рішення, пов'язані із включенням мобільних застосунків до структури МІС. Автори наголошують, що наявність мобільних додатків у складі МІС може сприяти пацієнтам у забезпеченні оперативного та регулярного зв'язку з лікарем або консультантом [62].

Авторами роботи [63] були визначені ключові підходи до контролю за здоров'ям населення територіальних громад. Обґрунтовано ефективність застосування передових інформаційно-комунікаційних технологій для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів, особливо для тих, хто проживає у сільській місцевості, або мають хронічні захворювання з високим рівнем медичної потреби. Був проведений аналіз досвіду використання "розумних" технологій у сфері медицини для вирішення завдань профілактики вікових захворювань та зменшення процесу швидкого старіння населення.

У роботі Шевчука А. В., Морозова Д. С описана система віддаленого моніторингу та спостереження за пацієнтами. Ця система контролює життєві показники пацієнтів через бездротові медичні датчики. Медичний датчик передає дані на мобільний пристрій, який працює на базі операційних систем Android або iOS. Після цього, мобільний пристрій періодично передає дані про стан здоров'я пацієнта на сервер. Система використовує дані GPS з мобільного пристрою для відображення місцезнаходження пацієнта та автоматично сповіщає бригаду медичної допомоги у разі надзвичайної ситуації зі здоров'ям. Крім цього, сервер надсилає інформацію про стан та місцезнаходження пацієнта його лікарю. Щоб зменшити обсяг даних GPS, які періодично збираються, використовується спеціальний метод стиснення. В системі передбачено збір даних, але їх аналіз та обробка відсутні [64].

У наукових працях [65-67] проведено аналіз ключових напрямів використання математичних методів у медичній діагностиці та сформульовано принципи застосування нечіткої логіки для проведення діагностики. Розроблені моделі та алгоритми для медичної діагностики ґрунтуються на концепціях штучного інтелекту, інженерії знань, теорії планування експерименту, теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних. Особливістю цих робіт є представлення автоматизованої експертної системи для вирішення завдань

медичної діагностики у пацієнтів з різноманітними захворюваннями. Це дозволяє впроваджувати та застосовувати передові методи та технології для точнішого та ефективнішого виявлення та лікування хвороб. Авторським колективом [68] розглянуто проблему діагностування за даними пацієнта. Для вирішення даного завдання пропонується використання підходів та методів штучних нейронних мереж.

У роботі [69] розглянута проблема діагностики шкірних захворювань, відзначається її актуальність через потребу у автоматизації навіть консультаційних рішень у галузі медицини. Отримані результати дослідження свідчать про можливість використання запропонованого методу діагностики шкірних захворювань для впровадження у систему медичної діагностики. Цей метод має за мету підтримувати прийняття консультаційних рішень у системі, сприяючи подальшому остаточному прийняттю рішень лікарем. Автори дослідження [70] демонструють можливість вдосконалення методів експрес-діагностики серцево-судинної системи за допомогою аналізу пульсограм на основі модельних даних.

У роботі [71] розглядається важливе завдання неінвазивного моніторингу та короткострокового прогнозування стану пацієнта без активної участі медичного персоналу. Для реалізації цієї концепції розглядаються можливості використання асистентських робототехнічних платформ. Автори роботи запропонували модель для індивідуального моніторингу та прогнозування стану конкретного пацієнта. Для підтвердження ефективності та правильності розробленої моделі використовувався робот-асистент ТІМА.

Колективом науковців у монографії [72] узагальнено результати досліджень, пов'язаних із створенням нових технологій для медичної діагностики, лікування та реабілітації. Автори, опираючись на теоретичні основи та експериментальні дослідження, розробили нові методики для

створення біомедичних систем, які використовують моделювання біофізичних процесів та інтелектуальний аналіз діагностичних даних. У роботі описано створення унікальних апаратно-програмних засобів для функціональної діагностики, лікування та реабілітації, які успішно використовуються у різних сферах медицини. Авторами дослідження [73] продемонстровано результати успішного використання інформаційних технологій у медичній сфері, а саме методів порівняльної геноміки для вирівнювання білків. У роботі [74] проведено дослідження можливості діагностування конкретних патологій в автоматизованому режимі.

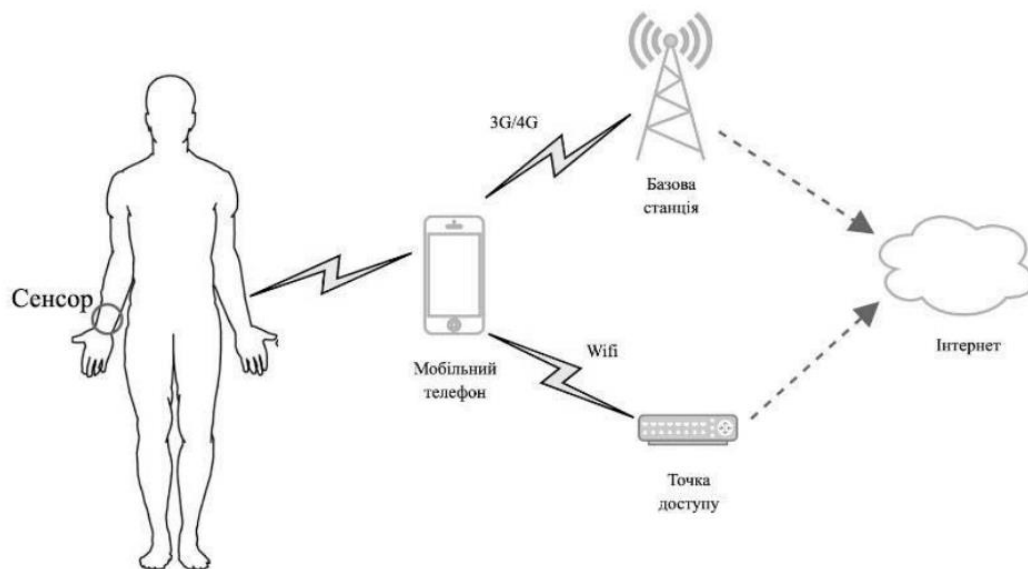


Рис. 1.6. Схема передачі виміряної інформації за допомогою технології Bluetooth [75]

Мельник А. О. та інші запропонували біомедичну кіберфізичну систему для цілодобового моніторингу функцій легень у пацієнтів із Covid-19. Ці розробки забезпечують можливість лікареві у режимі реального часу віддалено контролювати рівень кисню в крові пацієнта. Авторами розглянуто можливість та наведено схему отримання інформації (рис. 1.6). Система реалізована у

вигляді мобільного додатку і є вузькоспеціалізованою – лише для контролю хворих Covid-19 [75].

Авторами робіт [76-78] запропонована біотехнічна система для визначення і моніторингу стану здоров'я студентів. У роботі продемонстровано структуру біотехнічної системи (рис. 1.7), що об'єднує біологічні та технічні компоненти. Для вимірювання частоти серцевих скорочень та рівня кисню у крові пропонується використання сенсорів, що реєструють фотоплетизмографічну криву. Ці сенсори спрямовані на вимірювання пульсуючих сигналів та можуть допомогти визначити параметри функціонального стану серцево-судинної системи студента. Для вимірювання температури тіла студента пропонується використання модуля у вигляді безконтактного інфрачервоного термометра. Ця система розроблена для налагодження визначеної форми організації обміну інформацією, що надає можливість інтегрувати цю систему в структуру інформаційної системи для забезпечення здоров'я студентів.

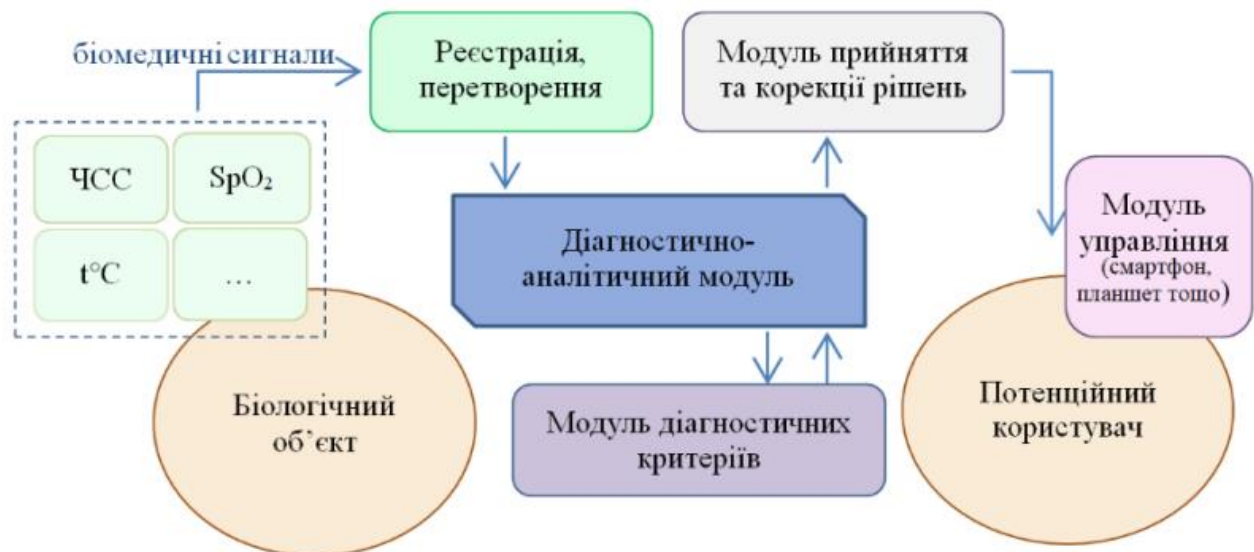


Рис. 1.7. Структура біотехнічної системи для визначення і моніторингу стану здоров'я студентів [76]



Закордонні науковці також описують власні дослідження в сфері дистанційного моніторингу. В роботах [79-82] представлено медичні інформаційні системи для надання віддаленого консультування та комунікації з лікарем. Підкреслюються переваги віддаленого консультування. В запропонованих системах є можливість живого спілкування з лікарем засобами телемедицини, натомість не виявлено можливості аналізу зібраних даних про стан пацієнта засобами Data mining.

В Україні з'являються компанії, які пропонують власні рішення для повного забезпечення, або часткової допомоги у віддаленому моніторингу стану пацієнтів. Компанія Dusun IoT використовує передову технологію Інтернету речей для сприяння взаємодії між пацієнтами, медичним персоналом, медичними закладами та медичним обладнанням, як основне обладнання для дистанційного моніторингу важливих життєвих показників. Розробники пропонують IoT-шлюз (рис. 1.8), який може отримувати дані від пристроїв дистанційного моніторингу пацієнтів на базі Bluetooth, таких як глюкометри, інсулінові помпи, браслети для вимірювання частоти серцевих скорочень, пристрої для вимірювання температури тіла та інші. Ці дані збираються та передаються на центральний сервер для забезпечення реального часу дистанційної передачі та управління фізичними показниками [83].

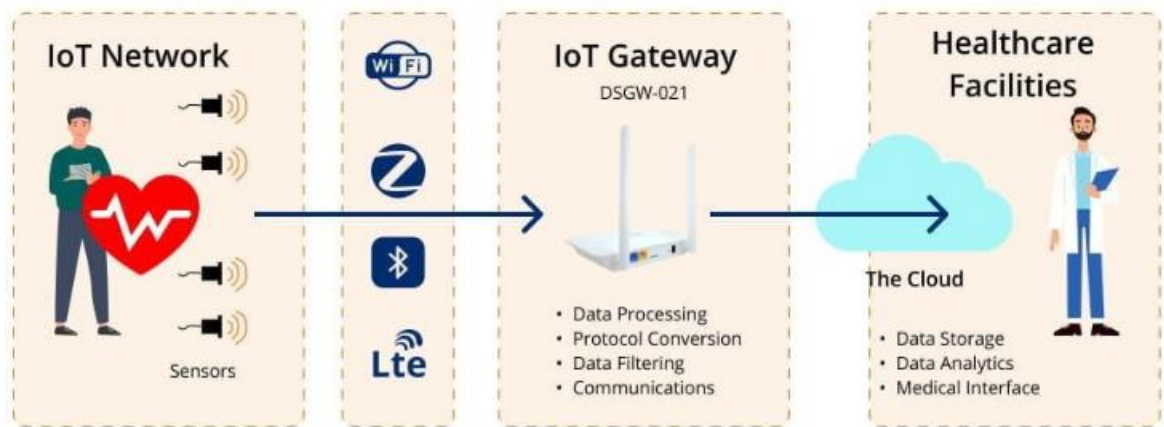


Рис. 1.8. IoT-шлюз для віддаленого моніторингу здоров'я [83]

Платформа «Telemed24» надає можливість віддалених консультацій у форматі «лікар-пацієнт». Розробником є компанія «Медстар Солюшенс» (Medstar Solutions). Для забезпечення зв'язку використовуються засоби телемедицини. Платформа призначена в першу чергу для консультивання пацієнтів, які не можуть вийти з дому. Також нею можуть скористатись люди з інфекційними захворюваннями, або інші категорії пацієнтів. На платформі забезпечено захищений відеозв'язок з гарантією конфіденційності, також надається можливість збереження персональних медичних даних пацієнта [84].

Надання медичних послуг з використанням телемедицини в Україні регламентується Законом України "Основи законодавства України про охорону здоров'я" [85]. З моменту початку медичної реформи, кожен етап супроводжується створенням необхідних інструментів, спрямованих на поліпшення роботи лікарів і забезпечення більшої прозорості системи. Одним із таких інструментів загальної медичної системи є телемедицина, яка базується на принципах дистанційного зв'язку та надання медичної допомоги на відстані. Телемедицина включає такі ключові компоненти: телемедичне консультивання, телемедичний консиліум, телеметрія та домашнє телеконсультивання [86].

Зокрема, напрямок телемедицини охоплює не лише зв'язок між лікарем і пацієнтом, а й надає можливості для лікарів здійснювати комунікацію, вчитися та обмінюватися досвідом. Один із перспективних напрямків у телемедицині — телеконсультиції в віддалених місцях, якими фахівці надають професійні поради колегам та консультиують пацієнтів.

Слід розглянути, як сьогодні телемедичні технології у світі можуть допомогти пацієнтам, які мають цукровий діабет. Зазвичай у цих пацієнтів є глюкометр вдома. Шляхом аналізу крові за допомогою пристрою, вони можуть повідомити лікаря про результати та домовитися про відеоконсультиацію. Під час такої консультиації пацієнт може отримати відповідні рекомендації та

характеристику свого стану здоров'я. Після консультації лікар може скласти відповідні призначення та надіслати їх пацієнту. Електронний інструмент знімає необхідність для пацієнта, який проживає у віддаленій місцевості, регулярно відвідувати ендокринолога для отримання необхідних призначень [87].

Дистанційний моніторинг пацієнтів демонструє зниження госпіталізацій на 50% і відвідування відділень невідкладної допомоги на 35%. Пацієнти, які брали участь у програмі віддаленого моніторингу, демонстрували на 41% менший рівень смертності та на 20% менше госпіталізацій порівняно з тими, хто не скористався таким моніторингом [83]. Створення сучасної електронної системи охорони здоров'я є важливою складовою трансформації медичної сфери в Україні.

Результати досліджень представлені в наукових публікаціях здобувача [88, 89].

### **Висновки до першого розділу**

1. Проведений аналіз цифровізації сфери охорони здоров'я України та нормативно-правової бази показав, що останнім часом в медичну сферу впроваджено ряд технологій, зокрема на державному рівні почала функціонувати система eHealth, електронні лікарняні, електронні медичні картки пацієнтів, направлення, медичні висновки, електронні рецепти; облік медикаментів та їх виробництво; реєстрація новонароджених (єМалятко); технології дистанційного навчання та телемедицини, які направлені на підвищення якості надання медичної допомоги та якості управління та моніторингу.

2. Визначено, що пріоритетними аспектами цифровізації є: підвищення доступності та ефективності медичних послуг; покращення обміну медичною інформацією між медичними установами, лікарями та пацієнтами; забезпечення

безпеки пацієнтів за рахунок удосконалення медичних інформаційних систем; розробка аналітичних систем для прийняття рішень; розвиток телемедицини; розробка інформаційних технологій, що можуть допомогти в управлінні та моніторингу епідемій.

3. Проведено порівняльний аналіз структурних модулів та функціональних можливостей сучасних медичних інформаційних систем, що використовуються в Україні. Визначено, що більшість систем побудовано на основі клієнт-серверної архітектури, яка забезпечує обмежену кількість функцій – переважно підготовку статистичних звітів та стандартних форм МОЗ. Виявлено недостатнє застосування методів інтелектуального аналізу даних та штучного інтелекту в цих системах, що значно підвищило б їх якість.

4. Проведено аналіз проблеми захворюваності на цукровий діабет, в результаті якого виявлено високу смертність від наслідків даного захворювання та необхідність профілактики діабету та його ускладнень, що потребує розробки моделей, методів та засобів інтелектуального аналізу для прогнозування розвитку супуніх захворювань та технологій моніторингу стану пацієнтів.

5. Проаналізовано технології віддаленого моніторингу стану пацієнтів. Ці технології включають в себе онлайн-платформи, відеодзвінки, портативні електронні пристрої та програми, які стають стандартними засобами у сфері охорони здоров'я та підвищують якість надання медичних послуг.

6. В результаті проведеного дослідження функціонуючих медичних інформаційних систем виявлено відсутність опитувальних листів як засобу віддаленого моніторингу стану пацієнтів та відсутність електронного кабінету пацієнта для підвищення комунікативного зв'язку та інформованості пацієнтів.

## РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНИХ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

### 2.1 Модель модулю опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями

Цифровізація сфери охорони здоров'я України стрімко розвивається, що вимагає все нових рішень та знайдення нових методів удосконалення. Проведений аналіз функціональних модулів діючих медичних інформаційних систем дозволив виявити відсутність модулю опитувальних листів («опитового» аркушу) долікарського обстеження та модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з хронічними захворюваннями, зокрема для пацієнтів з цукровим діабетом (рис. 2.1).

Збір первинної інформації про стан пацієнта відіграє важливу роль, особливо в умовах віддаленого моніторингу. Тому заповнення опитувальників пацієнтом дозволить лікарю зорієнтуватися в стані пацієнта за рахунок надання правдивої інформації, встановленні попереднього діагнозу ((за можливості) та призначення/коригування лікування (за потреби), створення електронного направлення/рецепту, відкриття електронного лікарняного (за необхідності)).

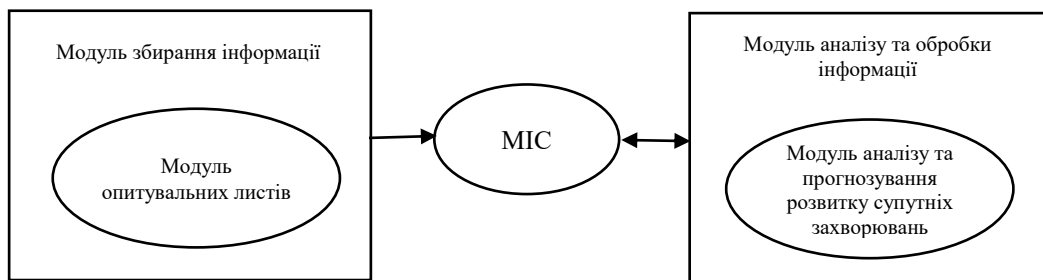


Рис. 2.1. Структурна модель удосконалення МІС

Модуль аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань призначений для аналізу показників поточного стану пацієнта та прогнозування розвитку у пацієнта супутніх захворювань. Він базується на використанні інтелектуальної складової. Даних блок проводить аналіз даних встановлених діагнозів пацієнтів та визначає ймовірність виникнення того чи іншого супутнього захворювання на підставі інтелектуального аналізу взаємозв'язків між хворобами з врахуванням способу життя пацієнта та факторів негативного впливу за рахунок шкідливих звичок.

Інтеграція модулю опитувальних листів до сучасних МІС доповнить їх функціонал та оптимізує роботу щодо збору первинної інформації про стан пацієнта та підвищить рівень інформованості лікаря щодо причин звернень. Модуль аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань призначений для оптимізації роботи лікаря шляхом автоматизацій процесів аналізу та прийняття рішень.

Пропонується створення опитувальних листів для оцінки поточного стану пацієнтів. Ці опитувальні листи пропонується інтегрувати в сучасні МІС як складову інтерфейсу електронного кабінету пацієнта. Занесення інформації в опитувальні листи може відбуватися шляхом внесення даних самим пацієнтом через мобільний додаток, сайт медичного закладу та безпосереднього спілкування пацієнта з працівником медичного закладу особисто або засобами телефонного зв'язку (телемедицини). Останнє доволі актуальне для людей похилого віку та тих, хто не володіє сучасними інформаційно-комунікаційними технологіями, або немає сучасних мобільних засобів зв'язку, або за інших причин, що унеможлиблює самостійну передачу інформації в МІС через власний електронний кабінет.

Формування опитувальних листів пропонується здійснювати відповідно до спеціалізації лікаря, включаючи питання, що спрямовані на уточнення

поточного стану пацієнтів. Опитувальні листи про поточний стан пацієнта містять загальну інформацію та спеціальну інформаційну складову (рис. 2.2). До загальної інформації слід віднести зокрема ПІБ, дату народження, стать, адресу проживання, ідентифікаційний номер електронної картки пацієнта. Ця інформація буде відображена у всіх опитувальних листах та заповнюватися автоматично після процедури аутентифікації користувача в системі. Спеціальну інформаційну складову пропонується будувати відповідно до потреб лікаря-спеціаліста, тобто для сімейного лікаря/лікаря загальної практики, це буде множина одних запитань, для лікаря-ендокринолога або хірурга – інші.

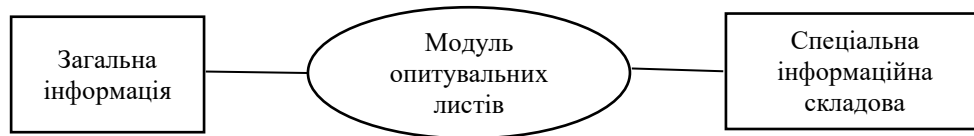


Рис. 2.2. Структурна модель модулю опитувальних листів

Тобто, в загальному опитувальний лист  $SH$  представляє об'єднання множин  $GI$  – загальної інформації та  $SI$  – спеціальна інформаційна складова, (1):

$$SH = GI \cup SI \quad (2.1)$$

Множина опитувальних листів  $SH$  у загальному може бути представлена у вигляді, (2.2):

$$SH = \bigcup_{\alpha} SH_{\alpha} \quad (2.2)$$

де  $\alpha$  – кількість опитувальних листів в МІС,  $\alpha = \overline{1 \dots m}$ .

Передбачається створення опитувальних листів для всіх спеціалізацій лікарів. Опитувальний лист (survey sheet) являє собою множину параметрів, що використовуються для оцінки поточного стану пацієнта, контролю за перебігом

хвороби та прогнозування розвитку супутній захворювань.  $GI$  та  $SI$  є відкритими класифікаційними угрупованнями, що можуть доповнюватися в залежності від потреб та спеціалізації лікаря.

Множина загальної інформації  $GI$  про пацієнта являє собою набір даних, що отримані з бази даних МІС, а у разі реєстрації в e-Health – з центральної бази даних ЕСОЗ України, (3):

$$GI = \{I_{g_i} | i = \overline{1, l}\}, \quad (2.3)$$

де  $I_{g_i}$  – елементи множини загальної інформації,  $i$  – кількість елементів, що визначені закладом сфери охорони здоров'я,  $i = \overline{1, l}$ .

Враховуючи результати дослідження інтерфейсів сучасних МІС, до елементів множини загальної інформації  $GI$  пропонується віднести: ПІБ пацієнта ( $I_{g_1}$ ); ідентифікаційний номер електронної картки ( $I_{g_2}$ ); дата народження ( $I_{g_3}$ ); стать ( $I_{g_4}$ ); адреса проживання ( $I_{g_5}$ ); паспортні дані/свідоцтво про народження/ID-картка ( $I_{g_6}$ ); номер декларації/ ПІБ лікаря, з яким підписано декларацію ( $I_{g_7}$ ); страховий поліс/соціальна картка ( $I_{g_8}$ ), місце роботи ( $I_{g_9}$ ), пільгові категорії ( $I_{g_{10}}$ ), номер телефону ( $I_{g_{11}}$ ), адреса електронної пошти (e-mail) ( $I_{g_{12}}$ ). Дане класифікаційне угруповання є відкритим, може коригуватися та доповнюватися іншими даними відповідно до потреб медичних закладів та лікарів.

Множина спеціальної інформаційної складової  $SI$  являє собою набір параметрів, необхідних для оцінки поточного стану пацієнтів лікарем. Слід зауважити на тому, що інформація, що стосується анамнезу пацієнта до моменту звернення отримується з БД МІС, що використовує медичний заклад, а у разі підключення до e-Health – центральної бази даних ЕСОЗ і доступна



лікарю після авторизації в МІС. Множина спеціальної інформації може бути представлена у вигляді, (2.4):

$$SI = \{I_{s_k} | k = \overline{1, n}\}, \quad (2.4)$$

де  $I_{s_k}$  – елементи множини спеціальної інформаційної складової,  $k$  – кількість параметрів для оцінки стану пацієнта,  $k = \overline{1, n}$ .

Таким чином для кожної  $\beta$ -ї спеціалізації лікаря буде сформована наступна множина параметрів  $SI_\beta$ ,  $SI_\beta \subseteq SI$ , що необхідні для оцінки поточного стану пацієнтів, (2.5):

$$SI_\beta = \{I_{s_{k,\beta}} | k = \overline{1, n}, \beta = \overline{1, d}\}, \quad (2.5)$$

де  $I_{s_{k,\beta}}$  – елементи множини спеціальної інформаційної складової для кожної спеціалізації лікаря,  $k$  – кількість параметрів для оцінки стану пацієнта лікарем певної спеціалізації,  $k = \overline{1, n}$ ,  $\beta$  – спеціалізація лікаря,  $\beta = \overline{1, d}$ .

Враховуючи особливості кожної спеціалізації лікаря, дана множина буде включати саме ті параметри, які необхідні для оцінки поточного стану пацієнтів та перебігу хвороби. Тобто під кожну спеціалізацію пропонується створити окремий опитувальний аркуш, враховуючи діючі форми первинної облікової документації.

При повторному зверненні до лікаря, пропонується сформулювати наступну множину  $SI_\beta^p$ ,  $SI_\beta^p \subseteq SI$ , для  $p$ -го пацієнта з урахуванням його анамнезу, (2.6):

$$SI_\beta^p = \{I_{s_{k,\beta}}^p | k = \overline{1, n}, \beta = \overline{1, d}, p = \overline{1, b}\}, \quad (2.6)$$

де  $I_{s_{k,\beta}}^p$  – елементи множини спеціальної інформаційної складової для кожної спеціалізації лікаря,  $k$  – кількість параметрів для оцінки стану пацієнта лікарем певної спеціалізації,  $k = \overline{1, n}$ ,  $\beta$  – спеціалізація лікаря,  $\beta = \overline{1, d}$ ,  $p$  – пацієнт,  $p = \overline{1, b}$ .

Таким чином опитувальний лист при первинному зверненні пацієнта до лікаря  $\beta$ -ї спеціалізації матиме вигляд, (2.7):

$$SH_{\beta} = GI^p \cup SI_{\beta}, \quad (2.7)$$

де  $GI^p$  – це загальні дані про пацієнта, що підтягуюватимуться з центральної бази даних або бази даних закладу сфери охорони здоров'я.

При повторному зверненні це може бути як форма опитувального листа вигляду 2.7, або, з врахуванням анамнезу пацієнта, (2.8):

$$SH_{\beta}^p = GI^p \cup SI_{\beta}^p \quad (2.8)$$

В межах дослідження представимо елементи множини лікаря-терапевта (сімейного лікаря),  $I_{s_{k,\beta}}$ , де  $k = 10$ ,  $\beta = 1$ : температура тіла ( $I_{s_{1,1}}$ ); кров'яний тиск ( $I_{s_{2,1}}$ ); скарги ( $I_{s_{3,1}}$ ); симптоми ( $I_{s_{4,1}}$ ); тривалість симптомів ( $I_{s_{5,1}}$ ); зміна симптомів від початку хвороби ( $I_{s_{6,1}}$ ); періодичність проявів (в який час доби і за яких обставин симптоми посилюються) ( $I_{s_{7,1}}$ ); прийом ліків ( $I_{s_{8,1}}$ ); потреба у лікарняному ( $I_{s_{9,1}}$ ); потреба у ліках ( $I_{s_{10,1}}$ ).

Для пацієнтів з цукровим діабетом при оцінці поточного стану будуть додані наступні параметри  $I_{s_{k,\beta}}^p$ , де  $k = 17$ ,  $\beta = 1$ ,  $p = 138$ : значення рівня глюкози в крові ( $I_{s_{11,1}}^{138}$ ); загострення/поява вторинних захворювань, пов'язаних з діабетом ( $I_{s_{12,1}}^{138}$ ); паління ( $I_{s_{13,1}}^{138}$ ); вживання алкоголю ( $I_{s_{14,1}}^{138}$ ); зміна ваги ( $I_{s_{15,1}}^{138}$ );

поточна вага ( $I_{S_{16,1}}^{138}$ ); поточний прийом препаратів для зниження рівня цукру у крові ( $I_{S_{17,1}}^{138}$ ).

Кожен  $p$ -й пацієнт може мати множину заповнених опитувальних листів  $SH_{\beta}^{pz}$ , що можна представити у вигляді (2.9):

$$SH_{\beta}^{pz} = GI^p \cup (SI_{\beta}^{pz} \cap SI_{\beta}), \quad (2.9)$$

Реалізація опитувальних листів здійснюється у вигляді програмного додатку, що дозволяє віддалено проводити моніторинг поточного стану пацієнта. Формування множини  $SI$  параметрів для оцінки стану пацієнта лікарем певної спеціалізації відбувається із залученням працівників сфери охорони здоров'я та на підставі аналізу існуючих опитувальних листів, включаючи закордонний досвід. Приклади деяких опитувальних листів, що бралися до уваги та були проаналізовані, представлені у додатку Д.

Таким чином реалізується удосконалення електронного документообігу закладів сфери охорони здоров'я шляхом уніфікації документів, збільшується інформованість лікаря про стан пацієнта для прийняття відповідних рішень, створюються набори дані для процедур інтелектуального аналізу та прогнозування. Такий підхід дозволить планувати прийом хворих в залежності від симптомів, що в свою чергу допоможе розмежовувати по часу інфекційних хворих та пацієнтів з хронічними захворюваннями або скаргами неінфекційного характеру. Це, в свою чергу, допоможе запобігти розповсюдженню інфекційних захворювань. В залежності від аналізу вхідної інформації, лікар може визначити необхідність особистого прийому, надання консультаційної допомоги/моніторингу засобами інформаційно-комунікаційних технологій, необхідність додаткового моніторингу та формування відповідних напрямлень. Використання такого підходу збільшить навантаження на лікарів щодо

індивідуальної роботи з медичною інформаційною системою, однак дозволить оперативно реагувати на скарги пацієнта, планувати прийом хворих, проводити моніторинг/ моніторингу стану пацієнтів, що перебувають на обліку. В загальному випадку такий підхід зменшить час безпосереднього прийому пацієнтів за рахунок інформованості лікаря про стан пацієнта.

## **2.2. Модель модулю збирання первинної інформації засобами віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями**

Аналіз модулю збирання інформації МІС виявив, що первинні дані в такого роду системи потрапляють за рахунок роботи операторів колл-центрів у приватних закладах охорони здоров'я, працівників реєстратури, лікарів та медичних сестер (медбратів), які працюють безпосередньо з лікарями. Широкого використання набувають засоби телемедицини, однак внесення даних про стан пацієнта в МІС відбувається лікарем або іншим працівником медичного закладу, що проводить телекоконсультацію.

Передбачається інтегрування потоку вхідних параметрів про фізичний стан пацієнта із сучасних IoT-приладів (edge devices) оцінки функціонального стану здоров'я (пульсометрів, тонометрів, глюкометрів, визначення частоти дихання (спірометрів), вимірювання температури тіла тощо). Також прогнозується можливість отримання даних від програмних додатків, які можуть бути підключені до МІС. Побудова інтеграційного модулю залежить від функціоналу продуктів та характеристик IoT (edge devices). В даному дослідженні не приділяється належної уваги побудові даного інтеграційного модулю і цей напрямок є перспективним напрямком подальших досліджень. Запропоновані лише концептуальні положення.

Таким чином модуль збирання первинної інформації про поточний стан пацієнта та модуль аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань пацієнтів з цукровим діабетом та його зв'язок (інтегрування) з МІС можна представити у наступному узагальненому вигляді, рис. 2.3.

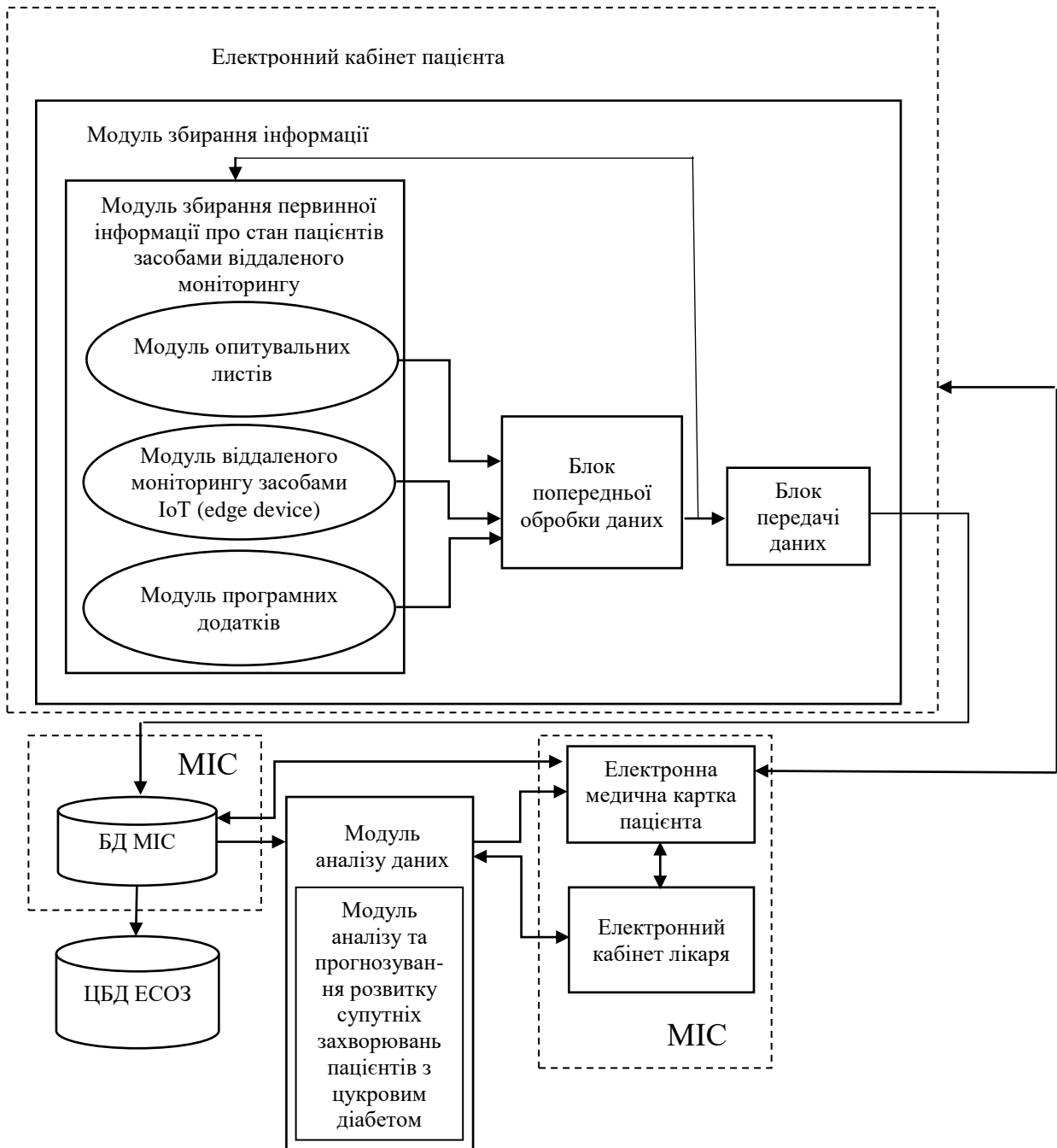


Рис. 2.3. Узагальнена модель системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями

Модуль збирання первинної інформації про стан пацієнтів засобами віддаленого моніторингу ( $S_1$ ) призначений для отримання інформації про поточний стан пацієнтів шляхом заповнення опитувальних листів ( $S_{1_1}$ ) та від IoT(edge devices) пристроїв ( $S_{1_2}$ ) та програмних додатків ( $S_{1_3}$ ), що можуть бути інтегровані в МІС. Блок попередньої обробки даних ( $S_2$ ) призначений для перевірки правильності заповнення опитувальних листів та коректності даних, що отримані із IoT-засобів (edge devices). При виявленні визначених похибок або неточностей при заповненні опитувальних листів, пацієнту надсилається відповідне інформаційне повідомлення  $E^{pz}$  з проханням привести у відповідність введення певних показників та відкривається опитувальний лист для коригування ( $SH'_\beta{}^{pz}$ ). При використанні IoT пристроїв (edge devices) віддаленого моніторингу системою може генеруватися додатковий запит за отримання інформації. У разі відсутності даних – генерування «тривожного» повідомлення лікарю.

Після перевірки, дані потрапляють в блок передачі даних ( $S_3$ ), який направляє їх в БД МІС ( $S_4$ ). У разі підключення до e-Health відбувається реплікація даних в центральну базу даних ЕСОЗ ( $S_5$ ). Далі введені дані піддаються аналізу та порівнюються з попередніми для виявлення динаміки зміни показників та відображення у електронній медичній картці пацієнта ( $S_6$ ).

Електронна медична картка пацієнта ( $S_7$ ) містить всі медичні записи, що містяться в БД МІС закладу охорони здоров'я, а при підключенні до e-Health – всі дані, що є в ЦБД ЕСОЗ. Лікар може побачити дані пацієнта в його електронній медичній картці через свій електронний кабінет ( $S_8$ ), а також згенерувати опитувальний лист для пацієнта. Згенерований опитувальний лист буде відображатися в електронному кабінеті пацієнта ( $S_9$ ) та генерувати інформаційне повідомлення на зареєстрований телефонний номер чи електронну пошту.

Враховуючи поточний стан інформатизації процесів життєдіяльності суспільства та цифровізації сфери охорони здоров'я пропонуються наступні вхідні потоки первинних даних в МІС:

1. Інформаційний потік даних про пацієнта:

- дані про стан пацієнта, що внесені шляхом заповнення опитувальних листів ( $I_{S_{k,\beta}}^p$ );
- дані з сучасних IoT-приладів (edg device) віддаленого моніторингу стану пацієнтів ( $I_{IoT_j}^p$ ),  $p$  – ідентифікатор пацієнта,  $p = \overline{1, b}$ ,  $j$  – ідентифікаційний номер приладу IoT,  $j = \overline{1, c}$ .
- дані з програмних додатків, що використовуються для віддаленого моніторингу стану пацієнтів  $I_{sa_\mu}^p$ , де  $p$  – ідентифікатор пацієнта,  $p = \overline{1, b}$ ,  $\mu$  – ідентифікаційний номер додатку, що зареєстрований у МІС  $\mu = \overline{1, \omega}$ .

При передачі в систему для інформування лікаря, до даних буде додаватися блок загальної інформації про пацієнта. Таким чином множина даних про пацієнта буде мати вигляд, (2.10, 2.11):

$$D_{IoT_j}^p = GI^p \cup I_{IoT_j}^p \quad (2.10)$$

$$D_{sa_\mu}^p = GI^p \cup I_{sa_\mu}^p \quad (2.11)$$

Інформаційні потоки даних представимо в таблиці 2.1. Блок аналізу даних призначений для аналізу показників параметрів оцінки стану пацієнтів. Передбачається виявлення відхилень від норми на виділення даних показників, а також можливе додавання інтелектуальних алгоритмів аналізу для прогнозування попереднього діагнозу та розвитку супутніх захворювань, а також використання бази знань для роботи даного блоку.

Модель інформаційних потоків для процесів віддаленого моніторингу стану пацієнтів представлена на рис. 2.4.

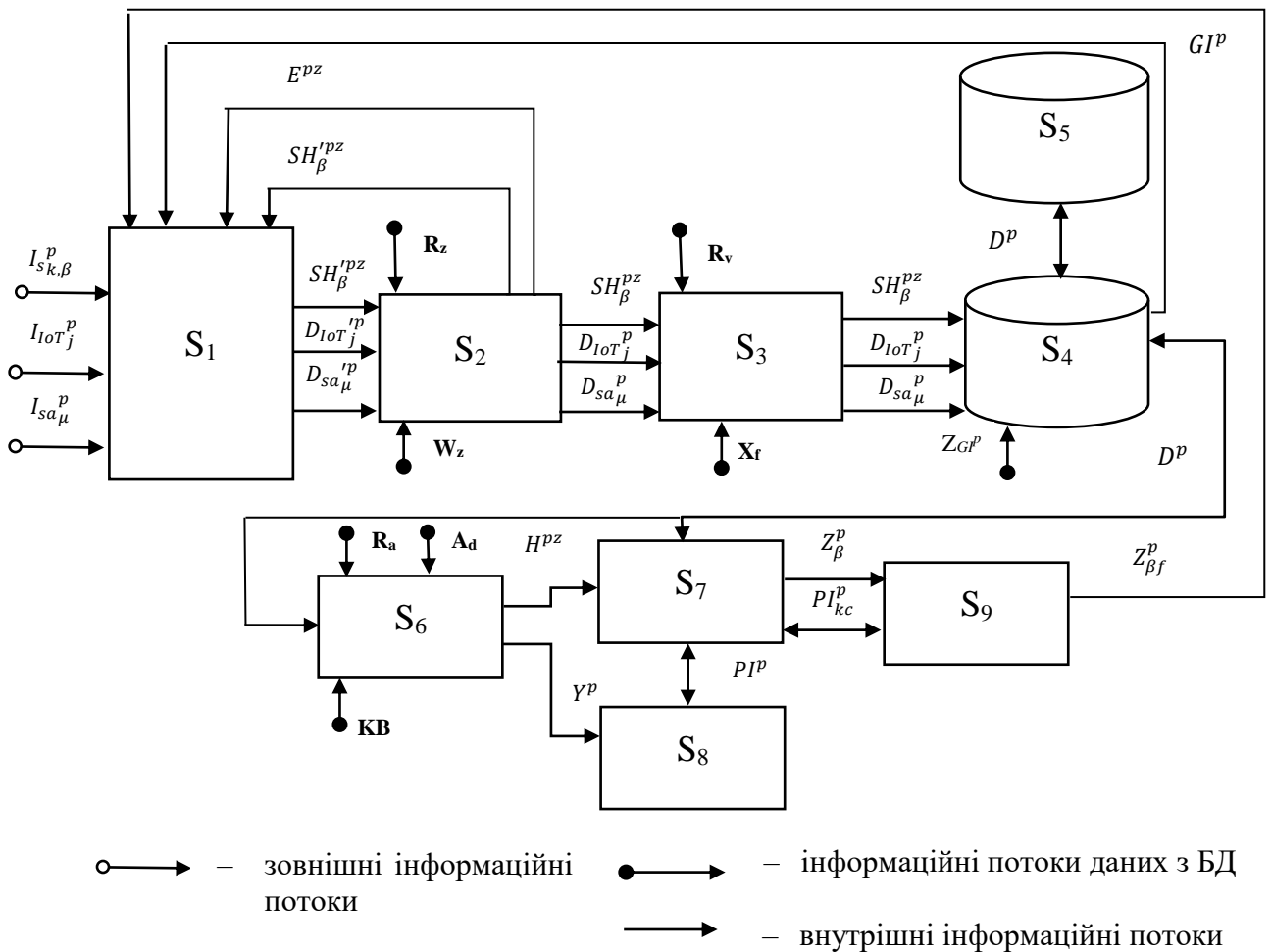


Рис. 2.4. Модель інформаційних потоків для процесів віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями

Таблиця 2.1.

### Інформаційні потоки даних

Представлення	Опис
1	2
$I_{sk,\beta}^p$	дані – елементи множини спеціальної інформаційної складової для $\beta$ -ої спеціалізації лікаря, що внесені безпосередньо $p$ -им пацієнтом про свій стан за $k$ -ою кількістю параметрів
$I_{IoT_j}^p$	інформаційний потік даних (показники) з $j$ -го пристрою IoT (edge devices) $p$ -го пацієнта віддаленого моніторингу стану пацієнтів
$I_{sa_\mu}^p$	інформаційний потік даних (показники) з $\mu$ -го програмного додатку $p$ -го пацієнта віддаленого моніторингу стану пацієнтів



Продовження таблиці 2.1

1	2
$SH_{\beta}^{\prime pz}$	заповнений опитувальний лист для $\beta$ -ої спеціалізації лікаря, що внесені про $p$ -им пацієнтом
$D_{IoT_j}^{\prime p}$	дані з $j$ -го пристрою IoT (edge devices) $p$ -го пацієнта
$D_{sa_{\mu}}^{\prime p}$	дані з $\mu$ -го програмного додатку $p$ -го пацієнта
$D^p$	дані $p$ -го пацієнта
$R_z$	Правила заповнення
$W_z$	Шаблони заповнення
$E^{pz}$	Інформаційне повідомлення про неправильність заповнення опитувального листа або некоректність отриманих даних $p$ -ого пацієнта
$GI^p$	Блок загальної інформації $p$ -ого пацієнта
$SH_{\beta}^{pz}$	коректно заповнений опитувальний лист для $\beta$ -ої спеціалізації лікаря $p$ -го пацієнта
$D_{IoT_j}^p$	коректні дані з $j$ -го пристрою IoT (edge devices) $p$ -го пацієнта
$D_{sa_{\mu}}^p$	коректні дані з $\mu$ -го програмного додатку $p$ -го пацієнта
$R_v$	правила вибору каналу
$X_f$	наявні комунікації (канали зв'язку)
$R_a$	правила обробки даних
$A_d$	алгоритми аналізу даних
$KB$	База знань
$H^{pz}$	множина даних від $p$ -го пацієнта та результати попереднього аналізу
$Y^p$	інформаційний вектор повідомлення про надходження даних від $p$ -го пацієнта.
$PI^p$	інформаційний потік даних для обміну інформацією з медичною електронною картою та електронним кабінетом лікаря
$PI_{kc}^p$	інформаційний потік даних для обміну інформацією з медичною електронною картою та електронним кабінетом пацієнта
$Z_{\beta}^p$	Запит на формування опитувального листа за $k$ -ою кількістю параметрів для $p$ -го пацієнта $\beta$ -ої спеціалізації лікаря, інформацій від IoT-пристроїв, направлень,
$Z_{\beta f}^p$	Множина сформованих параметрів для оцінки $p$ -го пацієнта $\beta$ -ої спеціалізації лікаря $f$ -го виду, де $f = \overline{1, u}$ .
$Z_{GI}^p$	Запит на блок загальної інформації $p$ -го пацієнта

Формування правил щодо прийняття рішень та навчання інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень будується за допомогою залучення експертів. В даному дослідженні не приділяється увага побудові СППР, однак створюються передумови для подальших досліджень в даному напрямку.

### 2.3. Метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань пацієнтів з цукровим діабетом

Побудова даного модулю базується на використанні даних центральної бази даних ЕСОЗ та розробленого програмного забезпечення. Програмне забезпечення передбачає використання алгоритмів інтелектуального аналізу даних для визначення взаємозв'язків між хворобами та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнта. Також передбачається використання бази знань для зберігання попередніх результатів навчання, що в свою чергу використовуються системою для прийняття рішень. Структурна модель модулю в загальному представлена на рис.2.5.

Основні функції програмного забезпечення пропонується реалізувати модульним підходом. Таким чином кожен модуль відповідає за певний маршрут системи, або описує задані функціональні вимоги.

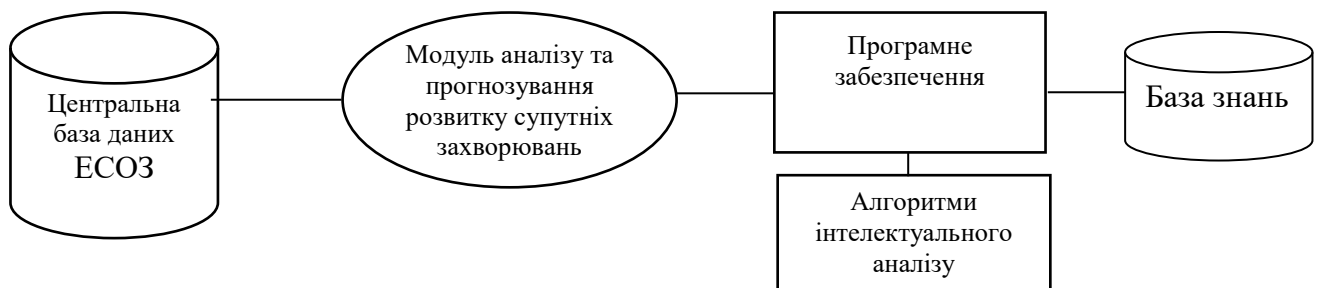


Рис. 2.5. Структурна модель модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань пацієнтів з цукровим діабетом

Метою дослідження є застосування алгоритмів інтелектуального аналізу для опрацювання статистичних даних:

- розробка моделі для наївного баєсівського класифікатора;
- застосування методу опорних векторів;

- проведення розвідувального аналізу;
- вибір найбільш неочікуваних залежностей.

Нажаль поки що медична статистика в Україні не може надати необхідного об'єму статистичної інформації для аналізу. Тому для проведення досліджень одним з джерел може бути американська організація Centers for Disease Control and Prevention – Центри з контролю та профілактики захворювань.

Для аналізу даних було обрано статистичні дані хронічних захворювань в 500 містах США, що були зібрані організацією CDC [90]. Ці дані самі по собі унікальні, тому що вони охоплюють 103 млн. осіб у віці від 18 років та мають в своєму складі 27210 тисяч записів статистичної звітності по різних територіям, населення яких складає від 50 чоловік до 26980 чоловік. Також, серед даних є код штату, округу, міста, географічні координати, що дозволяє в подальшому розширити аналіз.

Показники поділяються на три основні групи:

1. Нездоровий спосіб життя (5 показників).
2. Хронічні захворювання (13 показників).
3. Охоплення населення превентивними методами (9 показників).

Усі показники представлені у вигляді відсотка населення та діапазону похибки. CDC як державна організація має достатньо ресурсів для забезпечення збору статистичної інформації та подальшої її обробки. Статистичні дані по хронічними захворюванням є нормалізованою базою даних, та містять інформацію, отриману з перевірених джерел.

Наївний баєсів класифікатор відноситься до сімейства імовірнісних класифікаторів, що використовують теорію Баєса. Незважаючи на свою простоту, наївний баєсівський класифікатор залишається одним з найпопулярніших методів вирішення проблеми категоризації тексту, проблеми

визначення документів що належать до тієї чи іншої категорії.

Метою наївного баєсівського класифікатора є розрахунок умовної ймовірності за формулою (2.12) [91]:

$$p(C_k | x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.12)$$

для кожного з  $k$  можливих результатів або класів  $C_k$ .

Нехай  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Використовуючи теорему Баєса можна отримати формулу вигляду (2.13):

$$p(C_k | x) = \frac{p(C_k)p(x | C_k)}{p(x)} \propto p(C_k)p(x | C_k) = p(C_k, x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2.13)$$

Спільна ймовірність може бути записана у вигляді (2.14):

$$\begin{aligned} & p(C_k | x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &= p(x_1 | x_2, \dots, x_n, C_k) \cdot p(x_2, \dots, x_n, C_k) \\ &= p(x_1 | x_2, \dots, x_n, C_k) \cdot p(x_2 | x_3, \dots, x_n, C_k) \cdot p(x_3, \dots, x_n, C_k), \\ &= p(x_1 | x_2, \dots, x_n, C_k) \cdot p(x_2 | x_3, \dots, x_n, C_k) \cdot p(x_n | C_k) \cdot C_k \end{aligned} \quad (2.14)$$

Припустимо, що всі функції  $x$  взаємно незалежні, тоді можна отримати формулу (2.15):

$$p(x_1 | x_2, \dots, x_n, C_k) = p(x_1 | C_k), \quad (2.15)$$

Отже, формула може бути записана у вигляді (2.16):

$$\begin{aligned} & p(C_k | x_1, x_2, \dots, x_n) \\ & \propto p(C_k, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &= p(x_1 | C_k) \cdot p(x_2 | C_k) \dots p(x_n | C_k) \cdot p(C_k), \\ &= p(C_k) \prod_{i=1}^n p(x_i | C_k) \end{aligned} \quad (2.16)$$

Таким чином, це остаточна формула для наївного баєсівського класифікатора. Тренування та тестування пропонуємо провести на мові програмування Python.

Модель тренування представлена мовою програмування Python має вигляд:

```
def train_dataset_for_column(column_to_predict):
    column_to_predict = column_to_predict
    train, test = train_test_split(data_only_crude_prev, test_size=0.2)
    best_chooser = BestSelectionTrainAlgorithm(lambda: linear_model.LinearRegression())

    best_chooser.max_best_indicators_count = 5
    best_chooser.low_score_for_best = 0.7
    best_chooser.max_combine = 2
    best_chooser.y_column_preparer = lambda data_frame: data_frame.astype(int)
    best_indicators = best_chooser.best_indicators_from(train, test, column_to_predict)

    descr = 'Best indicator for ' + column_to_predict + '\n'
    for train_result in best_indicators:
        train_result.columns_by_predict, accuracy = 2.0)
        descr = descr + ' '.join(train_result.columns_by_predict) + ' ' + column_to_predict + ': ' + str(train_result.score) + '\n'
        descr = descr + str(train_result.model.intercept_) + '\n'
        descr = descr + "\n\n"
    print(descr)
```

Модель тестування представлена мовою програмування Python має вигляд:

```
def test_prediction_accuracy(model, test, column_to_predict, column_by_predict, accuracy=0.0):
    count_of_test_rows = len(test)
    count_of_close_predicted = 0
    test_by = test[column_by_predict].values
    test_to = test[column_to_predict].values
    predicted_values = model.predict(test_by)
    for i in range(0, count_of_test_rows):
        if isclose(predicted_values[i], test_to[i], abs_tol=accuracy/2):
            count_of_close_predicted = count_of_close_predicted + 1
    return count_of_close_predicted/count_of_test_rows

if __name__ == '__main__':
    mp.freeze_support()
    columns = data_only_crude_prev.columns.values
    p = mp.Pool(3)
    results = p.map(train_dataset_for_column, columns)
```

Метод опорних векторів забезпечує значну точність при меншій обчислювальній потужності і може використовуватися як для завдань регресії, так і для завдань класифікації. Мета алгоритму полягає в тому, щоб знайти гіперплощину в  $N$ -вимірному просторі ( $N$  - число ознак), яка чітко класифікує точки даних, рис.2.6.

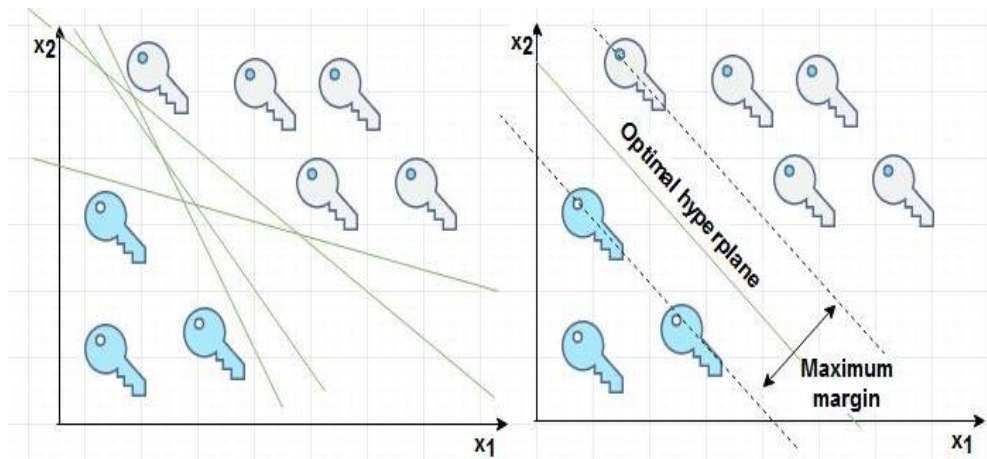


Рис. 2.6. Можливі гіперплощини

Щоб розділити два класи точок даних, існує багато можливих гіперплощин, які можна обрати. Метою алгоритму є знаходження площини, яка має максимальний запас, тобто максимальну відстань між точками даних обох класів. Максимізація відстані запасу забезпечує деяке підкріплення, так що майбутні точки даних можуть бути класифіковані з більшою впевненістю.

Точки даних, які падають з обох боків від гіперплощини, можна віднести до різних класів. Крім того, розмірність гіперплощини залежить від кількості ознак. Якщо кількість вхідних об'єктів дорівнює 2, то гіперплощина – це просто лінія. Якщо кількість вхідних об'єктів дорівнює 3, то гіперплощина стає двовимірною площиною. Стає важко уявити, коли кількість функцій перевищує 3 [93, 94].

Завдання алгоритму – максимізувати різницю між точками даних і гіперплощиною. Функція втрат, яка допомагає максимізувати маржу - це шарнірна втрата. Функція вартості і поновлення градієнта, (2.17).

$$c(x, y, f(x)) = \begin{cases} 0, & \text{if } y * f(x) \geq 1 \\ 1 - y * f(x), & \text{else} \end{cases}, \quad (2.17)$$

Вартість дорівнює 0, якщо прогнозоване значення і фактичне значення мають однаковий знак. Якщо дана умова не виконується – необхідно розрахувати величину збитку. Також додаємо параметр регуляризації функції вартості. Завдання параметра регуляризації – збалансувати максимізацію маржі і втрати. Після додавання параметра регуляризації функції вартості виглядають наступним чином, (2.18):

$$\min_w \lambda \|w\|^2 + \sum_{i=1}^n (1 - y_i \langle x_i, w \rangle)_+, \quad (2.18)$$

Коли відома функція втрат, можна взяти приватні похідні по вагах, щоб знайти градієнти. Використовуючи градієнти можна оновити ваги, (2.19), (2.20):

$$\frac{\delta}{\delta w_k} \lambda \|w\|^2 = 2\lambda w_k, \quad (2.19)$$

$$\frac{\delta}{\delta w_k} (1 - y_i \langle x_i, w \rangle)_+ = \begin{cases} 0, & \text{if } y_i \langle x_i, w \rangle \geq 1 \\ -y_i x_{ik}, & \text{else} \end{cases}, \quad (2.20)$$

Коли модель робить помилку в прогнозі класу точки даних, необхідно включити втрату разом з параметром регуляризації, для оновлення градієнта, (2.21):

$$\omega = \omega + a \cdot (y_i \cdot x_i - 2\lambda \omega), \quad (2.21)$$

Коли модель правильно передбачає клас точки даних, потрібно тільки оновити градієнт з параметром регуляризації, (2.22):

$$\omega = \omega - a \cdot (2\lambda \omega) \quad (2.22)$$

Для реалізації методу опорних векторів було розроблено клас `BestSelectionTrainAlgorithm`. Для відбору показників, які помітно корелюють між собою даний клас має наступні поля:

1. `max_best_indicators_count` – максимальна кількість індикаторів, що буде вибрана.
2. `low_score_for_best` – мінімальна оцінка точності роботи моделі (використовується для того, щоб показники на основі якої навчалася модель, вважалися найкращими).
3. `max_combine` – кількість елементів в масиві на основі якого відбувається прогнозування (слід зауважити на тому, що при завданні цьому показнику великого значення, може виникнути потреба в довготривалій роботі алгоритму).
4. `y_column_preparer` – метод, який використовується при підготовці тестових даних (наприклад, алгоритм баєса не може прогнозувати недискретні значення (наприклад `float`), тому в цьому методі можна значення `Float` конвертувати в `Int`).

Модель для навчання реалізує наступні методи:

1. `def fit(self, X, y)` – метод для тренування моделі, де **X** – масив значень на основі яких відбувається тренування, `y` – очікуване значення.
2. `def score(self, X, y, sample_weight=None)` – метод для оцінки якості прогнозування моделі, де **X** – масив значень на основі яких відбувається тестування, `y` – очікуване значення.

Модель побудована з використанням методу опорних векторів залежить тільки від підмножини даних для навчання, і, в деяких випадках, дає кращий результат регресійного аналізу.

Розвідувальний аналіз. Для дослідження взаємозв'язку між даними застосовуємо коефіцієнт кореляції Пірсона (таблиця 2.2), значення якого



інтерпретуються виходячи з абсолютних значень. Можливі значення варіюють від 0 до  $\pm 1$ . Для оцінки сили зв'язку зазвичай використовують таблицю Чеддока, згідно з якою абсолютні значення менше 0,3 свідчать про слабкий зв'язок, від 0,3 до 0,5 – помірний, від 0,5 до 0,7 – помітний, 0,7 - 0,9 – високий, значення більше 0,9 – дуже високий зв'язок [95].

В таблиці 2.2 представлена деякі показники кореляції обраного об'єкта дослідження DIABETES.

Таблиця 2.2.

## Коефіцієнти кореляції

Назва	Позначення	Цукровий діабет/ DIABETES_Crud ePrev
1	2	3
Модельна оцінка поширеності поточної відсутності медичного страхування серед дорослих у віці 18-64 років	ACCESS2_CrudePrev	0.614854
Модельна оцінка поширеності високого кров'яного тиску серед дорослих у віці 18 років	BPHIGH_CrudePrev	0.846432
Модельна оцінка поширеності прийому ліків для контролю високого кров'яного тиску серед дорослих старше 18 років	BPMED_AdjPrev	0.560538
Модельна оцінка поширеності астми серед дорослих у віці від 18 років	CASTHMA_CrudePrev	0.357883
Модельна оцінка поширеності артриту серед дорослих старше 18 років	ARTHRITIS_AdjPrev	0.478496
Модельна оцінка поширеності прийому ліків для контролю високого кров'яного тиску серед дорослих у віці від 18 років з високим кров'яним тиском	BPMED_CrudePrev	0.572423
Модельна оцінка поширеності раку (за винятком раку шкіри) серед дорослих у віці від 18 років	CANCER_CrudePrev	0.052244
Модельна оцінка поширеності ішемічної хвороби серця серед дорослих у віці від 18 років	CHD_CrudePrev	0.780102
Модельна оцінка поширеності відвідувань лікаря для планового обстеження протягом минулого року серед дорослих у віці старше 18 років	CHECKUP_CrudePrev	0.514177

## Продовження таблиці 2.2

1	2	3
Модельна оцінка поширеності тесту рівня холестерину серед дорослих у віці від 18 років	CHOLSCREEN_CrudePrev	0.100295
Модельна оцінка поширеності овального аналізу крові, сигмоїдоскопії або колоноскопії серед дорослих у віці 50–75 років	COLON_SCREEN_CrudePrev	-0.640006
Модельна оцінка поширеності хронічної обструктивної легеневої хвороби серед дорослих у віці від 18 років	COPD_CrudePrev	0.696707
Модельна оцінка поширеності куріння серед дорослих у віці від 18 років	CSMOKING_CrudePrev	0.639347
Модельна оцінка поширеності хронічної хвороби нирок серед дорослих у віці від 18 років	KIDNEY_CrudePrev	0.900171
Модельна оцінка поширеності відсутності фізичної активності у дозвілля серед дорослих у віці від 18 років	LPA_CrudePrev	0.832808
Модельна оцінка поширеності ожиріння серед дорослих у віці від 18 років	OBESITY_CrudePrev	0.729541
Модельна оцінка поширеності сну менше 7 годин серед дорослих у віці від 18 років	SLEEP_CrudePrev	0.716363
Модельна оцінка поширеності інсульту серед дорослих у віці від 18 років	STROKE_CrudePrev	0.862107
Модельна оцінка поширеності втрати всіх зубів серед дорослих у віці від 65 років	TEETHLOST_CrudePrev	0.751177

На рисунку 2.7 представлена матриця кореляційних показників (теплова карта), отримана шляхом використання лінійної регресії та оцінки результатів коефіцієнта детермінації (R-квадрат).

Провівши аналіз показників, були виявлені деякі закономірності, які є логічними. Наприклад, невідвідуваність стоматолога призводить до втрати зубів. Відсутність медичного страхування серед дорослих у віці 18-64 роки (ACCESS2\_CrudePrev) корелює з оцінкою поширеності візитів до стоматолога або стоматологічної клініки серед дорослих у віці від 18 років

(DENTAL\_CrudePrev). Було визначено зв'язок між такими показниками, як оцінка поширеності артриту серед дорослих у віці від 18 років (ARTHRITIS\_CrudePrev) та високим кров'яним тиском серед дорослих у віці від 18 років (BPHIGH\_CrudePrev) – коефіцієнт кореляції 0,75. Отримано кореляцію між такими показниками, як поширеність артриту серед дорослих у віці від 18 років (ARTHRITIS\_CrudePrev) та хронічною обструктивною легеневою хворобою серед дорослих у віці від 18 років (COPD\_CrudePrev) – коефіцієнт кореляції 0,65.

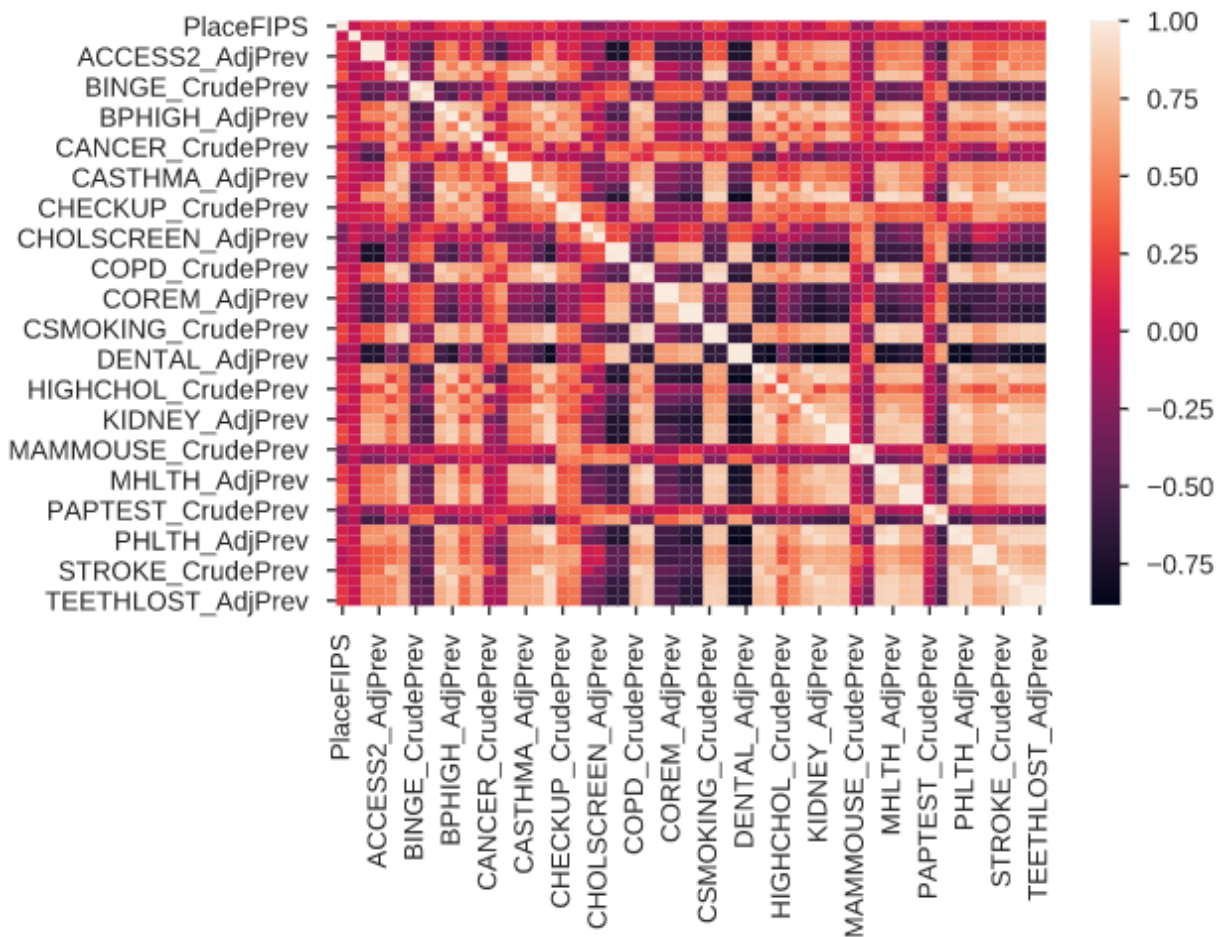


Рис. 2.7. Матриця кореляційних показників

Особлива увага була приділена кореляційним зв'язкам діагностованого цукрового діабету серед дорослих у віці від 18 років (DIABETES) з іншими

захворюваннями. Цукровий діабет – це захворювання, яке входить в групу «лідерів» поряд із серцево-судинними і онкологічними захворюваннями, і, називається «хворобою століття». Якщо раніше вважалося, що цукровий діабет – це захворювання людей похилого віку, то в XXI столітті він «помолодшав» і з кожним роком стає все «молодшим», та росте з геометричною прогресією. Дане захворювання стоїть на третьому місці після онкологічних та серцево-судинних. Люди все більше хворіють, при тому що медицина розвивається з кожним днем. Ця тенденція притаманна не тільки нашій країні, а й більш розвиненим країнам, наприклад в тій же Америці постійно збільшуються серцево-судинні, онкологічні, психічні захворювання та цукровий діабет.

На ранніх стадіях розвитку проекту часто необхідно виконувати Exploratory data analysis, щоб виявити закономірності, які виявляють дані. Візуалізація даних допомагає уявити великі і складні набори даних в простому і наочному вигляді. На рисунку 2.7 можна простежити закономірність між діагностованим цукровим діабетом та високим тиском.

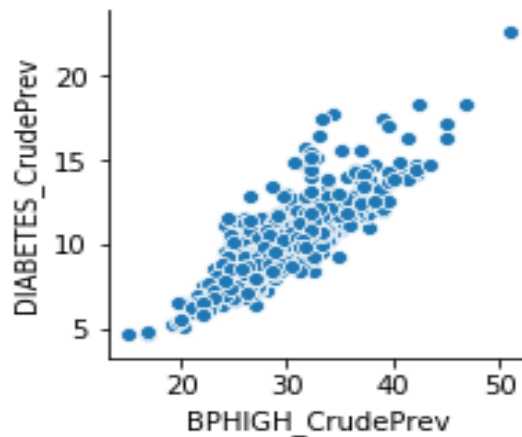


Рис. 2.7. Залежність між цукровим діабетом та високим кров'яним тиском

На рисунку 2.8 представлено залежність між цукровим діабетом та хворобою нирок. Рисунок 2.9 демонструє залежність між цукровим діабетом та інсультом. Залежність між цукровим діабетом та астмою представлено на

рисунок 2.10. На рисунку 2.11 представлено зв'язок між цукровим діабетом та відсутністю фізичною активності.

Довгостроковими ускладненнями від тривалого підвищеного рівню глюкози в крові є розвиток захворювань серця, інсульти та діабетичної ретинопатії. В свою чергу це призводить до пошкодження зору, ниркової недостатності та недостатнього кровообігу у нижніх кінцівках, що може призвести навіть до ампутації. Демонстрацію цієї залежності представлено на рис. 2.8 - 2.10.

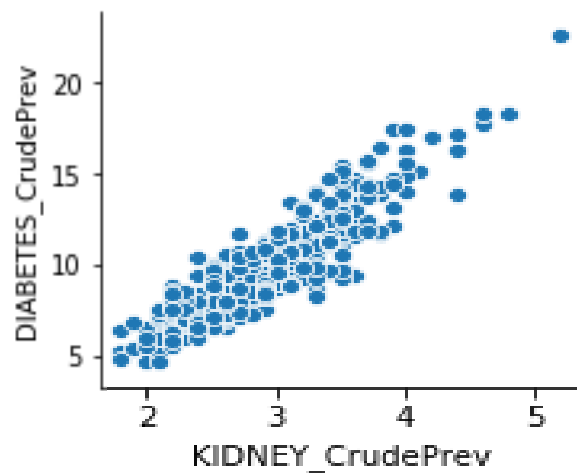


Рис. 2.8 . Залежність між цукровим діабетом та хворобою нирок

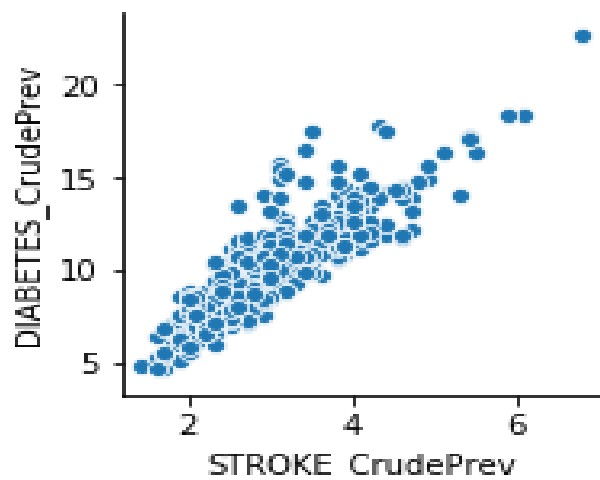


Рис. 2.9. Залежність між цукровим діабетом та інсультом

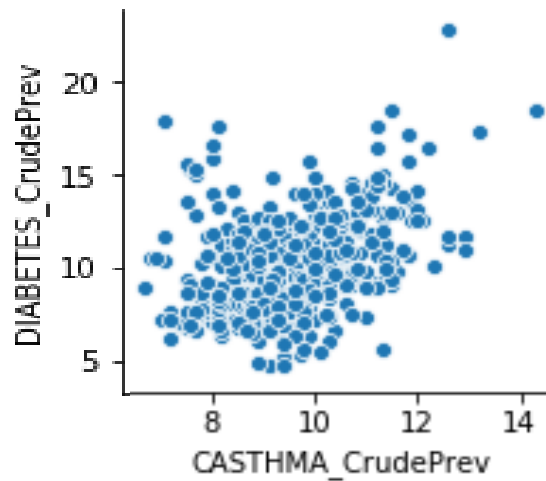


Рис. 2.10. Залежність між цукровим діабетом та астмою

Рисунок 2.11 демонструє залежність між цукровим діабетом та відсутністю фізичної активності. Одним із шляхів зниження цукру в крові є фізична активність.

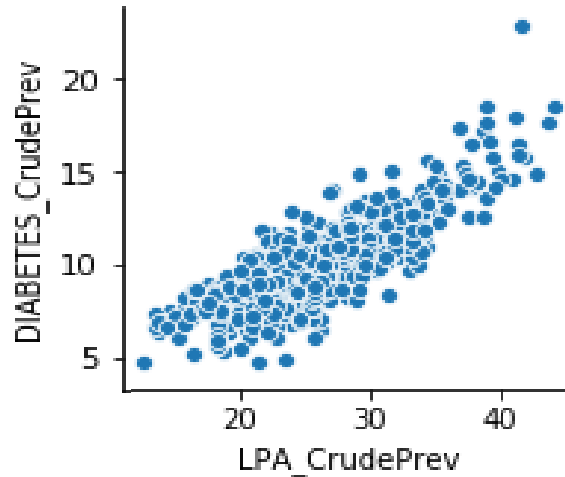


Рис. 2.11. Залежність між цукровим діабетом та відсутністю фізичної активності

Залежність між цукровим діабетом та артритом представлено на рисунку 2.12. Враховуючи специфіку даного захворювання, ми бачимо наскільки ця залежність велика.

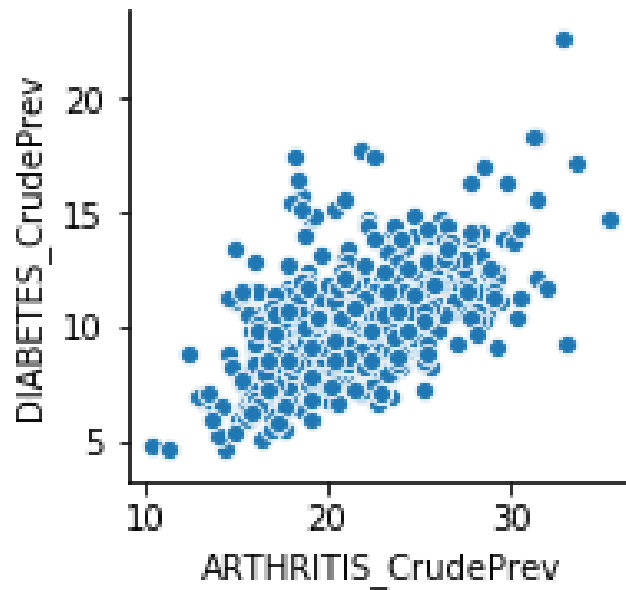


Рис. 2.12. Залежність між цукровим діабетом та артритом

Залежність між цукровим діабетом та ішемічною хворобою серця продемонстровано на рис. 2.13.

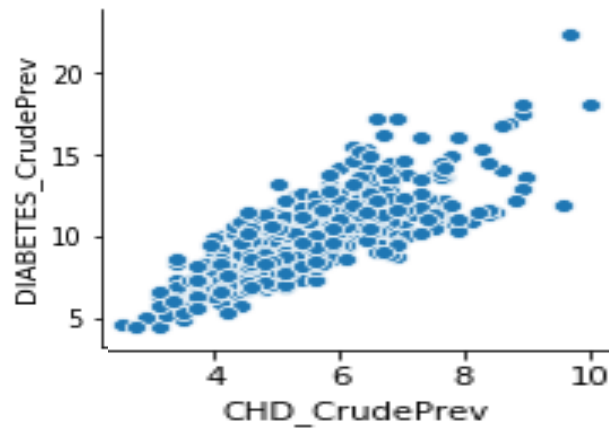


Рис. 2.13. Залежність між цукровим діабетом та ішемічною хворобою серця

На рисунку 2.14 наведено залежність між цукровим діабетом та високим холестерину серед дорослих старше 18 років, які пройшли обстеження протягом останніх 5 років.

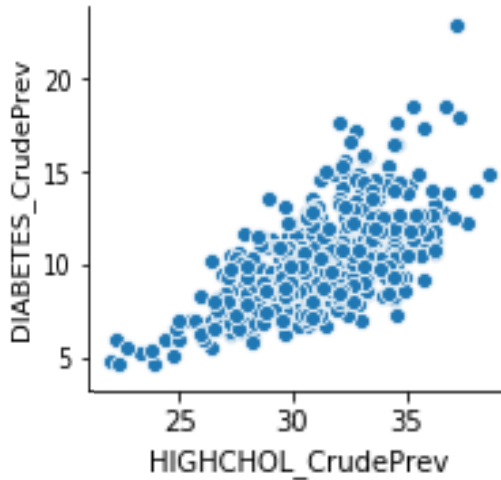


Рис.2.14. Залежність між цукровим діабетом та високим холестерином

Всі знають, що ожиріння негативно впливає на стан здоров'я. Сьогодні багато досліджень направлені на подолання ожиріння та оздоровлення нації багатьох держав. Програми по схудненню, контроль за вживанням калорій, перехід на здорове харчування займають особливе місце у сучасному суспільстві. Особливо велика увага приділяється протидії розвитку діабету другого типу, який як раз і провокується за рахунок неправильного харчування та малорухливого способу життя, що призводить до ожиріння. На рисунку 2.15 представлено залежність діагностовано цукрового діабету та ожиріння.

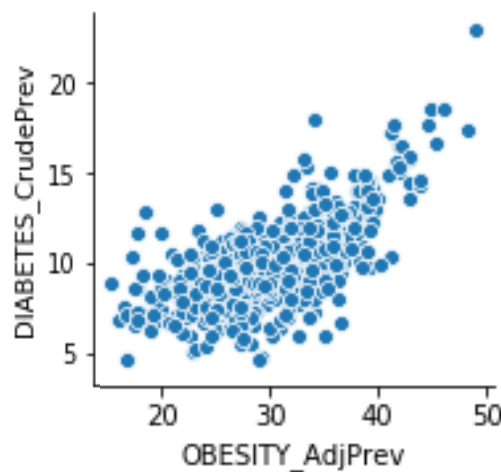


Рис. 2.15. Залежність між цукровим діабетом та ожирінням



Наступною досліджуємо залежність між діагностованим цукровим діабетом та втратою зубів. Дану залежність представлено на рис. 2.16.

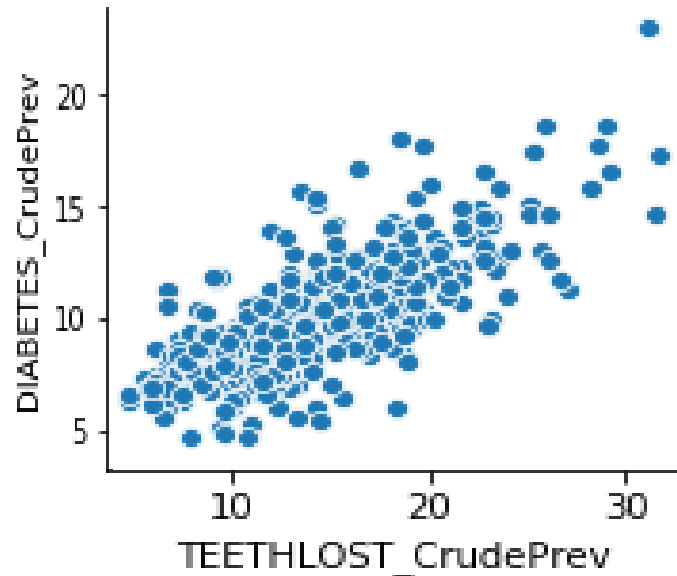


Рис. 2.16. Залежність між цукровим діабетом та втратою зубів

Проводимо групування та представляємо результати у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

Зв'язок діагностованого цукрового діабету серед дорослих з іншими захворюваннями

Коефіцієнт детермінації	Опис	Назва поля
1	2	3
0,3-0,5	Модельна оцінка поширеності астми серед дорослих у віці від 18 років	CASTHMA_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності артриту серед дорослих у віці від 18 років	ARTHRITIS_CrudePrev
0,5- 0,7	Модельна оцінка поширеності прийому ліків для контролю високого кров'яного тиску серед дорослих у віці від 18 років з високим кров'яним тиском	BPMED_CrudePrev

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
	Модельна оцінка поширеності поточної відсутності медичного страхування серед дорослих у віці 18-64 років	ACCESS2_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності хронічної обструктивної легеневої хвороби серед дорослих у віці від 18 років	COPD_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності сну менше 7 годин серед дорослих у віці від 18 років	SLEEP_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності куріння серед дорослих у віці від 18 років	CSMOKING_CrudePrev
0,7- 0,9	Модельна оцінка поширеності високого кров'яного тиску серед дорослих у віці 18 років	BPHIGH_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності хронічної хвороби нирок серед дорослих у віці від 18 років	KIDNEY_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності інсульту серед дорослих у віці від 18 років	STROKE_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності ішемічної хвороби серця серед дорослих у віці від 18 років	CHD_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності відсутності фізичної активності у дозвілля серед дорослих у віці від 18 років	LPA_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності ожиріння серед дорослих у віці від 18 років	OBESITY_CrudePrev
	Модельна оцінка поширеності втрати всіх зубів серед дорослих у віці від 65 років	TEETHLOST_CrudePrev

Щільність розподілу між цукровим діабетом та астмою серед дорослих у віці від 18 років представлена на рис.2.18. Проведемо дослідження щодо встановлення зв'язку між цукровим діабетом та поширеністю інсульту серед дорослих у віці від 18 років. Результати представлені на рис. 2.19. Щільності демонструють наявності залежності між показанками, що підтверджує попередні дослідження.

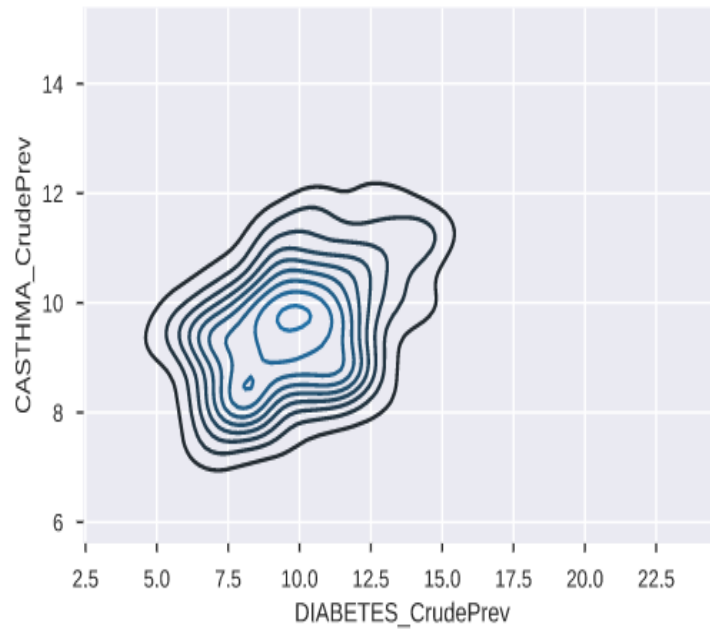


Рис. 2.18. Щільність розподілу між цукровим діабетом та астмою

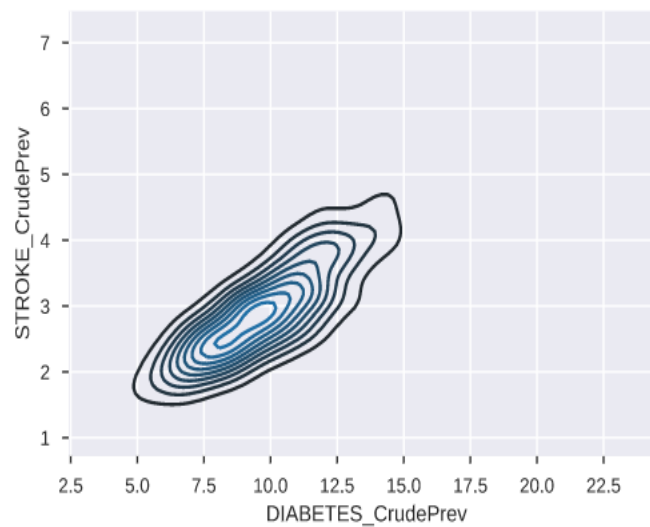


Рис. 2.19. Щільність розподілу зв'язку між цукровим діабетом та поширеністю інсульту

Наступними параметрами буде дослідження щільності між цукровим діабетом та поширеністю високого кров'яного тиску серед дорослих у віці 18 років. Результати представлені на рис. 2.20.

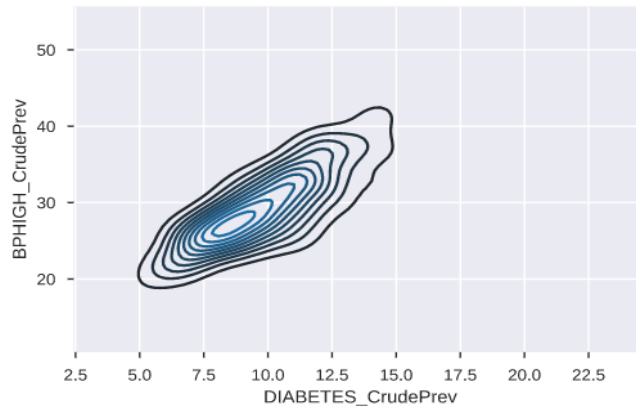


Рис. 2.20. Щільність розподілу зв'язку між цукровим діабетом та високим кров'яним тиском

Тестування моделі на основі статистичних даних. Для вирішення завдань машинного навчання була використана бібліотека Scikit [96], яка надає широкий вибір алгоритмів для навчання з вчителем та без. Розроблений метод на вхід отримує модель, тестові дані, назву колонки для прогнозування, назви колонок на основі яких відбувається прогнозування, бажана точність прогнозування (в абсолютних величинах), метод для підготовки тестових даних.

Також для тестування використовувався метод найменших квадратів [97], який визначений як  $1 - \frac{u}{v}$ , де  $u$  це сума квадратів похибок прогнозування

$\sum_{i=0}^n (y_i_{\text{актуальне}} - y_i_{\text{запрогнозоване}})^2$ , а  $v$  це загальна сума квадратів різниць між середнім значенням залежної змінної та точним значенням  $\sum_{i=0}^n (y_i - y_{i_{\text{середнє}}})^2$ .

В результаті було розроблено універсальний метод для оцінки якості прогнозування. Додатково при оцінці якості прогнозування дозволялося відхилення  $\pm 1\%$ . В результаті проведених досліджень визначено, що різні методи інтелектуального аналізу даних з достатньою точністю прогнозують розповсюдженість хронічних захворювань.

Знання, що добуваються методами Data mining, прийнято представляти у вигляді закономірностей. Серед таких виступають: асоціативні правила, дерева рішень, кластери, алгоритми машинного навчання, тощо.

Одним з алгоритмів машинного навчання для класифікації та прогнозування є наївний Баєсів класифікатор. Слід зауважити, що алгоритм Баєса найчастіше використовується для класифікації, але в нашому випадку він буде використовуватися для прогнозування можливого значення індикатора в залежності від іншого індикатора. Показники в тестових даних представлені у відсотках від 0 до 100%. Кожен інтервал відсотків буде представляти окремий клас. Наприклад якщо прогнозований показник розбити на 25 класів, то виходить що значення в діапазонах [0%, 4%), [4%, 8%), [8%, 12%), ... [92%, 96%), [96%, 100%] будуть представляти окремі класи. Розрахувати діапазон відсотків можна шляхом ділення числа 100 на кількість класів (наприклад  $100\%/25$  класів = 4% довжини діапазону на один клас). У випадку, коли треба точність прогнозування в 1%, можна проводити класифікацію даних для 100 класів ( $100\%/100$  класів = 1% довжини діапазону на один клас). Таким чином буде створена модель, котра буде прогнозувати значення одного показника в залежності від іншого (інших).

Недоліком описаного вище підходу може бути випадок, коли дані розташовані в невеликому діапазоні. Наприклад коли є 25 класів та 80% деяких показників розташовано в невеликому діапазоні, наприклад в [48%, 52%] та [52%, 56%], то підхід може повертати в деяких випадках точний прогноз, але відносна точність буде недостатньою.

Для дослідження даних використовувалися наступні бібліотеки pandas, scikit, numpy, matplotlib. Найпростішими методами аналізу даних є візуалізація та лінійна регресія. Слід зауважити, що основні дані зберігаються в стовпчиках з назвою «\*CrudePrev», де \* - будь які символи. Також серед даних наявні

комірки з незаповненими значенням. Для зручності роботи ці комірки були заповнені нулями. Сирцевий код для імпорту даних для навчання представлено нижче.

```
import pandas as pd
data = pd.read_csv("../data.csv")
# print('headers: ', data.columns.values)
def data_only_crude():
    data_only_crude_prev = data.loc[:, data.columns.str.contains('CrudePrev')]
    return data_only_crude_prev.fillna(0)
data_only_crude_prev = data_only_crude()
```

Візуальний аналіз на всій вибірці проводити було складно, тому що наявно 28 стовпців даних і при попарному порівнянні виходить 784 діаграми, в кожні з яких по 27210 точок. Інтерпретація показників представлена у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

#### Інтерпретація показників

Позначення	Інтерпретація
ACCESS2_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності поточної відсутності медичного страхування серед дорослих у віці 18-64 років
ARTHRITIS_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності артриту серед дорослих старше 18 років
BINGE_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності пияцтва серед дорослих старше 18 років
BPHIGH_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності високого кров'яного тиску серед дорослих у віці 18 років
BPMED_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності прийому ліків для контролю високого кров'яного тиску серед дорослих у віці від 18 років з високим кров'яним тиском
CANCER_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності раку (за винятком раку шкіри) серед дорослих у віці від 18 років
CASTHMA_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності астми серед дорослих у віці від 18 років
CHD_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності ішемічної хвороби серця серед дорослих у віці від 18 років
CHOLSCREEN_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності тесту рівня холестерину серед дорослих у віці від 18 років
COLON_SCREEN_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності овального аналізу крові, сигмоїдоскопії або колоноскопії серед дорослих у віці 50–75 років

## Продовження 2.4

COPD_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності хронічної обструктивної легеневої хвороби серед дорослих у віці від 18 років
COREM_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності чоловіків літнього віку $\geq 65$ років, які користуються основним набором клінічних профілактичних послуг: щеплення від грипу минулого року, щеплення від грипу коли-небудь, скринінг колоректального раку
COREW_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності жінок літнього віку $\geq 65$ років, які користуються основним набором клінічних профілактичних послуг: щеплення від грипу минулого року, щеплення PPV будь-коли, скринінг колоректального раку та мамографія за останні 2 роки
CSMOKING_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності куріння серед дорослих у віці від 18 років
DENTAL_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності візитів до стоматолога чи стоматологічної клініки серед дорослих старше 18 років
DIABETES_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності діагностованого цукрового діабету серед дорослих старше 18 років
HIGHCHOL_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності високого холестерину серед дорослих старше 18 років, які пройшли обстеження протягом останніх 5 років
KIDNEY_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності хронічної хвороби нирок серед дорослих у віці від 18 років
LPA_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності відсутності фізичної активності у дозвілля серед дорослих у віці від 18 років
MAMMOUSE_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності використання мамографії серед жінок віком 50–74 років
MHLTH_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності психічного здоров'я, яке не відповідає показникам протягом $\geq 14$ днів серед дорослих віком $\geq 18$ років
OBESITY_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності ожиріння серед дорослих у віці від 18 років
PAPTEST_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності використання мазка Папаніколау серед дорослих жінок віком 21–65 років
PHLTH_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності поганого фізичного здоров'я, протягом $\geq 14$ днів серед дорослих віком $\geq 18$ років
SLEEP_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності сну менше 7 годин серед дорослих у віці від 18 років
STROKE_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності інсульту серед дорослих у віці від 18 років
TEETHLOST_CrudePrev	Модельна оцінка поширеності втрати всіх зубів серед дорослих у віці від 65 років

Кореляція показників отримана шляхом використання лінійної регресії та оцінки результатів лінійної регресії коефіцієнт детермінації (R-квадрат) наведена у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5.

Кореляція показників отримана шляхом використання лінійної регресії та оцінки результатів лінійної регресії коефіцієнт детермінації (R-квадрат)

Rows	ACCESS2_ CrudePrev	ARTHRITIS_ CrudePrev	BINGE_ CrudePrev	BPHIGH_C rudePrev
ACCESS2_CrudePrev	0,00%	0,56%	19,90%	9,37%
ARTHRITIS_CrudePrev	0,57%	0,00%	34,19%	74,76%
BINGE_CrudePrev	19,89%	34,10%	0,00%	50,12%
BPHIGH_CrudePrev	9,37%	74,85%	50,29%	0,00%
BPMED_CrudePrev	0,30%	65,03%	22,21%	57,10%
CANCER_CrudePrev	15,71%	44,08%	5,24%	16,41%
CASTHMA_CrudePrev	8,90%	24,79%	14,89%	33,43%
CHD_CrudePrev	10,31%	79,42%	44,71%	71,98%
CHOLSCREEN_CrudePrev	41,29%	7,62%	0,65%	1,41%
COLON_SCREEN_CrudePrev	69,95%	0,71%	16,10%	7,15%
COPD_CrudePrev	19,63%	64,55%	39,96%	66,75%
COREM_CrudePrev	45,61%	0,51%	17,34%	12,39%
COREW_CrudePrev	49,43%	3,19%	16,15%	14,95%
CSMOKING_CrudePrev	29,91%	22,46%	14,17%	31,96%
DENTAL_CrudePrev	70,91%	7,81%	30,35%	25,86%
DIABETES_CrudePrev	32,99%	49,69%	56,43%	79,69%
HIGHCHOL_CrudePrev	9,81%	69,38%	44,33%	63,90%
KIDNEY_CrudePrev	27,45%	53,22%	51,30%	70,19%
LPA_CrudePrev	63,09%	24,02%	42,41%	46,57%
MAMMOUSE_CrudePrev	1,79%	0,18%	0,11%	3,23%
MHLTH_CrudePrev	46,64%	8,61%	19,24%	18,59%
OBESITY_CrudePrev	39,92%	30,09%	26,94%	52,41%
PAPTEST_CrudePrev	0,18%	0,29%	0,75%	0,28%
PHLTH_CrudePrev	49,08%	39,33%	46,56%	54,08%
SLEEP_CrudePrev	21,34%	10,57%	20,50%	33,01%
STROKE_CrudePrev	19,35%	60,79%	46,68%	80,06%
TEETHLOST_CrudePrev	46,39%	22,27%	31,80%	40,69%



Більшість відносин були логічними при використанні лінійної регресії, але і на її основі можна побачити наступні цікаві залежності між показниками:

1. Поширеність втрати всіх зубів після 65 років на ділянках, в яких високий показник курців. Але при подальшому аналізі було виявлено що курці рідше ходять до стоматологів (рис. 2.21).

2. Наявність залежності між низькою фізичною активністю серед населення та втратою зубів після 65 років (рис. 2.22). При цьому також на ділянках, де люди не займаються фізичною активністю, менша статистика візитів до стоматолога.

3. Залежність між поширеністю хвороби нирок та інсультом (коефіцієнт кореляції 85,9%).

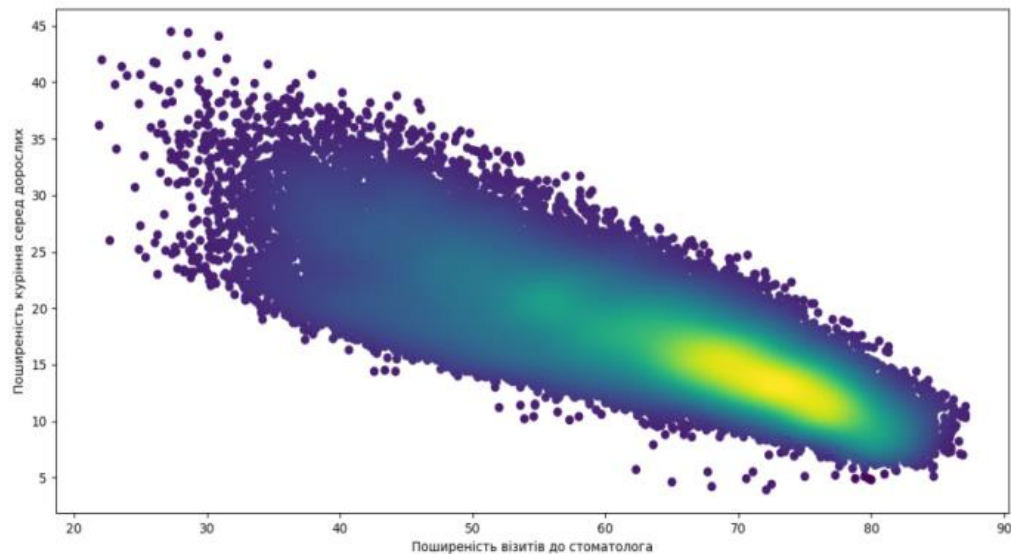


Рис. 2.21. Залежність візитів до стоматолога від кількості курців на ділянці

Серед показників було визначено, що на хронічні захворювання майже ніяк не впливають такі показники як сон менше 7 годин на добу, різні види профілактики після 65 років (можливо цей показник треба аналізувати тільки на віковій категорії 65 років і старше), тест Папаніколау (тест на визначення раку матки, можливо цей показник має вплив тільки в категорії жінок).

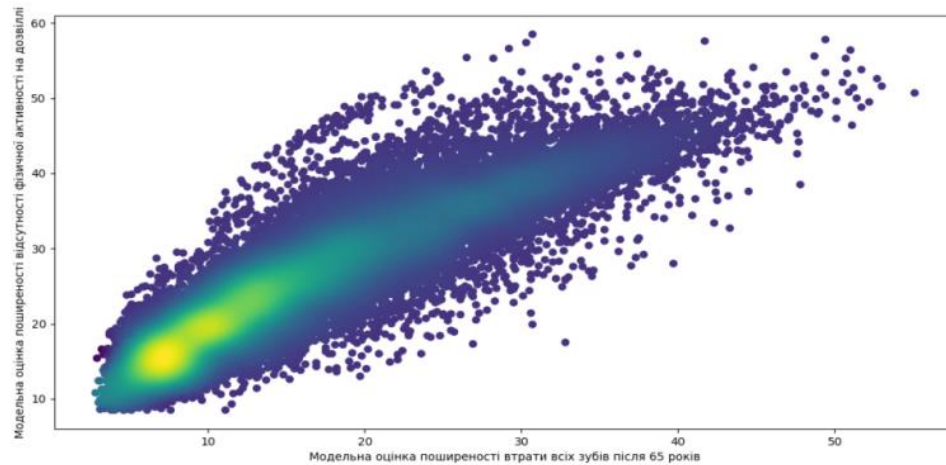


Рис. 2.22. Залежність між втратою зубів та фізичною активністю

В деяких випадках метод опорних векторів зміг визначити залежності, які слабше визначалися лінійною регресією (світлий колір значить більшу щільність точок, темний меншу), найбільш цікавими були:

1. Зворотна залежність між поширеністю захворювань на рак та поширеністю сну менше 7 годин на добу. Точність прогнозування 63%. Допустиме відхилення прогнозування 1% (рис. 2.23).

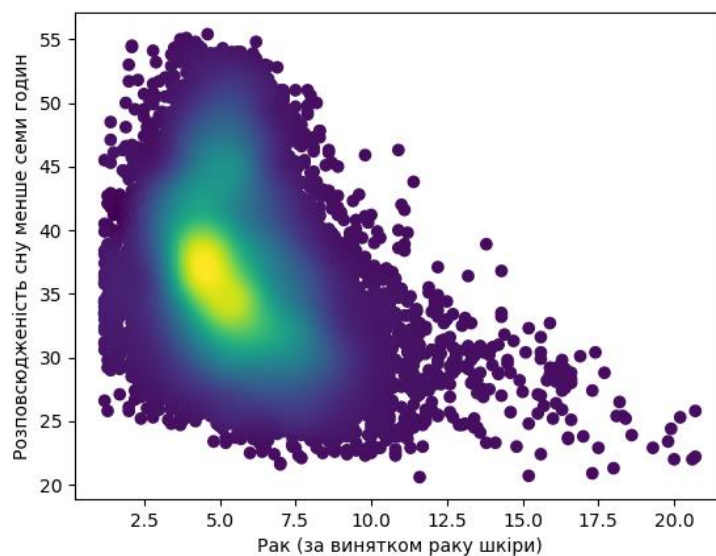


Рис. 2.23. Залежність між захворюванням на рак та сном менше 7 годин на добу

4. Зворотна залежність між поширеністю захворювання на рак та поширеністю курців на дільниці.

5. Залежність між населенням, які роблять тест на холестерин та кількістю хворих на рак (можливо це пов'язано з віковою категорією, яка мешкає на дільниці). Точність прогнозування 80% (рис. 2.24).

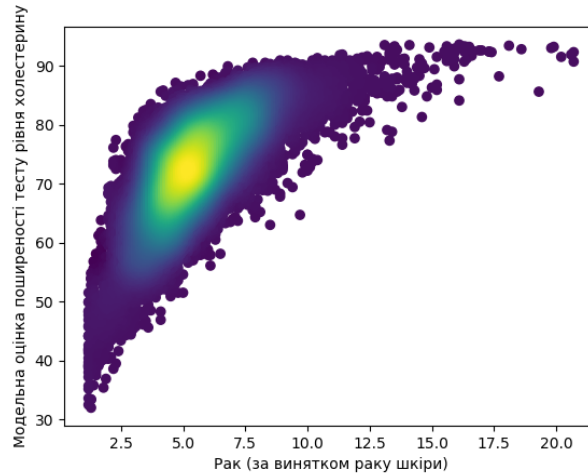


Рис. 2.24. Залежність між населенням які роблять тест на холестерин та кількістю хворих на рак

6. Більш сильна залежність між розповсюдженістю захворювань на рак та прийомом ліків для контролю тиску (рис. 2.25) в порівнянні з розповсюдженістю захворювань на рак та високим тиском (рис. 2.26).

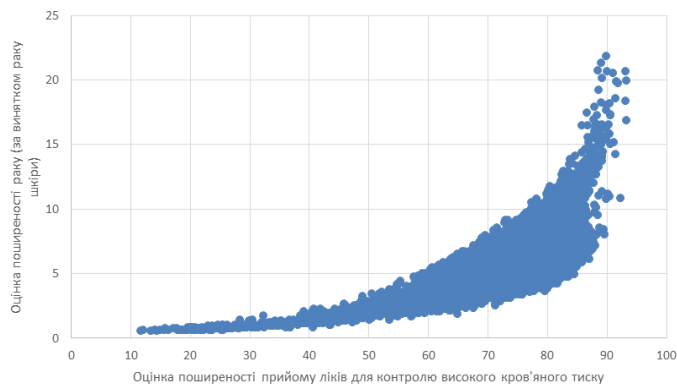


Рис. 2.25. Залежність між захворюваннями на рак та прийомом ліків для контролю тиску

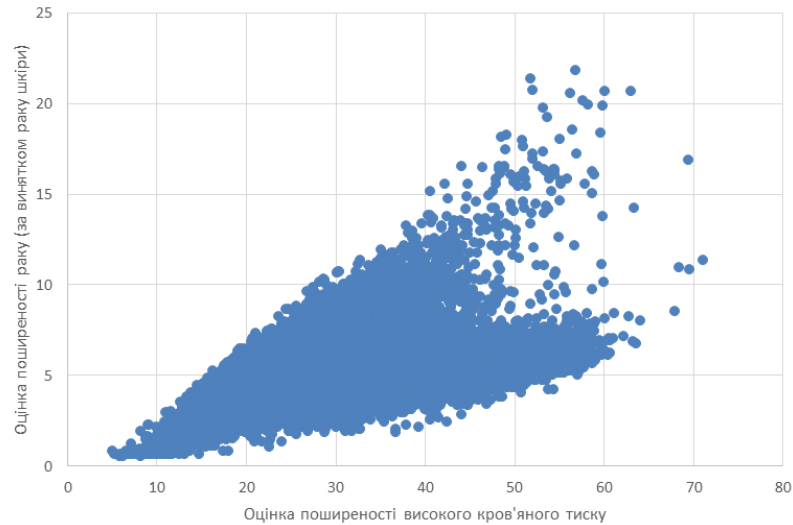


Рис. 2.26. Залежність між захворюваннями на рак та високим кров'яним тиском

Після повторного проходження навчання моделі на основі комбінації найбільш впливових показників, були покращені результати прогнозування і виявлені наступні залежності:

1. Поширеність артриту та розладів стану психічного здоров'я корелює з легеневою обструктивною хворобою на 91%, хоча по одинці ці параметри корелюють відповідно на 64.9% та 53.6%.

2. Оцінка поширеності аналізу крові, сигмоїдоскопії або колоноскопії та оцінка поширеності хронічної обструктивної легеневої хвороби корелюють з поширеністю кількості курців на 80,6%, хоча по одинці ці параметри корелюють відповідно на 28% та 66,5%.

3. Оцінка поширеності раку (за винятком раку шкіри) та оцінка поширеності відсутності фізичної активності і дозвілля корелюють з поширеністю високого рівня холестерину на 79%, хоча по одинці ці параметри корелюють відповідно на 35% та 30,8%.

Серед моделей були обрані моделі, які давали точність по методу найменших квадратів більше 70%. Деякі варіанти результатів прогнозування різних показників наведені у таблиці 2.6.

На основі тестових даних можна зробити висновки, що найбільш точним методом прогнозування є метод опорних векторів. Але слід зауважити що складність методу опорних векторів складає  $O(n^2)$ , де  $n$  – кількість записів в вибірці, що може бути недоліком у випадку наявності великої кількості навчальної вибірки.

Таблиця 2.6

## Результати прогнозування різних показників

PredictBy	PredictTo	LinearRegression, %	Polynomial Regression, %	SVM,%
артрит	ішемічна хвороба	80,92	81,37	80,72
споживання алкоголю	артрит	74,90	75,64	75,12
споживання алкоголю	цукровий діабет	80,04	80,23	78,87
споживання алкоголю	інсульт	82,83	84,93	84,13
ішемічна хвороба	артрит	80,92	82,08	81,65
ішемічна хвороба	хронічна обструктивна легенева хвороба	77,09	77,33	78,60
ішемічна хвороба	високий рівень холестерину	77,32	82,68	85,74
ішемічна хвороба	хвороба нирок	81,00	81,13	80,65
хронічна обструктивна легенева хвороба	ішемічна хвороба	77,10	77,42	76,79
хронічна обструктивна легенева хвороба	цукровий діабет	70,24	70,57	69,60
хронічна обструктивна легенева хвороба	інсульт	83,19	83,39	82,74
цукровий діабет	хвороба нирок	91,37	91,37	90,92
цукровий діабет	інсульт	88,84	90,04	89,16
хронічна хвороба нирок	ішемічна хвороба	81,00	81,09	81,02
хронічна хвороба нирок	цукровий діабет	91,37	91,41	91,23
хвороба нирок	інсульт	93,23	94,03	93,23
інсульт	цукровий діабет	88,84	89,86	89,36
інсульт	хвороба нирок	93,23	94,24	94,24

Менш якісні результати демонструє метод поліноміальної регресії, але цей вид регресії здатен знаходити залежності в даних, які не описуються лінійним рівнянням. При цьому використання цього методу вимагає попередньої обробки даних, на основі яких буде відбуватися прогнозування.

Найменш точні результати демонструє метод лінійної регресії, але цей метод є найбільш простим та швидким, тому використання лінійної регресії для розвідувального аналізу можна вважати обґрунтованим.

Встановлено, що для більшості випадків прогнозування зв'язків між величинами достатньо більш простих моделей, наприклад лінійної регресії, яка дозволила швидко провести розвідувальний аналіз. Серед використаних алгоритмів, найбільш ефективним виявився метод опорних векторів, але цей метод також вимагає витрат часу на проведення аналізу. Альтернативним методом виявився метод поліноміальної регресії.

Завдяки використанню методів інтелектуального аналізу даних можна пояснити деякі закономірності. Наприклад при аналізі даних було виявлено, що на ділянках де мала фізична активність та розповсюджено куріння більш високий показник втрати всіх зубів після 65 років та менша статистика візитів до стоматолога. Таким чином можна зробити висновки, що основною причиною втрати зубів було не відсутність фізичної активності та куріння, а скоріше нерегулярні візити до стоматолога.

Результати досліджень представлені в наукових публікаціях здобувача [98-103].

## **Висновки до другого розділу**

1. Запропоновано модель опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що включає в себе загальну інформацію та спеціальну інформаційну складову, яку адаптовано до спеціалізації лікаря та представляє собою набір запитань, що спрямовані на уточнення поточного стану пацієнтів та реалізовані у вигляді програмного додатку. Інтегрування модулю опитувальних листів в МІС приведе до уніфікації документів, збільшить інформованість лікаря про поточний стан пацієнта та дозволить планувати прийом хворих в залежності від симптоматики, створить набір даних для процедур інтелектуального аналізу та прогнозування.

2. Розроблено модель модулю збирання первинної інформації засобами віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що включає в себе модуль збирання первинної інформації про стан пацієнтів засобами віддаленого моніторингу, а саме за допомогою опитувальних листів та засобів IoT; блоку попередньої обробки даних; блоку передачі даних; блоку аналізу даних. Визначено взаємодію з медичними інформаційними системами. Впровадження даного модулю створює передумови запровадження електронного кабінету пацієнта для удосконалення процесів віддаленого обміну даними про поточний стан пацієнта з медичним персоналом та прискорення процесів отримання кваліфікованої медичної допомоги.

3. Розроблено модель інформаційних потоків для процесів віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що демонструє взаємозв'язки між компонентами існуючих медичних систем та модулем збирання первинної інформації про стан пацієнта; створює передумови програмно-апаратної реалізації та забезпечення доступу пацієнтів до своїх персональних даних через електронний кабінет пацієнта.

4. Запропоновано метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань пацієнтів з цукровим діабетом, що передбачає використання даних центральної бази даних ЕСОЗ та розробленого програмного забезпечення з використанням алгоритмів інтелектуального аналізу даних. Особливістю модулю є встановлення залежності між хронічними захворюваннями, шкідливими звичками пацієнта прогнозованим розвитком супутніх захворювань, для покращення процесів інтелектуалізації обробки даних та прийняття рішень.

5. Проведено кореляційно-регресійний аналіз статистики хронічних захворювань на основі набору даних американської організації Centers for Disease Control and Prevention. Розроблено моделі для наївного баєсівського класифікатора. Для проведення класифікації та регресійного аналізу було використано метод опорних векторів. Проведено розвідувальний аналіз, в результаті якого було виявлено неочікувані залежності між діагностованим цукровим діабетом серед дорослих та високим кров'яним тиском, хворобою нирок, ішемічною хворобою та втратою всіх зубів. В результаті проведених досліджень зазначених алгоритмів інтелектуального аналізу даних було розроблено моделі та методи для встановлення впливу цукрового діабету на розвиток супутніх захворювань. Для підвищення достовірності результатів із використанням запропонованих моделей та методів, необхідно збільшувати обсяги даних.



### **РОЗДІЛ 3. АЛГОРИТМИ, ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОДЕЛІ ТА КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ З ЦУКРОВИМ ДІАБЕТОМ ТА ІНШИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ**

#### **3.1. Моделювання системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями**

Для моделювання інформаційної системи використовуємо інструменти які пропонує Unified Modeling Language. UML створює модель, яка описує об'єкт та є придатною для широкого спектру проектування програмних систем, різних галузей застосування, видів організацій, рівнів компетентності та масштабів проектів. UML пропонує єдиний синтаксис для опису об'єктів, тож будь-яка діаграма, незалежно від того, де вона створена, буде зрозумілою для всіх, хто знайомий з цим графічним інструментом, навіть за кордоном. Одна з головних функцій UML – забезпечення засобу комунікації всередині команди та спілкування з замовником.

Діаграма прецедентів у рамках UML є засобом, на якому зображено зв'язки між акторами та прецедентами у системі. Основна мета цієї діаграми полягає у представленні проектованої системи через різні сутності або акторів, які взаємодіють із системою, використовуючи різні сценарії або варіанти використання. Діаграми прецедентів демонструють ключові елементи моделі варіантів використання системи.

Передбачається, що користувачі, в ролі пацієнта, матимуть можливість виконувати наступні дії в системі (рис. 3.1):

- заповнювати власний профіль;
- вносити дані про наявність алергічних реакцій, або інші особливості організму пацієнта;

- записатися на прийом до лікаря з можливістю обрати час і дату реєстрації;
- відмінити запис до лікаря, або змінити дату прийому;
- переглянути направлення на обстеження;
- переглянути встановлені діагнози;
- заповнювати опитувальні листи (описувати своє самопочуття);
- переглянути заповнені опитувальні листи
- переглянути електронні рецепти;
- переглянути результати обстежень та медичних висновків.



Рис. 3.1. Діаграма прецедентів пацієнта по роботі в системі

В лікаря в системі можуть бути різні можливості, починаючи з заповнення власного профілю, перегляду списку пацієнтів на робочий день чи тиждень, закінчуючи роботою з конкретним пацієнтом. При проектуванні варіантів

використання лікаря, звернемо увагу саме на можливості його роботи з електронною медичною карткою пацієнта в системі, оскільки саме цим питанням присвячене наше дослідження. Діаграма прецедентів лікаря по роботі з електронною медичною карткою пацієнта в системі представлена на рисунку 3.2.

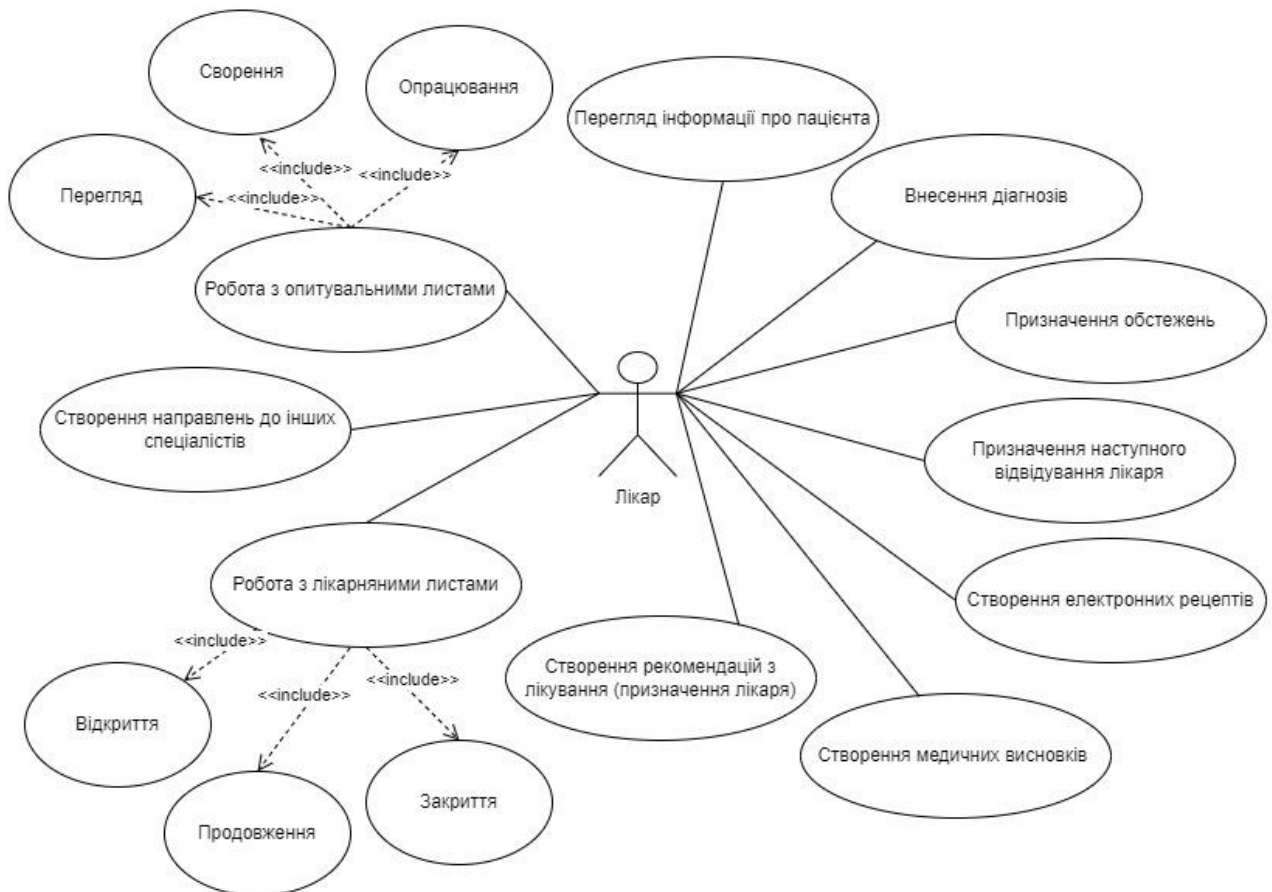


Рис. 3.2. Діаграма прецедентів лікаря по роботі з електронною медичною карткою пацієнта в системі

Основні дії лікаря по роботі зі зверненнями пацієнтів та відносяться саме до роботи з електронною медичною карткою пацієнта будуть наступними:

- перегляд інформації про пацієнта;

- робота з опитувальними листами, що передбачає створення нових форм опитувальних листів, опрацювання відповідей пацієнтів, перегляд всіх опитувальних листів;
- створення направлень до інших спеціалістів;
- робота з лікарняними листами, що передбачає їх відкриття, продовження, закриття;
- створення рекомендацій з лікування (призначення лікаря);
- призначення наступного відвідування лікаря;
- призначення обстежень;
- внесення діагнозів;
- створення електронних рецептів;
- створення медичних висновків.

Кожна інформаційна система потребує кваліфікованої підтримки. Саме тому в інформаційній системі віддаленого моніторингу стану пацієнтів передбачено роль адміністратора системи. На користувача цієї ролі покладено обов'язки по забезпеченню працездатності системи, а також обслуговування та відкриття можливості роботи з системою для користувачів інших ролей (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Діаграма прецедентів адміністратора системи

Основні можливості та завдання адміністратора системи:

- налаштування та підтримка системи;
- підтримка бази даних та бази знань;
- створення електронних кабінетів пацієнтів;
- створення електронних кабінетів медичного персоналу;
- створення облікових записів медичного персоналу;
- створення облікових записів пацієнтів;
- створення електронних медичних карток пацієнтів.

На рисунках 3.1-3.3 наведено діаграми варіантів використання системи. Як можемо бачити, головні дійові особи в системі – лікар та пацієнт. Основна робота даних ролей пов'язана з електронною медичною картою пацієнта через електронний кабінет пацієнта та автоматизоване робоче місце лікаря. Електронна медична картка є цифровим варіантом паперової медичної картки пацієнта. Відповідно до ролей можна переглядати, вносити записи в електронну медичну картку. За рахунок впровадження запропонованої системи електронна медична картка пацієнта матиме додаткові особливості.

В паперову картку записи може вносити лише лікар. Електронна медична картка дозволить вносити пацієнту дані про поточний стан здоров'я до прийому лікаря, або регулярно відповідно до вказівок лікаря. Це дозволить описати свої скарги на здоров'я більш якісно, без поспіху, в спокійній обстановці.

Багатьом пацієнтам на прийомі досить не комфортно описувати скарги лікарю, а можливість робити записи в картку шляхом заповнення опитувальних листів перед прийомом дозволить спростити даний процес, оптимізувати час прийому та зробити медичні послуги якіснішими. Лікар зможе краще зрозуміти проблему пацієнта і можливо вирішити її віддалено. На основі роботи з

інформацією з електронної медичної картки пацієнта, в системі побудовано різні варіанти використання даної інформації.

### **3.2. Функціональні алгоритми роботи системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями**

Основні дійові ролі віддаленої системи моніторингу стану пацієнтів – це пацієнт та лікар. В кожній системі важливо ефективно побудувати алгоритм роботи. Розглянемо основні алгоритми системи, які реалізують взаємодію лікаря з пацієнтом.

Від того наскільки лікар буде володіти інформацією про проблему, залежить швидкість та якість встановлення діагнозу. Тому вважаємо, що реалізація можливості внесення даних про самопочуття пацієнта при зверненні до лікаря є ефективним кроком до покращення якості надання медичних послуг. В медичній інформаційній системі рекомендується створення опитувального листа, який пацієнт може заповнити при виникненні проблем зі здоров'ям. Опитувальний лист має мати основну інформацію про пацієнта, таку як прізвище ім'я, дата народження, стать. В залежності від спеціалізації лікаря до аркушу будуть внесені питання відповідного напрямлення. Якщо звернення до лікаря загальної практики, то це такі показники, як:

- температура тіла;
- кров'яний тиск;
- скарги, симптоми;
- тривалість симптомів;
- зміна симптомів від початку хвороби;
- періодичність проявів (в який час доби і за яких обставин симптоми посилюються);

- прийом ліків та ін.

Опитувальний лист являє собою множину параметрів, що використовуються для оцінки поточного стану пацієнта та контролю за перебігом хвороби. Він може бути адаптований під медичний заклад, спеціалізацію лікаря. Якщо пацієнт потребує звернення до лікаря вузької спеціалізації, наприклад лікаря-ендокринолога, який спеціалізується з питань патологій ендокринної системи, то опитувальний лист має бути адаптований під спеціалізацію даного лікаря, тобто містити певний набір параметрів, які допоможуть в оцінці стану пацієнта. Для пацієнта це будуть певні питання на які він повинен дати правдиві відповіді. Саме він призначить лікування і буде спостерігати за пацієнтами з цукровим діабетом. Опитувальний лист пацієнтів з цукровим діабетом буде включати наступні параметри:

- скарги, симптоми;
- значення рівня глюкози в крові;
- загострення/поява вторинних захворювань, пов'язаних з діабетом;
- паління, вживання алкоголю;
- зміна ваги/поточна вага;
- поточний прийом препаратів для зниження рівня цукру у крові;
- потреба у ліках.

Під час первинної консультації кожен лікар аналізує всі скарги пацієнта. При необхідності лікар призначає додаткові методи діагностики. Часто буває так, що маючи історію хвороби пацієнта в електронній медичній картці і отримавши звернення у вигляді заповненого опитувальний аркуш – лікар може встановити діагноз і надати рекомендації без візиту до нього. А, за необхідності, спланує подальший прийом пацієнта.

На рисунку 3.4 представлено алгоритм роботи блоку опису самопочуття пацієнта – опитувальний лист, з подальшим занесенням даних в електронну

медичну картку. Даний алгоритм відноситься до роботи пацієнта в системі. В будь-який час пацієнт може залишити свій запис про своє самопочуття. Для того, щоб пацієнт краще орієнтувався і міг описати свій стан, створено можливість обрати початкові симптоми його скарги в додатку і на основі даних симптомів поставити пацієнту уточнюючі запитання.

Відповідно до обраних симптомів система відобразить запитання, що дозволять пацієнту краще описати свій стан, що надалі зможе проаналізувати лікар. Система додавання записів про самопочуття не залежить від реєстрації на похід до лікаря. Це реалізоване спеціально, для тих пацієнтів, хвороба, яких змушує вести облік свого самопочуття та показників стану здоров'я, для отримання подальших рекомендацій лікаря.



Рис. 3.4. Алгоритм роботи блоку опису самопочуття пацієнта

На рисунку 3.5 зображено алгоритм віддаленого прийому лікаря - надання рекомендацій за результатами аналізу опитувального листа. Даний алгоритм



зображує роботу лікаря поза прийомом. Лікар в своєму кабінеті отримує звернення пацієнтів, які заповнивши опитувальний лист потребують консультації.



Рис. 3.5. Алгоритм віддаленого прийому лікаря - надання рекомендацій по аналізу опитувального листа

Переглянувши коротку інформацію про попередні скарги та стан пацієнта, проаналізувавши інформацію в опитувальному листі, лікар визначає чи можливо встановити діагноз та надати рекомендації по лікуванню і, за необхідності, виписати рецепт або відкоригувати прийом ліків. Якщо так, то дані вносяться до медичної картки і пацієнт отримує рекомендації по лікуванню віддалено і не потребує візиту до медичного закладу. Якщо діагноз встановити неможливо, або пацієнта потрібно оглянути, то лікар запише пацієнта на прийом, а, за необхідності, надасть направлення на додаткові обстеження для уточнення стану пацієнта.

На рисунку 3.6 показано алгоритм реєстрації пацієнта на прийом до лікаря. Робота алгоритму розпочинається з входу в систему. Користувач потрапляє до панелі реєстрації на прийом. В даній панелі він може знайти необхідну амбулаторію, обрати спеціалізацію лікаря та обрати лікаря.

Система контролює графік лікарів і під час реєстрації на прийом до лікаря пацієнт може бачити графік лікаря на наступні три дні. Якщо в графіку є вільні місця, то пацієнт може зарезервувати на вільний час прийом. На кожного пацієнта розраховано 30 хвилин робочого часу лікаря. Якщо ж лікар не має вільного часу, то пацієнт може повернутися до попереднього етапу і обрати іншого лікаря. Незалежно від реєстрації пацієнт має можливість описати своє самопочуття, скарги та додати їх до електронної картки пацієнта.

На рисунку 3.7 показано алгоритм роботи лікаря. Алгоритм розпочинається з входу до робочої панелі. Лікар обирає пацієнта відповідно до розкладу і може переглянути коротку інформацію про пацієнта, перейти до електронної карти пацієнта, переглянути попередні записи, діагнози. Далі можна зробити аналіз опитового аркушу та зробити попередні професійні висновки. Після обстеження та встановлення діагнозу лікар вносить дані до електронної карти пацієнта та створює рецепт.

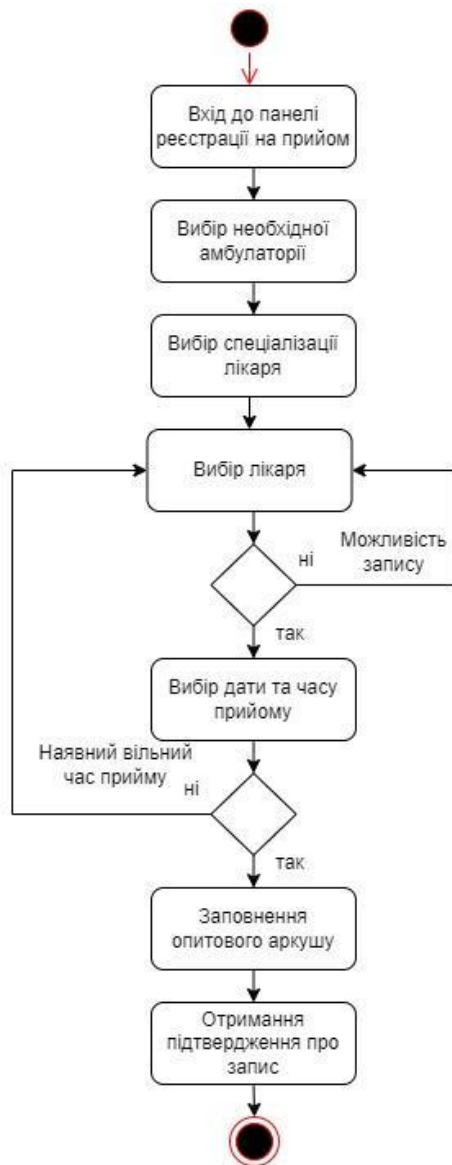


Рис. 3.6. Алгоритм реєстрації пацієнта на прийом до лікаря

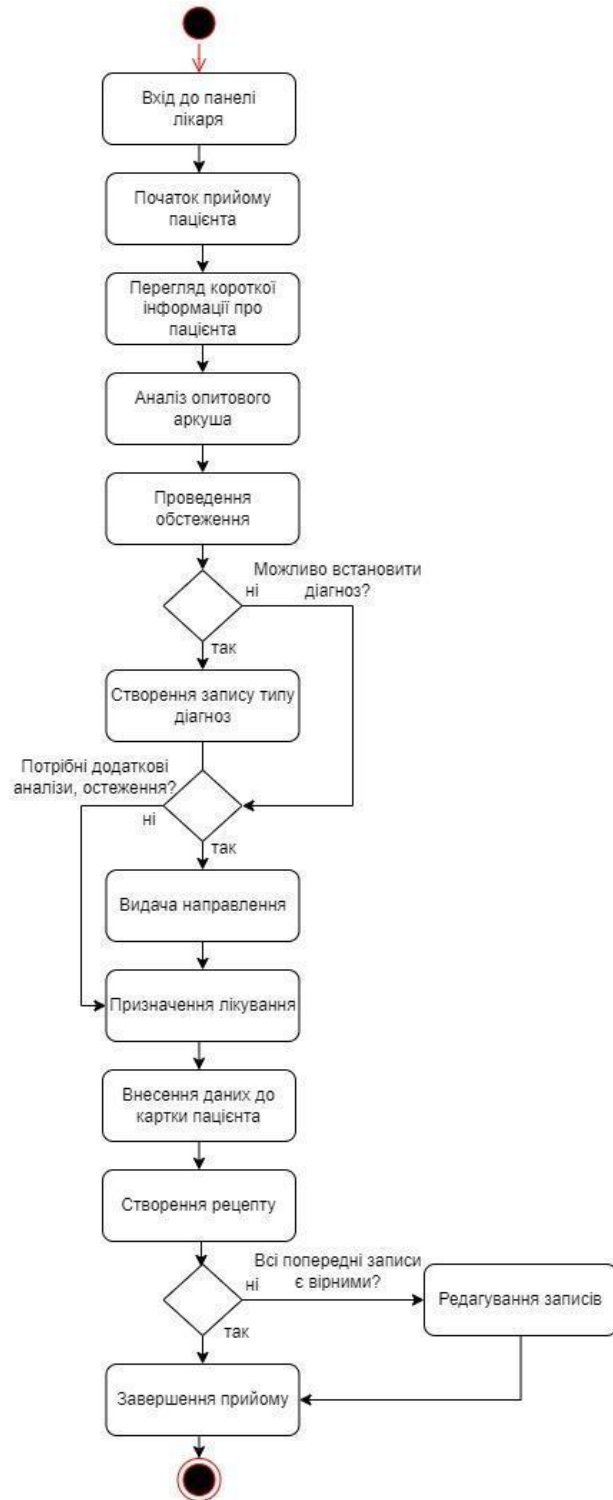


Рис. 3.7. Алгоритм прийому лікаря

Якщо діагноз встановити не вдалось, то за необхідності, лікар може надати направлення на додаткові обстеження або дослідження. Під час

завершення прийому є можливість перевірити внесені записи, якщо десь є помилки, то виправити їх і завершити прийом пацієнта. Далі лікар може розпочати прийом нового пацієнта і провести аналогічні дії уже з наступним пацієнтом. Алгоритм роботи циклічний і залежить від кількості пацієнтів на день до лікаря. Алгоритм побудований таким чином, щоб лікар міг працювати лише з пацієнтами, які зареєструвалися на вказаний день. Кожного дня лікар зможе бачити список пацієнтів на день і з ними працювати. Це реалізовано для зручності роботи лікаря.

### **3.3 Розробка компонентів системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями**

Основна ціль розробки медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями направлена на оптимізацію процесу роботи лікарів з пацієнтами, можливість віддаленого моніторингу стану пацієнтів та покращення якості надання медичних послуг. Оптимізація процесу дозволить зменшити час, який затрачає лікар та пацієнт на: прийом; зменшити кількість лікарських похибок; дозволить краще контролювати здоров'я пацієнта та зменшити ризики інфекційного захворювання як для пацієнта так і для лікаря. Система буде надавати швидкий доступ лікарю до даних пацієнта, а пацієнт зможе відслідковувати записи лікаря та інші дані медичної картки в особистому кабінеті.

З системою повинен мати змогу працювати не лише лікар, а також пацієнт. Система повинна бути централізована, додаток повинен бути реалізований так, щоб його могли використовувати різні медичні заклади.

Під час розробки системи, важливо розробити програмну платформу, яка буде максимально інтуїтивно зрозуміла і проста у використанні. Медичними послугами користуються різні вікові групи населення і важливо це розуміти під

час розробки додатку. Користувачі повинні використовувати програмний продукт без додаткового інструктажу і на підсвідомому рівні всі процеси з реального життя вони повинні переносити на процеси додатку. Основні ролі в системі будуть подібними до ролей в житті: пацієнт, лікар, аптекар.

Основні функції системи реалізовано модульним підходом так як під час розробки було використано Node.js та Express.js. Модульний підхід був обраний через те, що даний підхід дозволить надалі систему простіше підтримувати, система не містить додаткового абстрактного навантаження і це покращує швидкодію та робить її більш гнучкою і здатною до швидких змін при потребі. Кожен модуль – відповідає за певний маршрут системи, або описує задані функціональні вимоги. На рисунку 3.8 представлена загальна схема модулів з вказаними маршрутами.

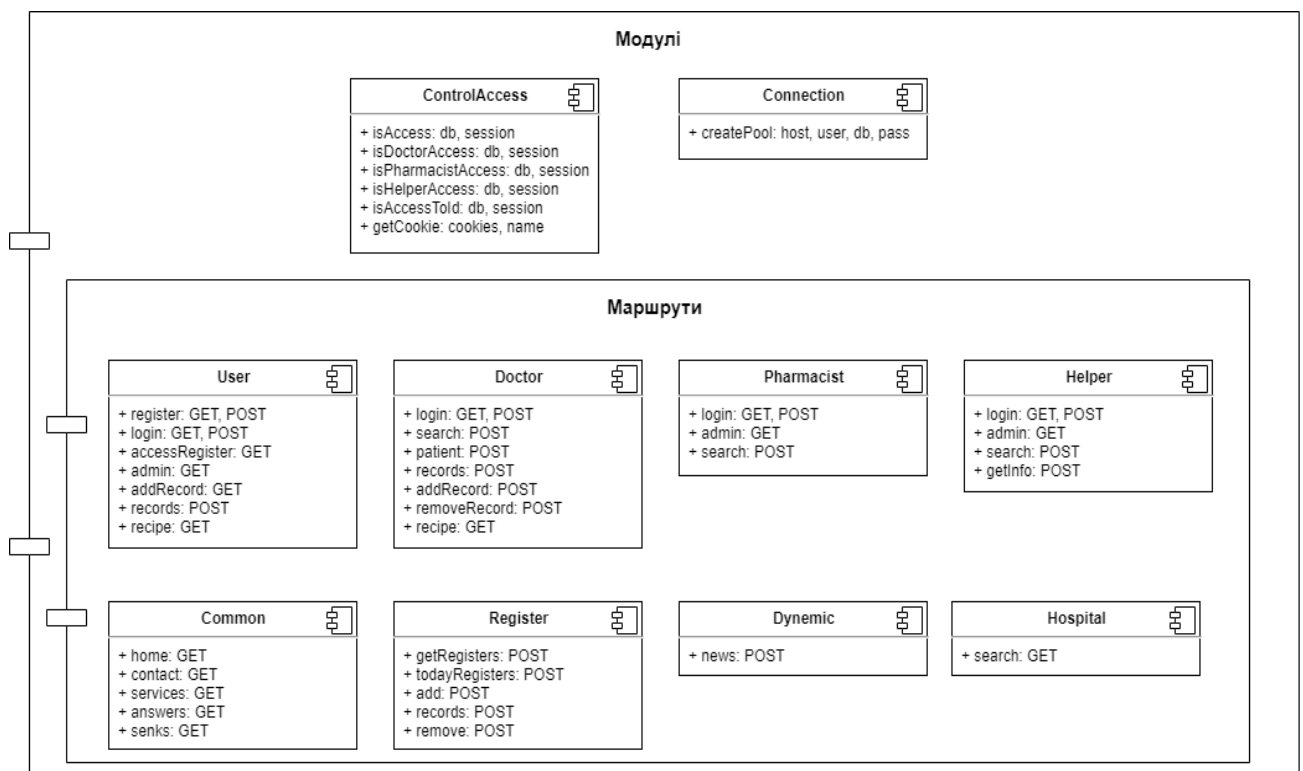


Рис. 3.8. Схема основних модулів системи

Розглянемо дані модулі детальніше:

– `ControlAccess` – модуль, що відповідає за перевірку користувачів під час входу. Він застосовується у більшості модулів інших ролей системи і перевіряє користувача та його роль. Якщо користувач не має доступу, то модуль не дозволить виконати функціонал. За допомогою нього контролюються права ролей в системі. Для контролю прав доступу в системі використовуються куки. Дані для входу кешуються та існують обмежений термін для покращення безпеки системи.

– `Connection` – модуль для роботи з підключенням до бази даних. Даний модуль контролює підключення. В разі втрати підключення до бази даних, модуль відновлює підключення і контролює постійно стан підключення. Для одного процесу система створює одне підключення. В разі подальшого масштабування системи і запуску декількох одночасно `node.js` процесів, модуль дозволить організувати підключення на кожному з процесів. Отримане підключення до бази даних передається до інших модулів системи і не перестворюються нові, що позитивно впливає на оптимізацію системи.

– `User` – модуль відповідає за основний функціонал і маршрутизацію по веб-додатку користувача з роллю – пацієнт. В даному модулі реалізовано основні функції ролі – пацієнт з відповідним контролем доступу до даних та відповідним функціоналом.

– `Doctor` – модуль відповідає за основний функціонал і маршрутизацію по веб-додатку користувача з роллю – лікар. Даний модуль описує основний функціонал та контроль доступу до даних функціоналу лікаря.

– `Helper` – модуль відповідає за основні функції і маршрутизацію по додатку користувача з роллю – працівника швидкої допомоги або Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

- Pharmacist – модуль відповідає за основні функції і маршрутизацію по додатку користувача з роллю – аптекаря.
- Register – модуль відповідає за реєстрацію пацієнта до лікаря. Модуль дозволяє переглядати, видаляти, оновлювати інформацію про реєстрацію до лікаря відповідно до прав ролей в системі.
- Hospital – модуль відповідає за пошук необхідного медзакладу для запису.
- Common – модуль відповідає за загальні маршрути та сторінки додатку.
- Dynamic – модуль відповідає за загальні маршрути та веб-сторінки, що динамічно генеруються і здатні змінюватися з часом.

Для збереження інформації в системі використовується база даних MySQL та куки. Розглянемо збереження інформації більш детально.

Для контролю доступу та входу в робочу панель користувача використовуються куки. Куки в даному випадку в нашій системі, це зашифрована інформація, що дозволяє системі ідентифікувати користувача та його роль в системі.

Name	Value	D...	P...	Expires / Max-Age	S...
liveSession	U2FsdGVkX1%2Fng1kdEx0DFtN4coK3N3scuh8e1YD0m2HrQsgEGfAgyj5HGz3rl%2B2m	I...	/	2020-06-01T11:34:43.564Z	79

Рис. 3.9. Приклад куків, що генерує система

На рисунку 3.9 наведено приклад куків, що генерує система. Як можемо побачити куки мають зашифровані дані та мають дату існування. Для забезпечення додаткової безпеки куки будуть записуватися до бази даних та додатково контролюватимуться зі сторони сервера. Це дозволить уникнути використання перехоплених куків, в яких завершився строк дії. Node.js дозволяє оброблювати інформацію з куків та встановлювати їх на стороні клієнта без додаткової реалізації функціоналу чи передачі куків за допомогою додаткових

запитів. Під час входу в систему, користувачу буде автоматично згенеровані куки та будуть передані в його браузер.

Для збереження даних в системі використовуємо MySQL. Дану систему управління базами даних було обрано через її швидкодію, безпеку і можливість гнучко масштабуватися, що є важливим аспектом для централізованої системи. База даних буде знаходитися на окремо відведеному сервері від основного веб-додатку. Таким чином сервер бази даних не буде залежати від навантаження на сервера на яких розміщуватимуться процеси додатку. Це дозволить масштабувати базу даних надалі.

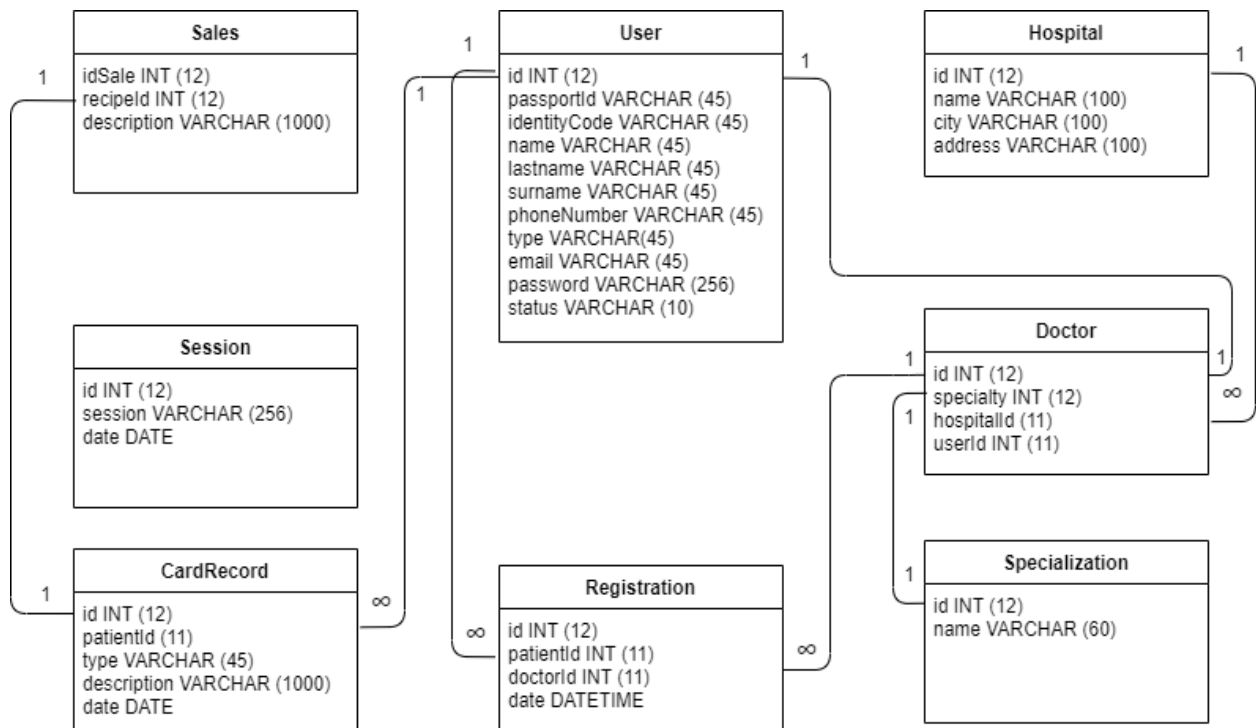


Рис. 3.10. Основні таблиці бази даних

На рисунку 3.10 наведено основні таблиці бази даних інформаційної системи. Розглянемо детальніше основні таблиці:

– таблиця User – дана таблиця міститиме основні дані про людину, що буде зареєстрована в системі. Незалежно від ролі користувача системою, даний



запис буде внесено в дану таблицю. Для запису паролю використовується до 256 символів, така довжина реалізована через те, що всі паролі будуть хешуватися, для безпеки користувачів. Під час реєстрації в ролі пацієнта в системі, користувачу необхідно буде пройти додаткову авторизацію акаунта. Для цього створено додаткове поле – status. Дане поле дозволить контролювати процес завершення реєстрації в системі. Поля passportId та identityCode використовуються для збереження коду паспорта, та ідентифікаційного номеру. Дана інформація необхідна для ідентифікації користувача в реальному житті. Це як для лікаря, що перевіряє чи на прийомі у нього вірний пацієнт, так і для кожної ролі. В разі необхідності можна буде ідентифікувати персон в системі. Поле email використовується для збереження електронної адреси користувача. Дане поле виступає в ролі логіна під час авторизації, також надалі зможе використовуватися для розсилки повідомлень користувачам.

– таблиця Doctor – додаткова таблиця для лікарів, що буде доповнювати інформацію про лікаря та таблицю User. Дана таблиця має зв'язки з таблицею User, Hospital, Specialization, Registration. Кожен лікар матиме спеціалізацію та прив'язку до певного медзакладу. Під час реєстрації на прийом відбувається прив'язка до лікаря за допомогою зв'язку між таблицями Doctor та Registration.

– таблиця CardRecord – дана таблиця відповідатиме за записи в медичній картці пацієнтів. Кожен запис у медичній картці матиме свою дату, та опис. Залежно від виду запису в медичну карту, буде задаватися тип запису (поле type в таблиці). В даній таблиці також будуть зберігатися рецепти. Для них буде використовувався тип запису – recipe. За допомогою використання поля type, надалі створено можливість фільтрації записів для кращої роботи в електронній медичній картці. В даній таблиці будуть зберігатися і заповнені опитові аркуші.

– таблиця Hospital – дана таблиця буде зберігатиме коротку інформацію про лікарню. Дана інформація використовуватиметься під час реєстрації

пацієнта на прийом. Кожен лікар буде пов'язаний з даною таблицею. Відповідно в системі, лікар повинен буде належати до однієї з лікарень.

– таблиця Registration – таблиця зберігатиме всі реєстрації на прийом до лікаря. Дана таблиця зв'язуватиме пацієнта з лікарем. Під час реєстрації на прийом записи будуть додаватися в таблицю. Якщо ж пацієнт буде відмінити прийом, то записи будуть видалятися. На основі даної таблиці буде будуватися робочий графік лікаря.

– таблиця Specialization – таблиця міститиме спеціалізацію лікарів. Дана таблиця використовується для нормалізації бази даних та її оптимізації. Якщо не використовували дану таблицю, то тоді спеціальність лікаря необхідно було б записувати в таблицю Doctor. Це призвело б до дублювання і збільшення розмірів бази.

– таблиця Sales – таблиця міститиме записи від аптекарів під час видачі лікарських препаратів за рецептом. Це необхідно, щоб контролювати видачу препаратів за рецептом і не допускати повторної видачі в інших закладах продажу. В дану таблицю також введено спеціальне поле description. Дане поле буде використовуватися для того, щоб аптекарі лишали помітки, щодо статусу продажу ліків пацієнтові. Для прикладу може статися ситуація, коли пацієнт не зможе все купити в одній аптеці за рецептом. Тоді аптекар може продати частину препаратів і додати опис, що саме було продано. Під час наступної покупки за даним рецептом, інший аптекар буде бачити цей опис і повторно вже не продасть препарати, що вже були видані пацієнту. Такий підхід забезпечить безпечне і правомірне використання рецептів, що дійсно важливо, якщо рецепт містить сильнодіючі препарати.

– таблиця Sessions – таблиця міститиме куки та за допомогою таблиці буде відбуватися контроль за доступом до відповідних даних. Необхідність збереження куків в базі даних необхідна для покращення безпеки системи.

Потрібно чітко контролювати дату куків та зменшити можливість фальсифікації даних зі сторони клієнта.

Розробка системи розпочиналася з побудови маршрутизації по сайту. Для цього використали фреймворк Express.js та патерн Middleware. На рисунку 3.11 показано один з вузлів системи, що реалізована за допомогою даного патерну.

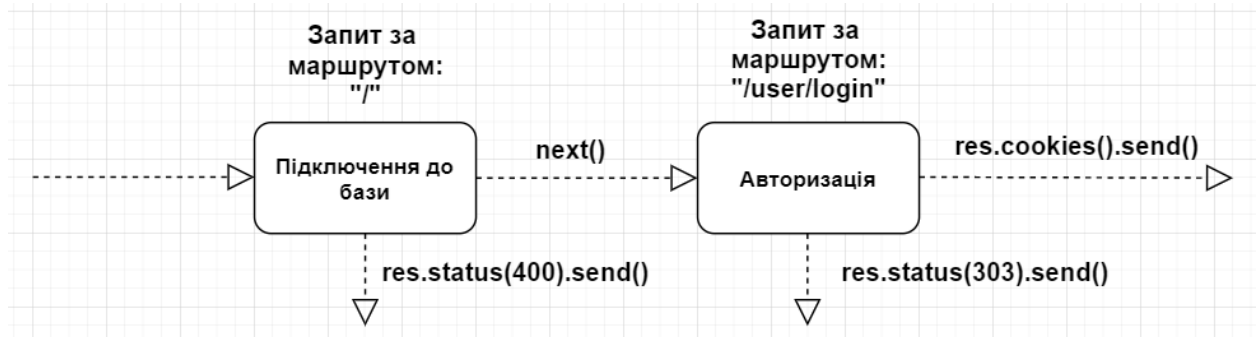


Рис. 3.11. Реалізація проміжних обробників

Даний вузол відповідає за авторизацію в системі. Як можемо бачити, на першому проміжному обробнику відбувається підключення до бази даних, яке передається до наступного обробника, в якому проходить процес перевірки вхідних параметрів. Якщо дані достовірні, то користувачу надається доступ і сервер передає куки до браузера користувача. Якщо ж дані не є валідними, то система відправляє помилку з кодом 303, який оброблюється клієнтською частиною додатку і користувачу виводиться повідомлення про даний стан.

Результати досліджень представлені в наукових публікаціях здобувача [104, 105].

## **Висновки до третього розділу**

1. Основні функції системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями реалізовано модульним підходом так як під час розробки було використано Node.js та Express.js. Розроблено схему основних модулів системи з маршрутами. Представлено опис кожного модулю та його призначення. Здійснено проектування бази даних системи та представлено основні таблиці бази даних.

2. Здійснено моделювання системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями на основі мови моделювання UML. Побудовано діаграми прецедентів лікаря, пацієнта та адміністратора системи, що демонструють дії користувачів системи.

3. Розроблено функціональні алгоритми роботи системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями. Особливістю алгоритмів цієї системи є забезпечення саме можливості віддаленої консультації та отримання рекомендацій для лікування з метою удосконалення процесів взаємодії лікаря та пацієнта.

## РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ, РОЗГОРТАННЯ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОТОТИПУ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ

### 4.1. Реалізація прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями

Прототип медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями реалізовано у вигляді веб-додатку. Представимо структуру інтерфейсу веб-додатку та порядок роботи з системою. Після входу на сайт, користувач потрапляє на головну сторінку, де він може прочитати основну інформацію про систему та перейти до сторінки авторизації. На рисунку 4.1 показано головну сторінку сайту, на рисунку 4.2 показано сторінку авторизації. Розглянемо інтерфейс для окремих ролей системи. Після авторизації в системі пацієнт може перейти до панелі запису на прийом і почати процес реєстрації.

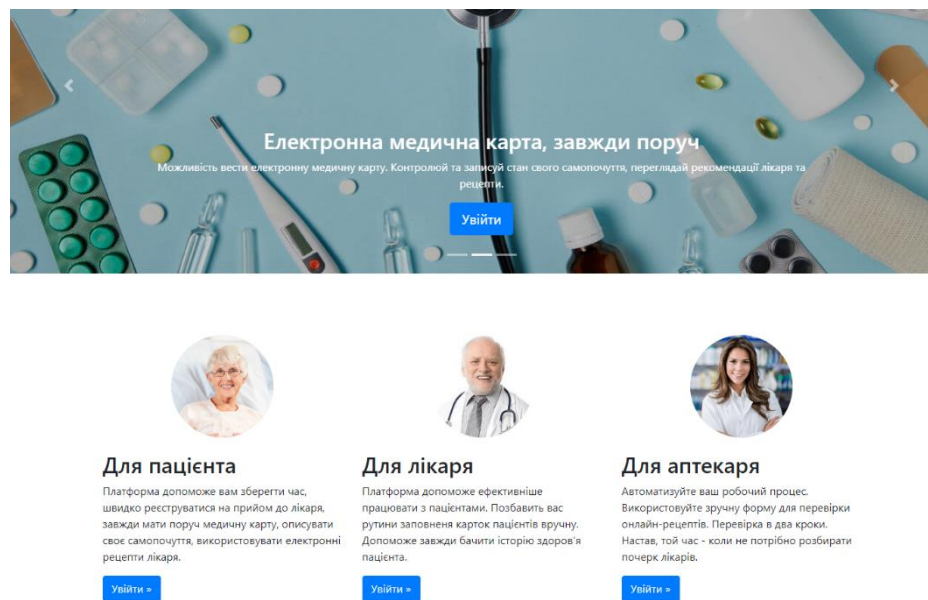


Рис. 4.1. Головна сторінка системи

Логін (емейл)

Пароль

**Увійти**

Рис. 4.2. Сторінка авторизації

Реєстрація розпочинається з пошуку необхідної лікарні. На рисунку 4.3 наведено приклад інтерфейсу для пошуку лікарні.

Знайдіть потрібну лікарню

Житомирська районна поліклініка №1 - Житомир

Житомирська районна поліклініка №2 - Житомир

Житомирський центр відновлення - Житомир

Рис. 4.3. Інтерфейс динамічного пошуку

Загальний інтерфейс реєстрації на прийом до лікаря наведено на рисунку 4.4. Пацієнт може обрати необхідний медичний заклад, спеціалізацію лікаря, може обрати конкретного лікаря. Під час запису динамічно буде виведено інформацію про графік роботи лікаря. Пацієнт може обрати необхідний проміжок часу для запису до лікаря. Проміжки розбиті на 30-хвилинні частини. Графік лікаря для запису доступний на 3 наступні дні.

## Запис до лікаря

Знайдіть потрібну лікарню

Житомирська районна поліклініка №1 - Житомир

Оберіть спеціалізацію лікаря

Дерматолог

Оберіть лікаря

Ілля Бондар Сергійович

Оберіть час та дату

2023-06-02

09:00 Обрано	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00
14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	

Рис. 4.4. Інтерфейс запису на прийом до лікаря

Після проведення реєстрації до лікаря, пацієнт може переглянути дані реєстрації. На рисунку 4.5 наведено приклад подібної реєстрації. Під час перегляду пацієнт має можливість відмінити реєстрацію, або додати нагадування про прийом. Для нагадування використовується електронний календар. Користувач може скачати файл нагадування і він автоматично буде доданий до його електронного календаря. Нагадування в електронному календарі (рис. 4.6) дозволить користувачу не забути про прийом.



Рис. 4.5. Інтерфейс для перегляду реєстрації до лікаря

Рис. 4.6. Вигляд нагадування в електронному календарі

Незадовго до прийому, календар буде сигналізувати про наближення прийому, що дозволить користувачу займатися своїми справами і не хвилювати про те, що він зможе забути про візит.

Також пацієнт може переглядати інформацію з електронної медичної карти через електронний кабінет пацієнта. Інформація в медичній карті розділена на типи: записи лікаря, діагнози, обстеження, рецепти, особливості пацієнта, опитувальні листи. Медична карта має зручний і простий фільтр, що дозволяє користувачу фільтрувати записи за типами. На рисунку 4.7 показано, як виглядає інтерфейс електронного кабінету пацієнта. Кожен тип інформації в кабінеті має свій колір, для швидкої орієнтації. Кожен запис містить тип, дату створення та опис. Електронна медична картка пацієнта доступна лікарю під час прийому.

Враховуючи потребу в отриманні ліків у фармацевтичних закладах через електронний рецепт. Тому реалізовано відображення електронних рецептів у інтерфейсі електронного кабінету пацієнта (медичній картці). Записи в медичній картці інтерфейсу електронного кабінету з типом рецепт мають додатковий функціонал. Користувач може скачати та переглянути рецепт більш детально.



## Медична картка

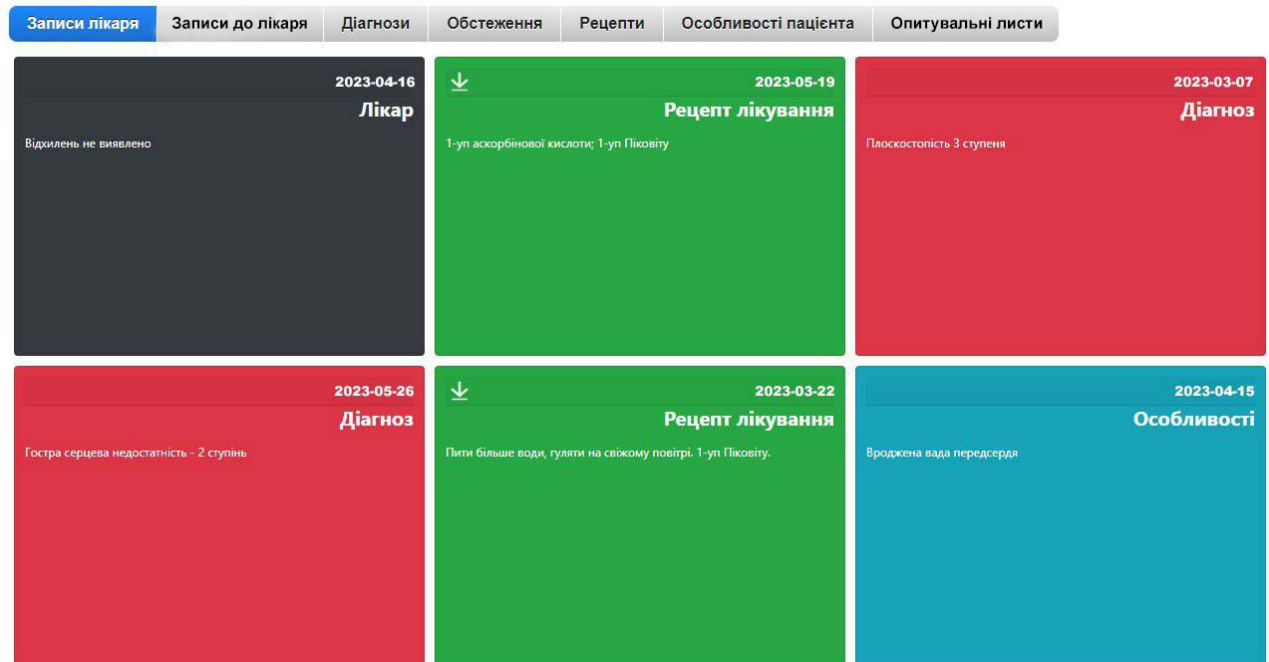


Рис. 4.7. Електронна медична картка пацієнта

Кожен рецепт має свій унікальний номер, за яким контролюється аптекарем. Надалі рецепт можна буде використати в аптеці, для купівлі необхідних препаратів. На рисунку 4.8 наведено приклад електронного рецепту. Даний рецепт буде реплікуватися в базу даних фармацевтичних закладів з якими заключено договори про співпрацю, а в концептуальному баченні – в єдину базу фармацевтичних закладів.

Для того, щоб пацієнт мав можливість якісно описати своє самопочуття, було розроблено форму опитувальних листів з можливістю обрати ряд симптомів пацієнта, що його турбують. Ряд симптомів, які потрібні для оцінки стану пацієнтів формуються лікарем певної спеціалізації. Опитові аркуші первинного звернення мають більш узагальнюючі питання та містять показники з врахуванням спеціалізації лікаря, а аркуші вторинного звернення

генеруються вже лікарем для уточнення показників, що будуть враховувати особливості пацієнтів.



### Електронний рецепт №671

Імя пацієнта:	Сергій
Прізвище пацієнта:	Ковальчук
По-батькові пацієнта:	Іванович
Паспорт пацієнта:	BE122111
Дата видачі рецепту:	квітень 16-го 2023
Опис:	Глібенкламід-Здоров'я 5 мг таблетки №50 - 1 уп. Мефарміл 500 мг таблетки №30 - 1 уп.

Рис. 4.8. Електронний рецепт

Відповідно до вибраних симптомів, пацієнту генерується список уточнюючих запитань. Дані запитання дозволяють структуровано описати свій стан, що надалі більш якісно зможе проаналізувати лікар. Список симптомів підібраний таким чином, що дозволяє звузити список можливих хвороб для аналізу лікаря.

На даний момент в додатку представлено список симптомів, за якими звертаються найчастіше до лікаря:

- захворювання серцево-судинної системи (опитувальний лист первинного звернення лікаря-кардіолога, рис. 4.9);

Оберіть спеціалізацію лікаря

Лікар-кардіолог

Будь ласка, опишіть своє самопочуття та дайте відповіді на запитання:

Вкажіть показник температури тіла:

- 37-38 °C – субфебрилітет
- 38-39 °C – фебрильна
- 39-41 °C – піретична
- 41 °C – гіперпіретична

Серцебиття є прискореним?  так  ні

Чи є слабкість і почуття сильної втоми?  так  ні

Чи є проблеми з кров'яним тиском?  так  ні

Вкажіть значення показників кров'яного тиску:

- Оптимальний (< 120 та < 80)
- Нормальний (120 – 129 та/або 80 – 84)
- Високий нормальний (130 – 139 та/або 85 – 89)
- Гіпертензія (1-го ступеня) (140 – 159 та/або 90 – 99)
- Гіпертензія (2-го ступеня) (160 – 179 та/або 100 – 109)
- Гіпертензія (3-го ступеня) ( $\geq 180$  та/або  $\geq 110$ )
- Ізольована систологічна гіпертензія ( $\geq 140$  та < 90)

Відчуваєте дискомфорт в грудній клітці?  так  ні

Відчуваєте біль в серці?  так  ні

Чи було запаморочення?  так  ні

Наявна віддишка?  так  ні

Періодичність проявів (в який час доби):

- вранці
- вдень
- ввечері
- вночі

Як давно проявляється дана проблема?

- давно
- нещодавно
- вперше

Вкажіть додаткові скарги не зазначені вище:

Надіслати

Рис.4.9. Форма опитувального листа первинного звернення до лікаря-кардіолога

- захворювання на цукровий діабет (опитувальний лист первинного звернення лікаря-ендокринолога, рис.4.10);

Оберіть спеціалізацію лікаря

Лікар-ендокринолог

Будь ласка, опишіть своє самопочуття та дайте відповіді на запитання:

Вкажіть показник температури тіла:

- 37-38 °C – субфебрилітет  
 38-39 °C – фебрильна  
 39-41 °C – піретична  
 41 °C – гіперпіретична

Чи є слабкість і почуття сильної втоми?  так  ні

Вкажіть рівень глюкози в крові:

- 3.9 - 5.5 (ммоль/л)  
 4.4 - 7.2 (ммоль/л)  
 інше значення

Загострення/поява вторинних захворювань, пов'язаних з діабетом  так  ні

Паління  так  ні

Вживання алкоголю  так  ні

Зміна ваги  так  ні

Поточний прийом препаратів для зниження рівня цукру у крові  так  ні

Вкажіть додаткові скарги не зазначені вище:

Надіслати

Рис.4.10. Форма опитувального листа первинного звернення до лікаря-ендокринолога

- стоматологічні проблеми (опитувальний лист первинного звернення лікаря-стоматолога, рис. 4.11);
- вірусні, гострі респіраторні захворювання (опитувальний лист первинного звернення лікаря-терапевта, рис.4.12).

Оберіть спеціалізацію лікаря

Лікар стоматолог

Будь ласка, опишіть своє самопочуття та дайте відповіді на запитання:

Вкажіть необхідність звернення:

- Відчуваю біль
- Імплантація
- Видалення
- Відбілювання
- Протезування
- Проблеми з яснами
- Профілактичний огляд
- Консультація

Вкажіть показник температури тіла:

- 37-38 °C – субфебрилітет
- 38-39 °C – фебрильна
- 39-41 °C – піретична
- 41 °C – гіперпіретична

Вкажіть необхідність звернення:

- Короткочасне (реакція на холодне, гаряче)
- Довгостроковий
- Ніючий
- Різкий
- Фантомний – біль після видалення зуба
- Біль відсутній

Періодичність проявів (в який час доби):

- вранці
- вдень
- ввечері
- вночі
- постійно

Чи є виділення гною біля зуба?  так  ні

Наявність набряку:

- Відсутній
- Незначний
- Сильний

Чи пов'язаний біль з попереднім лікуванням зубів, стоматологічними процедурами?  так  ні

Як давно виникла проблема?  давно  нещодавно

Вкажіть додаткові скарги не зазначені вище:

Надіслати

Рис. 4.11. Форма опитувального листа первинного звернення до лікаря-стоматолога

Подальше удосконалення опитувальних листів можливе за залучення лікарів відповідних спеціалізацій та експертів даної галузі. Можливе адаптування під медичні заклади.

Оберіть спеціалізацію лікаря

Сімейний лікар

Будь ласка, опишіть своє самопочуття та дайте відповіді на запитання:

Вкажіть показник температури тіла:

- 37-38 °C – субфебрилітет
- 38-39 °C – фебрильна
- 39-41 °C – піретична
- 41 °C – гіперпіретична

Чи є проблеми з кров'яним тиском?  так  ні

Вкажіть значення показників кров'яного тиску:

- Оптимальний (< 120 та < 80)
- Нормальний (120 – 129 та/або 80 – 84)
- Високий нормальний (130 – 139 та/або 85 – 89)
- Гіпертензія (1-го ступеня) (140 – 159 та/або 90 – 99)
- Гіпертензія (2-го ступеня) (160 – 179 та/або 100 – 109)
- Гіпертензія (3-го ступеня) ( $\geq 180$  та/або  $\geq 110$ )
- Ізольована систологічна гіпертензія ( $\geq 140$  та < 90)

Чи є слабкість і почуття сильної втоми?  так  ні

Відчуваєте дискомфорт в грудній клітці?  так  ні

Відчуваєте біль в серці?  так  ні

Чи було запаморочення?  так  ні

Чи є проблеми з диханням?  так  ні

Відчуваєте головний біль?  так  ні

Відчуваєте біль у горлі?  так  ні

Маєте кашель?  так  ні

Маєте нежить?  так  ні

Відчуваєте біль у спині, попереку?  так  ні

Відчуваєте біль у кінцівках?  так  ні

Періодичність проявів (в який час доби):

- вранці
- вдень
- ввечері
- вночі

Як давно проявляється дана проблема?

- давно
- нещодавно
- вперше

Вкажіть додаткові скарги не зазначені вище:

Надіслати

Рис. 4.12. Форма опитувального листа первинного звернення до сімейного лікаря

Робота лікаря після входу в робочу панель, розпочинається з перегляду пацієнтів зареєстрованих на день. На рисунку 4.13 показано панель зі списком

пацієнтів. В разі, якщо лікар розпочинає прийом з пацієнтом, він натискає на кнопку «Зустріч з пацієнтом» і генерується вся інформація, яка стосується виключно вказаного пацієнта.

Пацієнти на сьогодні	
<p>Степан Коханевич Ігорович</p> <p>☎ 311231232</p> <p>✉ test@test.test</p>	Пацієнт на прийомі
<p>Олексій Бондаренко Сергійович</p> <p>☎ 311231232</p> <p>✉ test@test.test</p> <p>Зустріч з пацієнтом</p>	

Рис. 4.13. Список пацієнтів на прийом

Після початку прийому лікар може перейти до наступної панелі та переглянути коротку інформацію про пацієнта. Дана інформація містить відомості про особливості пацієнта та попередні діагнози. В особливостях пацієнта може міститися інформація, що є важливо для лікаря і дозволяє йому краще зрозуміти стан здоров'я. В особливості пацієнта зручно додавати інформацію про нетипові фізіологічні особливості пацієнта, інформацію про відхилення, та інші показники. На рисунку 4.14 зображена інформаційна панель про пацієнта.

## Інформація про пацієнта

### Особливості пацієнта

Проблеми з передсердям - (2020-03-24)

### Встановлені діагнози

Гостра серцева недостатність - 2 ступінь - (2023-04-10)

Плоскостопість 3 ступеня - (2023-04-10)

Рис. 4.14. Інформаційна панель про пацієнта

Після перегляду короткої інформації про пацієнта лікар може перейти до електронної медичної карти та переглянути останні записи пацієнта в картці та проаналізувати всі інші записи, а також переглянути заповнений опитувальний лист пацієнта при зверненні, який відображають його поточний стан.

Далі лікар проводить відповідно всі робочі процедури, відповідно до лікарського регламенту. В результаті обстеження і встановленні діагнозу лікар може занести дану інформацію до електронної медичної карти та описати процес прийому.

Після опису лікар може перевірити свої записи і при необхідності змінити. Зміни записів, можливі лише в обмежений часовий термін. Дане обмеження необхідно для того, щоб захистити пацієнта від різноманітних фальсифікацій та підмін даних в картці. Лікарі не можуть редагувати і змінювати дані створені іншими лікарями чи пацієнтами. На рисунку 4.15 наведено форму створення нового запису в медичну карту пацієнта.

Створення запису в карту пацієнта

Тип запису:

Рецепт

Опис:

Відмінити Додати запис

Рис. 4.15. Форма створення запису



## Форма пошуку рецепта

Номер рецепту

**Ім'я**  
Сергій

**Прізвище**  
Ковальчук

**По-батькові**  
Іванович

**Паспорт**  
BE122111

**Дата створення рецепта**  
2023-04-15

**Рецепт**  
1-уп аскорбінової кислоти; 1-уп Піковіту

Рис. 4.16. Форма пошуку рецепту

Після того, як пацієнт отримав рецепт, він може перейти в свою панель та роздрукувати його, або запам'ятати номер рецепту, або продемонструвати безпосередньо з додатку. Далі він може звернутися до аптеки. Аптекарі матимуть додатковий інтерфейс перевірки рецепту. На рисунку 4.16 показано форма пошуку. Аптекар може ввести номер рецепту та вивести всю інформацію про даний рецепт.

Під час непередбачуваної ситуації, коли необхідно терміново дізнатися важливу інформацію про здоров'я людини, працівники швидкої, або державної служби з надзвичайних ситуацій зможуть це зробити за допомогою даної системи, особливо у разі наявного підключення до центральної бази даних ЕСОЗ.

На рисунку 4.17 показано інтерфейс для пошуку даних про пацієнта. Пошук відбувається по паспорту, або ідентифікаційному номеру. Однією з передбачуваних ситуацій, в якій дана форма може бути корисною є дорожньо-транспортна пригода. Саме через це надано доступ і працівникам служби з

надзвичайних ситуацій до даної форми. В разі травмування під час дорожньо-транспортної пригоди працівники можуть проаналізувати попередні характеристики здоров'я пацієнта і надати необхідну допомогу. Працівники швидкої зможуть бачити особливості пацієнта і використати саме ті медичні препарати, що не зашкодять пацієнтові.

## Форма пошуку пацієнта

Сергій Ковальчук Іванович

Паспортні дані:  
BE122111

Попередні діагнози:  
Гостра серцева недостатність - 2 ступінь (2023-04-10)  
Плоскостопість 3 ступеня (2023-04-10)

Особливості пацієнта:  
Проблеми з передсердям (2020-03-24)

Паспорт, ІН

Сергій - Ковальчук - Іванович - BE12211

Рис. 4.17. Форма пошуку пацієнта

По завершенню роботи, користувач може вийти із системи натиснувши на відповідну кнопку «Вийти», що розташована праворуч в меню додатку. Лістинг програмного коду представлено в додатку Е.

При проектуванні та програмній реалізації використано практики сучасної розробки, проектування архітектури програмного забезпечення, тестування та розгортання систем. Система може бути використана в медичних закладах незалежно від їхнього статусу: державні чи приватні заклади. Незалежно від статусу, розмірів медичного закладу, функціонал додатку можна буде використовувати в повному обсязі. Система має потенціал до покращення і розроблена таким чином, щоб можна було підтримувати і розширювати

функціональність. Завдяки обраній архітектурі масштабування системи відбудуватиметься значно простіше.

#### **4.2. Рекомендації щодо розгортання прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями**

Медична інформаційна система віддаленого моніторингу стану пацієнтів являє собою додаток у вигляді веб-сайту. Розгортання системи часто є складним і довгим процесом. Під час розгортання доводиться налаштовувати сервера, підключення, адаптувати додаток під вказану систему. Розглянемо розгортання нашого веб-додатку. Для початкового розгортання веб-додатку необхідно мати наступний список серверів:

- MySQL-сервер – сервер з базою даних. Прямий доступ до бази повинен бути заблокований і підключення має відбуватися лише за допомогою паролю і логіну. Повинно бути передбачено резервне копіювання бази даних за вказаним інтервалом часу;

- веб сервер для запуску процесу веб-додатка. Веб-сервер може базувати на Windows, MacOS, Linux операційних системах. Для запуску веб-додатку необхідно встановити Node.js не нижче 12.0.0 версії на сервер;

- SMTP-сервер – сервер для відправки листів на електронну пошту. Сервер має підтримувати оновленні стандарти електронних адрес.

На серверах має бути налаштований процес логування. В разі непередбачуваних і неконтрольованих ситуацій, логування має відображати можливі проблеми, що можуть виникнути. Повинна бути налаштована система перезапуску серверів та оновлення процесів. В разі зависання процесу веб-додатку, процес має завершуватися та запускатися новий.

Розглянемо схему компонентів веб-додатку. На рисунку 4.18 наведена схема розгортання.

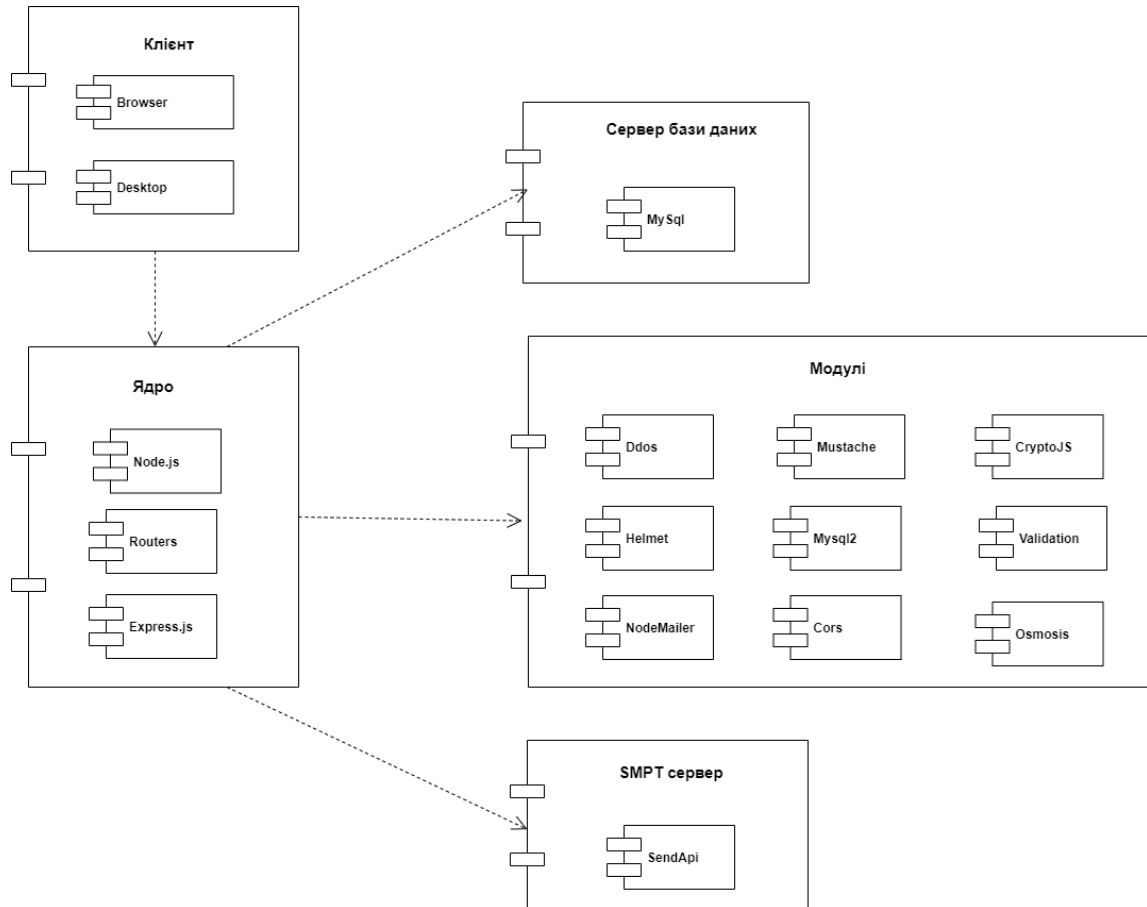


Рис. 4.18. Схема розгортання веб-додатку

Кожен компонент системи є модулем, частиною системи, який інкапсулює вміст і прояв якого є незмінним в середовищі. Дана схема складається з наступних компонентів:

- клієнт – компонент який безпосередньо звертається до ядра системи. Ядро динамічно обробляє запити та передає їх на клієнтську частину.
- сервер бази даних – компонент відповідає за базу даних. Система використовує реляційну базу даних – MySQL.

- ядро – ядро системи, яке побудоване на Node.js, Express.js. Дане ядро працює з базою даних та контролює підключення користувачів до сервера.
- модулі – компонент зберігає всі основні підкомпоненти системи. Робота над розширенням системи в основному буде проходити в даному компоненті. Модульність системи дозволить розширювати можливості додатку, без втручання в інші модуля.
- SMTP сервер – компонент відповідає за відправку листів на електронні адреси. Використовується виключно для цього.

Система придатна до розширення, модифікації та удосконалення за рахунок використання модульного підходу.

#### **4.3. Оцінка якості прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями**

Аналіз підходів до оцінювання системи [106-110] виявив переваги та недоліки кожного методу. В результаті аналізу було прийняте зважене рішення. Оцінку якості програмного додатку проводимо на клієнтській частині використовуючи модель якості ISO/IEC 25010:2023 Інженерія систем і програмного забезпечення – Вимоги та оцінка якості систем і програмного забезпечення (SQuaRE) – Модель якості продукції (ISO/IEC 25010:2023 Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Product quality model).

В даній моделі представлені наступні критерії та параметри до них:

1. Функціональна придатність (functional suitability) – здатність продукту забезпечувати функції, які відповідають заявленим і неявним потребам передбачуваних користувачів, коли він використовується в певних умовах:

- функціональна повнота (functional completeness) – здатність продукту забезпечувати набір функцій, який охоплює всі визначені завдання та передбачувані цілі користувачів;

- функціональна правильність (functional correctness) – здатність продукту забезпечувати точні результати при використанні цільовими користувачами;

- функціональна відповідність (functional appropriateness) – здатність продукту виконувати функції, які сприяють виконанню визначених завдань і цілей.

2. Продуктивність (performance efficiency) – здатність продукту виконувати свої функції протягом визначеного часу та параметрів пропускну здатності та бути ефективним у використанні ресурсів за певних умов:

- поведінка в часі (time behaviour) – здатність продукту виконувати свою визначену функцію за певних умов, щоб час відклику та пропускну здатність відповідали вимогам;

- використання ресурсів (resource utilization) – здатність продукту використовувати не більше ніж визначену кількість ресурсів для виконання своєї функції за певних умов:

- спроможність (capacity) – здатність продукту відповідати вимогам щодо максимальних обмежень параметра продукту (кількість елементів, які можна зберігати, кількість одночасних користувачів, пропускну здатність зв'язку, пропускну здатність транзакцій та розмір бази даних).

3. Сумісність (compatibility) – здатність продукту обмінюватися інформацією з іншими продуктами та/або виконувати необхідні функції, користуючись тим самим спільним середовищем і ресурсами:

- співіснування (co-existence) – здатність продукту ефективно виконувати необхідні функції.

- впливовість (influence) – спільне середовище та ресурси з іншими продуктами без шкідливого впливу на будь-який інший продукт;

- взаємодія (interoperability) – здатність продукту обмінюватися інформацією з іншими продуктами та взаємно використовувати інформацію, якою обмінювалися.

4. Можливість взаємодії (interaction capability) – здатність продукту, з яким взаємодіють певні користувачі, для обміну інформацією між користувачем і системою через інтерфейс користувача для виконання наміченого завдання:

- розпізнаваність відповідності (appropriateness recognizability) – здатність продукту бути визнаним користувачами відповідним для їхніх потреб зрозумілість інтерфейсної частини;

- здатність до навчання (learnability) – здатність продукту змусити певних користувачів навчитися використовувати певні функції продукту протягом певного часу;

- експлуатаційна придатність (operability) – здатність продукту мати функції та атрибути, які полегшують його роботу та контроль;

- захист від помилок користувача (user error protection) – здатність продукту запобігати помилкам у роботі;

- залучення користувачів (user engagement) – здатність продукту представляти функції та інформацію в привабливій та мотивуючій формі, заохочуючи продовження взаємодії;

- інклюзивність (inclusivity) – здатність продукту використовуватися людьми різного походження;

- допомога користувачам (user assistance) – здатність продукту використовуватися людьми з найширшим спектром характеристик і можливостей для досягнення визначених цілей у визначеному контексті використання;

5. Надійність (reliability) – здатність виробу виконувати задані функції в заданих умовах протягом визначеного періоду часу без перерв і збоїв:

- бездоганність (faultlessness) – здатність продукту виконувати визначені функції без збоїв за нормальної роботи;
- доступність (availability) – здатність продукту бути робочим і доступним, коли це необхідно для використання;
- відмовостійкість (fault tolerance) – здатність продукту працювати за призначенням, незважаючи на наявність несправностей апаратного чи програмного забезпечення;
- відновлюваність (recoverability) – здатність продукту у разі переривання або невдачі відновити дані, які безпосередньо постраждали, і відновити бажаний стан системи.

6. Захищеність (security) – здатність продукту захищати інформацію та дані таким чином, щоб особи або інші продукти мали ступінь доступу до даних, який відповідає їх типам і рівням авторизації, а також захищатися від моделей атак зловмисників:

- конфіденційність (confidentiality) – здатність продукту гарантувати, що дані будуть доступні лише для тих, хто має право доступу;
- цілісність (integrity) – здатність продукту гарантувати, що стан його системи та даних захищено від несанкціонованої модифікації чи видалення через зловмисну дію чи комп’ютерну помилку;
- неспростування (non-repudiation) – здатність продукту доводити, що дії або події відбулися, так що події або дії неможливо буде спростувати пізніше;
- підзвітність (accountability) – здатність продукту забезпечувати однозначне відстеження дій суб’єкта до суб’єкта;



- автентичність (authenticity) – здатність продукту довести, що суб'єкт або ресурс є заявленим;

- стійкість (resistance) – здатність продукту підтримувати роботу під час атаки зловмисника.

7. Ремонтопридатність (maintainability) – здатність продукту модифікуватися призначеними супроводжувачами з ефективністю та ефективністю:

- модульність (modularity) – здатність продукту обмежувати зміни одного компонента від впливу на інші компоненти;

- аналітичність (reusability) – здатність продукту піддаватися ефективній та результативній оцінці щодо впливу запланованої зміни на одну чи більше його частин, діагностувати його на недоліки чи причини несправностей або ідентифікувати частини, які необхідно модифікувати;

- інтегрованість (integration) – здатність продукту інтегруватися в різні програмні середовища.

8. Гнучкість (flexibility) – здатність продукту адаптуватися до змін його вимог, контексту використання або системного середовища:

- адаптивність (adaptability) – здатність продукту бути ефективно й результативно адаптованою або перенесеною в інше апаратне забезпечення, програмне забезпечення чи інше робоче середовище або середовище використання

- масштабованість (scalability) – здатність продукту справлятися зі зростаючими або зменшуваними робочими навантаженнями або адаптувати свою потужність до змінних умов

- інстальованість (installability) – здатність продукту бути ефективно та ефективно встановлено та/або видалено у визначеному середовищі.

9. Безпечність (safety) – здатність продукту за певних умов уникати стану, в якому загрожує життю, здоров'ю людини, власності чи навколишньому середовищу:

– експлуатаційне обмеження (operational constraint) – здатність продукту обмежувати свою роботу в межах безпечних параметрів або станів при зустрічі з експлуатаційною небезпекою;

– ідентифікація ризиків (risk identification) – здатність продукту визначати хід подій або операцій, які можуть наражати життя, майно чи навколишнє середовище на неприйнятний ризик;

– відмовостійкість (fail safe) – здатність продукту автоматично переводити себе в безпечний робочий режим або повертатися до безпечного стану у разі збою;

– попередження про небезпеку (hazard warning) – здатність продукту надавати попередження про неприйнятні ризики для операцій або внутрішнього контролю, щоб вони могли реагувати в достатній час для підтримки безпечної роботи.

Для зручності опитування респондентів було розроблено Google форму. В якості респондентів вибрано 5 фахівців з галузі інформаційних технологій, 5 практикуючих лікарів та 5 пацієнтів з двох медичних закладів, де проходила апробацію дана система. Оцінка проводиться з клієнтської сторони пацієнта.

Для оцінки прояву кожного параметру пропонується використання 4 бальної системи оцінювання: 0 балів – показник не наявний, 1 бал – показник частково наявний (більше не наявний, ніж наявний), 2 бали – показник більше наявний, ніж не наявний, 3 бали – показник повністю наявний. Оцінювання параметру вважається позитивним, коли значення відповідного коефіцієнта – арифметичне значення його параметрів було не менше 1,5. Крім того слід зазначити, що критерій вважається не достатньо проявленим, якщо 50% його

показників були позитивними; прояв критерію критичний, коли він лежить у проміжку 50%-55%; достатній – 56%-75%; високий – 76%-100%.

Результати оцінювання системи за описаними критеріями представлено у таблиці В1 додатку В. Основні дані з оцінювання розмістимо в таблицях 4.1-4.9.

Таблиця 4.1

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм  
«Функціональна придатність»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	Функціональна повнота	2,40	100%
2.	Функціональна правильність	2,60	
3.	Функціональна відповідність	2,47	

Проміжні результати опитування за критерієм «Продуктивність» наведені у таблиці В.2, що розміщена у додатку В. Опрацьовані показники представлено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм  
«Продуктивність»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	Поведінка в часі	2,07	100%
2.	Використання ресурсів	2,80	
3.	Спроможність	2,47	

Проміжні результати опитування за критерієм «Сумісність» наведені у таблиці В.3, що розміщена у додатку В. Опрацьовані показники представлено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм «Сумісність»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	Співіснування	2,53	100%
2.	Взаємодія	2,13	
3.	Впливовість	2,40	

Проміжні результати опитування за критерієм «Можливість взаємодії» наведені у таблиці В.4, що розміщена у додатку В. Опрацьовані показники представлено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм

«Можливість взаємодії»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	Розпізнаваність відповідності	2,60	86%
2.	Здатність до навчання	2,33	
3.	Експлуатаційна придатність	2,20	
4.	Захист від помилок	2,73	
5.	Залучення користувачів	2,13	
6.	Інклюзивність	2,47	
7.	Допомога користувачам	1,47	

Проміжні результати опитування за критерієм «Надійність» наведені у таблиці В.5, що розміщена у додатку В. Опрацьовані показники представлено у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм «Надійність»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	Бездоганність	2,73	100%
2.	Доступність	2,53	
3.	Відмовостійкість	2,33	
4.	Відновлюваність	2,13	

Проміжні результати опитування за критерієм «Надійність» наведені у таблиці В.6, що розміщена у додатку В. Опрацьовані показники представлено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм «Захищеність»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	Конфіденційність	2,73	100%
2.	Цілісність	2,73	
3.	Неспростування	2,80	
4.	Підзвітність	2,2	
5.	Автентичність	2,93	
6.	Стійкість	2,13	

Проміжні результати опитування за критерієм «Ремонтопридатність» наведені у таблиці В.7, що розміщена у додатку В. Опрацьовані показники представлено у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм  
«Ремонтопридатність»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	модульність	2,20	100%
2.	аналітичність	2,40	
3.	інтегрованість	2,33	

Проміжні результати опитування за критерієм «Гнучкість» наведені у таблиці В.8, що розміщена у додатку В. Опрацьовані показники представлено у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм «Гнучкість»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	Адаптивність	2,07	100%
2.	Масштабованість	2,80	
3.	Інстальованість	2,47	

Проміжні результати опитування за критерієм «Ремонтопридатність» наведені у таблиці В.9, що розміщена у додатку В. Опрацьовані показники представлено у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

Показники оцінки якості програмного продукту за критерієм  
«Безпечність»

№	Показники критерію	Коефіцієнт показника	Проявлення критерію
1.	Експлуатаційне обмеження	2,20	100%
2.	Ідентифікація ризиків	2,07	
3.	Відмовостійкість	2,40	
4.	Попередження про небезпеку	2,33	

При аналізі ми не використовували вагу експертів. Тобто всі мають показник 1. Аналіз наведених результатів дозволяє встановити такі ступені проявлення критеріїв якості запропонованого програмного продукту: високий – за критеріями функціональна придатність, продуктивність, сумісність, надійність, захищеність, ремонтпридатність, продуктивність, безпечність; достатній – можливість взаємодії.

Це дає підстави стверджувати, що спроектована та реалізована у вигляді прототипу програмного продукту клієнтська частина є ефективною.

Результати досліджень представлені в наукових публікаціях здобувача [111, 112].

### **Висновки до четвертого розділу**

1. Здійснено програмну реалізацію прототипу медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями з реалізацією опитувальних листів для віддаленого моніторингу стану пацієнтів. Представлено структуру та вигляд інтерфейсу веб-

додатку та порядок роботи з системою для покращення процесів взаємодії лікаря та пацієнта.

2. Розроблено рекомендації щодо розгортання прототипу медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями для зручності використання запропонованого додатку.

3. Проведено оцінку якості програмного забезпечення на основі моделі якості ISO/IEC 25010:2023 Інженерія систем і програмного забезпечення – Вимоги та оцінка якості систем і програмного забезпечення (SQuaRE). Оцінка здійснювалася за дев'ятьма критеріями та показала ефективність впровадження розробленої системи. Встановлено такі ступені прояву критеріїв якості запропонованого програмного продукту: високий – за критеріями функціональна придатність, продуктивність, сумісність, надійність, захищеність, ремонтпридатність, продуктивність, безпечність; достатній – можливість взаємодії. Дана методика може використовуватись розробниками програмного забезпечення для відповідності якості програмних продуктів.



## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі було проаналізовано стан цифровізації сфери охорони здоров'я, структуру і функціональні можливості сучасних медичних інформаційних систем та сучасний стан захворюваності населення на цукровий діабет; здійснено моделювання системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями (що полягало у розробці: моделі опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, моделі підсистеми віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, моделі інформаційних потоків для процесів віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями); запропоновано метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з цукровим діабетом; розроблено алгоритми функціонування модулів системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями; здійснено програмну реалізацію прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями з реалізацією модулю опитувальних листів та модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань.

В результаті проведеного дисертаційного дослідження отримано такі основні наукові результати:

1. Аналіз цифровізації сфери охорони здоров'я України та нормативно-правової бази дозволив встановити, що наразі в медичну сферу впроваджено ряд технологій, зокрема запроваджено систему eHealth з центральною базою даних електронної системи охорони здоров'я; електронні лікарняні, електронні медичні картки пацієнтів, направлення, медичні висновки, електронні рецепти; облік медикаментів та їх виробництво; реєстрацію новонароджених; технології

дистанційного навчання та телемедицини; спостерігається активний розвиток медичних інформаційних систем та стандартів медичної допомоги; підвищено якість управління та моніторингу. В результаті аналізу виявлено недоліки, які полягають у відсутності: взаємодії між усіма медичними інформаційними системами в Україні; єдиної інтегрованої платформи; використання єдиної електронної бази даних у всіх медичних закладах та організаціях, які надають медичні послуги; відсутність опитувальних листів як засобу віддаленого моніторингу стану пацієнтів та відсутність електронного кабінету пацієнта для підвищення комунікативного зв'язку та інформованості лікарів та пацієнтів; методів кількісної індивідуальної оцінки тяжкості стану хворих. Проведений аналіз дозволив виявити обмежене застосування інтелектуальних технологій та вибіркоче застосування автоматизації окремих процесів. Аналіз сучасного стану захворюваності на цукровий діабет виявив показники високої смертності від наслідків даного захворювання та необхідність профілактики діабету, його ускладнень, що потребує розробки моделей, методів і засобів інтелектуального аналізу для прогнозування розвитку супуніх захворювань та технологій моніторингу стану пацієнтів.

2. Моделювання системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями передбачало розробку наступних моделей.

Модель опитувальних листів для систем віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що включає в себе загальну інформацію і спеціальну інформаційну складову, яку адаптовано до спеціалізації лікаря. Інтегрування модулю опитувальних листів в медичні інформаційні системи призведе до уніфікації документів, збільшить інформованість лікаря про поточний стан пацієнта та дозволить планувати прийом хворих в залежності від симптоматики, створить набір даних для процедур інтелектуального аналізу та прогнозування.

Модель модулю збирання первинної інформації засобами віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що включає в себе модуль збирання первинної інформації про стан пацієнтів засобами віддаленого моніторингу; блоку попередньої обробки даних; блоку передачі даних; блоку аналізу даних. Визначено взаємодію з медичними інформаційними системами. Впровадження даного модулю створює передумови запровадження електронного кабінету пацієнта для удосконалення процесів віддаленого обміну даними про поточний стан пацієнта з медичним персоналом та прискорення процесів отримання кваліфікованої медичної допомоги.

Модель інформаційних потоків для процесів віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями, що демонструє взаємозв'язки між компонентами існуючих медичних систем та модулем збирання первинної інформації про стан пацієнта; створює передумови програмно-апаратної реалізації.

3. При розробці системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями варто використовувати метод побудови модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань для пацієнтів з цукровим діабетом з використання алгоритмів інтелектуального аналізу даних. Проведений розвідувальний аналіз дозволив встановити залежності між хронічними захворюваннями, шкідливими звичками пацієнта та прогнозованим розвитком супутніх захворювань. Проведений кореляційно-регресійний аналіз статистики хронічних захворювань на основі набору даних американської організації Centers for Disease Control and Prevention, дозволив побудувати матрицю кореляційних показників для встановлення закономірностей між цукровим діабетом та іншими захворюваннями.

4. Для проектування віддаленої системи моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями було здійснено моделювання UML діаграм (побудовано діаграми прецедентів лікаря, пацієнта та

адміністратора системи, що демонструють дії користувачів системи), удосконалено функціональні алгоритми роботи віддаленої системи моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями з врахуванням впровадження модулю збирання первинної інформації.

5. Програмна реалізація прототипу системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом та іншими захворюваннями була розроблена на основі запропонованих моделей та алгоритмів з використанням модульного підходу та реалізацією модулю опитувальних листів.

На основі моделі якості ISO/IEC 25010:2023 було проведено оцінку якості програмного забезпечення, яка здійснювалася за дев'ятьма критеріями (функціональна придатність, продуктивність, сумісність, надійність, захищеність, ремонтпридатність, гнучкість, безпечність, можливість взаємодії) та показала ефективність впровадження розробленої системи. Дана методика може використовуватись розробниками програмного забезпечення для визначення відповідності програмних продуктів критеріям моделі.

Проведене дослідження не вичерпує всіх аспектів поставленої проблеми. Продовження наукового пошуку є доцільним у таких напрямках: побудова інтеграційного модулю віддаленого моніторингу засобами IoT (edge device), який базується на використанні широкого переліку засобів для отримання даних пацієнтів про їх поточний стан; обробка даних, що надходять з опитувальних листів та створення систем підтримки прийняття рішень щодо відхилень від нормальних показників та діагностування; удосконалення опитувальних листів для створення стандартних, уніфікованих форм первинного звернення пацієнтів на державному рівні; захист інформації для запобігання витоку персональних даних та даних, що становлять «лікарську таємницю» на всіх етапах формування, обробки, передачі та зберігання даних відповідно до чинного законодавства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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>.
2. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року. 2017. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/стратегія-сталого-розвитку-україни-до-2030-року>.
3. Ємець О. Цифровізація медицини: як держава та бізнес спільно будують ринок діджитал-послуг. 2023. URL: <https://dev.ua/blogs/posts/iemets-1688986704>.
4. Цифровізація сфери охорони здоров'я в 2023 р. 2023. URL: [https://www.dls.gov.ua/for\\_subject/цифровізація-сфери-охорони-здоров'я](https://www.dls.gov.ua/for_subject/цифровізація-сфери-охорони-здоров'я).
5. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про державні фінансові гарантії медичного обслуговування населення». 2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2168-19#n114>.
6. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Порядку вибору лікаря, який надає первинну медичну допомогу, та форми декларації про вибір лікаря, який надає первинну медичну допомогу». 2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0347-18#Text>.
7. Як розвивається mHealth в Україні? URL: <https://ehealth.gov.ua/2020/11/06/yak-rozvyvayetsya-mhealth-v-ukrayini/>.
8. Авраменко В. І., Качмар В. О. Формування основних напрямків розвитку інформаційних технологій в охороні здоров'я України на основі світових тенденцій. Український журнал телемедицини та медичної телематики. - 2011. - Том 9, № 2. - С. 5-15.
9. Електронна система охорони здоров'я в Україні. 2023. URL: <https://ehealth.gov.ua>.

10. Назірова Т.О., Костенко О.Б. Огляд моделей розвитку eHealth та наявних медичних інформаційних систем. Проблеми створення єдиного медико-інформаційного простору. Науковий вісник НЛТУ України Том 27 №10. 2017. DOI: 10.15421/40271027.
11. Самофалов Д.О. Публічне управління й адміністрування медичних інформаційних систем як основного інструменту інформаційно-комунікаційних технологій в охороні здоров'я України. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського Серія: Державне управління Том 32 (71) № 3. 2021. С. 48-54. DOI: 10.32838/TNU-2663-6468/2021.3/09.
12. Волошин С.О. Аналіз технологій створення медичних інформаційних систем. Медична інформатика та інженерія № 4. 2009 - С. 91-96. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mii\\_2009\\_4\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mii_2009_4_18).
13. Копняк К.В. Оцінювання ефективності впровадження медичних інформаційних систем. Економіка і організація управління № 2(26). 2017. С. 109–119.
14. Лещенко О.І., Бондаренко Г.С., Пенязенко В.І. Аналіз проблем побудови та захисту інформації розподіленої інформаційної системи медичних установ. Кібербезпека в Україні: правові та організаційні питання : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Одеса, 17 листопада 2017 р.). Одеса : Одеський державний університет внутрішніх справ, 2017. С. 171–173.
15. Міхнова А. В., Міхнов Д. К., Чиркова К. С. Модель спеціалізованої медичної інформаційної системи служби крові. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 5/2019. 2019. С. 75–82. DOI: 10.30929/1995-0519.2019.5.75-82.

16. Ключко О.М. Медична інформаційна система моніторингу стану здоров'я населення із захистом персональних даних. Медична інформатика та інженерія. № 1 2020. С. 17–28. DOI: 10.11603/mie.1996-1960.2020.1.11126.

17. Панасюк О.І., Плєскач В.Л., Стаценко В.В., Хомазюк В.А. Розробка медичної інформаційної системи для медичних закладів первинної ланки. Технології та інжиніринг, № 6, 2021. С. 9-18. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.6.1>.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. Online registration system. 2023. URL: <https://ors.gov.in>.

22. UtHealth. 2023. URL: <https://utthealtheasttexas.com>.

23. Portal “Moje VZP”. 2023. URL: <https://www.vzp.cz/e-vzp/moje-vzp>.

24. Elektronické komunikaci a Kartě života. 2023. URL: <https://eforms.zpmvcr.cz/eforms/ekomunikace?cmp=38FAFF>.

25. VITAKARTA. 2023. URL: <https://www.ozp.cz/elektronicka-komunikace/informace/vitakarta-online-informace>.

26. Vlaams patientenplatform. 2023. URL: <https://vlaamspatientenplatform.be/nl>.

27. Міністерство охорони здоров'я України. Персональні дані надійно захищені в електронній системі охорони здоров'я. 2018. URL: <http://moz.gov.ua/article/reform-plan/personalni-dani-nadijno-zahischeni-v-elektronnijsistemi-ohoroni-zdorov'ja>.
28. Постанова кабінету міністрів України “Деякі питання електронної системи охорони здоров'я” № 411 від 25 квітня 2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/411-2018-п#Text>.
29. Українська ІТ компанія “Doctor Eleks”. 2023. URL: <https://doctor.eleks.com/ehealth>.
30. Медична інформаційна система EMCiMED. 2023. URL: <https://emci.ua/products/emcimed>.
31. Інформаційні технології для медицини “МедІнфоСервіс”. 2023. URL: <https://www.infomed.ck.ua>.
32. Медична інформаційна система «Нейрон». 2023. URL: <https://neuron.aljur.com>.
33. МОЗ та USAID в Україні будуть покращувати електронні медичні сервіси. 2022. URL: <https://moz.gov.ua/article/news/moz-ta-usaid-v-ukraini-budut-pokraschuvati-elektronni-medichni-servisi->.
34. Use Your Words Carefully: What Is a Chronic Disease? 2019. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2016.00159/full>.
35. Самооцінка населенням стану здоров'я та рівня доступності окремих видів медичної допомоги у 2019 році. Державна служба статистики України. 2020. – С. 7.
36. Самооцінка населенням стану здоров'я та рівня доступності окремих видів медичної допомоги у 2020 році. Державна служба статистики України. 2021. – С. 7.



37. Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми “Здоров’я 2020: український вимір”. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/244717787>.
38. World health statistics 2023: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Global report 2023. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240074323>.
39. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, Pinkepank M, Ogurtsova K, Duncan BB, Stein C, Basit A, Chan JCN, Mbanya JC, Pavkov ME, Ramachandaran A, Wild SH, James S, Herman WH, Zhang P, Bommer C, Kuo S, Boyko EJ, Magliano DJ. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract.* 2022 Jan;183:109119. DOI: 10.1016/j.diabres.2021.109119.
40. Saeedi P, Petersohn I, Salpea P et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract* 157:107843. 2019. DOI: 10.1016/j.diabres.2019.107843.
41. Saeedi P, Salpea P, Karuranga S et al. Mortality attributable to diabetes in 20–79 years old adults, 2019 estimates: results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Research and Clinical Practice*, Volume 162:108086. 2020. DOI: 10.1016/j.diabres.2020.108086.
42. International Diabetes Federation. 2023. URL: <https://idf.org>.
43. Центр медичної статистики МОЗ України. Статистичні дані системи МОЗ. 2022. URL: <http://medstat.gov.ua/ukr/statdanMMXIX.html>.
44. Атлас: Діабет в Україні. Кількість людей з діабетом в Україні щороку зростає: з 2017 року статистика не ведеться. 2023. URL: <https://diabetesatlas.com.ua>.

45. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Положення про реєстр пацієнтів, що потребують інсулінотерапії» № 890. 2015. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0074-16#Text>.
46. Київська школа економіки. Україна може скоротити економічні втрати від цукрового діабету на 2,2 млрд грн щорічно – дослідження. 2020. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/ukrayina-mozhe-skorotiti-ekonomichni-vtrati-vid-tsukrovogo-diabetu-na-2-2-mlrd-grn-shhorichno-doslidzhennya>.
47. IDF Diabetes Atlas Reports. 2023. URL: <https://diabetesatlas.org/atlas-reports>.
48. Дистанційний моніторинг: мотивація пацієнтів. 2020. URL: <https://telemed24.ua/news/dystanciynnyu-monitoryng-motyvaciz-pacientiv>.
49. Korenivska O.L., Benedytskyi V.B., Andreiev O.V., Medvediev M.G. A system for monitoring the microclimate parameters of premises based on the Internet of Things and edge devices. *Journal of Edge Computing*, 2(2). 2023. Pp. 125–147. DOI: <https://doi.org/10.55056/jec.614>.
50. Lobanchykova N.M., Pilkevych I.A., Korchenko O.G. Analysis and protection of IoT systems: Edge computing and decentralized decision-making. *Journal of Edge Computing*, 1(1). 2022. Pp. 55–67. DOI: <https://doi.org/10.55056/jec.573>.
51. Ryabko A.V., Zaika O.V., Kukharchuk R.P., Vakaliuk T.A. Graph theory methods for fog computing: A pseudo-random task graph model for evaluating mobile cloud, fog and edge computing systems. *Journal of Edge Computing*, 1(1). 2022. Pp. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.55056/jec.569>.
52. Klymenko M.V., Striuk A.M. Design and implementation of an edge computing-based GPS tracking system. *Journal of Edge Computing*, 2(2). 2023. Pp. 175–189. DOI: <https://doi.org/10.55056/jec.634>.

53. Balyk N., Leshchuk S., Yatsenyak D. Design and implementation of an IoT-based educational model for smart homes: a STEM approach. *Journal of Edge Computing*, 2(2). 2023. Pp. 148–162. DOI: <https://doi.org/10.55056/jec.632>.

54. Nikitchuk T.M., Vakaliuk T.A., Chernysh O.A., Korenivska O.L., Martseva L.A., Osadchyi V.V. Non-contact photoplethysmographic sensors for monitoring students' cardiovascular system functional state in an IoT system. *Journal of Edge Computing*, 1(1). 2022. Pp.17–28. DOI: <https://doi.org/10.55056/jec.570>.

55. Ратушняк Р.М. Моніторинг використання ІоТ в медицині: відновлення здоров'я через інновації та технологічний прогрес. Всеукраїнська науково-технічна конференція «Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і Світу». Збірник тез. – К.: ДУІКТ, 2023. С. 120-127.

56. F. Liu, Z. Chen, J. Wang. Intelligent medical IoT system based on WSN with computer vision platforms. *Concurrency Computation Pract. Experience*, vol. 33, no. 12, 2021.

57. Cheng Y., Zhao X., Wu J., Liu H., Zhao Y., Shurafa M.A., Lee I. Research on the Smart Medical System Based on NB-IoT Technology. *Mobile Information Systems*, vol. 2021, 10 pages, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/7801365>.

58. Cao S., Lin X., Hu K., Wang L., Li W., Wang M., Le Y. Cloud Computing-Based Medical Health Monitoring IoT System Design. *Mobile Information Systems*, vol. 2021, 12 pages, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8278612>.

59. Kadhim K.T., Alsahlany A.M., Wadi S.M. et al. An Overview of Patient's Health Status Monitoring System Based on Internet of Things (IoT). *Wireless Pers Commun* 114. 2020. Pp. 2235–2262. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07474-0>.

60. Купратий І.Г., Паламар А.М. Комп'ютерна система для дистанційного моніторингу стану здоров'я пацієнтів. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» – Тернопіль. 2022. С. 142.

61. Палагнюк Д. М., Барась С. Т. Система дистанційного моніторингу. Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця. 2018. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/20862>.

62. Коваленко О.С., Козак Л.М., Романюк О.О., Маресова Т.А., Ненашева Л.В., Финяк Г.І. Мобільні застосунки у структурі сучасних медичних інформаційних систем. Керуючі системи та машини. 2018. № 4. С. 57-69. DOI: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.04.0057>.

63. Харковлюк-Балакіна Н. В., Горго Ю. П., Медвидчук К. В. Імплементация моніторингових технологій контролю стану здоров'я пацієнтів для населення територіальних громад. - Біомедична інженерія і технологія. № 4. 2020. С. 51-60. DOI: 10.20535/2617-8974.2020.4.221856.

64. Шевчук А. В., Морозов Д. С. Система дистанційного моніторингу пацієнтів в умовах Covid-19. Тези доповідей III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інформаційно-комп'ютерні технології: стан, досягнення та перспективи розвитку», 26–27 листопада 2020 року. Житомир: «Житомирська політехніка», 2020. С. 99-100.

65. Shkilniak, L., Wójcik, W., Pavlov, S., Vlasenko, O., Kanishyna, T., Khomyuk, I., et al. (2022). Expert Fuzzy Systems for Evaluation of Intensity of Reactive Edema of Soft Tissues in Patients with Diabetes. *Informatyka, Automatyka, Pomiarы W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 12(3), 59–63.

66. Pavlov S. V., Mezhiievska I. A., Wójcik W., Vlasenko O. V., Avrunin O. H., Volosovych O. S. Perspectives of the application of medical information

technologies for assessing the risk of anatomical lesion of the coronary arteries. 2023. Science, Technologies, Innovations №1(25) 2023, 44-55 p.

67. Wójcik W.; Mezhiievska I.; Pavlov S.V.; Lewandowski T.; Vlasenko O.V.; Maslovskiy V.; Volosovych O.; Kobylanska I.; Moskovchuk O.; Ovcharuk V.; et al. Medical Fuzzy-Expert System for Assessment of the Degree of Anatomical Lesion of Coronary Arteries. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, 20, 979.

68. 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.

69. Lovkin V. M., Subbotin S. A., Oliinyk A. O., Myronenko N. V. Method and Software Component Model for Skin Disease Diagnosis. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (1), 40.

70. Nikitchuk T.M., Andreiev O.V., Korenivska O.L., Medvediev M.G. Model of an automated biotechnical system for analyzing pulseograms as a kind of edge devices. *Journal of Edge Computing*, 2(1). 2023. Pp.64–83. DOI: <https://doi.org/10.55056/jec.627>.

71. S. Subbotin, G. Tabunshchuk, P. Arras, D. Tabunshchuk and E. Trotsenko. Intelligent Data Analysis for Individual Hypertensia Patient's State Monitoring and Prediction. 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Nur-Sultan, Kazakhstan, 2021, pp.1-4

72. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / С. В Павлов, О. Г. Аврунін, С. М. Злепко [та ін.] ; за ред. С. Павлова, О. Авруніна. – Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2019. – 260 с. – ISBN 978-617-7237-59-3.

73. Межієвська І. А., Павлов С. В., Кашаганова Г. Б., Масловський В. Ю., Штофель Д. Х., Волосович О. С. Застосування інформаційної технології

BLAST для пошуку мікроорганізмів, потенційних продуцентів біогенних магнітних наночасток, які призводять до серцевих захворювань. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології, 46(2). 2023. С. 117–123. DOI: 10.31649/1681-7893-2023-46-2-117-123.

74. Avrunin O.G., Nosova Y.V., Abdelhamid I.Y., Pavlov S.V., Shushliapina N.O., Wójcik W., Kisała P., Kalizhanova A. Possibilities of Automated Diagnostics of Odontogenic Sinusitis According to the Computer Tomography Data. *Sensors* 2021, 21, 1198. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21041198>.

75. Мельник А. О., Морозов Ю. В., Гаваньо Б. І., Гупало П. А. Біомедична кіберфізична система цілодобового моніторингу функцій легень у пацієнтів із Covid-19. Комп'ютерні системи та мережі - Львів: Видавництво Львівської політехніки. Vol. 2, № 1, 2020. DOI: 10.23939/csn2020.01.001.

76. Нікітчук Т. М., Коренівська О. Л., Коломієць Р. О., Морозов Д. С., Бенедицький В. Б. Біотехнічна система для визначення і моніторингу стану здоров'я студентів. Тези IV Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення» 18-20 листопада 2021 року. Житомир: «Житомирська політехніка», 2021. С. 89-90.

77. Nikitchuk T. M., Vakaliuk T. A., Andreiev O. V., Korenivska O. L., Osadchyi V. V., Medvediev M. G. Mathematical model of the base unit of the biotechnical system as a type of edge devices. *Journal of Physics: Conference Series*. 2022.

78. Nikitchuk T.M., Vakaliuk, T.A., Chernysh, O.A., Korenivska, O.L., Martseva, L.A., Osadchyi, V.V. Architecture for edge devices for diagnostics of students' physical condition. *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2850, 2021, Pages 45-56.

79. Valsalan P., Baomar T.A.B., Baabood A.H.O. IoT based health monitoring system - *Journal of critical reviews*, vol. 7. 2020. Pp. 739-743.

80. Zhong Y., Xu Z., Cao L. Intelligent IoT-based telemedicine systems implement for smart medical treatment. *Pers Ubiquit Comput* 27, 2023. Pp. 1429–1439. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00779-021-01633-1>.
81. Drăgulescu A.M.C., Manea A.F., Fratu O., et al. LoRa-Based Medical IoT System Architecture and Testbed. *Wireless Pers Commun* 126. 2022. Pp. 25–47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07235-z>.
82. Krishnan D. S. R., Gupta S. C., Choudhury T. An IoT based Patient Health Monitoring System. *International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE)*, Paris, France. 2018. Pp. 01-07, DOI: 10.1109/ICACCE.2018.8441708.
83. Dusun IoT. 7 переваг віддаленого моніторингу пацієнтів: скорочення витрат і покращення здоров'я. 2023. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/7-benefits-of-remote-patient-monitoring-reduce-costs-and-improve-health>.
84. Платформа для дистанційних консультацій між лікарем та пацієнтом «Telemed24». 2023. URL: <https://telemed24.ua>.
85. Закон України "Основи законодавства України про охорону здоров'я". 1993. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text>.
86. НМТ. Дистанційна діагностика як складова системи Телемедицини. 2023. URL: <https://nmt.com.ua/blog/tpost/79gjr8l21-distantina-dagnostika-yak-skladova-sist>.
87. Що таке Телемедицина? 2023. URL: <https://ehealth.gov.ua/2021/11/15/shho-take-telemedytsyna>.
88. Левківський В.Л. Аналіз структури та функціональних можливостей медичних інформаційних систем України. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. № 3(86), 2023. С. 111-118.
89. Левківський В.Л., Ярмоленко Д. А. Глікозильований гемоглобін (HbA1C), як метод діагностування. Тези доповідей III Всеукраїнської науково-

технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення», м. Житомир, 26 – 27 листопада 2020 р. – Житомир: Житомирська політехніка, 2020. С. 67-68.

90. 500 Cities: City Boundaries. 2023. URL: <https://chronicdata.cdc.gov/500-Cities/500-Cities-City-Boundaries/n44h-hy2j>

91. Yang F. -J. An Implementation of Naive Bayes Classifier. International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), Las Vegas, NV, USA. 2018. Pp. 301-306. DOI: 10.1109/CSCI46756.2018.00065.

92. Polynomial Regression. 2018. URL: <https://towardsdatascience.com/polynomial-regression-bbe8b9d97491>.

93. Шеремет О. І. Садовой. О. В. Метод опорних векторів (SVM). Мат. мод. № 1 (28). 2013. С.13-17.

94. Chopra, G., WHIG, P. A clustering approach based on support vectors. International Journal of Machine Learning for Sustainable Development. 2022. 4(1), 21-30.

95. Armstrong, R.A. Should Pearson's correlation coefficient be avoided? Ophthalmic Physiol. Opt. 2019, 39, 316–327.

96. Scikit-learn. Machine Learning in Python. 2023. URL: <https://scikit-learn.org/stable>.

97. Косуліна Н. Г., Ляшенко Г. А., Зотова О. С., Полянова Н. В. Метод найменших квадратів: навч.-метод. посіб. для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання інж спец. Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків: ХНТУСГ, 2020. 25 с.

98. Левківський В.Л. Моделі та методи удосконалення побудови медичних інформаційних систем. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки». №5 т.2 2023 (325). С. 54-59.



99. Levkivskyi, V., Lobanchykova, N., Marchuk, D. Research of algorithms of Data Mining. E3S Web of Conferences Volume 166, 05007. The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020). 2020.

100. Марчук Г.В., Левківський В.Л., Каліберда С.С. Інтелектуальний аналіз даних. Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. №1 (92). 2019, с. 65-70.

101. Левківський В. Л., Саламатов Д. І. Мова програмування python - потужний інструмент для розробки додатків зі штучним інтелектом. Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2020. С. 64–65.

102. Левківський В.Л. Дослідження алгоритмів інтелектуального аналізу статистичних даних медичного спрямування. Тези XI Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2020 (ІКТ-2020)», м. Житомир, 09 - 11 квітня 2020 р. – Житомир: Житомирська політехніка, 2020. С. 76-77.

103. Левківський В.Л., Штоюнда Н.В., Левченко А.Ю. Математичне моделювання систем регуляції глікемії пацієнтів з цукровим діабетом. Тези всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки. – Житомир : ЖДТУ, 2019. С. 87.

104. Левківський В.Л. Функціональні алгоритми роботи віддаленої системи діагностування стану пацієнтів. - Технічна інженерія, № 2(92) 2023. С. 118-124.

105. Дацюк Д.В., Левківський В.Л. Аналіз метрик узагальнення та оцінки компенсації цукрового діабету. Тези доповідей учасників Всеукраїнської конференції «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку», м. Дніпро: Національна металургійна академія України, 18 грудня 2019 р. С. 370-372.

106. Жулковський О.О., Жулковська І.І. Конспект лекцій з дисципліни «Якість програмного забезпечення та тестування» для студентів, що навчаються за напрямом 6.050103 – «Програмна інженерія».– Кам'янське: ДДТУ, 2018.– 71 с.

107. ISO/IEC 25010:2023 Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Product quality model. 2023. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:25010:ed-2:v1:en:sec:C.1>.

108. ISO/IEC/IEEE 90003:2018 Software engineering. Guidelines for the application of ISO 9001:2015 to computer software. 2023. URL: <https://www.iso.org/standard/74348.html>.

109. ISO 9001:2015 Quality management systems. Requirements. 2023. URL: <https://www.iso.org/standard/62085.html>.

110. ISO 9004:2018 Quality management. Quality of an organization. Guidance to achieve sustained success. 2023. URL: <https://www.iso.org/standard/70397.html>.

111. Моргунов Д.С., Левківський В.Л. Аналіз методів та метрик для моделювання системи автоматизованого контролю цукрового діабету. Тези доповідей учасників X Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2019» - Житомир: ЖДТУ, 18-20 квітня 2019 р. - с. 70-71.

112. Левківський В.Л. Концептуальні положення та технології побудови інформаційної системи віддаленого діагностування стану пацієнтів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського Серія: Технічні науки Том 31 (70) № 6 2020 Частина 1. С. 105-112.

## **ДОДАТКИ**

**Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про  
апробацію результатів дисертації**

**Статті у фахових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України з присвоєнням категорії «Б»:**

1. 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>

2. Левківський В.Л. Функціональні алгоритми роботи віддаленої системи діагностування стану пацієнтів. - Технічна інженерія, № 2(92) 2023. С. 118-124. DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2023-2\(92\)-118-124](https://doi.org/10.26642/ten-2023-2(92)-118-124)

3. Левківський В.Л. Моделі та методи удосконалення побудови медичних інформаційних систем. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки». №5 т.2 2023 (325). С. 54-59. DOI: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2023-325-5-54-59>

4. Марчук Г.В., Левківський В.Л., Каліберда С.С. Інтелектуальний аналіз даних. Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. - №1 (92) - 2019, с. 65-70. DOI: [https://doi.org/10.30837/bi.2019.1\(92\).11](https://doi.org/10.30837/bi.2019.1(92).11)

5. Левківський В.Л. Концептуальні положення та технології побудови інформаційної системи віддаленого діагностування стану пацієнтів. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського Серія: Технічні науки Том 31 (70) № 6 2020 Частина 1. С. 105-112. DOI: <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-1/18>

**Публікація у матеріалах міжнародної наукової конференції, що проіндексована у базі даних Scopus:**

6. Levkivskiy, V., Lobanchukova, N., Marchuk, D. Research of algorithms of Data Mining // E3S Web of Conferences Volume 166, 05007 (2020). The

International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020). URL: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/26/e3sconf\\_icsf2020\\_05007/e3sconf\\_icsf2020\\_05007.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/26/e3sconf_icsf2020_05007/e3sconf_icsf2020_05007.html)

**Публікація у матеріалах наукової конференції:**

7. Моргунов Д.С., Левківський В.Л. Аналіз методів та метрик для моделювання системи автоматизованого контролю цукрового діабету. Тези доповідей учасників X Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2019» - Житомир: ЖДТУ, 18-20 квітня 2019 р. - с. 70-71. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/06/32.pdf>

8. Левківський В.Л., Штоюнда Н.В., Левченко А.Ю. Математичне моделювання систем регуляції глікемії пацієнтів з цукровим діабетом. Тези всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки. – Житомир : ЖДТУ, 2019. – с. 87 URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/05/3-informatsijni-tehnologiyi.pdf>

9. Дацюк Д.В., Левківський В.Л. Аналіз метрик узагальнення та оцінки компенсації цукрового діабету. Тези доповідей учасників Всеукраїнської конференції «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку», м. Дніпро: Національна металургійна академія України, 18 грудня 2019 р. С. 370-372.

10. Левківський В.Л. Дослідження алгоритмів інтелектуального аналізу статистичних даних медичного спрямування. Тези XI Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2020 (ІКТ-2020)», м. Житомир, 09 - 11 квітня 2020 р. – Житомир: Житомирська політехніка, 2020. С. 76-77. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/76-1.pdf>

11. Левківський В. Л., Саламатов Д. І. Мова програмування python - потужний інструмент для розробки додатків зі штучним інтелектом.

Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2020. С. 64–65.

12. Левківський В.Л., Ярмоленко Д. А. Глікозильований гемоглобін (HbA1C), як метод діагностування. Тези доповідей III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення», м. Житомир, 26 – 27 листопада 2020 р. – Житомир: Житомирська політехніка, 2020. С. 67-68. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/67.pdf>

## Впровадження результатів наукового дослідження

**асклепій** 

ТОВ «Медичний Центр Асклепій Плюс»  
Код ЄДРПОУ 38004607. Ліцензія серія АЕ 460148 з 30.04.2014

Вих. № 368 від 8 грудня 2023

### ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження

**ЛЕВКІВСЬКОГО Віталія Леонідовича**

на тему «Моделі та методи обробки даних системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом»

на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

Дана довідка підтверджує, що науково-теоретичні та практичні результати дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення ЛЕВКІВСЬКОГО В.Л. проходили апробацію в роботі Медичного центру «Асклепій» (ТОВ «МЕДИЧНИЙ ЦЕНТР АСКЛЕПІЙ ПЛЮС»). Прототип медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з реалізацією модулю опитувальних листів для збору первинних даних були протестовані і частково впроваджені в роботу медичного закладу як додатковий альтернативний модуль медичної інформаційної системи. Використання опитувальних листів отримали позитивні відгуки медичного персоналу та клієнтів.

Удосконалення процесів комунікацій, підвищення інформованості лікарів про стан пацієнта та впровадження нових інформаційних технологій в систему охорони здоров'я є важливою задачею сьогодення. Підвищення якості надання медичних послуг є основною задачею кожного медичного закладу, тому запропоновані в роботі ЛЕВКІВСЬКОГО В.Л. моделі, методи та технології дозволяють розвивати ці напрямки удосконалення та підтверджують важливість отриманих наукових результатів та їх практичність.

Директор  
ТОВ «МЕДИЧНИЙ ЦЕНТР  
АСКЛЕПІЙ ПЛЮС»



Семеній Сергій



Спілкуйтесь з нами через чат-бот!

(098) 046 33 03 · (093) 170 01 03 · (095) 010 31 03  
Офіційний вебсайт: [www.asklepiy.com](http://www.asklepiy.com)



**стоматологія**

ТОВ «СТОМАТОЛОГІЯ 32»

ЄДРПОУ 36188610

Юридична адреса:

10012, м. Житомир, вул. Київська, 96

тел.: (0412) 447-032, 55-00-32

вих. № 12\_  
від «28» листопада 2023 року

### ДОВІДКА

**про впровадження результатів дисертаційного дослідження**  
«Моделі та методи обробки даних системи віддаленого моніторингу стану  
пацієнтів з цукровим діабетом»

**ЛЕВКІВСЬКОГО Віталія Леонідовича**

на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення,  
у галузі знань 12 Інформаційні технології

Дана довідка підтверджує, що науково-практичні результати дисертаційного дослідження ЛЕВКІВСЬКОГО В.Л. на тему «Моделі та методи обробки даних системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом», а саме прототип медичної інформаційної системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з реалізацією модулю опитувальних листів для збору первинних даних були протестовані і частково впроваджені в роботу медичного закладу ТОВ «СТОМАТОЛОГІЯ 32» підтвердили його працездатність, функціональну адаптованість та викликали зацікавленість медичного персоналу.

Важливість отриманих в роботі ЛЕВКІВСЬКОГО В.Л. наукових досліджень визначено тим, що інформатизація охорони здоров'я України перебуває на етапі розвитку і медичні заклади потребують нових рішень в цій сфері. Отримані рішення дозволять оптимізувати процес роботи лікарів з пацієнтами, їх інформованість щодо поточного стану пацієнта та покращити якість надання медичних послуг.

Керівник  
ТОВ «СТОМАТОЛОГІЯ 32»



Інна ЯРЕМЧУК





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**  
 Ministry of Education and Science of Ukraine, Zhytomyr Polytechnic State University

вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005  
 103, Chudnivska Str., Zhytomyr, Ukraine, 10005  
 Phone/fax: (0412) 24-14-22, 24-14-23, e-mail: rector@ztu.edu.ua, https://ztu.edu.ua, код ЄДРПОУ 05407870

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВІДПОВІДАЄ ДСТУ ISO 9001:2015  
 QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ISO 9001:2015

Від 11.12.2023 № 44-01.00/1588  
 На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

### ДОВІДКА

**про впровадження результатів дисертаційного дослідження**  
 аспіранта кафедри інженерії програмного забезпечення  
 Державного університету «Житомирська політехніка»  
**ЛЕВКІВСЬКОГО Віталія Леонідовича**  
 на тему «МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ СИСТЕМИ  
 ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ З ЦУКРОВИМ  
 ДІАБЕТОМ» в освітній процес  
 Державного університету «Житомирська політехніка»

Засвідчую, що науково-практичні результати дисертаційного дослідження ЛЕВКІВСЬКОГО В.Л., які полягають у використанні методів інтелектуального аналізу даних для автоматизації процесів аналізу та прийняття рішень та розробці алгоритмів обробки даних для побудови інформаційних технологій прикладного спрямування, використовуються в освітньому процесі факультету інформаційно-комп'ютерних технологій Державного університету «Житомирська політехніка» при підготовці фахівців за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп'ютерні науки» та 126 «Інформаційні системи та технології», а саме при викладанні дисциплін «Мови інтелектуального аналізу даних», «Моделювання та аналіз програмного забезпечення», «Конструювання програмного забезпечення».

Використання результатів дисертаційного дослідження ЛЕВКІВСЬКОГО В.Л. свідчать про їх актуальність, завершеність та цінність для впровадження в освітній процес закладів вищої освіти.

Проректор з  
 науково-педагогічної роботи



Андрій МОРОЗОВ

**Таблиці проміжних і допоміжних даних для аналізу експертного  
оцінювання системи**

Таблиця В.1

Результати оцінювання критерію «Функціональна придатність»

№ респондента	Показник		
	функціональна повнота	функціональна правильність	функціональна відповідність
1.	2	3	3
2.	3	3	3
3.	2	3	2
4.	2	2	2
5.	3	2	2
6.	3	3	3
7.	2	3	3
8.	2	2	2
9.	2	2	2
10.	3	3	3
11.	2	3	2
12.	2	3	3
13.	3	2	3
14.	3	3	2
15.	2	2	2
Середнє арифметичне	2,40	2, 60	2,47

Джерело: опрацьовано автором.

Таблиця В.2

## Результати оцінювання критерію «Продуктивність»

№ респондента	Показник		
	поведінка в часі	використання ресурсів	спроможність
1.	2	3	2
2.	2	3	2
3.	2	3	3
4.	1	2	2
5.	2	3	3
6.	3	3	3
7.	2	3	3
8.	1	3	3
9.	2	3	2
10.	3	3	3
11.	2	3	2
12.	2	3	2
13.	3	2	3
14.	3	2	2
15.	1	3	2
Середнє арифметичне	2,07	2,80	2,47

Джерело: опрацьовано автором.

Таблиця В.3

## Результати оцінювання критерію «Сумісність»

№ респондента	Показник		
	співіснування	впливовість	взаємодія
1.	2	2	1
2.	3	3	2
3.	3	3	3
4.	3	2	2
5.	2	2	2
6.	3	3	3
7.	2	2	3
8.	2	2	1
9.	2	2	2
10.	3	3	3
11.	2	2	2
12.	3	3	3
13.	3	3	2
14.	3	2	2
15.	2	2	1
Середнє арифметичне	2,53	2,40	2,13

Джерело: опрацьовано автором.

Таблиця В.4

## Результати оцінювання критерію «Можливість взаємодії»

№ респондента	Показник						
	розпізнаваність відповідності	здатність до навчання	експлуатаційна придатність	захист від помилок	залучення користувачів	інклюзивність	допомога користувачам
1.	3	2	2	3	2	2	2
2.	3	3	2	3	2	2	2
3.	2	2	2	3	2	3	1
4.	2	2	2	3	2	2	1
5.	3	3	2	3	2	3	1
6.	2	2	2	2	2	2	1
7.	3	3	3	3	2	3	1
8.	3	3	2	3	3	2	1
9.	3	2	3	3	2	3	2
10.	2	2	2	2	2	2	1
11.	3	2	2	3	3	3	2
12.	2	2	2	2	2	2	1
13.	3	3	2	3	2	3	2
14.	3	2	3	3	2	3	3
15.	2	2	2	2	2	2	1
Середнє арифметичне	2,60	2,33	2,20	2,73	2,13	2,47	1,47

Джерело: опрацьовано автором.

Таблиця В.5

## Результати оцінювання критерію «Надійність»

№ респондента	Показник			
	бездоганність	доступність	відмовостійкість	відновлюваність
1.	3	3	2	2
2.	2	2	2	2
3.	3	3	3	2
4.	3	3	2	2
5.	3	2	2	2
6.	2	3	3	2
7.	3	2	2	3
8.	3	3	2	2
9.	3	3	3	3
10.	3	3	2	2
11.	2	2	2	2
12.	3	2	3	2
13.	3	3	3	3
14.	3	2	2	2
15.	2	2	2	1
Середнє арифметичне	2,73	2,53	2,33	2,13

Джерело: опрацьовано автором.

Таблиця В.6

## Результати оцінювання критерію «Захищеність»

№ респондента	Показник					
	конфіденційність	цілісність	неспростування	підзвітність	автентичність	стійкість
1.	3	3	3	2	3	2
2.	3	3	3	2	3	2
3.	3	2	3	2	3	2
4.	2	3	3	2	3	2
5.	2	2	3	2	3	2
6.	3	3	2	2	3	2
7.	3	3	3	3	3	3
8.	3	3	3	2	3	2
9.	2	3	3	2	3	2
10.	3	3	3	3	3	2
11.	3	3	3	2	3	2
12.	3	3	3	2	3	2
13.	2	2	2	2	3	2
14.	3	3	3	3	3	3
15.	3	2	2	2	2	2
Середнє арифметичне	2,73	2,73	2,8	2,2	2,93	2,13

Джерело: опрацьовано автором.

Таблиця В.7

## Результати оцінювання критерію «Ремонтопридатність»

№ респондента	Показник		
	модульність	аналітичність	інтегрованість
1.	2	2	2
2.	2	3	3
3.	1	2	2
4.	2	3	2
5.	2	3	2
6.	3	2	2
7.	3	3	3
8.	2	2	2
9.	1	2	2
10.	3	3	3
11.	3	2	2
12.	2	2	2
13.	2	2	2
14.	3	3	3
15.	2	2	3
Середнє арифметичне	2,20	2,40	2,33

Джерело: опрацьовано автором.



Таблиця В.8

## Результати оцінювання критерію «Гнучкість»

№ респондента	Показник		
	адаптивність	масштабованість	інстальованість
1.	2	3	2
2.	2	3	2
3.	2	3	3
4.	1	2	2
5.	2	3	3
6.	3	3	3
7.	2	3	3
8.	1	3	3
9.	2	3	2
10.	3	3	3
11.	2	3	2
12.	2	3	2
13.	3	2	3
14.	3	2	2
15.	1	3	2
Середнє арифметичне	2,07	2,80	2,47

Джерело: опрацьовано автором.

Таблиця В.9

## Результати оцінювання критерію «Безпечність»

№ респондента	Показник			
	експлуатаційне обмеження	ідентифікація ризиків	відмовостійкість	попередження про небезпеку
1.	2	2	3	3
2.	2	2	3	3
3.	3	3	3	2
4.	2	2	3	2
5.	2	2	2	2
6.	2	3	3	3
7.	3	3	3	3
8.	2	2	2	2
9.	2	2	2	2
10.	3	1	2	2
11.	2	3	2	2
12.	2	2	2	2
13.	3	2	2	3
14.	2	1	2	2
15.	1	1	2	2
Середнє арифметичне	2,20	2,07	2,40	2,33

Джерело: опрацьовано автором.

## Зразки опитувальних листів



## Diabetes-Anamnesebogen / Опитувальний лист щодо анамнезу цукрового діабету

### Persönliche Daten / Персональні дані:

Name / Прізвище: .....

Vorname / Ім'я: .....

Geburtsdatum / дата народження: .....

Herkunftsland/ -ort / Країна/місце походження: .....

Staatsangehörigkeit / Національність: .....

Sprachkenntnisse / Знання мов: .....

### Kontakt Daten / Контактна інформація:

Telefonnummer / Номер телефону: .....

E-Mail / Електронна пошта: .....

Derzeitige Anschrift / Поточна адреса: .....

Telefonnummer des Dolmetschenden / Номер телефону перекладача: .....

### Gesundheitszustand (Bitte möglichst genau beantworten. Ihre Angaben werden streng vertraulich behandelt.) / Стан здоров'я (Будь ласка, відповідайте якомога точніше. Ваші дані зберігатимуться суворо конфіденційно.):

Welche Diabetesform liegt bei Ihnen vor? Bitte kreuzen Sie an. / Якого типу у вас діабет? Будь ласка, позначте.

- Typ-1-Diabetes / Діабет 1 типу
- Typ-2-Diabetes / Діабет 2 типу
- Schwangerschaftsdiabetes / Гестаційний діабет
- Andere Diabetesform / Інший тип діабету

Wann wurde Ihr Diabetes diagnostiziert? (Monat/Jahr) / Коли вам діагностували діабет? (місяць/рік) .....

Wie war Ihr letzter Blutzucker-Langzeitwert (HbA1c)? / Яким було ваше останнє довгострокове значення рівня глюкози в крові (HbA1c)? .....

Haben Sie Folgeerkrankungen des Diabetes? Bitte kreuzen Sie an. / Чи є маєте ви якісь вторинні захворювання, пов'язані з діабетом? Будь ласка, позначте.

- Herz / Серце
- Nieren / Нирки
- Augen / Очі
- Nerven (Beine/Füße) / Нервова система (ноги/стопи)
- Nein, ich habe keine Folgeerkrankungen. / Ні, я не маю жодних вторинних захворювань.

Haben Sie weitere Erkrankungen? Wenn ja, bitte geben Sie an, welche. / Чи є у вас інші захворювання? Якщо так, то вкажіть будь ласка, які саме. ....  
.....

Rauchen Sie? / Ви палите?

- Nein / Ні  
 Ja / Так

Sind Sie schon bei einem Allgemeinmediziner / Hausarzt? (Name) / Ви вже відвідували лікаря загальної практики/ сімейного лікаря? (Прізвище) .....

Soll der Allgemeinmediziner/ Hausarzt einen Bericht bekommen? / Чи повинен лікар загальної практики/сімейний лікар отримати висновок?

- Nein / Ні  
 Ja / Так

Sind Sie schwanger? / Ви вагітні?

- Nein / Ні  
 Ja / Так

Wenn ja, geben Sie bitte an, in welcher Schwangerschaftswoche Sie sind. / Якщо так, будь ласка, вкажіть, на яку тижні вагітності ви перебуваєте. ....

**Ihre bisherige Diabetes-Ausstattung, bitte ankreuzen. / Ваше попереднє обладнання для лікування діабету, будь ласка, відзначте.**

- Insulin-Pen / Інсулінова ручка  
 Insulinpumpe / Інсулінова помпа  
 Insulin-Spritzen / Інсулінові шприци  
 Blutzuckermessgerät / Глюкометр  
 Kontinuierliches Glukosemessgerät / Глюкометр безперервної дії  
 Hybrides Closed-Loop-System / Гібридна система із замкнутим контуром

**Diabetes-Medikamente und Insulin / Ліки від діабету та інсулін**

Welches Insulin nehmen Sie? Bitte geben Sie Zutreffendes an. / Який вид інсуліну ви приймаєте? Будь ласка, вкажіть те, що є застосовним.

- Ich nehme kein Insulin / Я не приймаю інсулін  
 Ich nehme folgendes Insulin / Я приймаю наступний вид інсуліну: .....

Welche blutzuckersenkenden Medikamente nehmen Sie? Bitte geben Sie Zutreffendes an. / Які препарати для зниження рівня цукру у крові ви приймаєте? Будь ласка, вкажіть те, що є застосовним.

- Ich nehme keine blutzuckersenkenden Medikamente / Я не приймаю жодних препаратів для зниження рівня цукру у крові  
 Ich nehme folgende blutzuckersenkenden Medikamente / Я приймаю наступні препарати для зниження рівня цукру у крові: .....

Nehmen Sie sonstige Medikamente? Bitte geben Sie Zutreffendes an. / Чи приймаєте ви якісь інші ліки? Будь ласка, вкажіть те, що є застосовним.

- Nein / Ні  
 Ja, ich nehme / Так, я приймаю: .....

**Medikamenten-/Spritz-Plan / Схема медикаментозного лікування/ін'єкцій:**

Insulin / Medikament Інсулін / Медикаменти	Dosis / Доза	Morgens / Ранок	Mittags / Полудень	Abends / Вечір	Vor dem Schlafen / Перед сном

Einen detaillierten Medikamenten-Plan auf Ukrainisch/Deutsch gibt es zum Download unter / Детальну схему медикаментозного лікування українською/німецькою мовою можна завантажити на сайті:  
<https://www.diabinfo.de/leben/info-ecke/informationen-auf-ukrainisch.html>

Welche Medikamente / Hilfsmittel benötigen Sie aktuell? / Які ліки/допоміжні засоби ви потребуєте у даний момент?

- Insulin-Pen / Інсулінова ручка
- Insulin-Spritzen / Інсулінові шприци
- Blutzuckermessgerät / Глюкометр
- Insulin / Інсулін
- Blutzuckersenkende Medikamente / Препарати, що знижують рівень цукру у крові
- Sonstiges / Інша інформація: .....

Weitere Informationen, die Sie für wichtig halten / Будь-яка інша інформація, яку ви вважаєте важливою:

.....

.....

.....

Herzlichen Dank für Ihre Bemühungen. / Дуже дякуємо за ваші зусилля.

.....  
Ort, Datum / Місце, дата

.....  
Unterschrift des Patienten / der Patientin / Підпис пацієнта

Informationen rund um Diabetes finden Sie unter / Інформацію про діабет можна знайти на сайті: <https://www.diabinfo.de/>

Informationen für Geflüchtete aus der Ukraine / Інформація для біженців з України:  
<https://www.diabinfo.de/leben/info-ecke/informationen-auf-ukrainisch.html>

Zahlreiche Seiten bieten wir auch auf Russisch an / Ми також пропонуємо безліч сторінок російською мовою:  
<https://www.diabinfo.de/ru/>

## Опитувальний лист для заповнення

ПІП хворого:

\_\_\_\_\_ прізвище \_\_\_\_\_ ім'я \_\_\_\_\_ по-батькові

**Вік хворого:**

15-25 років;  25-35 років;  35-45 років;  45-55 років;  старше 55 років

**Стать:**

чоловіча  жіноча

**Діагноз:**

сечокам'яна хвороба (СКХ)

**Звернення:**

первинне  повторне

**Лікування:**

амбулаторне  стаціонарне  диспансерний облік

**Раніше проводилося хірургічне втручання чи літотрипсія з приводу СКХ:**

так  ні

**СКХ в сімейному анамнезі:**

є  немає

**Скарги пацієнта:**

є  немає

(якщо пацієнт перебуває на диспансерному обліку і прийшов для коригування лікування на плановий огляд, не має скарг і повторно оцінити результати його лікування можна буде тільки через 2-6 місяців - пункти нижче потрібно заповнити тільки на день звернення)

0 - відсутність ознаки; 1 - незначна ступінь вираженості ознаки;  
2 - помірна ступінь вираженості ознаки; 3 - значна ступінь вираженості ознаки.

### Скарги пацієнта

### Ступінь вираженості симптому

	День звернення				На 7-10 день лікування				Через місяць після лікування			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Біль внизу живота	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Біль у попереку	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Біль у клубовій ділянці (повздошної області)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Біль під час сечовипускання	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Часті позиви до сечовипускання	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Домішки крові в сечі (макроематурія)	<input type="checkbox"/> так	<input type="checkbox"/> ні	<input type="checkbox"/> так	<input type="checkbox"/> ні	<input type="checkbox"/> так	<input type="checkbox"/> ні	<input type="checkbox"/> так	<input type="checkbox"/> ні	<input type="checkbox"/> так	<input type="checkbox"/> ні	<input type="checkbox"/> так	<input type="checkbox"/> ні



Важливо!

Інформація з опитувального листа буде витягнута за допомогою технологій інтелектуального розпізнавання документів. Мітки заповнюйте акуратно ручкою синього або чорного кольору.

**Лабораторні показники аналізу сечі**
**Результати аналізів**

	День звернення	На 7-10 день лікування	Через місяць після лікування
<b>pH</b>	<input type="checkbox"/> 5,0-6,0 <input type="checkbox"/> Менше 5,0 <input type="checkbox"/> Більше 6,0	<input type="checkbox"/> 5,0-6,0 <input type="checkbox"/> Менше 5,0 <input type="checkbox"/> Більше 6,0	<input type="checkbox"/> 5,0-6,0 <input type="checkbox"/> Менше 5,0 <input type="checkbox"/> Більше 6,0
<b>Білок, г/л (Протеїнурія)</b>	<input type="checkbox"/> Більше 0,065 <input type="checkbox"/> 0,033-0,065 <input type="checkbox"/> Менше 0,033 <input type="checkbox"/> Не виявлено	<input type="checkbox"/> Більше 0,065 <input type="checkbox"/> 0,033-0,065 <input type="checkbox"/> Менше 0,033 <input type="checkbox"/> Не виявлено	<input type="checkbox"/> Більше 0,065 <input type="checkbox"/> 0,033-0,065 <input type="checkbox"/> Менше 0,033 <input type="checkbox"/> Не виявлено
<b>Бактеріурія</b>	<input type="checkbox"/> Виявлена <input type="checkbox"/> Не виявлена	<input type="checkbox"/> Виявлена <input type="checkbox"/> Не виявлена	<input type="checkbox"/> Виявлена <input type="checkbox"/> Не виявлена
<b>Лейкоцитурія (кількість у полі зору)</b>	<input type="checkbox"/> 20-40 у полі зору <input type="checkbox"/> 9-20 у полі зору <input type="checkbox"/> 6-8 у полі зору або не виявлена	<input type="checkbox"/> 20-40 у полі зору <input type="checkbox"/> 9-20 у полі зору <input type="checkbox"/> 6-8 у полі зору або не виявлена	<input type="checkbox"/> 20-40 у полі зору <input type="checkbox"/> 9-20 у полі зору <input type="checkbox"/> 6-8 у полі зору або не виявлена
<b>Еритроцитурія (кількість у полі зору)</b>	<input type="checkbox"/> Більше 20 у полі зору <input type="checkbox"/> До 20 у полі зору <input type="checkbox"/> Не виявлена	<input type="checkbox"/> Більше 20 у полі зору <input type="checkbox"/> До 20 у полі зору <input type="checkbox"/> Не виявлена	<input type="checkbox"/> Більше 20 у полі зору <input type="checkbox"/> До 20 у полі зору <input type="checkbox"/> Не виявлена

**Локалізація конкрементів за даними УЗД:**

(можна відмітити декілька варіантів)

 чашечка   
  балія (лоханка)   
  сечовід (мочеточник)   
  сечовий міхур

**Дані УЗД**
**Результати аналізів, розміри конкременту**

	День звернення	Через місяць після лікування
<b>Розмір конкременту</b> <small>(можна відмітити декілька варіантів, якщо конкрементів більше одного)</small>	<input type="checkbox"/> Відсутній <input type="checkbox"/> Менше 0,3 см <input type="checkbox"/> 0,3 см - 1 см <input type="checkbox"/> 1 см - 2 см <input type="checkbox"/> Більше 2 см	<input type="checkbox"/> Відсутній <input type="checkbox"/> Менше 0,3 см <input type="checkbox"/> 0,3 см - 1 см <input type="checkbox"/> 1 см - 2 см <input type="checkbox"/> Більше 2 см

**Чи були алергічні реакції протягом лікування:**
 так     ні

Якщо були алергічні реакції, як ви їх оцінюєте:

 значні     незначні

**Оцінка результатів лікування:**

 Лікарем:     добре     задовільно     погано

 Пацієнтом:     добре     задовільно     погано


Важливо!

Інформація з опитувального листа буде витягнута за допомогою технологій інтелектуального розпізнавання документів. Мітки заповнюйте акуратно ручкою синього або чорного кольору.

Клініка \_\_\_\_\_ ID пацієнта \_\_\_\_\_

**Catquest-9SF 2011 / Опитувальний лист №1**

Ім'я \_\_\_\_\_

Адреса \_\_\_\_\_

Мета цього опитувального листа встановити які труднощі ви маєте у вашому щоденному житті з причини зниженої якості зору.

Завдяки цьому листу ми зможемо покращити нашу систему охорони здоров'я найкращим чином і тому ми дуже зацікавлені щоб ви максимально відверто відповідали на ці питання. Опитувальний лист містить питання щодо ваших труднощів, які спричинені порушеннями зору що пов'язані із певними повсякденними діями. Якщо ви використовуєте окуляри або контактні лінзи для зору вдаль та/або для зору на ближній дистанції, розумійте питання так, коли ви використовуєте ваші найкращі окуляри або контактні лінзи.

Питання в цьому опитувальному листі (Опитувальний лист №1) відносяться до періоду протягом останніх 4 тижнів.

Ми просимо вас також заповнити опитувальний лист приблизно через 3 місяці після операції (Опитувальний лист №2)

**Коли ви будете відповідати на питання на наступній сторінці** ви маєте думати тільки про труднощі, які можуть бути спричинені саме розладом зору. Ми розуміємо і цінуємо, що це може бути досить складно розрізнити чи тільки зір впливає на ваш стан, якщо у вас також є інші проблеми такі як болі у суглобах або запаморочення. Ми все одно попросимо вас спробувати відповісти на те, наскільки важливий саме ваш зір у вашій можливості виконувати певні дії.

Запитуючи про ваші складнощі, ми надаємо можливість обрати один із 3х варіантів відповіді. Ми називаємо їх **дуже великі складнощі, великі складнощі та певні складнощі**. Різні люди можуть розуміти це по різному. Спробуйте зрозуміти ці три варіанти як три рівні за розміром частини на шкалі від найбільшої до найменшої складності що спричинена вашим зором у виконанні певних дій.

**Це приклад, як ми уявляємо шкалу із трьома варіантами відповідей:**

Найбільші \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ найменші  
 дуже великі складнощі      великі складнощі      певні складнощі



**А. Чи вважаєте ви, що ваш зір на сьогодні якимось чином спричиняє вам складнощі у повсякденному житті?**

Так, дуже великі складнощі	Так, великі складнощі	Так, певні складнощі	Ні, ніяких ускладнень	Не можу відповісти
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Б. Чи ви задоволені чи не задоволені вашим зором на сьогодні**

Дуже незадоволений	Досить незадоволений	Досить задоволений	Дуже задоволений	Не можу відповісти
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**В. Чи маєте ви ускладнення із наступними діями, що спричинені вашим зором? Якщо так, то до якої міри? У кожному рядочку вкажіть тільки одну відповідь, яка найкращим чином відповідає вашій ситуації:**

	Так, дуже великі складнощі	Так, великі складнощі	Так, певні складнощі	Ні, ніяких ускладнень	Не можу відповісти
Читання тексту в друкованих газетах	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Розпізнавання обличь людей з якими ви зустрічаєтесь	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Читання цін товарів під час шопінгу	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Бачити нерівність поверхні по якій ходжу, наприклад бруківку	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Бачити щоб робити роботу руками типу роботи з деревом або шиття	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Читати субтитри на ТБ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Бачити щоб займатися вашим улюбленим хобі або діяльністю	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Щиро вдячні вам за співпрацю!**



## Опитувальний лист

### 1. Загальні дані

Прізвище, ім'я, по-батькові дитини \_\_\_\_\_

Вік дитини \_\_\_\_\_

Адреса \_\_\_\_\_

Контактний телефон (з можливістю використовувати Viber) \_\_\_\_\_

Дата проведення кохлеарної імплантації / початку використання слухових апаратів  
\_\_\_\_\_

Якою кохлеарною системою імплантована дитина / які слухові апарати  
використовуєте? \_\_\_\_\_

Скільки?  1  2

Додаткові неврологічні або інші порушення (ДЦП, зір, тощо) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### 2. Слухомовленнєвий розвиток

- ▶ Відсутність мовлення  так  ні
- ▶ Вимовляння окремих складів  так  ні
- ▶ Слова  так  ні
- ▶ Фраза/речення  так  ні

### 3. Наявність технічних засобів

- ▶ високошвидкісний інтернет  так  ні
- ▶ комп'ютер  так  ні, планшет  так  ні, телефон  так  ні
- ▶ можливість встановити Skype  так  ні
- ▶ можливість підключення процесора через Bluetooth або дрiт  так  ні

### 4. Дані для отримання зошиту:

- вкажіть адресу та номер відділення Нової пошти, за якою вам буде зручно отримати робочий зошит \_\_\_\_\_

- прізвище, ім'я, по-батькові та телефон отримувача  
\_\_\_\_\_

**Лістинг програмного коду системи**

```

                                admin.js
const crypto = require('crypto-js');

async function register(db, data) {
    const isLogin = await checkLogin(db, data.phoneNumber);

    let result = await db.promise().query('INSERT INTO user (passportId,
identityCode, name, lastname, surname, phoneNumber, email, type) VALUES
(?,?,?,?,?,?,?,?)',
        [data.passportId, data.identityCode, data.name, data.lastname,
data.surname, data.phoneNumber, data.email, data.type],
        (error, results) => {
            if (error) return res.json({error: error});
        });

    if(data.type == "doctor"){
        await db.promise().query('INSERT INTO doctor (experience, specialty)
VALUES (?,?)',
            [data.passportId, data.identityCode, data.name, data.lastname,
data.surname, data.phoneNumber, data.email, data.type],
            (error, results) => {
                if (error) return res.json({error: error});
            });
    }
    return result;
};

async function checkLogin(db, login) {
    try {
        let query = await db.promise().query('SELECT * FROM `user` WHERE
`phoneNumber` = ' + db.escape(login));
        return query[0];
    } catch (e) {
        console.log(e.message);
    }
}

```

```

    }
  };

  module.exports = {
    register: register
  };
}

User.js

const crypto = require('crypto-js');

async function register(db, data) {
  const isLogin = await checkLogin(db, data);
  try{
    if(!isLogin){
      data.password = crypto.SHA256(data.password).toString();

      let result = await db.promise().query('INSERT INTO user (passportId,
identityCode, name, lastname, surname, phoneNumber, email, password) VALUES
(?,?,?,?,?,?,?,?)',
      [data.passportId, data.identityCode, data.name, data.lastname,
data.surname, data.phoneNumber, data.email, data.password],
      (error, results) => {
        if (error) return res.json({error: error});
      });
      return result;
    }
  }catch (e) {
    return;
  }

  return;
};

async function checkLogin(db, data) {
  try {
    let query = await db.promise().query('SELECT * FROM `user` WHERE
`phoneNumber` = ' + db.escape(data.phoneNumber)

```

```

+ ' OR `passportId` = ' +
db.escape(data.passportId)
+ ' OR `identityCode` = ' +
db.escape(data.identityCode)
+ ' OR `email` = ' +
db.escape(data.email));
    let currentUser;
    if(query[0].length){
        currentUser = query[0].find(user => user.type == "user");
    }

    return currentUser;

} catch (e) {
    console.log(e.message);
}
};

```

```

module.exports = {
    register: register
};

```

database.js

```

const mysql = require("mysql2");
const db = require('../config/db.js');

const connection = mysql.createConnection({
    host: db.host,
    user: db.user,
    database: db.database,
    password: db.password
});

```

doctor.js

```

const express = require('express');
const crypto = require('crypto-js');

```

```

const router = express.Router();
const {isAccess, isDoctorAccess} = require("../services/controlAccess.js");

router.post('/search', (req, res) => {
  try {
    isAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/user/login");
      const query = 'SELECT * FROM `doctor` INNER JOIN `user` ON
doctor.userId = user.id WHERE `hospitalId` = ' + req.db.escape(req.body.hospitalId) + '
AND `specialty` = ' + req.db.escape(req.body.specialty);
      req.db.query(query,
        (err, records, fields) => {
          if (records) {
            res.status(200).send(records);
          } else {
            res.status(303).send();
          }
        }
      ));
    });
  } catch (e) {
    res.status(404).send();
  }
});

router.get('/login', (req, res) => {
  res.render('doctorLogin', {});
});

router.get('/admin', (req, res) => {
  isAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
    access && res.render('doctorAdmin', {});
    !access && res.redirect("/doctor/login");
  });
});

router.post('/login', (req, res) => {
  try {

```

```

        const query = 'SELECT * FROM `user` WHERE `email` = ' +
req.db.escape(req.body.login) + ' AND `password` = ' +
req.db.escape(crypto.SHA256(req.body.password).toString()) + ' AND `type` = ' +
"'doctor'";

req.db.query(query,
  (err, results, fields) => {
    if (results.length > 0) {
      let session = crypto.AES.encrypt(req.body.login + "-" +
results[0].id + "-" + Date.now(), "key").toString();
      session = session.replace("/[\\%+]/g", "");
      const date = new Date().toJSON().slice(0, 10);

      let sessionResult = req.db.query('INSERT INTO sessions
(session, date) VALUES (?,?)',
        [session, date],
        (error, results) => {
          if (error) res.status(500).send();
          else {
            res.cookie("liveSession", session, {maxAge: 24 *
60 * 60 * 1000, httpOnly: true}, {
              encode: String
            }).send('cookie set');
          }
        });
    } else {
      res.status(303).send();
    }

  });
} catch (e) {
  res.status(404).send();
}
});

router.post('/patient', (req, res) => {
  try {
    isAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/doctor/login");
    });
  }
});

```

```

        const query = 'SELECT * FROM `cardrecord` WHERE `patientId` = ' +
req.db.escape(req.body.patientId) + ' AND type = ' + "'features'" + ' OR type = ' +
"'diagnosis'";
        req.db.query(query,
            (err, results, fields) => {
                if (results) {
                    res.status(200).send(results);
                } else {
                    res.status(303).send();
                }
            });
    });

} catch (e) {
    res.status(404).send();
}
});

router.post('/records', (req, res) => {
    try {
        isDoctorAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
            !access && res.redirect("/user/login");
            const email = access;
            const query = 'SELECT * FROM `cardrecord` WHERE `patientId` = ' +
req.db.escape(req.body.patientId);
            req.db.query(query,
                (err, results, fields) => {
                    if (results) {
                        res.status(200).send(results);
                    } else {
                        res.status(303).send();
                    }
                });
        });
    });
});

```



```

    } catch (e) {
      res.status(404).send();
    }
  });

router.post('/addRecord', (req, res) => {
  try {
    isDoctorAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/user/login");
      const date = new Date().toJSON().slice(0, 10);
      const description = req.db.escape(req.body.description);

      req.db.query('INSERT INTO cardrecord (patientId, type, description,
date) VALUES (?, ?, ?, ?)',
        [req.body.patientId, req.body.type, description, date],
        (error, results) => {
          if (error) res.status(500).send();
          else {
            res.status(200).send();
          }
        });
    });
  } catch (e) {
    res.status(404).send();
  }
});

router.post('/removeCardRecord', (req, res) => {
  try {
    isDoctorAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/user/login");

      const query = 'DELETE FROM cardrecord WHERE cardrecord.id = ' +
req.body.recordId + ' AND cardrecord.patientId = ' + req.body.patientId;

```

```

        req.db.query(query,
            function (err, result) {
                if (err) res.status(500).send();
                res.status(200).send();
            });
    });

    } catch (e) {
        res.status(404).send();
    }
});

module.exports = router;

```

pharmacist.js

```

const express = require('express');
const crypto = require('crypto-js');
const moment = require('moment');
const router = express.Router();
const {isAccess, isPharmacistAccess} = require("../services/controlAccess.js");

router.get('/login', (req, res) => {
    res.render('pharmacistLogin', {});
});

router.get('/admin', (req, res) => {
    isPharmacistAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
        access && res.render('pharmacistAdmin', {});
        !access && res.redirect("/pharmacist/login");
    });
});

router.post('/login', (req, res) => {
    try {
        const query = 'SELECT * FROM `user` WHERE `email` = ' +
req.db.escape(req.body.login) + ' AND `password` = ' +
req.db.escape(crypto.SHA256(req.body.password).toString()) + ' AND `type` = ' +
"'pharmacist'";

```

```

req.db.query(query,
  (err, results, fields) => {
    if (results.length > 0) {
      let session = crypto.AES.encrypt(req.body.login + "-" +
results[0].id + "-" + Date.now(), "key").toString();
      session = session.replace("/[\%+\/]/g", "");
      const date = new Date().toJSON().slice(0, 10);

      let sessionResult = req.db.query('INSERT INTO sessions
(session, date) VALUES (?,?)',
        [session, date],
        (error, results) => {
          if (error) res.status(500).send();
          else {
            res.cookie("liveSession", session, {maxAge: 24 *
60 * 60 * 1000, httpOnly: true}, {
              encode: String
            }).send('cookie set');
          }
        });
    } else {
      res.status(303).send();
    }
  });
} catch (e) {
  res.status(404).send();
}
});

router.post('/search', (req, res) => {
  try{
    isPharmacistAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/pharmacist/login");

      const query = 'SELECT user.passportId, user.name, user.lastname,
user.surname, cardrecord.description, cardrecord.date FROM `cardrecord` INNER JOIN
`user` ON user.id = cardrecord.patientId WHERE cardrecord.id = ' + req.body.id;

```

```

    req.db.query(query,
      (err, results, fields) => {
        if (results && results.length > 0) {
          res.send(results[0]);
        } else {
          res.status(303).send();
        }
      });
  });
}
catch (e){
  res.status(400).send();
}
});

router.post('/history', (req, res) => {
  try{
    isPharmacistAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/pharmacist/login");

      const query = 'SELECT * FROM `sales` WHERE sales.recipeId = ' +
req.db.escape(req.body.recipeId);
      req.db.query(query,
        (err, results, fields) => {
          if (results && results.length > 0) {
            res.send(results);
          } else {
            res.status(303).send();
          }
        });
    });
  }
  catch (e){
    res.status(400).send();
  }
});

```

```

router.post('/addHistory', (req, res) => {
  try {
    isPharmacistAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/pharmacist/login");

      req.db.query('INSERT INTO sales (recipeId, description) VALUES (?,?)',
        [req.body.recipeId, req.body.description],
        (error, results) => {
          if (error) res.status(303).send();
          else {
            res.status("200").send();
          }
        });
    });
  } catch (e) {
    res.status(404).send();
  }
});

module.exports = router;

```

hospital.js

```

const express = require('express');
const crypto = require('crypto-js');
const router = express.Router();
const {isAccess} = require("../services/controlAccess.js");

router.get('/search', (req, res) => {
  try {
    isAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/user/login");
      const query = 'SELECT * FROM `hospital` WHERE `name` LIKE ' +
req.db.escape("%" + req.query.name + "%");
      req.db.query(query,
        (err, records, fields) => {
          if (records) {
            let data = [];

```

```

        records.forEach((record)=>{
            data.push({
                title: record.name + " - " + record.city,
                id: record.id
            });
        });
        res.status(200).send(data);
    } else {
        res.status(303).send();
    }
});

});

} catch (e) {
    res.status(404).send();
}
});

```

```
module.exports = router;
```

```
dynamic.js
```

```

const express = require('express');
const router = express.Router();
const osmosis = require('osmosis');

router.get('/news', async (req, res) => {
    try{
        let news = [];

        osmosis
            .get('https://moz.gov.ua/novini')
            .find('div.health__single')
            .set({
                'imgLink': '.health__single-img@src',
                'recordLink': '.health__single-img-link@href',
                'header': '.health__single-desc-heading',
                'shortInfo': '.health__single-desc-text',
            })

```

```

        'date': '.health__single-desc-date'
    })
    .data(function (data) {
        news.push(data);
    })
    .done((data) =>{
        res.render('news', {news: news});
    });
}
catch (e){
    res.status(400).send();
}
});

```

```
module.exports = router;
```

#### register.js

```

const express = require('express');
const crypto = require('crypto-js');
const router = express.Router();
const {isAccess, isAccessToId} = require("../services/controlAccess.js");

router.post('/getRegisters', (req, res) => {
    try {
        isAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
            !access && res.redirect("/user/login");
            const query = 'SELECT * FROM `registration` WHERE `doctorId` = ' +
req.db.escape(req.body.doctorId) + ' AND `date` > ' + req.db.escape(new
Date().toISOString().slice(0, 19).replace('T', ' '));
            req.db.query(query,
                (err, records, fields) => {
                    if (records) {
                        res.status(200).send(records);
                    } else {
                        res.status(303).send();
                    }
                });
        });
    }
});

```

```

    } catch (e) {
      res.status(404).send();
    }
  });

  router.post('/todayRegisters', (req, res) => {
    try {
      isAccessToId(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
        !access && res.redirect("/user/login");
        doctorId = access;
        let date = new Date();
        date.setTime(date.getTime() + 1000 * 60 * 60 * 24); //temporary
functionality - use next day

        let today = date.toISOString().slice(0, 11).replace('T', ' ') +
"00:00:00";
        let finishToday = today.replace("00:00:00", "23:00:00");

        const query = `SELECT email, user.id, user.passportId, name,
lastname, surname, phoneNumber FROM `registration` INNER JOIN user on
registration.userId = user.id WHERE `doctorId` = ' + req.db.escape(doctorId) + ' AND
`date` > ' + req.db.escape(today) + ' AND `date` < ' + req.db.escape(finishToday);
        req.db.query(query,
          (err, records, fields) => {
            if (records) {
              res.status(200).send(records);
            } else {
              res.status(303).send();
            }
          });
      });
    } catch (e) {
      res.status(404).send();
    }
  });

```



```

router.post('/add', (req, res) => {
  try {
    isAccessToId(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/user/login");
      const userId = access;

      const query = 'SELECT * FROM `registration` WHERE `userId` = ' +
req.db.escape(userId) + ' AND `date` > ' + req.db.escape(new
Date().toISOString().slice(0, 19).replace('T', ' '));
      req.db.query(query,
        (err, records, fields) => {
          if (records.length >= 5) {
            res.status(202).send();
          }
        });

      req.db.query('INSERT INTO registration (userId, doctorId, date)
VALUES (?, ?, ?)',
        [userId, req.body.doctorId, req.body.date],
        (error, results) => {
          if (error) res.status(500).send();
          else {
            res.status(200).send();
          }
        });
    });
  } catch (e) {
    res.status(404).send();
  }
});

router.post('/records', (req, res) => {
  try {
    isAccessToId(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
      !access && res.redirect("/user/login");
      const userId = access;

```

```

        const query = 'SELECT registration.id, user.name, user.lastname,
user.surname, registration.date, doctor.specialty FROM `registration` INNER JOIN
`doctor` ON doctor.userId = registration.doctorId INNER JOIN `user` ON user.id =
doctor.userId WHERE registration.userId = ' + userId + ' AND `date` > ' +
req.db.escape(new Date().toISOString().slice(0, 19).replace('T', ' '));
        req.db.query(query,
            (err, records, fields) => {
                if (records) {
                    res.status(200).send(records);
                } else {
                    res.status(303).send();
                }
            });
    });

} catch (e) {
    res.status(404).send();
}
});

router.post('/remove', (req, res) => {
    try {
        isAccessToId(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
            !access && res.redirect("/user/login");
            const userId = access;

            const query = 'DELETE FROM registration WHERE registration.id = ' +
req.db.escape(req.body.recordId) + ' AND userId = ' + userId;
            req.db.query(query,
                function (err, result) {
                    if (err) res.status(500).send();
                    res.status(200).send();
                });
        });
    } catch (e) {

```

```

        res.status(404).send();
    }
});

module.exports = router;

                                settings.js

const express = require('express');
const crypto = require('crypto-js');
const router = express.Router();

const {isAccess, isAccessToId} = require("../services/controlAccess.js");

router.post('/password', (req, res) => {
    try {
        isAccessToId(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
            !access && res.redirect("/user/login");
            const userId = access;

            let query = `UPDATE `user` SET password = ' +
req.db.escape(crypto.SHA256(req.body.newPassword).toString()) + ' WHERE id = ' + userId
+ ' AND password = ' + req.db.escape(crypto.SHA256(req.body.oldPassword).toString());
            req.db.query(query,
                (error, results) => {
                    if (error) res.status(500).send();
                    else if (results.affectedRows) {
                        res.status(200).send();
                    } else {
                        res.status(303).send();
                    }
                });
        });
    } catch (e) {
        res.status(404).send();
    }
});

```

```
module.exports = router;
```

```
common.js
```

```
const express = require('express');
```

```
const router = express.Router();
```

```
router.get('/home', (req, res) => {
```

```
  res.render('home', {});
```

```
});
```

```
router.get('/cookie', (req, res) => {
```

```
  res.cookie("liveSession", '', {expires: new Date(0)});
```

```
  res.redirect('/');
```

```
});
```

```
router.get('/contact', (req, res) => {
```

```
  res.render('contact', {});
```

```
});
```

```
router.get('/services', (req, res) => {
```

```
  res.render('services', {});
```

```
});
```

```
router.get('/answers', (req, res) => {
```

```
  res.render('answers', {});
```

```
});
```

```
router.get('/senks', (req, res) => {
```

```
  res.render('senks', {});
```

```
});
```

```
module.exports = router;
```

```
router.js
```

```
const express = require('express');
```

```
const router = express.Router();
```

```

router.get('/', function (req, res) {
  res.render('index', {});
});

router.get('/contact', function (req, res) {
  res.render('contact', {});
});
module.exports = router;

                                helper.js
const express = require('express');
const crypto = require('crypto-js');
const moment = require('moment');
const router = express.Router();
const {isHelperAccess} = require("../services/controlAccess.js");

router.get('/login', (req, res) => {
  res.render('helperLogin', {});
});

router.get('/admin', (req, res) => {
  isHelperAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
    access && res.render('helperAdmin', {});
    !access && res.redirect("/helper/login");
  });
});

router.post('/login', (req, res) => {
  try {
    const query = 'SELECT * FROM `user` WHERE `email` = ' +
req.db.escape(req.body.login) + ' AND `password` = ' +
req.db.escape(crypto.SHA256(req.body.password).toString()) + ' AND `type` = ' +
"'helper'";
    req.db.query(query,
      (err, results, fields) => {
        if (results.length > 0) {

```

```

        let session = crypto.AES.encrypt(req.body.login + "-" +
results[0].id + "-" + Date.now(), "key").toString();
        session = session.replace("/[\%+\/]/g", "");
        const date = new Date().toISOString().slice(0, 10);

        let sessionResult = req.db.query('INSERT INTO sessions
(session, date) VALUES (?,?)',
            [session, date],
            (error, results) => {
                if (error) res.status(500).send();
                else {
                    res.cookie("liveSession", session, {maxAge: 24 *
60 * 60 * 1000, httpOnly: true}, {
                        encode: String
                    }).send('cookie set');
                }
            });
    } else {
        res.status(303).send();
    }

});
} catch (e) {
    res.status(404).send();
}
});

router.get('/search', (req, res) => {
    try {
        isHelperAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
            !access && res.redirect("/helper/login");
            const query = 'SELECT * FROM `user` WHERE `passportId` LIKE ' +
req.db.escape("%" + req.query.name + "%") + 'OR `identityCode` LIKE ' +
req.db.escape("%" + req.query.name + "%") + ' LIMIT 10';
            req.db.query(query,
                (err, records, fields) => {
                    if (records) {
                        let data = [];

```

```

        records.forEach((record)=>{
            data.push({
                title: record.name + " - " + record.lastname + " -
" + record.surname + " - " + record.passportId,
                id: record.id
            });
        });
        res.status(200).send(data);
    } else {
        res.status(303).send();
    }
});

});

} catch (e) {
    res.status(404).send();
}
});

router.post('/getInfo', (req, res) => {
    try {
        isHelperAccess(req.db, req.headers.cookie).then((access) => {
            !access && res.redirect("/helper/login");
            const query = "SELECT user.passportId, user.name, user.lastname,
user.surname, cardrecord.type, cardrecord.description, cardrecord.date FROM `user`
INNER JOIN `cardrecord` ON cardrecord.patientId = user.id WHERE `passportId` = " +
req.db.escape(req.body.id);
            req.db.query(query,
                (err, records, fields) => {
                    if (records) {
                        res.status(200).send(records);
                    } else {
                        res.status(303).send();
                    }
                });
        });
    }
});

```

```
    });  
  
    } catch (e) {  
        res.status(404).send();  
    }  
});
```

```
module.exports = router;
```



Відомості про апробацію результатів дисертаційного дослідження

Левківського Віталія Леонідовича

«Моделі та методи обробки даних системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом»

зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення»

### **Масові науково-практичні заходи міжнародного рівня**

1. X Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2019». (Україна, м. Житомир, Житомирський державний технологічний університет, 18-20 квітня 2019 року) Форма участі – виступ на секційному засіданні, публікація тез доповіді на тему *«Аналіз методів та метрик для моделювання системи автоматизованого контролю цукрового діабету»* у збірнику матеріалів конференції.

2. The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020). Kryvyi Rih, Ukraine, 2020. Форма участі – виступ на секційному засіданні, публікація тез доповіді на тему *«Research of algorithms of Data Mining»* у збірнику матеріалів конференції.

3. XI Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2020 (ІКТ-2020)». (Україна, м. Житомир, Державний університет «Житомирська політехніка», 09 - 11 квітня 2020 р.) Форма участі – виступ на секційному засіданні, публікація тез доповіді на тему *«Дослідження алгоритмів інтелектуального аналізу статистичних даних медичного спрямування»* у збірнику матеріалів конференції.

### **Масові науково-практичні заходи всеукраїнського рівня**

1. Всеукраїнська конференція «Молодь і наука. Практика інноваційного пошуку». (Україна, м. Дніпро, Національна металургійна академія України, 18 грудня 2019 р.) Форма участі – заочна, публікація тез

доповіді на тему *«Аналіз метрик узагальнення та оцінки компенсації цукрового діабету»* у збірнику матеріалів конференції.

2. Всеукраїнська науково-практична on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвячена Дню науки. (Україна, м. Житомир, Житомирський державний технологічний університет, 15–17 травня 2019 року) Форма участі – виступ на секційному засіданні, публікація тез доповіді на тему *«Математичне моделювання систем регуляції глікемії пацієнтів з цукровим діабетом»* у збірнику матеріалів конференції.

3. Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. (Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький національний університет, 24-26 березня 2020 р.) Форма участі – заочна, публікація тез доповіді на тему *«Мова програмування python - потужний інструмент для розробки додатків зі штучним інтелектом»* у збірнику матеріалів конференції.

4. III Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення». (Україна, м. Житомир, Державний університет «Житомирська політехніка», 26 – 27 листопада 2020 р.) Форма участі – виступ на секційному засіданні, публікація тез доповіді на тему *«Глікозильований гемоглобін (HbA1C), як метод діагностування»* у збірнику матеріалів конференції.

5. Розширене засідання кафедри інженерії програмного забезпечення Державного університету «Житомирська політехніка» у вигляді міжкафедрального семінару (Україна, м. Житомир, Державний університет «Житомирська політехніка», 12 грудня 2023 року). Форма участі – виступ з презентацією за результатами дисертаційного дослідження на тему *«Моделі та методи обробки даних системи віддаленого моніторингу стану пацієнтів з цукровим діабетом»*.