

Левківський В.Л.

Державний університет «Житомирська політехніка»

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВІДДАЛЕНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ

У статті представлено розробку інформаційної системи для віддаленого діагностування стану пацієнтів. Описано основні концептуальні положення, модулі для програмної реалізації, структуру бази даних системи, особливості реалізації базового функціоналу інформаційної системи.

Проведений аналіз предметної сфери дозволив визначити основні аспекти побудови інформаційної системи віддаленого діагностування стану пацієнтів. З огляду на ситуацію у країні і по всьому світу електронна медицина як ніколи є актуальною, і переваги таких систем не тільки можуть покращити послуги медичних закладів, а й допомогти зберегти людське життя. Огляд аналогів і виявлення суперечностей між наявними можливостями та потребами показав, що головними функціями майбутньої системи мають бути: оптимізація процесу роботи лікарів із пацієнтами; можливість віддаленого діагностування стану пацієнтів; оптимізація часу, який витрачають лікар і пацієнт на прийом.

Метою роботи є розробка програмного додатку, спеціалізованої системи для оптимізації роботи з пацієнтами медзакладів для покращення сервісу надання медичних послуг. Відповідно до мети роботи окреслено такі завдання: визначення основних процесів роботи медичних закладів та аналіз можливості перенесення їх в електронний вигляд; визначення алгоритмів та архітектури, що дозволять реалізувати поставлену мету; реалізацію додатку з можливістю підтримки та подальшого розвитку; тестування системи, остаточні висновки після аналізу результатів тестування. Об'єктом дослідження є процес роботи працівників медичних закладів із пацієнтами та допоміжних процесів. Предметом дослідження є оптимізація робочих процесів медичних закладів із використанням сучасних інформаційних технологій.

Було вирішено основні завдання та реалізовано базовий функціонал для інформаційної системи віддаленого діагностування стану пацієнтів.

Ключові слова: інформаційна система, централізована система, додаток для роботи з пацієнтами, діагностування, лікар, пацієнт, діагноз, захворювання.

Постановка проблеми. Сфера охорони здоров'я в нашому житті відіграє не останню роль. Хочемо ми цього чи ні, але нам доводиться відвідувати медзаклад, спілкуватися з медпрацівниками. На це бувають різні причини: захворювання, профілактичні обстеження, проходження планового медогляду, хронічні хвороби. Візити до медзакладу можуть бути одноразовими, але здебільшого є регулярними консультаціями. Кожен візит потребує якогось часу і досить часто виявляється не таким швидким, як хотілося б. Особливо гостро ця задача постала за умов світової пандемії, спричиненої коронавірусною хворобою (COVID-19). Тому питання мінімізації часу візиту до лікаря та можливості відділеного діагностування стану пацієнтів є доволі актуальною.

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 і лікарських засобів за програмою медичних гарантій кожна особа повинна мати закріпленого договором сімейного лікаря (лікаря, який надає первинну медичну допомогу) [1; 2]. Всі проблеми зі здоров'ям вирішуємо, звернувшись насамперед до сімейного лікаря, котрий має відповідну медичну документацію на кожного пацієнта – медичну картку. Досі ця документація ведеться в паперовому вигляді. Досить часто зустрічаються випадки втрати медичних карток (або з вини медзакладу, або з провини пацієнта), і важливі медичні записи за кілька, а то і десятки років зникають – відновити майже неможливо, а інколи такі записи могли врятувати життя людини.

Інколи виникає необхідність звернутися по допомогу до закладу охорони здоров'я в чужому місті, в якому ми не маємо закріпленого сімейного лікаря, і, відповідно, у медпрацівників відсутня інформація про історію наших захворювань (наша паперова

медкартка в іншому медзакладі). Відсутність інформації може вплинути на поставлені діагнози та прийняті рішення стосовно лікування, що може бути небезпечним для нашого здоров'я та життя.

Всі вищепераховані проблеми можна вирішити за допомогою електронної медицини. Медицини, в якій не буде «прив'язаний» один пацієнт виключно до одного медзакладу; медицини, в якій пацієнт не буде просиджувати в черзі до лікаря більше часу, ніж на прийомі; медицини, в якій медичні записи пацієнта будуть берегти й ефективно використовувати заради збереження і покращення здоров'я.

Проведені дослідження показали, що лікарі задають одні і ті самі питання кожному пацієнтові, і це забирає багато часу як лікаря, так і пацієнта, тому питання оптимізації цієї процедури шляхом мінімізації та автоматизації є актуальною.

Централізована інформаційна система віддаленого діагностування стану пацієнтів створюється з метою перенесення процесів роботи медичної сфери в онлайн-режим для оптимізації процесів і покращення сервісу надання медичних послуг. У нашій роботі проведемо дослідження процесу розробки й особливостей реалізації інформаційної системи віддаленого діагностування стану пацієнтів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні тенденції доводять, що розвиток електронних ресурсів, швидке надання послуг громадянам є пріоритетними завданнями держави, й електронна медицина не є винятком. Введення в експлуатацію системи eHealth та її постійна підтримка на державному рівні це підтверджують. Однак аналіз системи показав відсутність модулю віддаленого діагностування стану пацієнтів, а сама реалізація знаходиться на початковій стадії [3]. Відповідно до визначених векторів і стратегічного бачення Стратегії сталого розвитку України до 2030 р. один із фокусів направлений на забезпечення ефективної системи охорони громадського здоров'я, надання належних медичних послуг, що неможливе без використання сучасних інформаційних технологій [4].

В.І. Авраменко [5] зазначає, що широке впровадження інформаційних технологій у поєднанні з організаційними змінами в медичних закладах дозволить за порівняно короткий термін досягнути суттєвого підвищення ефективності роботи закладів охорони здоров'я, підвищити якість лікування та діагностики. Важливим напрямом розвитку системи охорони здоров'я є створення єдиного медичного інформаційного простору, який дозволить обмінюватися та спільно викорис-

товувати дані пацієнтів, котрі лікувалися у різних медичних закладах.

У статті [6] досліджуються алгоритми інтелектуального аналізу даних, які на основі правил і обчислень дозволяють створити модель, що аналізує дані, здійснюючи пошук певних закономірностей і тенденцій. Шляхом дослідження алгоритмів інтелектуального аналізу даних було розроблено моделі та методи для встановлення впливу одних хронічних захворювань на інші. Розроблені методи були реалізовані в системі інтелектуальної обробки даних. Проведені дослідження свідчать про перспективність використання методів інтелектуального аналізу даних для підвищення якості медичної допомоги пацієнтам.

У роботі О. Чабан та О. Бойко [7] розглянуто стан впровадження медичних інформаційних систем в Україні та за кордоном. Досліджено та проаналізовано проблеми створення єдиного медико-інформаційного простору. Автори зазначають, що інформатизація охорони здоров'я є лише питанням часу і, звичайно, потребує значних капіталовкладень. Загалом розвиток ІТ для охорони здоров'я може виступити одним із важливих факторів, які могли б пришвидшити в українській медицині реальні реформи й еволюцію в напрямку покращення охорони здоров'я та надання якісних медичних послуг населенню.

З огляду на ситуацію у країні та по всьому світу електронна медицина є як ніколи актуальною, і всі вищепераховані переваги таких систем не тільки можуть покращити послуги медичних закладів, а й допомогти зберегти людське життя.

Постановка завдання. Основна ціль розробки централізованої системи для роботи з пацієнтами – оптимізація процесу роботи лікарів із пацієнтами, можливість віддаленого діагностування стану пацієнтів і покращення якості медичних послуг. Оптимізація процесу дозволить зменшити час, який витрачають лікар і пацієнт на прийом; зменшити кількість лікарських помилок; дозволить краще контролювати здоров'я пацієнта та зменшить ризики інфекційного захворювання як для пацієнта, так і для лікаря. Система надаватиме швидкий доступ лікарю до даних пацієнта, а пацієнт зможе відстежувати записи лікаря та інші дані медичної картки в особистому кабінеті.

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

Під час розробки онлайн-системи важливо розробити програмну платформу, яка буде максимально інтуїтивно зрозумілою і простою 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 у житті: пацієнт, лікар, аптекар.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основні функції системи реалізовано модульним підходом, оскільки під час розробки було використано Node.js та Express.js. Модульний підхід був обраний через те, що він 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. Кожен модуль – відповідає за певний маршрут системи, або описує задані функціональні вимоги.

На рис. 1 представлена загальна схема модулів із вказаними маршрутами. Розглянемо ці модулі детальніше:

– ControlAccess – модуль, що відповідає за перевірку користувачів під час входу. Він застосовується у більшості модулів інших ролей системи та перевіряє користувача і його роль. Якщо корис-

тувач не має доступу, то модуль не дозволить виконати функціонал. За допомогою нього контролюються права ролей у 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. Цей модуль контролює підключення. У разі втрати підключення до бази даних модуль відновлює підключення і контролює постійно стан підключення. Для одного процесу система створює одне підключення. У разі подальшого масштабування системи та запуску декількох одночасно node.js процесів модуль дозволить організувати підключення на кожному із процесів. Отримане підключення до бази даних передається до інших модулів системи і не перетворюється на нові, що позитивно впливає на оптимізацію системи.

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

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

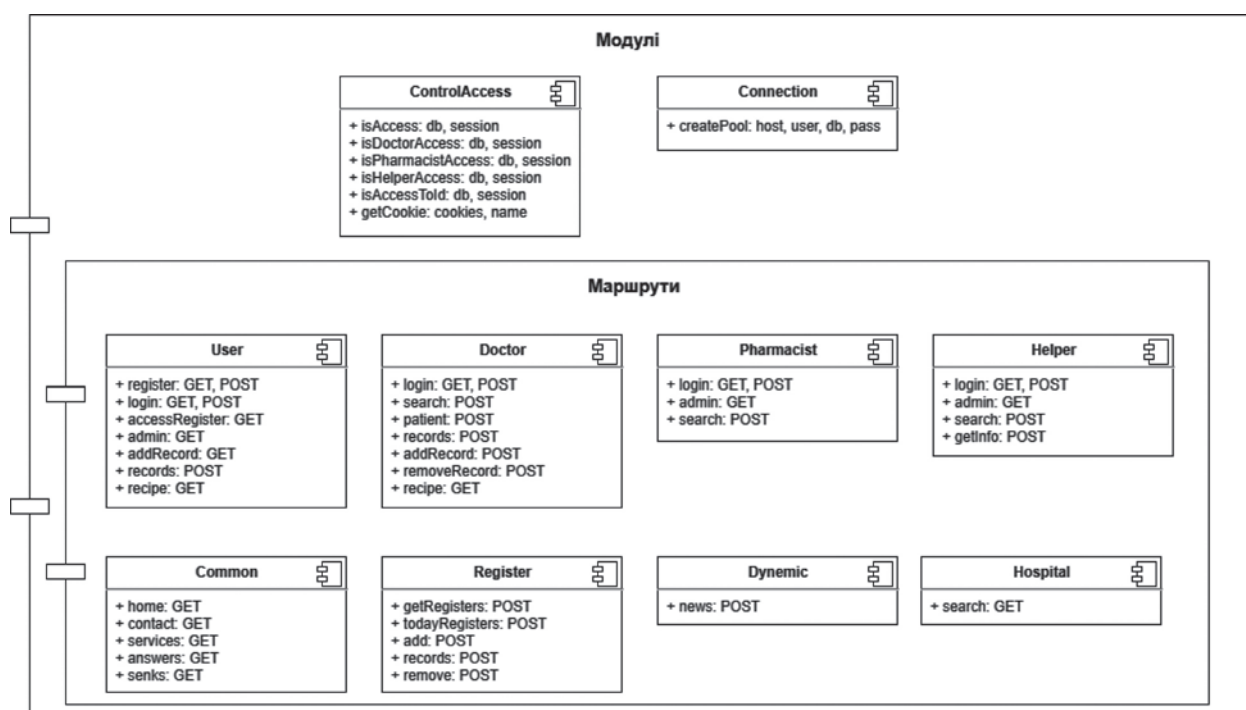


Рис. 1. Основні модулі системи

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

– Pharmacist – модуль відповідає за основні функції та 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 у системі.

– Hospital – модуль відповідає за пошук необхідного медзакладу для запису.

– Common – модуль відповідає за загальні маршрути та сторінки додатку.

– Dynemic – модуль відповідає за загальні маршрути та веб-сторінки, що динамічно генеруються і здатні змінюватися з часом. Він реалізує перевикористання інформації з інших ресурсів.

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 нашій системі – це зашифрована інформація, що дозволяє системі ідентифікувати користувача та його роль у системі.

На рис. 2 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 і додатково контролюватимуться зі сторони сервера. Це дозволить уникнути використання перехоплених куків, у яких завершився строк дії. Node.js дозволяє оброблювати інформацію з куків і встановлювати їх на стороні клієнта без додаткової реалізації функціоналу чи передачі куків за допомогою додаткових запитів. Під час входу в систему куки користувачеві буде автоматично згенеровано та передано в його браузер.

Для збереження даних у системі використовуємо MySQL. Цю систему управління базами даних було обрано через її швидкість, безпечність і можливість гнучко масштабуватися, що є важливим аспектом для централізованої системи. База даних знаходитиметься на окремо відведеному сервері від основного веб-додатку. Таким чином, сервер бази

Name	Value	D..	P..	Expires / Max-Age	S...
liveSession	U2FsdGVkX1%2Fng1kdEx0DFtN4coK3N3scuh8e1YD0m2HrQsgEGfAgyj5HGz3r1%2B2m	I...	/	2020-06-01T11:34:43.564Z	79

Рис. 2. Приклад куків, що генерує система

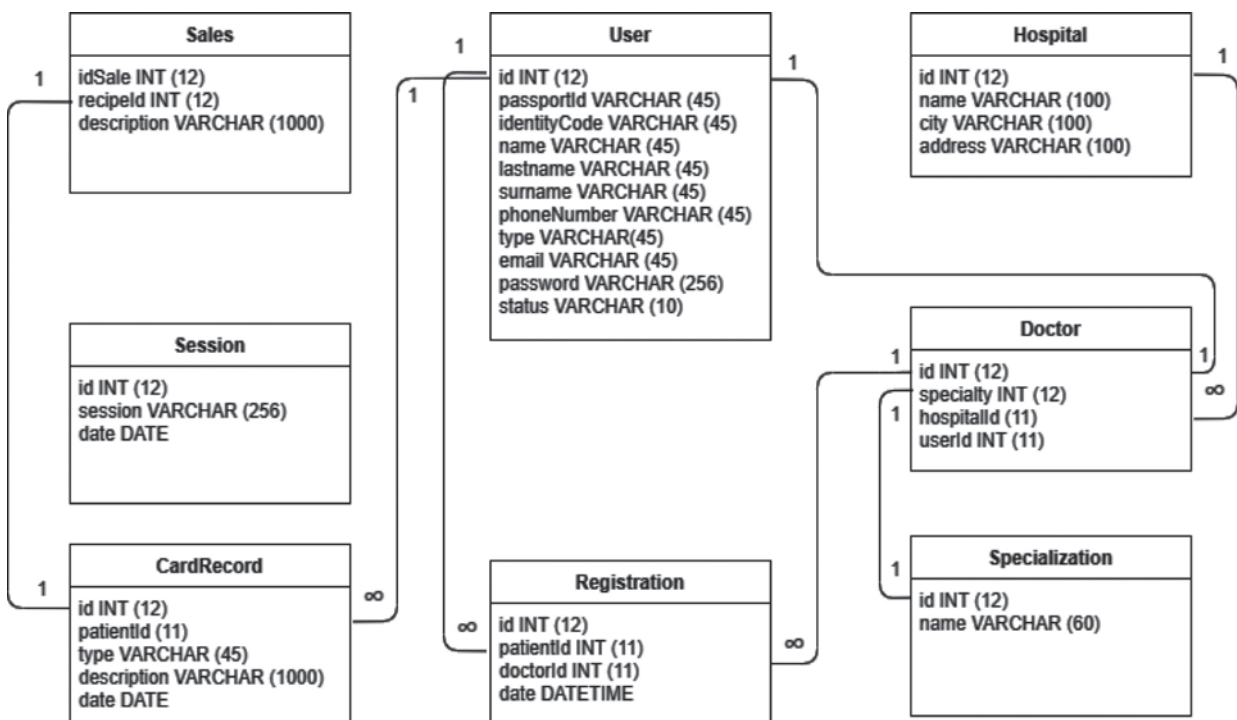


Рис. 3. Основні таблиці бази даних

даних не залежатиме від навантаження на сервера, на якому розмішуватимуться процеси додатку. Це дозволить масштабувати базу даних надалі.

На рис. 3 наведено основні таблиці бази даних інформаційної системи. Розглянемо детальніше основні:

- таблиця `User` міститиме основні дані про людину, що буде зареєстрована в системі. Незалежно від ролі користувача запис буде внесено в цю 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`, яке дозволить контролювати процес завершення реєстрації в системі. Поля `passportId` та `identityCode` використовуються для збереження коду паспорта та ідентифікаційного номера. Ця інформація необхідна для ідентифікації користувача в реальному житті. Це як для лікаря, котрий перевіряє, чи той пацієнт на прийомі у нього, так і для кожної ролі. За необхідності можна буде ідентифікувати персон у системі. Поле `email` використовується для збереження електронної адреси користувача. Це 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`. Ця таблиця має зв'язки з таблицями `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` і `Registration`;

- таблиця `CardRecord` відповідатиме за записи в медичній картці пацієнтів. Кожен запис у медичній картці матиме свою дату й опис. Залежно від виду запису в медичну карту буде задаватися тип запису (поле `type` у таблиці). У цій 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;

- таблиця `Hospital` зберігатиме коротку інформацію про лікарню. Ця інформація використовуватиметься під час реєстрації пацієнта на прийом. Кожен лікар буде пов'язаний із цією таблицею. Відповідно, у системі лікар повинен буде належати до однієї з лікарень;

- таблиця `Registration` зберігатиме всі реєстрації на прийом до лікаря і зв'язуватиме пацієнта з лікарем. Під час реєстрації на прийом записи будуть додаватися в таблицю. Якщо ж пацієнт скасує прийом, записи видаляться. На основі цієї таблиці буде будуватися робочий графік лікаря.

- таблиця `Specialization` міститиме спеціалізацію лікарів. Ця таблиця використовується для нормалізації бази даних і її оптимізації. Якщо не використовували цю таблицю, то тоді спеціальність лікаря необхідно було б записувати в таблицю `Doctor`. Це призвело б до дублювання і збільшення розмірів бази;

- таблиця `Sales` 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. У цю таблицю також введено спеціальне поле `description`, яке 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 рецептом інший аптекар бачитиме цей опис і повторно вже не продасть препарати, що вже були видані пацієнту. Такий підхід забезпечить безпечно і правомірне використання рецептів, що дійсно важливо, якщо рецепт містить сильнодіючі препарати;

- таблиця `Sessions` міститиме куки, за її допомогою буде відбуватися контроль за доступом до відповідних даних. Збереження куків у базі даних необхідне для покращення безпеки системи. Потрібно чітко контролювати дату куків і 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 рис. 4 показано один із вузлів системи, реалізованої за допомогою цього патерну.

Цей вузол відповідає за авторизацію в системі. Як можемо бачити, на першому проміжному обробнику відбувається підключення до бази даних, яке передається до наступного обробника, у 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 цей стан.

Було вирішено основні завдання та реалізовано базовий функціонал для інформаційної системи оптимізації віддаленого діагностування стану пацієнтів. Головна сторінка системи наведена на рис. 5. Після входу на сайт користувач може ознайомитися з основною інформацією про систему та перейти до сторінки авторизації, обравши відповідну роль у системі.

На рис. 6 показано, як виглядає електронна картка пацієнта. Інформація в медичній картці розділена на типи: записи пацієнта, записи лікаря, діагнози, обстеження, рецепти, особливості пацієнта. Медична картка має зручний і простий фільтр, що дозволяє користувачу фільтрувати записи за типами. Кожен тип інформації в картці має свій колір для швидкої орієнтації. Кожен запис містить тип, дату створення й опис. Подібна медична картка доступна лікарю під час прийому пацієнта.

Висновки. У статті наведено основні цілі та завдання для реалізації системи віддаленого діагностування стану пацієнтів, проаналізовано етапи та методи розробки поставленої задачі, визначено вибір інструментів для ефективного вирішення поставленого завдання.

Було вирішено основні завдання, такі як:

- оптимізація процесу роботи лікарів із пацієнтами;
- можливість віддаленого діагностування стану пацієнтів;
- оптимізація часу, який витрачають лікар і пацієнт на прийом.

У роботі використано практики сучасної розробки, проектування архітектури програмного забезпечення, тестування та розгортання систем. Система може бути використана в медичних закладах незалежно від їхнього статусу: державні

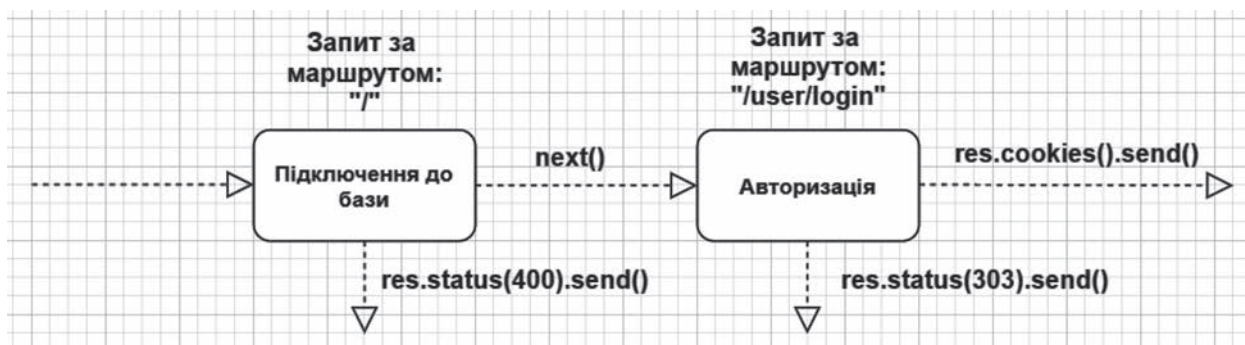


Рис. 4. Реалізація проміжних обробників

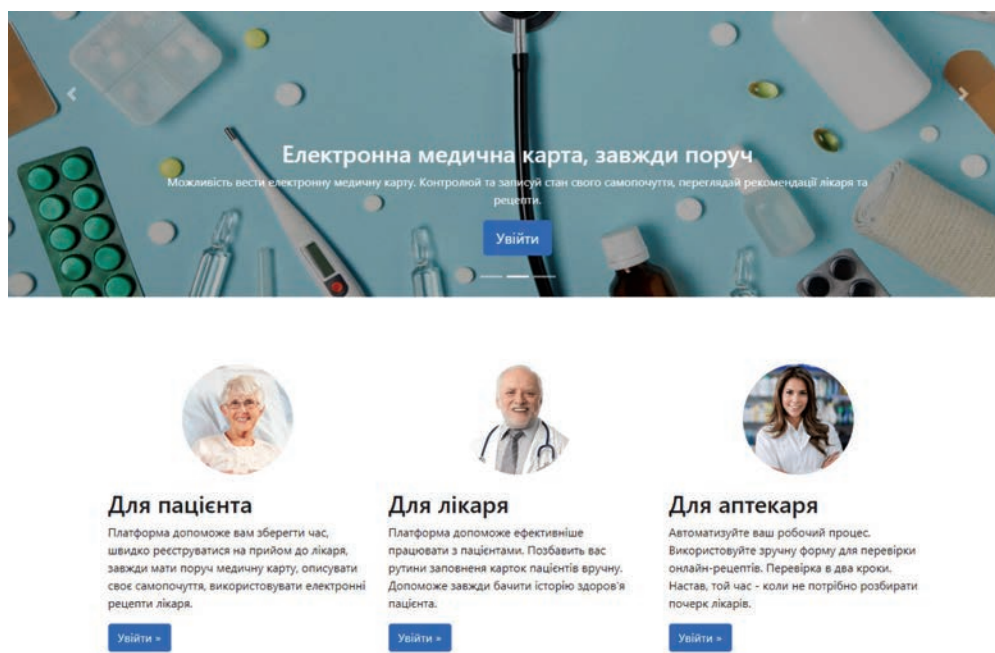


Рис. 5. Головна сторінка системи

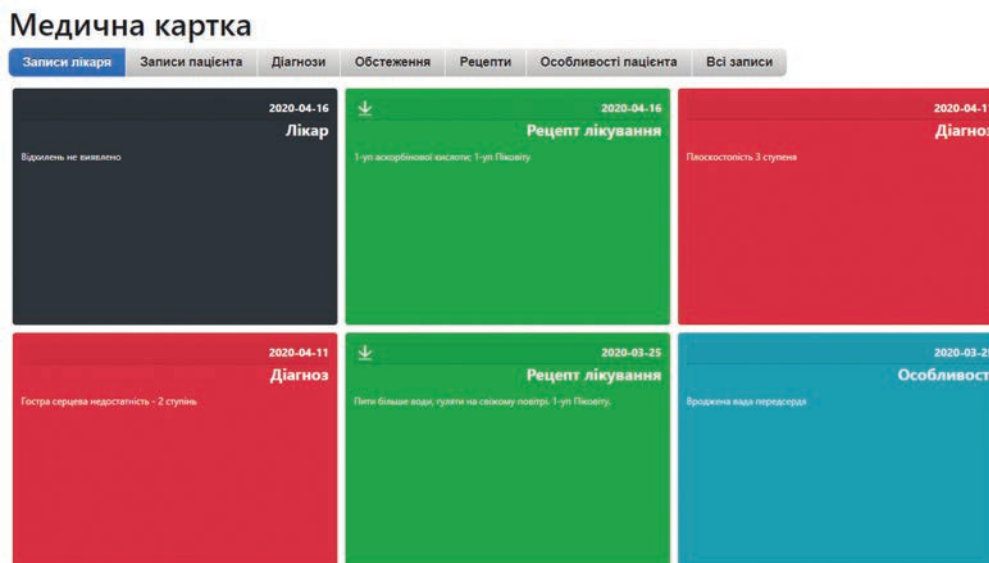


Рис. 6. Електронна медична карта пацієнта

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 відбуватиметься значно простіше.

Список літератури:

1. Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про державні фінансові гарантії медичного обслуговування населення». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2168-19#n114>.
2. 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». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0347-18#Text>.
3. Як розвивається mHealth в Україні? URL: <https://ehealth.gov.ua/2020/11/06/yak-rozvyvayetsya-mhealth-v-ukrayini/>.
4. Стратегія сталого розвитку України до 2030 р. 2017. URL: https://www.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf.
5. 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. Т. 9. № 2. С. 5–15.
6. Levkivskiy, V., Lobanchykova, N., Marchuk, D. Research of algorithms of Data Mining. *E3S Web of Conferences*. Vol. 166. 05007. 2020. *The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020)*. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016605007>.
7. Чабан О., Бойко О. Огляд світової практики щодо впровадження медичних інформаційних систем та проблеми створення єдиного медико-інформаційного простору. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні науки та інформаційні технології*. 2013. № 771. С. 365–370.

Levkivskiy V.L. CONCEPTUAL PRINCIPLES AND BUILDING TECHNOLOGIES OF THE INFORMATION SYSTEM FOR THE REMOTE DIAGNOSING OF PATIENTS' STATE

The development of the information system for the remote diagnosing of patients' state has been presented in a current article. Here were described conceptual principles and the features of basic functionality realization of the information system, presented main modules for a programming realization alongside with the structure of database system.

The done analysis of subject's state has helped to determine the main aspects of building the information system for the remote diagnosing of patients' state. E-medicine is actual more than ever when we take in account the last situation in our country and all over the world, therefore all advantages of those systems could even save a people life, but not only making the services of medicine institutions better. The analysis of existent analogues and the finding of contradictions between possible abilities and needs have shown that the

main functions of the future system should be the following list: the process optimization of doctors' work with patients; a time (spent by doctor and patient for a session) optimization.

The goal of the work is development of programming application, the specialized system for optimizing the work with patients from medicine institutions for the further improvement of giving the medicine services. We have the next tasks according to the goal: finding the main processes of the medicine institutions work and analysis of the ability for their moving to the electronic submission; the algorithms and architecture determining, which will help in the goal achieving; making of the app. with the ability of the further supporting and development; the system testing and the final summaries after doing analysis of testing results. The object of a research is the process of medical workers work with patients and additional processes. The subject of the research is optimization of medical institutes working processes with usage of modern information technologies.

As result, we have done the main tasks and finished the main functionality for the information system for the remote diagnosing of patients' state.

Key words: *information system, centralized system, application for the work with patients, diagnosing, doctor, patient, diagnosis, disease.*