

ЛЕВКІВСЬКИЙ ВІТАЛІЙ

Державний університет «Житомирська політехніка»

<https://orcid.org/0000-0002-1643-0895>e-mail: levkivsky@ztu.edu.ua

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОБУДОВИ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Діджиталізація суспільства вимагає все нових рішень в усіх сферах людської діяльності. Розвиток інформаційних технологій створив передумови для оцифрування, та цифрової трансформації бізнесу та суспільства в цілому. Пандемія коронавірусної інфекції Covid-19, а в подальшому повномасштабне вторгнення Росії створили виклики для суспільства та зокрема медицини та спричинили стрімку цифровізацію. Використання технологій віддаленого діагностування набрало небачених до цього часу обертів. Телемедицина, хмарні технології, сучасні цифрові прилади спостереження та діагностування, мобільні додатки, медичні інформаційні системи стали невід'ємною частиною надання кваліфікованої медичної допомоги. Створення електронної системи охорони здоров'я та її удосконалення є стратегічною задачею керівництва сучасних розвинувтих держав, зокрема і України. В даній статті представлено шляхи удосконалення медичних інформаційних систем, що використовуються у сфері охорони здоров'я України за допомогою удосконалення модулю віддаленого діагностування стану пацієнтів та впровадження модулю інтелектуального аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань. Модуль віддаленого діагностування пропонується доповнити «опитовими» аркушами, які адаптовані під спеціалізацію лікаря. Модуль інтелектуального аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань пропонується будувати з використанням Data mining. Представлено структурні моделі даних модулів.

Сукупність запропонованих моделей та методів удосконалення побудови медичних інформаційних систем підвищують рівень інформованості лікарів для встановлення діагнозу та прийняття рішень щодо призначення пацієнтів, віддаленого контролю за станом пацієнта та прогнозування розвитку супутній захворювань. Запропоновані моделі та методи готові до практичної реалізації програмними засобами.

Ключові слова: діагностування, діджиталізація, інформаційна технологія, медична інформаційна система, моделі, методи, охорона здоров'я, телемедицина.

LEVKIVSKYI VITALII

Zhytomyr Polytechnic State University

MODELS AND METHODS FOR IMPROVING THE CONSTRUCTION OF MEDICAL INFORMATION SYSTEMS

The digitalization of society requires new solutions in all areas of human activity. The development of information technologies has created the preconditions for digitization and digital transformation of business and society as a whole. The Covid-19 coronavirus pandemic and subsequent full-scale Russian invasion have created challenges for society and medicine in particular and led to rapid digitalization. The use of remote diagnostic technologies has gained unprecedented momentum. Telemedicine, cloud technologies, modern digital monitoring and diagnostic devices, mobile applications, and medical information systems have become an integral part of providing qualified medical care. The creation of an electronic healthcare system and its improvement is a strategic task for the leadership of modern developed countries, including Ukraine. This article presents ways to improve medical information systems used in the healthcare sector of Ukraine by improving the module for remote diagnosis of patients' condition and implementing a module for intellectual analysis and prediction of comorbidities. The remote diagnosis module is proposed to be supplemented with "questionnaires" adapted to the doctor's specialization. The module of intellectual analysis and prediction of comorbidities is proposed to be built using data mining. The models of these modules are presented.

The set of proposed models and methods for improving the construction of medical information systems increases the level of awareness of doctors to establish a diagnosis and make decisions on patient prescriptions, remote monitoring of the patient's condition and prediction of the development of concomitant diseases. The proposed models and methods are ready for practical implementation by software.

Keywords: diagnostics, digitalization, information technology, medical information system, models, methods, healthcare, telemedicine.

Постановка проблеми

Несприятливі умови та надзвичайні обставини, такі як пандемії, зокрема коронавірусної інфекції Covid-19, війни, зокрема повномасштабне вторгнення Росії спричиняють потребу у використанні сучасних інформаційних технологій для надання медичної допомоги. Останні події в Україні пришвидшили діджиталізацію сфери охорони здоров'я. Розвиток інформаційних технологій дозволяє проводити удосконалення таких процесів. Використання сучасних засобів інформаційно-комунікаційних технологій в медицині не є новим, однак потребує постійного удосконалення як технічної складової так і організаційної та нормативної. Застосування телемедицини, зокрема надання телемедичного консультування, телемедичного консилиуму, телеметрії, телемоніторингу, домашнього консультування, виконання медичних маніпуляцій та операцій останнім часом набрало великих обертів. Використання мобільних додатків для збору статичних даних, визначення місцезнаходження пацієнтів, візуалізації, запису до лікаря на прийом, реєстрація новонароджених та ін. задач стало доволі актуальним, як під час пандемії коронавірусної інфекції, так і після повномасштабного вторгнення Росії. Запровадження електронної системи охорони здоров'я (ЕСОЗ) в Україні дозволило централізувати зберігання даних (зберігають дані близько 35 мільйонів українців), покращити облік та уніфікацію документів (електронні лікарняні, електронні медичні картки пацієнтів, направлення, медичні висновки), в тому числі рецептурного характеру (електронні рецепти), облік медикаментів та їх

виробництво, підвищило якість управління та моніторингу, створило комфортні умови для реєстрації новонароджених (єМалятко) та зберігання та обміну інформацією (zareestrovano 360 тисяч медичних працівників, більше 17 тисяч медичних закладів охорони здоров'я та аптек, понад 35 медичних інформаційних систем (МІС), понад 2 мільярди електронних медичних записів, кількість яких щосекунди зростає) [1].

Цифрова трансформація системи охорони здоров'я потребує постійного удосконалення, тому розробка нових інформаційних технологій різного спрямування є актуальною задачею сьогодення. Зростання потреби віддаленого моніторингу стану пацієнтів потребує нових та удосконалення наявних моделей, методів та технологій. Потребують постійного оновлення та розвитку медичні інформаційні системи. Тому дане дослідження є актуальним.

Аналіз останніх джерел

Цифровізація медичних послуг в Україні лише на етапі розвитку. Пандемія COVID-19 завдала величезного впливу на лікарняні системи, підприємства, заклади освіти та економіку. Телемедицина, дистанційна робота та онлайн-освіта стають важливими, щоб допомогти суспільству уповільнити поширення коронавірусу [2, 3, 4]. Пандемія викликала стрімкий попит на зусилля з використання інноваційних технологій для подолання шкоди, завданої COVID-19 нашому життю [5]. Для боротьби з пандемією коронавірусу було розроблено різноманітні технологічні інновації та програми. Пандемія також впливає на проектування, розробку та використання технологій. Існує нагальна потреба в кращому розумінні того, яку роль можуть відігравати дослідники інформаційних систем і технологій у цій глобальній пандемії. У дослідженні [6] міститься інформація та пропозиції щодо того, як науковці з інформаційних систем і технологій можуть допомогти в боротьбі з пандемією COVID-19. В дослідженні [7] автори демонструють, що використання інноваційних ІТ-механізмів (наприклад, пристроїв безконтактного моніторингу, інтелектуальних роботів і телемедицини) може зменшити ризик зараження та використовувати інформаційну панель епідемічного інтелекту на основі штучного інтелекту для підтримки відповідних рішень на прикладі роботи організацій охорони здоров'я на Тайвані під час кризи COVID-19. У дослідженні [8] автори роблять висновок, що під час пандемії COVID-19 існували чіткі докази того, що технології відіграли важливу роль в успіху боротьби з пандемією. UW Medicine [9] була однією з перших систем охорони здоров'я, яка зустріла та лікувала пацієнтів з COVID-19 у Сполучених Штатах, починаючи з кінця лютого 2020 року. Відповідь на COVID-19 вимагає нових і пришвидшених способів наближення служб інформаційних технологій до клінічних потреб. Керівництво UW Medicine ITS сподівається, що, швидко поділившись нашою сприятливою реакцією на клінічні та оперативні запити, зможе допомогти іншим системам підготуватися до реагування на цю надзвичайну ситуацію у сфері охорони здоров'я.

Останнім часом більше почала розвиватись електронна система охорони здоров'я, яка є найбільшою ІТ-системою України. Медичні заклади взаємодіють в ЕСОЗ через медичні інформаційні системи, що зумовлює їх розвиток. Панасюк О.І. та інші в своїй роботі проводять огляд новоствореної МІС у вигляді веб-застосунку з функціональним модулем проведення лікарських прийомів за стандартом ICPC2 для медичних закладів первинної ланки [10]. У роботі [11] авторами проведено порівняльний аналіз декількох існуючих МІС, розглянуто особливості їх побудови. Розглянуто можливості медичних інформаційних систем, як основного засобу зберігання медичних даних. У статті [12] 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. Авторами роботи [13] спроектовано та реалізовано систему автоматизованого контролю цукрового діабету. Використані математичні моделі для розрахунку балансу «глюкоза-інсулін». Запропонований додаток значною мірою може покращити рівень життя людей з даним захворюванням. Коваленко О.С. та інші досліджують роль мобільних застосунків у структурі сучасних медичних інформаційних систем. Проаналізовано завдання та можливі рішення щодо включення мобільних застосунків в структуру МІС. Автори підкреслюють, що мобільні застосунки в структурі МІС допоможуть пацієнтам здійснювати оперативний і регулярний зв'язок з лікарем або консультантом [14].

Метою роботи є: дослідження та розробка моделей та методів удосконалення побудови медичних інформаційних систем. Встановлена мета передбачає наступні завдання:

- аналіз предметної області;
- розробка моделей удосконалення процесів побудови медичних інформаційних систем;
- розробка методів удосконалення побудови медичних інформаційних систем.

Виклад основного матеріалу

Методи удосконалення побудови медичних інформаційних систем. 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 «опитового» аркушу долікарського обстеження та модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з хронічними захворюваннями, зокрема для пацієнтів з цукровим діабетом (рис. 1).

Збір первинної інформації про стан пацієнта відіграє важливу роль у встановленні правильного діагнозу та призначенні/коригуванні лікування, призначенні додаткового обстеження, моніторингу стану

пацієнта. Для віддаленого діагностування стану пацієнтів інформація відіграє дуже важливу роль. Тому заповнення «опитового» аркушу 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)).

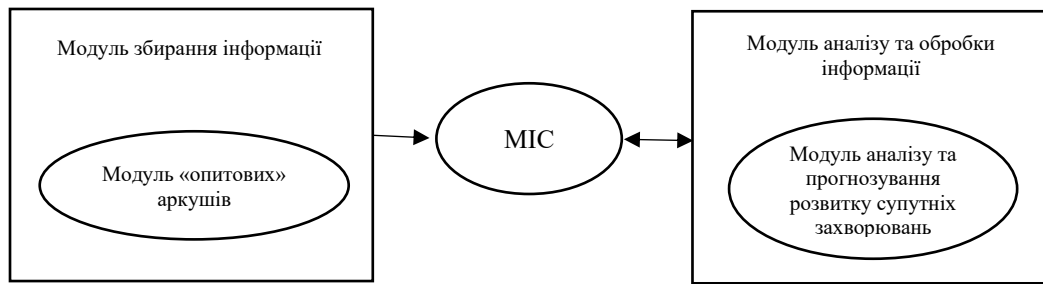


Рис. 1. Структурна модель удосконалення МІС

Модуль аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань призначений для прогнозування розвитку у пацієнта супутніх захворювань. Він базується на використанні інтелектуальної складової. Даних блок проводить аналіз даних захворювань 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. Окремі результати за даним напрямком дослідження представлені в роботах [15, 16].

Інтеграція модулю «опитових» аркушів до сучасних МІС доповнить їх функціонал та оптимізує роботу щодо збору первинної інформації про стан пацієнта та підвищить рівень інформованості лікаря про поточний стан пацієнта. Модуль аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань призначений для оптимізації роботи лікаря шляхом автоматизації процесів аналізу та прийняття рішень.

Модуль «опитових» аркушів. Пропонується створення «опитових» аркушів відповідно до спеціалізації лікаря, так як потреба в інформації про стан пацієнта містить загальну інформацію та спеціальну інформаційну складову (рис. 2). Загальна інформація про пацієнта, зокрема ПІБ, дата народження, стать, адреса проживання, ідентифікаційний номер електронної картки пацієнта буде відображена у всіх «опитових» аркушах 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 – інші.

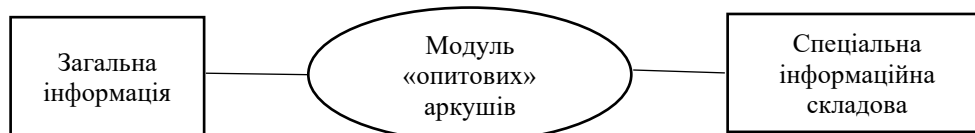


Рис. 2. Структурна модель модулю «опитових» аркушів

Тобто, в загальному «опитовий» аркуш SH представляє об'єднання множин GI – загальної інформації та SI – спеціальної інформації, (1):

$$SH = GI \cup SI \tag{1}$$

Множина «опитових» аркушів SH у загальному може бути представлена у вигляді, (2):

$$SH = \sum_{\alpha} SH_{\alpha} \tag{2}$$

Передбачається створення «опитових» аркушів для всіх спеціалізацій лікарів. «Опитовий» аркуш (survey sheet) являє собою множину параметрів, що використовуються для оцінки поточного стану пацієнта та контролю за перебігом хвороби. GI та SI є відкритими класифікаційними угрупованнями та можуть доповнюватися в залежності від потреб та спеціалізації лікаря.

Множина загальної інформації GI являє собою набір даних, що отримані з центральної бази даних ЕСОЗ України, (3):

$$GI = \{I_{gi} | i = \overline{1, l}\} , \tag{3}$$

де I_{gi} – елементи множини загальної інформації.

До елементів множини загальної інформації GI пропонується віднести: ПІБ пацієнта (I_{g1});

ідентифікаційний номер електронної картки (I_{g2}); дата народження (I_{g3}); стать (I_{g4}); адреса проживання (I_{g5}); паспортні дані (I_{g6}); номер декларації (I_{g7}); страховий поліс/соціальна картка (I_{g8}), місце роботи (I_{g9}). Дане класифікаційне угруповання є відкритим та може доповнюватися іншими даними відповідно до потреб медичних закладів та лікарів.

Множина спеціальної інформації 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 центральної бази даних ЕСОЗ і доступна лікарю після авторизації в МІС. Множина спеціальної інформації може бути представлена у вигляді, (4):

$$SI = \{I_{sk} | k = \overline{1, n}\}, \quad (4)$$

де I_{sk} – елементи множини спеціальної інформаційної складової.

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 «опитовий» аркуш, враховуючи діючі форми первинної облікової документації. Він може бути адаптований під медичний заклад, спеціалізацію лікаря.

В межах дослідження представимо елементи множини SI лікаря-терапевта (сімейного лікаря): температура тіла (I_{s1}); кров'яний тиск (I_{s2}); скарги (I_{s3}); симптоми (I_{s4}); тривалість симптомів (I_{s5}); зміна симптомів від початку хвороби (I_{s6}); періодичність проявів (в який час доби і за яких обставин симптоми посилюються) (I_{s7}); прийом ліків (I_{s8}); потреба у лікарняному (I_{s9}); потреба у ліках (I_{s9}).

Для пацієнтів з цукровим діабетом при оцінці поточного стану будуть додані наступні параметри: останнє довгострокове значення рівня глюкози в крові (HbA1c) (I_{s10}); загострення/пооява вторинних захворювань, пов'язаних з діабетом (I_{s11}); паління (I_{s12}); вживання алкоголю (I_{s13}); зміна ваги (I_{s14}); поточна вага (I_{s15}); поточний прийом препаратів для зниження рівня цукру у крові (I_{s16}).

Реалізація «опитового» аркушу здійснюється у вигляді програмного додатку. 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 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/діагностування засобами інформаційно-комунікаційних технологій., необхідність додаткового діагностування та формування відповідних направлень. 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/ діагностування стану пацієнтів, що перебувають на обліку. В загальному випадку такий підхід зменшить час безпосереднього прийому пацієнтів за рахунок інформованості лікаря про стан пацієнта.

Модуль аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань. Побудова даного модулю базується на використанні 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. Структурна модель модулю в загальному представлена на рис.3.

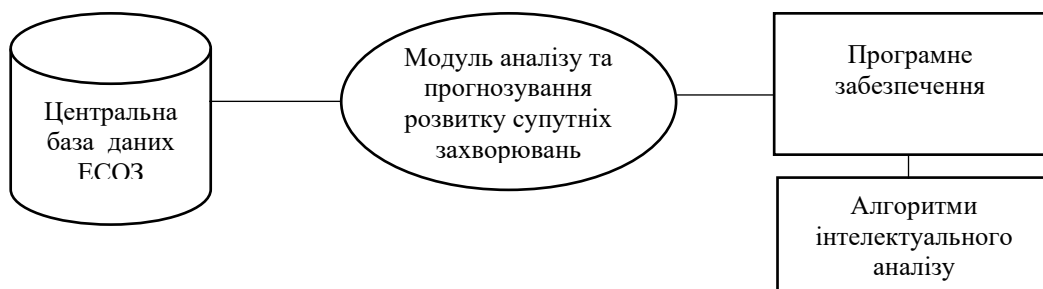


Рис. 3. Структурна модель модуль аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань

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

Висновки

Цифровізація сфери охорони здоров'я в Україні стрімко розвивається та потребує нових рішень щодо удосконалення. В даній роботі пропонується впровадження в існуючі МІС модулю «опитового» аркушу долікарського обстеження та модулю аналізу та прогнозування розвитку супутніх захворювань у пацієнтів з хронічними захворюваннями. Представлено структурні моделі даних модулів та їх складові. Впровадження запропонованих модулів направлено на удосконалення МІС з метою оптимізації роботи лікаря шляхом автоматизації процесів збору інформації для їх аналізу та попередньої оцінки поточного стану пацієнтів, а також прийняття рішень щодо покращення стану пацієнта та запобігання розвитку хронічних супутніх захворювань.

Особливістю запропонованих рішень є удосконалення процесів віддаленого діагностування стану пацієнтів, надання консультаційної допомоги щодо покращення стану, отримання рекомендацій для лікування. Було представлено параметри «опитових» аркушів лікаря-терапевта з додатковими параметрами для пацієнтів з цукровим діабетом.

Напрямами подальших досліджень є визначення параметрів множини спеціальної інформації для створення та реалізації множини «опитових» аркушів для прийому лікарями-спеціалістами. Ці «опитові» аркуші повинні бути адаптовані під спеціалізацію лікарів та допомогти в оцінці поточного стану пацієнта віддалено.

Ще одним напрямком дослідження може бути дослідження питання інтеграції засобів телемедицини та «опитових» аркушів з метою отримання даних для оцінки поточного стану пацієнта та удосконалення модулю збирання інформації. Інтелектуалізація процесів обробки даних модулю збирання інформації оптимізує процеси роботи лікарів щодо виставлення попереднього діагнозу, а створення інтерактивної інтелектуальної «опитової» системи реалізує нові шляхи удосконалення МІС та надання медичних послуг. Створення подібних експертних систем вимагає залучення практикуючих лікарів.

Література

1. Ємець О. Цифровізація медицини: як держава та бізнес спільно будують ринок діджитал-послуг. 2023. URL: <https://dev.ua/blogs/posts/iemets-1688986704>
2. Chavez N., Kounang N. A man diagnosed with Wuhan coronavirus near Seattle is being treated largely by a robot. 2020. URL: <https://www.cnn.com/2020/01/23/health/us-wuhan-coronavirus-doctor-interview/index.html>
3. Loh T., Fishbane L. COVID-19 makes the benefits of telework obvious. 2020. URL: <https://www.brookings.edu/blog/the-avenue/2020/03/17/covid-19-makes-the-benefits-of-telework-obvious/>
4. Young J. Scenes from college classes forced online by COVID-19. 2020. URL: <https://www.edsurge.com/news/2020-03-26-scenes-from-college-classes-forced-online-by-COVID-19>
5. O'Leary D.E. Evolving information systems and technology research issues for COVID-19 and other pandemics. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10919392.2020.1755790>
6. Wu H., Zuopeng (Justin) Z., Wenzhuo L. Information technology solutions, challenges, and suggestions for tackling the COVID-19 pandemic. *International Journal of Information Management*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102287>
7. Wang W., Wu S. Knowledge management based on information technology in response to COVID-19 crisis, *Knowledge Management Research & Practice*, 19:4. Pp. 468-474. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/14778238.2020.1860665>
8. Manalu E. P. S., Muditomo A., Adriana D., Trisnowati Y., Kesuma Z.P., Dwiyani R.H. Role of Information Technology for Successful Responses to Covid-19 Pandemic. *International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, Bandung, Indonesia. 2020. Pp. 415-420. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIMTech50083.2020.9211290>
9. Grange Elisha S., Neil Eric J., Stoffel Michelle, Singh Angad P., Tseng Ethan, Resco-Summers Kelly, Fellner B. Jane, Lynch John B., Mathias Patrick C., Mauritz-Miller Kristal, Sutton Paul R., Leu Michael G. Responding to COVID-19: The UW Medicine Information Technology Services Experience. *Applied Clinical Informatics*. Pp. 265-275. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1709715>
10. 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>
11. 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.
12. 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: 10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-1/18
13. Levkivskiy, V., Marchuk, G., Kuzmenko, O., Levchenko, A. The System of Automated Diabetes Control.

Proceedings of the 5th Workshop for Young Scientists in Computer Science and Software Engineering - CS&SE@SW. SciTePress. 2023. pages 41-49. DOI: 10.5220/0012009500003561

14. Коваленко О.С., Козак Л.М., Романюк О.О., Маресова Т.А., Ненасшева 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>

15. 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). URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016605007>

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

References

1. Yemets O. Tsyfroviatsiia medytyny: yak derzhava ta biznes spilno buduiut rynok didzhytal-posluh. 2023. URL: <https://dev.ua/blogs/posts/yemets-1688986704>

2. Chavez N., Kounang N. A man diagnosed with Wuhan coronavirus near Seattle is being treated largely by a robot. 2020. URL: <https://www.cnn.com/2020/01/23/health/us-wuhan-coronavirus-doctor-interview/index.html>

3. Loh T., Fishbane L. COVID-19 makes the benefits of telework obvious. 2020. URL: <https://www.brookings.edu/blog/the-avenue/2020/03/17/covid-19-makes-the-benefits-of-telework-obvious/>

4. Young J. Scenes from college classes forced online by COVID-19. 2020. URL: <https://www.edsurge.com/news/2020-03-26-scenes-from-college-classes-forced-online-by-COVID-19>

5. O'Leary D.E. Evolving information systems and technology research issues for COVID-19 and other pandemics. Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/10919392.2020.1755790>

6. Wu H., Zuopeng (Justin) Z., Wenzhuo L. Information technology solutions, challenges, and suggestions for tackling the COVID-19 pandemic. International Journal of Information Management. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102287>

7. Wang W., Wu S. Knowledge management based on information technology in response to COVID-19 crisis, Knowledge Management Research & Practice, 19:4. Pp. 468-474. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/14778238.2020.1860665>

8. Manalu E. P. S., Muditomo A., Adriana D., Trisnowati Y., Kesuma Z.P., Dwiyan R.H. Role of Information Technology for Successful Responses to Covid-19 Pandemic. International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech), Bandung, Indonesia. 2020. Pp. 415-420. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIMTech50083.2020.9211290>

9. Grange Elisha S., Neil Eric J., Stoffel Michelle, Singh Angad P., Tseng Ethan, Resco-Summers Kelly, Fellner B. Jane, Lynch John B., Mathias Patrick C., Mauritz-Miller Kristal, Sutton Paul R., Leu Michael G. Responding to COVID-19: The UW Medicine Information Technology Services Experience. Applied Clinical Informatics. Pp. 265-275. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0040-1709715>

10. Panasiuk O.I., Pleskach V.L., Statsenko V.V., Khomaziuk V.A. Rozrobka medychnoi informatsiinoi systemy dlia medychnykh zakladiv pervynnoi lanky. Tekhnologii ta inzhynirynh, № 6, 2021. Pp. 9-18. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2021.6.1>

11. Pleskach V.L., Panasiuk O.I. Osoblyvosti pobudovy medychnoi informatsiinoi systemy dlia polikliniky. Suchasni elektromekhanichni ta informatsiini systemy: monohrafiia / za zah. red. I. V. Panasiuka. Kyiv : KNUTD, 2021. Pp. 61-89.

12. Levkivskiy V.L. Kontseptualni polozhennia ta tekhnologii pobudovy informatsiinoi systemy viddalenooho diahnostuvannia stanu patsientiv. Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho Serii: Tekhnichni nauky Tom 31 (70) № 6 2020 Chastyna 1. Pp. 105-112. DOI: <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-1/18>

13. Levkivskiy, V., Marchuk, G., Kuzmenko, O., Levchenko, A. The System of Automated Diabetes Control. Proceedings of the 5th Workshop for Young Scientists in Computer Science and Software Engineering - CS&SE@SW. SciTePress. 2023. pages 41-49. DOI: 10.5220/0012009500003561

14. Kovalenko O.S., Kozak L.M., Romaniuk O.O., Maresova T.A., Nenasheva L.V., Fyniak H.I. Mobilni zastosunki u strukturі suchasnykh medychnykh informatsiinykh system. Keruiuchi systemy ta mashyny. — 2018. — № 4. — Pp. 57-69. DOI: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.04.0057>

15. 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). URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016605007>

16. Marchuk G.V., Levkivskiy V.L., Kaliberda S.S. Intelektualnyi analiz danykh. Bionika intelektu: nauk.-tekh. zhurnal. - №1 (92) - 2019, p.65-70