

УДК 616.24-06:004.738.5/.6

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОНЛАЙН-ВЗАЄМОДІЇ ЛІКАРЯ І ПАЦІЄНТА З COVID-19

Назаренко Наталія Андріївна

n.nazarenko311@gmail.com

Данілова Валентина Анатоліївна

valnaa@ukr.net

Кафедра біомедичної інженерії

Національний технічний університет

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

м. Київ, Україна

Реферат - На сьогоднішній день COVID-19 є дуже небезпечним інфекційним захворюванням, оскільки може призвести до таких ускладнень, як пневмонія, тромбоз, ураження органів. Симптоми коронавірусу часто схожі на звичайну застуду: висока температура, головний біль, кашель, задишка, втрата нюху та смаку. Деякі люди можуть не мати симптомів, проте вони можуть передавати вірус іншим. Під час контакту з хворим є велика ймовірність зараження, тому краще уникати близькості. У випадках, коли хворий не має тяжких ускладнень, або знаходиться на етапі реабілітації, лікування можна перевести в онлайн-формат. Для цього медичні компанії в Україні займаються розробкою спеціальних додатків та сайтів. У даній роботі запропоновано програмний продукт, який дозволяє дистанційно відстежувати стан пацієнта та коригувати його план лікування. Для розробки було використано середовище програмування PyChart 2022, мову програмування Python, бібліотеку для створення веб-продуктів Streamlit. На платформі через особистий кабінет пацієнт може бачити призначення від лікаря та фіксувати їх виконання, а лікар відповідно бачити ці результати та вносити певні зміни в план лікування. Програма також має можливість завантажувати та одразу передавати лікарю дані про серцевий ритм пацієнта та його рівень насиченості крові киснем через взаємодію з датчиком MAX30102, що працює на базі Arduino Uno Rev 3. Дані про пульс та сатурацію є важливими показниками для оцінки стану серцево-судинної та дихальної систем.

Ключові слова: COVID-19, МІС, оксиметрія, пульсоксиметр.

І. ВСТУП

Covid-19 – це захворювання, що має інфекційний характер, причиною якого є вірус SARS-CoV-2 з родини коронавірусів, характерною ознакою яких є ураження дихальної системи. Вірус починає розмножуватися в легенях при потраплянні в дихальні шляхи, викликаючи різні патології дихальної системи.

За 3 роки з моменту першого зареєстрованого випадку Covid-19 в Україні налічується понад 5,4 млн. хворих, з яких близько 100 тис. не вдалося врятувати [1].

Швидкі темпи розповсюдження Covid-19 пов'язані з тим, що вірус передається повітряно-крапельним шляхом, а отже будь-яка взаємодія з хворим може призвести до зараження.

Для безпечної комунікації лікар-пацієнт українські медичні компанії створили низку цифрових платформ, таких як DobroDoc+, Helsi, Medcard24, де можна отримати консультацію лікаря, направлення, рецепт не виходячи з дому [2]. Проте такі медичні системи не є адаптованими для дистанційного формату терапії та моніторингу процесу лікування. Після аналізу існуючих аналогів було визначено, що для створеного програмного застосунку важливі опція листка призначень, відслідковування його виконання, функція реєстрації пульсу та сатурації киснем крові, передача повідомлень від лікаря пацієнту та навпаки.

II. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є розробка програмно-апаратного комплексу для онлайн-взаємодії лікаря і пацієнта з Covid-19 під час лікування та вимірювання пульсу та сатурації крові киснем.

III. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для реалізації програмного середовища обрано мову програмування Python, оскільки вона має багато вбудованих бібліотек, має простий і зрозумілий інтерфейс та дозволяє легко взаємодіяти з базами даних. Для створення цифрової платформи вибрано бібліотеку Streamlit. Вона дає можливість легко адаптувати програму в залежності від потреб завдяки широкому спектру уже готових шаблонів та компонентів [3].

Для збереження даних обрано базу даних SQLite, оскільки вона має низку переваг, таких як легкість у використанні, надійність та стійкість, підтримує багатопоточність.

Для апаратної частини, а саме для створення приладу для вимірювання сатурації крові киснем та пульсу обрано датчик MAX30102, який працює на базі мікроконтролера Arduino Uno Rev3 ATmega328P. Такий вибір обумовлено простотою передачі даних на комп'ютер, можливістю тривалого вимірювання, доволі високою точністю вимірюваних даних та невеликою вартістю.

IV. СТРУКТУРНА СХЕМА ПРИЛАДУ

Для зручності в користуванні до схеми приладу для вимірювання пульсу та сатурації крові киснем додано Wi-fi модуль esp8266, що забезпечує бездротову передачу даних одразу в програму. У якості автономного джерела живлення виступає лужна батарейка типу крона. Структурна схема приладу представлена на рисунку 1.

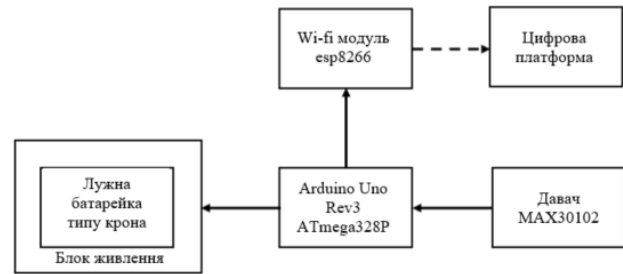


Рисунок 1 – Структурна схема приладу для вимірювання пульсу та рівня насиченості крові киснем

V. ПРОГРАМУВАННЯ ДАВАЧА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ПУЛЬСУ ТА САТУРАЦІЇ КИСНЕМ КРОВІ

Датчик MAX30102 зчитує значення пульсу за допомогою методу фотоплетизмографії – з пари світлодіодів високої інтенсивності (з довжинами хвиль 660 нм і 880 нм) світло проникає через шкіру прикладеного пальця, коли кров прокачується через палець із кожним ударом серця, кількість відбитого світла змінюється, створюючи мінливу форму хвилі (рис. 2) на виході фотодетектора [4]. Вимірювання міри насиченості крові киснем здійснюється за тим же принципом, що кількість поглиненого червоного та ІЧ-світла змінюється залежно від кількості кисню у крові. На рисунку 3 представлено спектр поглинання оксигенованого гемоглобіну (HbO₂) і деоксигенованого гемоглобіну (Hb).

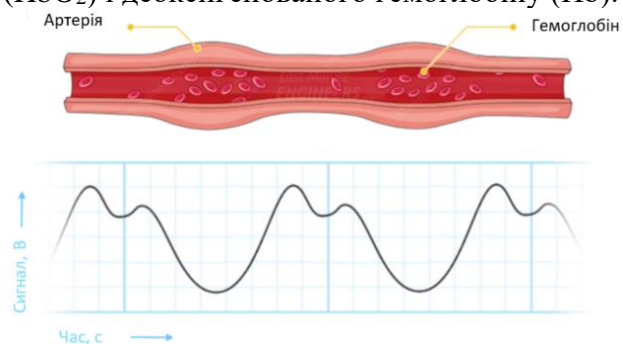


Рисунок 2 – Зміна рівня відбитого світла внаслідок зміни кровотоку по судинах в залежності від фази серцевого циклу

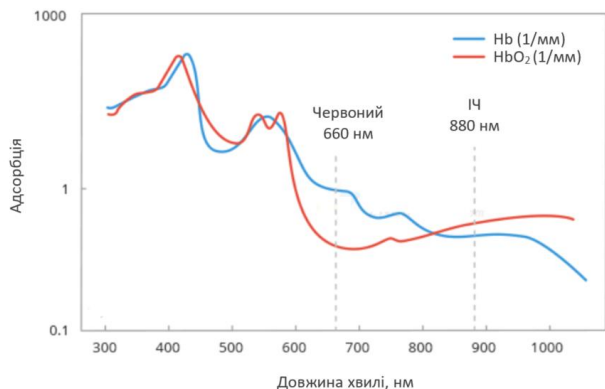


Рисунок 3 – Спектр поглинання HbO_2 і Hb

Дезоксигенована кров поглинає більше червоного світла, тоді як насичена киснем кров поглинає більше ІЧ-світла. Вимірюючи співвідношення ІЧ- і червоного світла, отриманого фотодетектором, розраховується рівень насиченості крові киснем (SpO_2) [5-6].

Принцип, за яким здійснюється вимірювання кількості серцевих скорочень та рівня насиченості крові киснем представлено на рисунку 4.

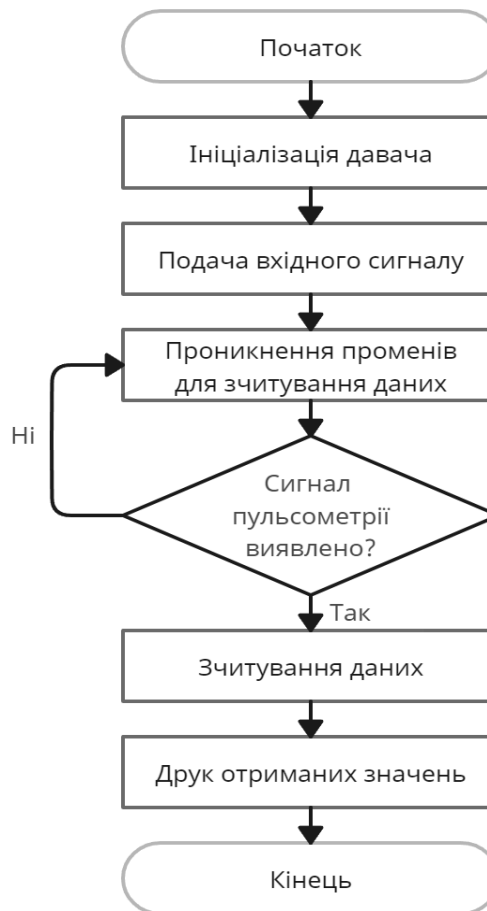


Рисунок 4 – Блок-схема зчитування серцевого ритму та сатурації крові киснем

VI. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ

У програмі є 3 ролі користувачів: адміністратор, лікар і пацієнт, кожен з яких наділений певними правами в програмі (рис. 5).

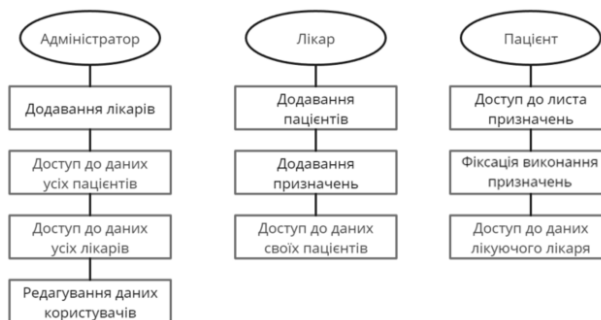


Рисунок 5 – Права користувачів у програмі

Адміністратор створює базу лікарів, надає їм доступ до особистого кабінету, може переглядати дані всіх пацієнтів та редагувати дані всіх користувачів, оскільки має доступ до бази даних. Лікар має можливість додавати пацієнтів, для яких він і буде лікуючим лікарем, переглядати дані цих пацієнтів, фіксацію виконання призначень та додавати нові. Пацієнт може бачити профіль лікуючого лікаря, свій лист призначень, а також фіксувати їх виконання. В останнє входить можливість передавати зчитані давачем вимірювання пульсу та сатурації крові киснем значення одразу в програму. Меню особистого кабінету пацієнта зображено на рисунку 6.

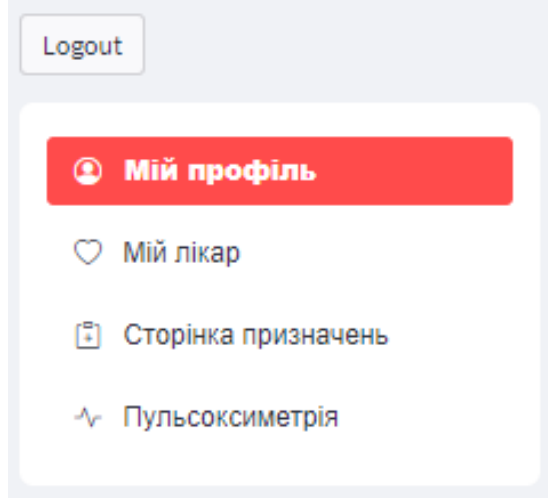


Рисунок 6 – Головне меню в кабінеті пацієнта

На основі отриманих даних про пульс пацієнта та рівень насиченості крові киснем та інші функціональні показники лікар може коригувати подальше лікування у формі «Додати призначення». На прикладі на рисунку 7 лікар додає пацієнту завдання для вимірювання пульсу та сатурації крові киснем протягом тижня, вказуючи конкретні дати, о 18:30, додаючи певні вказівки. Після натиснення кнопки «Зберегти» лікар отримає повідомлення «Нове призначення успішно створено», у базі даних з'явиться відповідний запис, а пацієнт бачитиме це призначення у своєму кабінеті.

Додати призначення

Тип призначення

- Виміряти температуру
- Прийняти ліки
- Описати самопочуття
- Поміряти артеріальний тиск
- Поміряти пульс та сатурацію

Дата початку

Оберіть дату

2023/04/28

Дата завершення

Оберіть дату

2023/05/05

Час виконання

Вкажіть час

18:30

Додайте опис

Вимірювання проводити не рухаючись.

Зберегти

Рисунок 7 – Форма для створення призначення

Поле «Тип призначення» визначено з аналізу основних призначень при Covid-19. Поля вибору дат фіксують проміжок часу, протягом якого пацієнт повинен виконувати певне призначення, часове поле позначає конкретний час виконання. Поле «Додайте опис» створено для додавання будь-якої додаткової, необхідної пацієнту інформації, наприклад, для назви ліків та особливостей їх прийому.

Пацієнт, натиснувши вкладку «Пульсоксиметрія» бачить відповідне призначення, якщо лікар його додав (рис. 8). У вікні відображаються поточна дата, час проведення вимірювання та додані примітки. Після натиснення кнопки «Розпочати вимірювання» давач розпочинає зчитування даних, якщо виявлено сигнал при прикладанні пальця. По закінченню вимірювання показники зберігаються в базі даних, з'являються на екрані пацієнта.

Вимірювання пульсу та сатурації

Сьогодні 28.04.2023

18:30:00 Поміряти пульс і сатурацію

Вимірювання проводити не рухаючись

Розпочати вимірювання

Рисунок 8 – Вікно пацієнта для проведення вимірювання пульсу та сатурації

Лікарю, щоб побачити результати вимірювань, потрібно лише обрати пацієнта, і за умовчанням на екрані з'явиться перелік призначень на поточну дату, а також стан їх виконання. На рисунку 9 зображено безпосередньо результат вимірювання пацієнтом пульсу та сатурації, а на рисунку 10 зображено результат вимірювань, які пацієнт виконує самостійно та вручну вносить в програму.

Сьогодні 28.04.2023

Оберіть дату

2023/04/28

18:30:00 Поміряти пульс і сатурацію

Вимірювання проводити не рухаючись

Результат

	Пульс	Сатурація
0	60	98 %

Рисунок 9 – Вікно лікаря з відображенням вимірних значень на сторінці пацієнта

Призначення

Оберіть дату

2023/04/18

Призначення на 2023-04-18

	Час виконання	Назва	Опис	Результат
0	10:00:00	Виміряти температуру	Вимірювати протягом 5 хвилин	36.8
1	15:00:00	Поміряти артеріальний тиск	-	120/90

Рисунок 10 – Вікно лікаря з відображенням вимірних значень на сторінці пацієнта

На рисунку 11 подано спрощену блок-схему взаємодії програми з давачем для вимірювання пульсу та сатурації від авторизації користувача до отримання результату вимірювання.

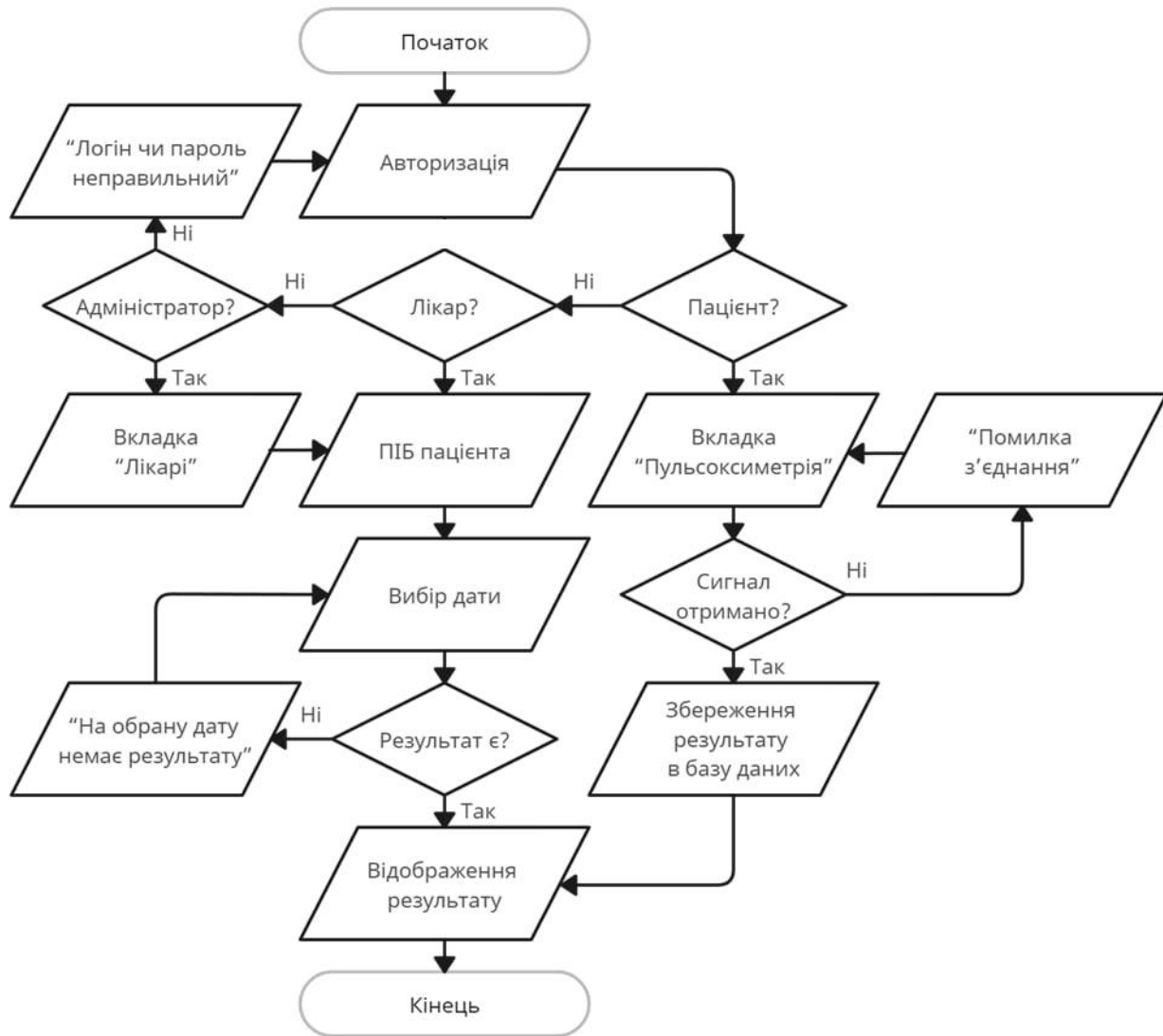


Рисунок 11 – Спрощена блок-схема роботи програми з приладом для вимірювання пульсу та сатурації крові киснем

VII. ВИСНОВКИ

Створений програмно-апаратно комплекс виконує поставлену задачу, а саме дозволяє дистанційне ведення лікування пацієнта з Covid-19 для уникнення зараження. Лікар має можливість створювати призначення для пацієнтів, відслідковувати фіксацію їх виконання та вносити зміни. Пацієнт відповідно до його плану лікування може надавати результати проведених вимірювань, ставити відмітки про виконання призначень, писати скарги чи інші коментарі лікаря.

Реалізовано функцію бездротової передачі одразу в програму значень пульсу та насиченості крові киснем, виміряних давачем MAX30102, що є дуже важливим показником при Covid-19.

Новизна створеного програмно-апаратного комплексу полягає в адаптації платформи до дистанційного ведення лікування пацієнтів шляхом додавання листка призначень та можливості бездротової передачі даних з давача пульсоксиметрії. У подальшому програму можна розвивати та застосовувати в різних медичних напрямках,

додавши функцію нагадувань, онлайн-дзвінків, збереження документів, видачі направлень.

Фінансування. Дане досліджування не отримувало зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Згода на публікацію. Усі пацієнти, що мають відношення до рукопису дали згоду на публікацію даної роботи.

ORCID ID та внесок авторів:

(A, B, C, D) Nataliia Nazarenko

0000-0003-3009-6421 (E, F) Valentina

Danilova

A – концепція застосунку, B – аналіз існуючих аналогів, C – створення алгоритмів

роботи, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне ухвалення статті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коронавірус в Україні [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://covid19.gov.ua/>
2. Телемедицина в Україні [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://telem24.ua/articles/telemedecina-v-ukraini>
3. Khorasani, M., Abdou, M., & Hernández Fernández, J. (2022). Getting Started with Streamlit. In Web Application Development with Streamlit: Develop and Deploy Secure and Scalable Web Applications to the Cloud Using a Pure Python Framework (pp. 1-30). Berkeley, CA: Apress.
4. Interfacing MAX30102 Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor with Arduino [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://lastminuteengineers.com/max30102-pulse-oximeter-heart-rate-sensor-arduino-tutorial/>.
5. Demeco, A., et al. "Rehabilitation of patients post-COVID-19 infection: a literature review." *Journal of International Medical Research* 48.8 (2020): 0300060520948382.
6. Shah, Sonia, et al. "Novel use of home pulse oximetry monitoring in COVID-19 patients discharged from the emergency department identifies need for hospitalization." *Academic Emergency Medicine* 27.8 (2020): 681-692.

UDC 616.24-06:004.738.5/.6

SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEM FOR ONLINE INTERACTION BETWEEN DOCTOR AND PATIENT WITH COVID-19

Nataliia Nazarenko
n.nazarenko311@gmail.com

Valentina Danilova
valnaa@ukr.net

Department of Biomedical Engineering
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
Kyiv, Ukraine

Abstract – Currently, COVID-19 is a very dangerous infectious disease, as it can lead to such complications as pneumonia, thrombosis, organ damage. Symptoms of the coronavirus are often similar to the common cold: high fever, headache, cough, shortness of breath, loss of smell and taste. Some people may not have symptoms, but they can spread the virus to others. During contact with the patient, there is a high probability of infection, so it is better to avoid intimacy. In cases where the patient does not have serious complications or is at the stage of rehabilitation, the treatment can be transferred to an online format. For this, medical companies in Ukraine are engaged in the development of special applications and websites. In this paper, a software product is proposed that allows remote monitoring of the patient's condition and adjustment of his treatment plan. The PyCharm 2022 programming environment, the Python programming language, and the Streamlit library for creating web products were used for development. On the platform, through a personal office, the patient can see appointments from the doctor and record their implementation, and the doctor can see these results and make certain changes to the treatment plan accordingly. The program also has the ability to download and immediately transmit data on the patient's heart rate and blood oxygen saturation level to the doctor through interaction with the MAX30102 sensor, which works on the basis of Arduino Uno Rev 3. Pulse and saturation data are important indicators for assessing the state of cardiovascular and respiratory system.

Keywords: COVID-19, health information system, oximetry, patient portals.