

**Fedosova I. V., Bukharov D. V.**

## **DETERMINING THE LOCATION OF THE DEVICE USING WI-FI - SENSORS**

*Nowadays, location methods are widely used to solve many everyday problems. The GPS global positioning system has almost completely solved the problem of external positioning. However, this method is not suitable for solving positioning problems indoors, where it shows extremely low accuracy, or is completely inoperable. This has led to attention to the problem of positioning indoors. The search for the most effective methods of determining the position of the device in the conditions of being in the building was started. This article focuses on the development of software for a mobile device based on Android OS to determine the location of the device based on data from Wi-Fi sensors.*

*Geolocation of the device based on data from Wi-Fi sensors is to determine the distance to the access points based on the data obtained by the device sensors and then use mathematical methods to calculate the relative position of the device. In the process of determining the distance from the signal source using data on the strength of the received signal, RSS from the sensors that are present in each device capable of working with wireless Wi-Fi - networks. To directly calculate the relative position of the device using a method that does not require a training period, trilateration.*

*In the course of work the existing methods intended for determination of a location of the device, stages of determination of a location are considered, the mathematical model is constructed, the software for the mobile device on the basis of OS Android is developed. The conclusions present the measurements that were performed using the developed software.*

**Keywords:** *indoor positioning, Angle of Arrival, Time of Arrival, Time Difference of Arrival, Received Signal Strength, trilateration, triangulation, path loss model.*

Рецензент: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С. С.

Стаття надійшла 11.11.2019 р.

**УДК 004.891.3**

**Федосова І. В., Сметаннікова Є. А.**

## **ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХВОРИЮВАННЯ ЗА АНАЛІЗОМ КРОВІ**

*Використання інтелектуальних інформаційних систем (ІС) в сфері охорони здоров'я стає все більш актуальним. З їх допомогою можна систематизувати знання фахівців, щоб надалі використовувати їх для допомоги в прийнятті рішень в складних завданнях або небезпечних ситуаціях. Проблема медицини полягає в тому, що, найчастіше, дані для постановки діагнозу представлені заплутаними клінічними показаннями. Тому використання ІС стає необхідним, адже від швидкості реакції лікаря залежить життя і здоров'я пацієнта, а системи допоможуть йому швидше і впевненіше поставити вірний діагноз або направити його в правильному напрямку.*

*У рамках даної роботи були досліджені існуючі експертні системи (ЕС) в медичній галузі. У даний час ЕС допомагають лікарям-фахівцям діагностувати захворювання*

сполучних тканин, депресивні стани, захворювання очей, інфекційні захворювання, легеневих захворювань, кислотних і електролітних захворювань та ін. Але жодна з них не допомагає експертам в постановці діагнозу за аналізом крові. Це допомогло б заощадити багато часу молодим лікарям і допомогти їм у навчанні.

Дана стаття присвячена розробці медичної експертної системи (МЕС), яка буде ставити попередній діагноз, ґрунтуючись на аналізі крові. У ході дослідження були вивчені різні архітектури експертних систем і методології представлення знань. Для реалізації МЕС була обрана статична структура ЕС, а для моделювання бази знань (БЗ) використовувалися продукційні правила і бінарне дерево рішень. Правила склалися на основі систематизації знань отриманих від лікарів міста Маріуполя. Розробка БЗ проводилася з використанням «Малої експертної системи», після чого був реалізований прототип експертної системи на мові програмування C++.

**Ключові слова:** медична експертна система, база знань, аналіз крові, діагноз, дерево рішень, продукційні правила.

**Вступ.** Інтелектуальні інформаційні технології поступово проникають в усі сфери діяльності людини. Їх основна мета це виявлення і систематизація отриманих знань від висококваліфікованих фахівців з подальшим застосуванням їх для вирішення складних завдань, які виникають на практиці. Окремим випадком систем заснованих на знаннях є експертні системи (ЕС).

Вже довгий час в усьому світі ЕС грають важливу роль в розвитку охорони здоров'я. Вони дозволяють надавати систематичну допомогу медичному персоналу. У більшості випадків експертні системи використовуються для постановки діагнозу і вибору найкращого методу лікування.

Кров реагує на найменші зміни в організмі людини. У здорової людини клітинний склад крові є постійним, а незначні відхилення від норм говорять про можливі захворювання. Тому один з найпоширеніших методів для постановки діагнозу – аналіз крові.

Аналізи крові дають важливу картину загального стану здоров'я. Вони також є хорошим способом раннього виявлення хвороби або перевірки того, наскільки добре тіло реагує на лікування різних захворювань. Хоча вміння дати грамотний висновок за аналізом крові і є базовим навиком будь-якого лікаря, не всі, у силу своєї недосвідченості, можуть це зробити.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Експертні системи застосовуються в тій ситуації, коли вихідні дані, представлені експертам, неоднозначні або суперечливі; неможливо визначити алгоритм однозначного рішення задачі класичними методами; задача не може бути представлена в числовій формі. Завдання медицини має саме такі властивості, так як вихідні дані представлені найчастіше великою кількістю заплутаних і, швидше за все, суперечливих клінічних даних.

У цій статті [1] досліджується проблема смертності пацієнтів через повільні реакції тесту. Дослідження показали, що при використанні інформаційних технологій в медичній сфері значно знижується смертність. Автори вирішили розробити експертну систему з діагностики захворювань крові, так як більшість створених останнім часом систем залишили питання діагностики захворювань крові і зосередилися на інших більш важливих і складних галузях медицини. Автори використовували підхід на основі правил IF, IF THEN ELSE, так як вони можуть дати програмістам таку ж гнучкість як і нечітка логіка. Вони зібрали всі

симптоми і причини захворювань крові, дозволивши системі навчитися. Після цього процесу система може пристосуватися до різних діагнозів.

У статті [2] автори вивчали прогнозування стадії діабетичної ретинопатії на підставі аналізу дисфункції тромбоцитів за допомогою чотирьохфакторної нелінійної нейромережевої MLP-моделі. Головною проблемою в цьому напрямку була своєчасна діагностика змін на очному дні. Навіть у разі появи морфологічних змін діагностика залишається складною, оскільки критерії оцінки є недостатньо інформативними. На першому етапі використовували генетичний алгоритм відбору, в результаті якого відібрали дві ознаки. На виділеному наборі ознак побудували лінійну нейромережеву модель. Вона дозволила з 99 випадків прогнозування помилитися лише 18 разів, тобто точність прогнозу склала 81,8 %. Облік нелінійних зв'язків дозволив збільшити точність прогнозування до 93,9 %.

У ході дослідження [3] було з'ясовано, що існує гостра нестача фахівців-акушерів у відділі репродуктивного здоров'я. Основна мета дослідження полягала в розробці медичної експертної системи діагностики і лікування артеріальної гіпертензії під час вагітності. Авторів вивчили медичні протоколи, які діють в лікарнях. За допомогою стратифікованої вибірки було відібрано вибіркова сукупність, до якої увійшли: акушери-фахівці, реєстратори, інтерни-медики, клінічні співробітники і медсестри. Використані інструменти вилучення знань включали: інтерв'ю, аналіз документів, спостереження та анкети. У результаті система могла використовуватися цільовими користувачами в передбачуваному середовищі, але перш за все користувачів потрібно було навчити, перш ніж вони зможуть використовувати систему, але вони відзначили, що її було легко використовувати, коли користувач знав як працювати з системою. Система також виявилася точною і швидкою при постановці діагнозу.

У дослідженні [4] пропонується експертна система для вирішення проблем діагностики захворювань. Пропонована система заснована на правилах і робить висновки за допомогою символів, які вимагають перекладу специфічних знань про захворювання в стандартну символічну форму. На першому етапі реєструється медичний фон захворювань шляхом проведення особистих інтерв'ю з лікарями та пацієнтами. На другому етапі створюється набір правил, в якому кожне правило міститься в частині ЯКЩО, що має симптоми, і частини ТО, яка має захворювання, яке має бути реалізовано. Механізм виведення заснований на алгоритмі зіставлення зі зразком, основна мета якого – зв'язати факти з застосовними правилами з бази правил.

У статті [5] представлена експертна система діагностики рахіту, яка надає пацієнтам діагноз, рекомендації і лікування на основі бази знань експертної системи і даних, отриманих від пацієнтів. Метою цієї експертної системи було розпізнавання користувачем симптомів захворювання, щоб він міг визначити захворювання і причини рахіту. Ця система дозволяє заощаджувати час і сили пацієнта, дозволяючи легко діагностувати рахіт через простий інтерфейс користувача. Ця експертна система була розроблена з використанням об'єктної мови SL5. Пацієнти з рахітом, що випробували експертну систему, були вражені точністю, легкістю і швидкістю діагностики, тому що система містить всі причини, види рахіту і легко отримує дані від пацієнта для діагностики його стану.

У статті [6] автори розробляли експертну систему, засновану на гібридному алгоритмі виведення і всеосяжних інтегрованих знаннях, щоб допомогти експертам у швидкій і якісній діагностиці захворювань хребта. Для кожної аномалії точні і комплексні знання були отримані від відповідних експертів і ресурсів. На основі розподілів ймовірностей і залежностей між симптомами аномалій кожному симптому було присвоєно унікальне

числове значення, відоме як значення ефекту достовірності. Був розроблений новий гібридний алгоритм виведення для отримання чудової продуктивності, який включав в себе висновок зворотного ланцюжка і теорію невизначеності.

У статті [7] автори розробили систему, засновану на знаннях, яка використовує об'єктний мову SL5 для подання проблем із зубами і яснами. У програмі описана множина з 13 питань, на які пацієнт відповів «так» або «ні». Через них здійснюється контроль захворювання і якості лікування. Пропонована експертна система здатна діагностувати кілька захворювань зубів і ясен на різних етапах життя людини, починаючи з того, що пацієнтові ставлять безліч запитань на основі його больових симптомів. У кінці пропонована система дає рекомендації, як лікувати захворювання. Пацієнти можуть отримати діагноз швидше, ніж при традиційному методі, тому вони можуть заощадити свій час і сили.

Таким чином, з урахуванням поставленого завдання і області застосування, було прийнято рішення розробити експертну систему на основі бінарного дерева рішень і продукційних правил.

**Метою даної роботи** є розробка експертної системи для визначення захворювання за аналізом крові. Дана система буде служити додатковою експертною допомогою для досвідчених лікарів і фахівців початківців, які в діалоговому режимі зможуть отримати необхідну інформацію.

Медична експертна система, виходячи з показань крові, повинна поставити попередній діагноз і дати лікарям-фахівцям рекомендації по уточненню діагнозу на основі правил, які закладені в базу знань.

У рамках реалізації поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- розглянути існуючі рішення в медичній галузі;
- визначити цілі розробки, експертів і типи користувачів;
- провести змістовний аналіз проблемної області, виявити використовувані поняття і їх взаємозв'язки;
- вибрати інструментальні засоби і методи представлення всіх видів знань;
- здійснити наповнення бази знань правилами;
- створити попередню версію експертної системи;
- провести оцінку обраного представлення знань.

**Основний матеріал дослідження.** Для розробки експертної системи для діагностики захворювань за аналізом крові була обрана статична ЕС. Вона складається з таких основних компонентів: модуль прийняття рішень (вирішувач), робочої пам'яті, бази онтологічних знань, модуль оновлення бази знань (компонент придбання знань), блок пояснень (пояснювальний компонент), модуль інтерфейсу системи (діалоговий компонент) [8].

Структура статичної експертної системи для діагностики захворювань за аналізом крові зображена на рисунку 1.

У наведеній архітектурі ЕС компонент придбання знань служить для отримання експертних даних, її систематизацію і поповнення існуючої бази знань. Інтерфейс служить для обміну інформацією між користувачем і експертною системою. Модуль робочої пам'яті служить для обробки отриманих даних і видачі діагнозу користувачеві-експерту. Пояснювальний компонент служить для пояснення причини, по якій ЕС видає той чи інший діагноз, з огляду на вхідні параметри стану крові. Вирішувач робить аналіз даних, які надходять від користувача, і приймає рішення щодо діагнозу [8].

Інформаційні технології



Рисунок 1 – Структура статичної експертної системи

Для реалізації експертної системи визначення захворювання за аналізом крові була обрана продукційна модель. Дерева рішень – один із способів оцінювання і обробки медичної інформації. Цілі виходять з об'єктивних потреб і мають ієрархічний характер [8]. Побудова дерева рішень ЕС обумовлена зображенням послідовності прийняття рішення лікарем при розшифровці аналізу крові.

Було прийнято рішення візуалізувати процес постановки діагнозу, де безліч продукцій і вихідних даних представлено у вигляді бінарного дерева рішень. Приклад такого дерева представлений на рисунку 2.

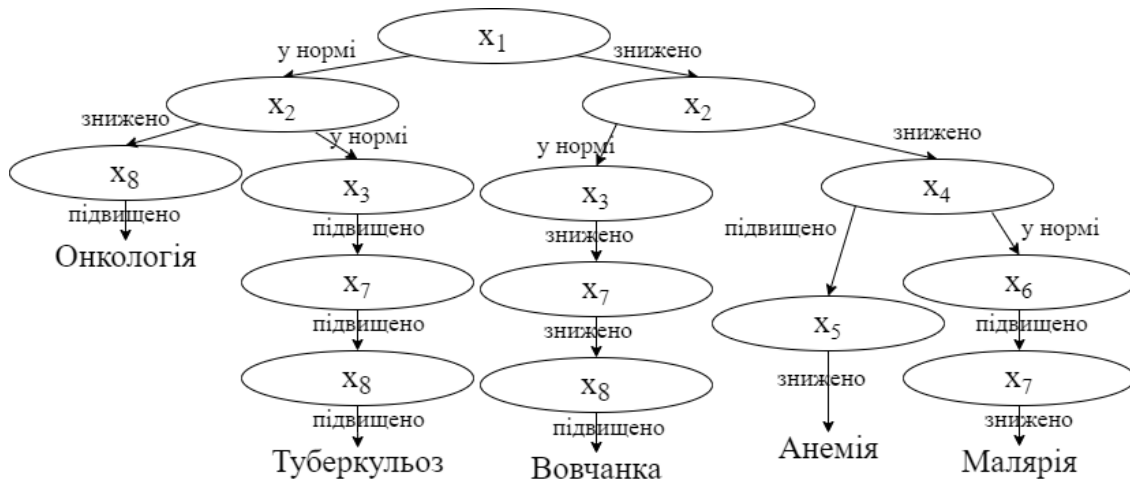


Рисунок 2 – Дерево прийняття рішень при постановці діагнозу за аналізом крові

Для бінарного дерева рішень на рисунку 2 множина правил буде мати наступний вигляд:

1. Якщо  $x_1 =$  знижено та  $x_2 =$  знижено та  $x_4 =$  знижено та  $x_5 =$  знижено то  $y =$  анемія.
2. Якщо  $x_2 =$  знижено та  $x_8 =$  підвищено то  $y =$  онкологія.

3. Якщо  $x_3$  = підвищено та  $x_7$  = підвищено та  $x_8$  = підвищено то  $y$  = туберкульоз.
4. Якщо  $x_1$  = знижено та  $x_2$  = знижено та  $x_6$  = підвищено та  $x_7$  = знижено то  $y$  = малярія.
5. Якщо  $x_1$  = знижено та  $x_3$  = знижено та  $x_7$  = знижено та  $x_8$  = підвищено то  $y$  = системна червона вовчанка.

Де  $x_1$  – RBC – еритроцити,  $x_2$  – HGB – гемоглобін,  $x_3$  – WBC – лейкоцити,  $x_4$  – ЦП – колірний показник,  $x_5$  – HCT – гематокрит,  $x_6$  – RET – ретикулоцити,  $x_7$  – PLT – тромбоцити,  $x_8$  – ESR – ШОЕ,  $y$  – діагноз.

Усі знання були отримані від лікарів терапевтів в Обласній лікарні інтенсивного лікування та Маріупольської міської лікарні №9, а також від приватного лікаря невропатолога.

Моделювання і тестування бази знань проводилося на основі «Малої експертної системи». Це дозволило добитися задовільної точності в постановці діагнозу. На основі отриманої БЗ був розроблений прототип експертної системи. Його робота представлена на рисунку 3.

Рисунок 3 – Демонстрація роботи прототипу медичної експертної системи

Даний прототип був розроблений на мові програмування C++, використовуючи кросплатформовий інструментарій розробки програмного забезпечення Qt.

## ВИСНОВКИ

У ході проведення дослідження було з'ясовано, що в даний час не існує інтелектуальної системи, яка могла б поставити діагноз за аналізом крові. Тому було прийнято рішення отримати і систематизувати знання лікарів-фахівців для розробки медичної експертної системи.

На основі отриманих знань була створена БЗ у вигляді правил продукції. Для візуалізації процесу постановки діагнозу було вибрано бінарне дерево рішень.

Підсумком роботи є прототип експертної системи визначення захворювання за аналізом крові. У майбутньому планується збільшення бази знань і додавання в систему нових клінічних досліджень для більш широкого використання ЕС.

*Список використаних джерел:*

1. Ayangbekun O. J. An Expert System for Diagnosis of Blood Disorder [Electronic resource] / O. J. Ayangbekun, A. I. Olatunde, F. O. Bankole // International Journal of Computer



Applications. – 2014. – Vol. 100, N 3. – P. 36–40. – Mode of access: <https://www.ijcaonline.org/archives/volume100/number3/17509-8061>

2. Експертна система прогнозування стадії діабетичної ретинопатії на основі аналізу дисфункції тромбоцитів / А. С. Гудзь [та ін.] // Клінічна ендокринологія та ендокринна хірургія. – 2018. – № 2 (62). – С. 46–52.

3. Development of a Medical Expert System as an Expert Knowledge Sharing Tool on Diagnosis and Treatment of Hypertension [Electronic resource] / J. Gudu, D. Gichoya, P. Nyongesa, A. Mumbo // International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics. – 2012. – Vol. 2, N 5. – P. 297–300. – Mode of access: <http://www.ijbbb.org/papers/120-CB301.pdf>

4. Santosh Kumar Patra, P. An Expert System for Diagnosis of Human Diseases [Electronic resource] / P. Santosh Kumar Patra, Dipti Prava Sahu, Indrajit Mandal // International Journal of Computer Applications. – 2010. – Vol. 1, N 13. – P. 70–73. – Mode of access: <https://www.ijcaonline.org/journal/number13/pxc387439.pdf>

5. Hazem Awni Al Rekhawi Rickets Expert System Diagnoses and Treatment [Electronic resource] / Hazem Awni Al Rekhawi, Abdullah A. Ayyad, Samy S. Abu Naser // International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS). – 2017. – Vol. 1, N 4, June. – P. 149–159. – Mode of access: <http://dstore.alazhar.edu.ps/xmlui/bitstream/handle/123456789/373/IJEAIS170613.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

6. Dashti, Seyed M. S. An Expert System to Diagnose Spinal Disorders [Electronic resource] / Seyed M. S. Dashti, Seyedeh F. Dashti // The Open Bioinformatics Journal. – 2020. – Vol. 13. – P. 57–73. – Mode of access: <http://www.openbioinformaticsjournal.com/contents/volumes/V13/TOBIOJ-13-57/TOBIOJ-13-57.pdf>

7. Expert System for Problems of Teeth and Gums [Electronic resource] / Mahmoud J. Abu Ghali, Mohammed N. Mukhaimer, Mohammed K. Abu Yousef, Samy S. Abu Naser // International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS). – 2017. – Vol. 1, N 4, June. – P. 198–206. – Mode of access: <http://dstore.alazhar.edu.ps/xmlui/bitstream/handle/123456789/375/IJEAIS170616.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. Мельникова, Н. І. Особливості проектування систем підтримки лікувальних рішень / Н. І. Мельникова, К. В. Стебліна // Математичні машини і системи. – 2014. – № 1. – С. 92–100.

**Федосова И. В., Сметанникова Е. А.**

## **ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ ПО АНАЛИЗУ КРОВИ**

*Использование интеллектуальных информационных систем (ИИС) в сфере охраны здоровья становится все более актуальным. С их помощью можно систематизировать знания специалистов, чтобы в дальнейшем использовать их для помощи в принятии решений в сложных задачах или опасных ситуациях. Проблема медицины заключается в том, что, чаще всего, данные для постановки диагноза представлены запутанными клиническими показаниями. Поэтому использование ИИС становится необходимым, ведь от скорости реакции врача зависит жизнь и здоровье пациента, а системы помогут ему быстрее и уверенней поставить верный диагноз или подтолкнуть его в верном направлении.*

*В рамках данной работы были исследованы существующие экспертные системы в медицинской отрасли. В настоящее время ЭС помогают врачам-специалистам диагностировать заболевания соединительных тканей, депрессивные состояния,*

заболевания глаз, инфекционные заболевания, легочных заболеваний и пр. Но ни одна из них не помогает экспертам в постановке диагноза по анализу крови. Это помогло бы сэкономить много времени молодым врачам и помочь им в обучении.

Данная статья посвящена разработке медицинской экспертной системы (МЭС), которая будет ставить предварительный диагноз, основываясь на анализе крови. В ходе исследования были изучены разные архитектуры экспертных систем и методологии представления знаний. Для реализации МЭС была выбрана статическая структура ЭС, а для моделирования базы знаний (БЗ) использовались продукционные правила и бинарное дерево решений. Правила составлялись на основе систематизации знаний полученных от врачей города Мариуполя. Разработка БЗ проводилась с использованием "Малой экспертной системы", после чего был реализован прототип экспертной системы на языке программирования C++.

**Ключевые слова:** медицинская экспертная система, база знаний, анализ крови, диагноз, дерево решений, продукционные правила.

**Fedosova I. V., Smetannikova Y. A.**

### EXPERT SYSTEM FOR DETERMINATION OF DISEASE BY BLOOD ANALYSIS

*The use of intelligent information systems (IIS) in health care is becoming more and more relevant. With their help, it is possible to systematize the knowledge of specialists in order to further use it to help in making decisions in difficult tasks or dangerous situations. The problem with medicine is that, most often, the data for making a diagnosis are presented with confusing clinical indications. Therefore, the use of IIS becomes necessary, because the patient's life and health depend on the speed of the doctor's reaction, and the systems will help him to make the correct diagnosis faster and more confidently or to push him in the right direction.*

*As part of this work, the existing expert systems in the medical industry were investigated. Currently, ES help specialist doctors diagnose connective tissue diseases, depressive conditions, eye diseases, infectious diseases, pulmonary diseases, etc. But none of them helps experts in making a diagnosis based on blood tests. This would save a lot of time for young doctors and help them learn.*

*This article is devoted to the development of a medical expert system (MES), which will make a preliminary diagnosis based on a blood test. In the course of the study, various architectures of expert systems and methodologies of knowledge representation were studied. For the implementation of the MES, a static structure of the ES was chosen, and for modeling the knowledge base (KB), production rules and a binary decision tree were used. The rules were drawn up on the basis of the systematization of knowledge received from the doctors of the city of Mariupol. The knowledge base was developed using the "Small Expert System", after which a prototype of the expert system was implemented in the C++ programming language.*

**Keywords:** medical expert system, knowledge base, blood test, diagnosis, decision tree, production rules.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С. С.

Стаття надійшла 11.11.2019 р.