

- Komp'uterna inzheneriia ta informatsiini tekhnologii* – Journal of Lviv Polytechnic National University. Series: Computer engineering and information technologies, 2002, № 450, pp. 76-80. (Ukr.)
11. Khan P.W., Byun Y.-C., Lee S.-J., Kang D.-H., Kang J.-Y., Park H.-S. Machine Learning-Based Approach to Predict Energy Consumption of Renewable and Nonrenewable Power Sources. *Energies*, 2020, vol. 13, iss. 18, pp. 1-16. doi: **10.3390/en13184870**.
  12. González P.A., Zamarreño J.M. Prediction of hourly energy consumption in buildings based on a feedback artificial neural network. *Energy and Buildings*, 2005, vol. 37, iss. 6, pp. 595-601. doi: **10.1016/j.enbuild.2004.09.006**.
  13. *Informatsiia pro pogodinni misiachni obsiagi kupivli elektrichnoi energii u garantovanogo pokuptsia ta faktichniy prodazh elektrichnoi energii pobutovim spozhivacham* (Information on hourly monthly volumes of electricity purchased from a guaranteed buyer and the actual sale of electricity to household consumers) Available at: [www.vin.enera.ua/el/reports](http://www.vin.enera.ua/el/reports) (Accessed 15 August 2022). (Ukr.)

Рецензент: О.Є. П'ятикоп  
канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 08.08.2022

УДК 004.056

doi: 10.31498/2225-6733.45.2022.276223

© Федосова І.В.<sup>1</sup>, Котихова Л.Д.<sup>2</sup>, Перець Є.О.<sup>3</sup>

### ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ПСИХОНЕВРОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Стаття розкриває тему розробки експертної системи психоневрологічних захворювань з використанням методу диференціальної діагностики. Завдання системи диференціальної медичної діагностики – визначити захворювання, якими може страждати пацієнт, на підставі даних спостереження за його симптомами. Метод, який використовується під час діагностики захворювання, – диференціальний. Цей метод відсіює хвороби через невідповідності будь-яким фактам або симптомам, що в кінці має призвести до єдиної можливої хвороби. Розроблена і реалізована експертна система (ЕС) включає в себе: механізм звернення до бази даних симптомів по кожному з корелюючих захворювань, алгоритм формування вхідних параметрів ЕС, метод прийняття рішень на основі логічного механізму. У роботі досліджено та проаналізовано різноманітні механізми ухвалення рішень, що дозволило уникнути недоліків та покращити роботу експертної системи. Робота ЕС спирається на базу знань симптомів. База даних є сукупністю диференційно-діагностичних ознак, відповідних частот зустрічальності для кожного з діагностованих захворювань. В додатку є два режими роботи: режим роботи з базою знань, який забезпечує безпосередньо роботу з базою даних та підтримку всіх необхідних операцій для повного функціонування системи. Режим аналізу, в якому фахівець отримує підтримку в прийнятті рішення при постановці діагнозу. Користувач встановлює наявні симптоми пацієнта, після чого відбувається обробка введених даних. Наприкінці користувач отримує результат проведеного аналізу з найбільш ймовірного діагнозу до найменш ймовірного з розрахованою оцінкою відповідності. Така система має високу ефективність, надійність, доступність для розуміння та продуктивність. Застосування

<sup>1</sup> д-р пед. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0000-0003-3923-8270, [irivasilevna1964@gmail.com](mailto:irivasilevna1964@gmail.com)

<sup>2</sup> асистент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: 0009-0006-5008-622X, [kotykhova\\_l.d@pstu.edu](mailto:kotykhova_l.d@pstu.edu)

<sup>3</sup> студент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро

такої системи дозволяє уникнути надмірності інформації, тим самим зменшити час для первинної обробки даних.

**Ключові слова:** експертна система, база знань, механізм прийняття рішень, фрейм.

**I.V. Fedosova, L.D. Kotykhova, Y.O. Perets. Expert system for the study of psychoneurological diseases using the method of differential diagnostics.** The article reveals the topic of developing an expert system of psychoneurological diseases using the method of differential diagnostics. The task of the system of differential medical diagnosis is to determine the diseases that the patient may suffer from, based on the observation of his symptoms. The method used in diagnosing the disease is differential. This method weeds out diseases because they do not match any facts or symptoms, which in the end must lead to the only possible disease. The developed and implemented expert system includes: a mechanism for accessing the database of symptoms for each of the correlating diseases, an algorithm for forming ES input parameters, a decision-making method based on a logical mechanism. Various decision-making mechanisms were investigated and analyzed in the work, which made it possible to avoid shortcomings and improve the work of the expert system. ES work relies on a knowledge base of symptoms. The database is a collection of differential diagnostic features, corresponding frequencies of occurrence for each of the diagnosed diseases. The application has two modes of operation: the mode of operation with the knowledge base, which provides direct work with the database and support for all necessary operations for the full functioning of the system. The mode of analysis in which the specialist receives support in making a decision when making a diagnosis. The user sets the patient's existing symptoms, after which the managed data is processed. At the end, the user receives the result of the performed analysis with the most probable diagnosis to the least probable one with a calculated conformity assessment. Such a system has high efficiency, reliability, accessibility and productivity. The use of such a system allows you to avoid redundancy of information, thereby reducing the time for primary data processing.

**Key words:** expert system, knowledge base, decision-making mechanism, frame.

**Постановка проблеми.** Інтелектуальні експертні системи (ЕС) отримали найширше застосування в галузі медицини у якості помічника при плануванні лікування та прогнозування ризиків розвитку ускладнень. Це пов'язано з тим, що у екстрених випадках життя пацієнта залежить від термінів постановки діагнозу та вибору схеми лікування. Однак лікареві для цього може знадобитися час, іноді досить тривалий, особливо у разі спірного діагнозу або присутності в анамнезі пацієнта хронічних захворювань. Водночас якісна медична експертна система здатна надати адекватні результати, які по точності можна порівняти з призначеннями експерта, причому в найкоротші терміни.

Доволі актуальною сферою застосування медичних ЕС є діагностика психіатричних захворювань. Це зумовлено трудомісткістю діагностичної роботи. Для її проведення лікарю-психіатру необхідно: мати всебічні знання в галузі загальної психопатології та клініки психічних захворювань; утримувати в пам'яті колосальну інформацію про критерії клінічної оцінки симптомів і синдромів, особливості, форми, типи перебігу всіх психічних захворювань. Обсяг психологічної інформації, що постійно зростає, зростаючі вимоги до використання математичних методів обробки даних та обсягів досліджуваних вибірок призводить до необхідності автоматизації окремих складових діяльності психолога, включаючи вже не лише рутинні операції, а й організацію його практичної та науково-дослідної роботи. На жаль, недостатнє використання інформації в практичній роботі лікарів-психіатрів, а також лікарів суміжних спеціальностей призводить до зниження точності діагностики, ефективності лікування і в результаті подовжує терміни перебування хворих у стаціонарі та їх непрацездатності. Також масове «омолодження» лікарів у цьому напрямку призводить до зниження в ньому частки досвідчених фахівців, що може спричинити негативні наслідки у лікуванні пацієнта.

Зі сказаного вище можна зробити висновок про бажаність залучення на допомогу практичному лікарю найбільш сучасних технічних і, в першу чергу, обчислювальних засобів, здатних забезпечити обробку діагностичної інформації і прийняти на себе деякі функції консультанта. Експертна система, що розробляється, зможе стати доброю підмогою для практикуючих лікарів

або студентів медичних факультетів, оскільки міститиме в собі зручну для пошуку базу даних (БД) з усією інформацією з психічних розладів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Структура медичної ЕС включає в себе користувальницький інтерфейс, базу даних симптомів та механізм прийняття рішень, що дозволяє системі приймати рішення про постановку попереднього діагнозу без допомоги спеціаліста. Такий механізм може бути логічним, тобто являти собою сукупність формалізованих фактів та правил логічного висновку (базу знань), математичним, який включає в себе математичний апарат виведення результуючих даних, або гібридним, тобто об'єднанням перших двох методів.

При створенні БД симптомів фахівці у галузі медицини можуть зіткнутися з наступною проблемою: одному симптому можуть відповідати одразу кілька найменувань залежно від джерел даних. Така ситуація може виникнути, коли над складанням БД симптомів працює не один експерт та їх термінологія різна. У випадку, коли симптомів небагато, ця проблема не така помітна. Однак коли обсяг БД симптомів досить великий, база даних симптомів займає дуже великий обсяг пам'яті та звернення ЕС до неї може займати значну кількість часу, що неприпустимо.

У роботі [1] запропоновано формалізувати клінічну інформацію для оптимізації діагностичного процесу так, щоб за кожним симптомом був свій унікальний код. Тобто безлічі текстових шаблонів буде зіставлено одне явище – симптом, що відповідає своєму унікальному коду. Цього можна досягти, якщо зробити акцент не на різних найменуваннях одного симптому, а на термінах, що описують його. Наприклад, симптоми «послаблююча температура» та «ремітуюча температура» описують один симптом і повинні мати єдиний унікальний код. Таке відношення між іменами, коли найменування посилаються на один і той же об'єкт, називається корелативною чи референціальною тотожністю.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) зробила серйозний крок у вирішенні проблеми з термінологією захворювань, розробивши міжнародну класифікацію хвороб (МКХ). Ця класифікація раз у десять років підлягає перегляду та доповненню новими захворюваннями. Для того, щоб аналогічним чином вирішити проблему з формалізацією бази даних симптомів, ВООЗ створює міжнародну класифікацію функціонування, обмежень життєдіяльності та здоров'я.

В іншій роботі розроблено базу даних симптомів на основі даних МКХ для ведення первинного прийому дітей раннього віку з різними порушеннями. Для зберігання великого обсягу даних найчастіше використовуються реляційні бази даних. Як система управління базами даних (СУБД) у роботі застосовується СУБД Microsoft Access, що належить до реляційних систем. Такий підхід дозволив авторам також здійснювати вибірку інформації з бази даних і здійснювати іншого роду маніпуляції з даними, що зберігаються в програмному середовищі, створеному мовою Delphi 7.

Наступний етап розробки медичної ЕС є реалізація механізму ухвалення рішень. Нижче докладно описано метод використання гібридного механізму. В цьому випадку для постановки діагнозу застосовують дерева прийняття рішень (ДПР). ДПР – це направлений граф, у якого кінцеві вершини (вершини графа, у яких немає дуг) є висновки (деякі альтернативи вибору). Проміжні вершини графа, що залишилися, містять у собі умову переходу до інших вершин (зображено на рис. 1 та рис. 2). Для того щоб використовувати ДПР найбільш ефективно, автори вибрали як алгоритм прийняття рішень ЕС – алгоритм генетичного програмування (ГП). Для успішного використання ГП необхідно виконати два кроки: представити об'єкти пошуку, як ієрархічні дерева, та формалізувати процедуру їхньої оцінки [2].

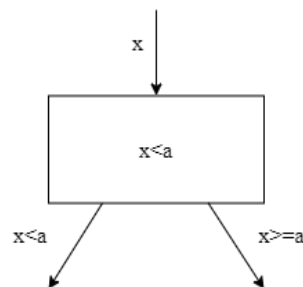


Рис. 1 – Функціональний вузол ДПР:  $x$  – змінна, що входить;  $a$  – параметр вузла

Алгоритм називається генетичним, тому що його основним завданням є «схрещування», комбінування пар варіантів розв’язання. Далі відбувається селекція, відбір, та формування нового покоління за допомогою мутації, яка успадковує деякі ознаки попереднього. Етап мутації є не що інше, як випадкові зміни в ДПР з досить малою ймовірністю. Функціональна вершина (проміжна вершина графа) замінюється на випадково обрану функціональну вершину, а термінальна вершина (кінцева вершина графа) – на термінальну [3].

Далі знову відбувається схрещування та відбір. Так триває до того часу, поки число циклів (покоління) не досягне заздалегідь обраного максимуму та не вичерпано час роботи програми.

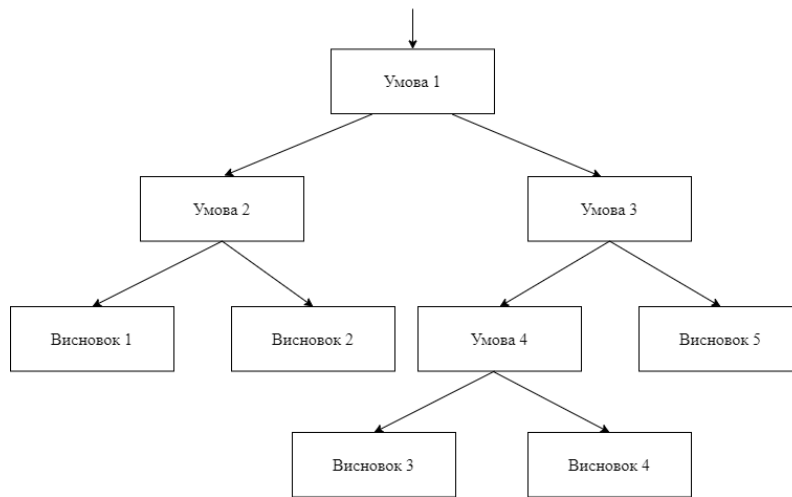


Рис. 2 – Дерево прийняття рішень

Результатом роботи ЕС на основі генетичного програмування буде формування дерева прийняття рішень із найбільшою придатністю.

Експертна система, реалізована на основі генетичного програмування, має свої недоліки:

- 1) на «селекцію», перебір усіх альтернативних варіантів програми, потрібно багато часу;
- 2) кількість поколінь (циклів програми) обмежена – у результаті вирішення завдання буде наближеним.

У роботі [4] наведено наочний приклад ефективного використання математичного методу ухвалення рішення для БД, побудованої на базі сукупності диференційно-діагностичних ознак. Медична ЕС у разі зіставляє матрицю симптомів пацієнта  $X$  еталонним матрицям захворювань  $S$ . У самих матрицях зберігається масив вагових коефіцієнтів  $k$  за кожною частотою зустрічальності  $f$  симптому у конкретному захворюванні. Частота зустрічальності визначається емпірично за вибіркою пацієнтів за допомогою підрахунку зустрічальності кожного із симптомів:

$$f = \frac{N_+}{N_+ + N_-} \times 100\% , \quad (1)$$

де  $N_+$  – пацієнти з вибірки з наявністю даного симптому;

$N_-$  – пацієнти, у яких цей симптом відсутній.

При використанні математичного підходу до прийняття рішень, ваговий коефіцієнт  $k_i$   $i$ -го симптому розраховується так:

$$k_i = \frac{f_i}{\sum f_i} \times 100\% , \quad (2)$$

де  $f_i$  – частота народження  $i$ -го симптому, відповідна даному ваговому коефіцієнта [5].

Далі для встановлення попереднього діагнозу розраховується діагностичний індекс  $D$  за формулою:

$$D = \sum k_i p_i , \quad (3)$$

де  $p_i = \begin{cases} 0, \text{ значення } i - x \text{ комірок матриці } X \text{ та матриці } S \text{ не рівні;} \\ 1, \text{ значення } i - x \text{ комірок матриці } X \text{ та } S \text{ співпадають.} \end{cases}$

Діагностичний індекс дозволяє розрахувати ймовірність наявності того чи іншого захворювання у відсотковому відношенні.

**Метою дослідження** є вибір оптимального методу ухвалення рішень, розробка та реалізація експертної системи для ранньої діагностики психоневрологічних захворювань, що включає:

- мати можливість підключення бази даних симптомів різних захворювань;
- механізм звернення до бази даних симптомів по кожному з корелюючих захворювань;
- включати інтерфейс користувача, що дозволяє застосовувати розроблений програмний засіб для діагностики широкого кола патологій;
- проводити ранню діагностику захворювання за сукупністю диференційно-діагностичних ознак;
- метод ухвалення рішень.

**Виклад основного матеріалу.** Метод, що використовується під час діагностики – диференціальна діагностика. Це метод, що відсіює хвороби через невідповідності будь-яким фактам або симптомам, що в кінці має привести до можливої хвороби.

Завдання системи диференціальної медичної діагностики полягає у визначенні хвороб, на які можливо хворий пацієнт, на основі даних про спостереження за його симптомами. У даній роботі з розробки ЕС використовується логічний метод прийняття рішень. Ключовим поняттям такої системи є база знань. На рис. 3 представлена схема роботи проекрованої експертної системи диференціальної діагностики.

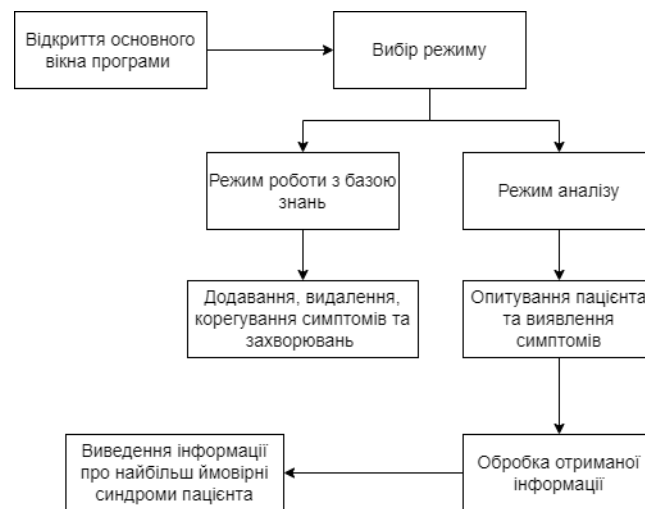


Рис. 3 – Схема роботи проекрованої системи

Таким чином, в ЕС симптоми є безпосереднім проявом хвороби, первинними ознаками патологічного стану організму. Симптом, з якого починається діагностика психічного захворювання, є в психіатрії клінічною одиницею першого порядку. У психіатрії симптом є фундаментом розпізнавання хвороби, поза симптомами неможлива діагностика захворювання. Однак обмежуватись симптомами недостатньо. На шляху до обґрунтування кінцевого діагнозу черговим етапом складнішого синтезу клінічного знання про хворого є група симптомів, що становить певну єдність – синдром. Синдром є клінічною одиницею другого порядку. Цей закономірний зв'язок відображає патогенетичні механізми хвороби. Синдром, що представляє психічний статус хворого в даний момент, безпосередньо відображає патогенетичні механізми захворювання. У цьому полягає його значення у пізнанні сутності хвороби.

Таке співвідношення взаємних зв'язків, при якому кожне психіатричне захворювання (і захворювання взагалі) або синдром захворювання можна описати набором симптомів, свідчить про застосування фреймової моделі. З погляду фреймової моделі кожне захворювання або синдром є фрейм, що складається з набору слотів – симптомів.

Застосування фреймів для представлення знань при реалізації інструментальних засобів дозволяє описувати досить широкий клас технологічних об'єктів. Уніфікована структура фреймів і невелике число стандартних правил обробки дозволяють описувати більш складні правила обробки і роблять систему гнучкою в побудові різних об'єктно-орієнтованих структур знань.

Фреймовий спосіб представлення знань задовольняє вимогам, характерним для нових інформаційних технологій, а саме: проблемно-незалежне подання інформації, забезпечення створення і коригування бази знань, даних і фактів на інформаційному рівні, підтримка вибору на якісному і кількісному рівні, можливість опису на інформаційному рівні різних правил вибору, досить простий переклад способу в машинне подання [5].

При такому підході слід враховувати, що кожен симптом може виявлятися в цілому ланцюжку захворювань, що часто належать до різних класів. Більше того, кожен окремий симптом лише з певним ступенем достовірності вказує на наявність розладу. Наприклад, наявність металевого смаку в роті пацієнта може свідчити про інтоксикацію свинцем, а з іншого боку – смакову псевдогалюцинацію. Таким чином, висновок про наявність розладу можна зробити, лише виявивши ряд найбільш характерних симптомів. Практично – поставити пацієнтові кілька питань, що характеризують розлад та відповідні симптоми. У цьому слід враховувати і коефіцієнт коректності постановки питання, що характеризує можливу двозначність. Умовно, цей підхід можна представити у такому вигляді:

$$P_{\text{розлади}} = k_{\text{cor}_1} * K_{\text{відповідь питання 1}} + k_{\text{cor}_2} * K_{\text{відповідь питання 2}} + \dots + k_{\text{cor}_3} * K_{\text{відповідь питання 3}} + \dots, \quad (4)$$

де  $P_{\text{розлади}}$  – рівень достовірності наявності розладу;

$k_{\text{cor}_1}$  – ваговий коефіцієнт коректності питання;

$K_{\text{відповідь питання}_1}$  – коефіцієнт, що характеризує відповідь пацієнта (рівні підтвердження повного та неповного заперечення).

Проведення повного опитування дозволить виявити рівні достовірності наявності розладів, що є основою для проведення аналізу синдромів та окремих захворювань.

Робота ЕС спирається на базу знань симптомів. База даних є сукупністю диференційно-діагностичних ознак, відповідних частот зустрічальності для кожного з діагностованих захворювань. В даній роботі БД сформована щодо різноманітних видів психоневрологічних захворювань. Структура цих даних дозволяє представити їх у табличному вигляді. Користувач, а саме спеціаліст чи лікар, може брати участь у складанні БД щодо відповідних захворювань, перевіряючи дані на достовірність через свої медичні знання.

Програмна оболонка експертної системи психіатричної діагностики, що розробляється, повинна забезпечити: режим роботи з базою знань, де фахівець має можливість корегувати, додавати та видаляти БД симптомів та захворювань. Режим аналізу, де фахівець після опитування пацієнта відмічає наявні симптоми, після чого відбувається обробка введених даних та отримання найбільш відповідних захворювань з оцінкою відповідності.

При реалізації програмного забезпечення програми було створено класи, що забезпечують роботу головного та діалогових вікон програми, роботу з базами даних, виведення необхідної діагностичної інформації. На рис. 4 наведено схему роботи класів форм додатку:

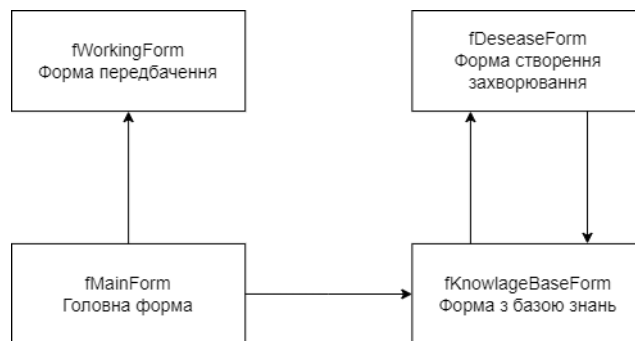


Рис. 4 – Схема взаємодії класів форм

На рис. 5 наведено меню головного вікна програми, яке дозволяє здійснити доступ до різних режимів ЕС.

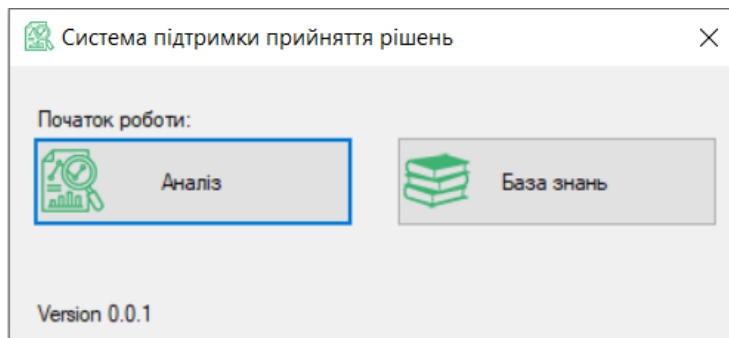


Рис. 5 – Головне вікно експертної системи

На рис. 6 наведено режим роботи з базою знань, де відображено захворювання та відповідні їм симптоми.

Назва захворювання:	Симптоми захворювання:
Обсесивно-компульсивний (наїв'язливо-компульсивний)	Наїв'язливі думки; патологічні страхи; Компульсія; Тривога
Тривожний стан	Прискорене серцебиття; Відчуття браку повітря; Запаморочення; Нудота; Надмірне потовиділення; Тремтіння; Сухість у роті; Погіршення розумових здібностей
Панічний розлад	Прискорене серцебиття; Біль у грудях; Надмірне потовиділення; Тремтіння; Задихка; Нудота; Дерезалізація; Страх втратити контроль
Маніакальний синдром	Гпертимія; Тахіпсія; Рухова активність
Гіпоманія	М'який підйомом настрою; Енергійність; Роздратований настрої; Гпертимія; Підвищена сексуальна активність; Порушення уваги; Рухова активність
Параноя	Галюцинації; Маячня; Агресія; Змінення походки; Манія переслідування; Погіршення розумових здібностей
Шизофренія	Галюцинації; Апатія; Соціальна ізоляція; Дезорганізація мислення та мови
Депресія	Подавлений настрої; Ангедонія; Стомлованість; Почуття провини; Невпевненість в собі; Поганий апетит; Порушення сна

Рис. 6 – Робота з базою знань

На рис. 7 наведено результати аналізу, де відображено попередній діагноз та його відповідність до вказаних симптомів.

Назва захворювання	Симптоми	Відповідність
Дратівлива слабкість	Збудливість; Дратівливість; Виснаженість; Спалахи збудження;	6 з 7
Гперстенічна неврастенія	Подразливість; Стомлованість; Погіршення розумових здібностей;	3 з 7
Гпостенічна неврастенія	Виснаженість; Млявість; Апатія; Сонливість; Пригніченість; Астенія	2 з 7
Депресія	Подавлений настрої; Ангедонія; Стомлованість; Почуття провини;	1 з 7
Обсесивно-компульсивний	Наїв'язливі думки; Патологічні страхи; Компульсія; Тривога	0 з 7

Рис. 7 – Режим аналізу



**Висновки**

Результатом цієї роботи є розробка експертної системи, яка проводить ранню діагностику захворювань, забезпечує спеціаліста достовірними результуючими даними та має адаптований інтерфейс користувача, що дозволяє використовувати ЕС для діагностики кола захворювань. До явних переваг автоматизованої обробки та внесення результатів психологічного дослідження, можна віднести зменшення ймовірності допущення помилок і значна економія часу, відведеного для первинної обробки даних. Експертна система має наступні переваги: високу ефективність, продуктивність, високу надійність, доступність для розуміння.

**Перелік використаних джерел:**

1. Кузьминов О.М. Формализация клинической информации для оптимизации лечебно-диагностического процесса в терапевтической практике / О.М. Кузьминов, В.И. Фетисова, И.В. Синица // Научный результат. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 4-9. – (Серия: Медицина и фармация). – Режим доступа: <https://doi.org/10.18413/2313-8955-2016-2-2-4-9>.
2. Russel S. Artificial Intelligence: A Modern Approach / S. Russel, P. Norvig. – 3rd Edition. – Pearson Education Limited, 2009. – 1099 p.
3. Poli R. Exact Schema Theory for Genetic Programming and Variable-Length Genetic Algorithms with One-Point Crossover / R. Poli // Genetic Programming and Evolvable Machines. – 2001. – № 2. – Pp. 123-163. – Mode of access: <https://doi.org/10.1023/A:1011552313821>.
4. Kirillov V. Technology of Creation of an Expert System for Diagnosing Thyroid Pathology Based on a Set of Qualitative Signs of Cell Atypia / V. Kirillov, A. Gladyshev, E. Demidchik // Microscopy Research and Technique. – 2010. – № 73. – Pp. 1091-1100. – Mode of access: <https://doi.org/10.1002/jemt.20853>.
5. Semenkina M. Hybrid self-configuring evolutionary algorithm for automated design of fuzzy classifier / M. Semenkina, E. Semekin // Advances in Swarm Intelligence. – 2014. – Pp. 310-317. – Mode of access: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11857-4\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11857-4_35).

**References:**

1. Kuz'minov O.M., Fetisova V.I., Sinitsa I.V. Formalizatsiia klinicheskoi informatsii dlia optimizatsii lechebno-diagnosticheskogo protsessa v terapevticheskoi praktike [Formalization of clinical information to optimize the diagnostic and treatment process in therapeutic practice]. *Nauchnyi rezul'tat. Seriya: Meditsina i farmatsiia – Scientific result. Series: Medicine and Pharmacy*, 2016, vol. 2, № 2, pp. 4-9. doi: 10.18413/2313-8955-2016-2-2-4-9. (Rus.)
2. Russel S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson Education Limited Publ., 2009. 1099 p.
3. Poli R. Exact Schema Theory for Genetic Programming and Variable-Length Genetic Algorithms with One-Point Crossover. *Genetic Programming and Evolvable Machines*, 2001, № 2, pp. 123-163. doi: 10.1023/A:1011552313821.
4. Kirillov V., Gladyshev A., Demidchik E. Technology of Creation of an Expert System for Diagnosing Thyroid Pathology Based on a Set of Qualitative Signs of Cell Atypia. *Microscopy Research and Technique*, 2010, № 73, pp. 1091-1100. doi: 10.1002/jemt.20853.
5. Semenkina M., Semekin E. Hybrid self-configuring evolutionary algorithm for automated design of fuzzy classifier. *Advances in Swarm Intelligence*, 2014, pp. 310-317. doi: 10.1007/978-3-319-11857-4\_35.

Рецензент: О.Є. П'ятикоп  
канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 30.09.2022