

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Т.в.о. завідувача кафедри
_____ Сафонова С.О.
« ____ » _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НА ТЕМУ:

Методи пошуку діагностичних даних в медичних інформаційних системах

Освітній рівень “Магістр”
Спеціальність 123 “Комп’ютерна інженерія”

Науковий керівник роботи:

(підпис)

О.І.Рязанцев

(ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

(підпис)

Я.О.Критська

(ініціали, прізвище)

Студент:

(підпис)

О.О. Бугеря

(ініціали, прізвище)

Група:

КІ-18зм

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки

Кафедра Комп'ютерних наук та інженерії

Освітній рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Т.в.о. завідувача кафедри _____

С.О. Сафонова

« _____ » _____ 20 ____ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Бугері Олені Олексіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи пошуку діагностичних даних в медичних інформаційних системах

керівник проекту (роботи) Рязанцев Олександр Іванович, д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «11» 10 2019 р. № 136/15.15

2. Строк подання студентом роботи 10.01.2020

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики, математичні моделі побудови експертних систем, теоретичні відомості про Байєсівські мережі довіри

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз розвитку та проблем медичної діагностики, аналіз моделей експертних систем та теорії суб'єктивних ймовірностей, розробка автоматизованої системи розрахунку поширення ймовірностей у Байєсівській експертній системі для діагностування захворювань органів дихання, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Електронні плакати

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я.О. ст. викл. кафедри КНІ		

7. Дата видачі завдання 14.10.2019

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розробка технічного завдання	02.09.2019-15.09.2019	
2	Критичний аналіз літератури з досліджуваної проблеми	16.09.2019-22.09.2019	
3	Розробка методу	23.09.2019-25.09.2019	
4	Програмна реалізація	26.09.2019-06.10.2019	
5	Аналіз результатів дослідження	07.10.2019-25.11.2019	
6	Розробка частини проекту "Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях"	26.11.2019-1.12.2019	
7	Оформлення пояснювальної записки, автореферату та презентації	2.12.2019-09.01.2020	

Студент

_____ (підпис)

Бугеря О.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Науковий керівник

_____ (підпис)

Рязанцев О.І.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бугеря О.О. Методи пошуку діагностичних даних в медичних інформаційних системах.

Метою роботи є дослідження методів пошуку медичних діагностичних даних, що базуються на використанні експертних систем, які дозволяють отримати діагноз в залежності від зазначених симптомів.

Об'єктом дослідження є медична діагностична експертна система побудована за допомогою Баєсових мереж довіри.

Використано методи побудови експертних систем за допомогою Баєсових мереж довіри. Проведено дослідження поведінки методів побудови експертних систем за допомогою Баєсових мереж довіри при диференційованому діагностуванні.

У результаті роботи здійснена реалізація системи для отримання медичних діагностичних даних.

Ключові слова: медичне діагностування, експертна система, баєсові мережі довіри, диференційоване діагностування, медичні бази знань, експертне оцінювання.

ABSTRACT

Bugery O.O. Methods of seeking diagnostics in medical information systems.

The goal is to research the methods of searching for medical diagnostic data based on the use of expert systems that allow you to get a diagnosis based on these symptoms.

The object of the study is a medical diagnostic expert system built with Bayesian belief networks.

Methods of constructing expert systems using Bayesian belief networks are used. The study of the behavior of methods for constructing expert systems implementations with the Bayesian belief networks with differentiated diagnosis is carried out.

As a result of the work implementation of the system for obtaining medical diagnostic data.

Keywords: medical diagnosis, expert system, bayesian belief network, differential diagnosis, medical knowledge base, expert assessment.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТА ПРОБЛЕМ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ.....	9
1.1 Медична діагностика	9
1.2 Проведення медичної діагностики	10
1.3 Перевірка симптомів.....	12
1.3.1 Розвиток діагностики за симптомами	13
1.3.2 Перевірка симптомів у дітей	15
1.3.3 Перевірка симптомів у дорослих	16
1.3.4 Перевірка симптомів у літніх людей.....	17
1.4 Постановка задачі дослідження.....	18
2 АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ТА ТЕОРІЇ СУБ'ЄКТИВНИХ	
ЙМОВІРНОСТЕЙ	21
2.1 Теорія суб'єктивних ймовірностей	22
2.2 Байєсівська стратегія як форма реалізації правил продукції.....	23
2.2.1 Правило продукції.....	26
2.2.2 Моделювання логічних міркувань	27
2.3 Експертна система для іридіагностики.....	32
2.4 Моделювання експертних систем	36
2.4.1 Склад і взаємодія учасників побудови і експлуатації експертних систем	38
2.4.2 Переваги використання експертних систем	39
2.4.3 Особливості побудови і організації експертних систем.....	40
2.4.4 Відмінність експертних систем від традиційних програм	42
2.4.5 Технологія розробки експертних систем	43
2.4.6 Навчання системи.....	44
3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ПОШИРЕННЯ	
ЙМОВІРНОСТЕЙ У БАЙЄСІВСЬКІЙ ЕКСПЕРТНІЙ СИСТЕМІ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ	
ЗАХВОРЮВАНЬ ОРГАНІВ ДИХАННЯ.....	47
3.1 Обґрунтування вибору середовища програмної реалізації.....	47
3.2 Поширення ймовірностей в експертних системах	48
3.3 Послідовне поширення ймовірностей	51
3.4 Математичне обґрунтування системи.....	52

	5
3.5 Розробка системи прорахунку вірогідності.....	54
3.6 Тестування розробленої системи.....	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	61
4.1 Загальні питання з охорони праці.....	61
4.2 Аналіз стану умов праці	61
4.3 Виробнича санітарія	63
4.3.1 Пожежна безпека.....	64
4.3.2 Електробезпека.....	64
4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища.....	65
4.4.1 Параметри мікроклімату.....	65
4.4.2 Освітлення.....	66
4.4.3 Вентилювання.....	67
4.5 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій	67
4.6 Охорона навколишнього природного середовища	71
4.7 Висновок до розділу 4	72
ВИСНОВКИ	73
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	74
ДОДАТОК А ЕЛЕКТРОННІ ПЛАКАТИ.....	76

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЕС – експертна система

МІС – медична інформаційна система

БЗ – база знань

МКХ – міжнародна класифікація захворювань

ВСТУП

Експертні системи являють собою комп'ютерну модель мислення лікаря.

У поняття «інтелект лікаря» доцільно вкладати наступний сенс - це інтелект, сформований в процесі навчання і функціонування лікаря.

Зусилля багатьох розробників моделей інтелекту лікаря спрямовані на автоматизацію формування висновку лікаря, оскільки висновок лікаря у відомому сенсі є кінцевим продуктом, "вершиною" його діяльності. При цьому передбачається, що така автоматизація повинна забезпечувати підвищення достовірності укладання за рахунок зниження його залежності від таких чинників, що заважають як різниця рівнів кваліфікації лікарів і мінливість їх психофізіологічного стану.

Процедура формування висновку лікаря, яка зазвичай є об'єктом автоматизації, може бути представлена наступними основними етапами:

- оцінювання інформативних симптомів;
- обробка результатів оцінювання симптомів відповідно до діагностичного алгоритму;
- прийняття рішення (постановка діагнозу, вибір методів лікування).

Оцінка інформативності симптомів є одним з найважливіших завдань, що передують власне діагностиці і розв'язуваніх колективами медичних експертів, математиків та інженерів.

Оцінку інформативності симптомів роблять у два етапи:

- на основі наявних знань, досвіду і літературних даних експерти виділяють перелік симптомів, характерних для даного захворювання або групи захворювань;
- кількісно оцінюють діагностичну значимість симптомів, що належать виділеному переліку.

Важливим поняттям, введеним в побут розробниками перших діагностичних комп'ютерних програм, є «медична пам'ять» - одна або сукупність декількох «діагностичних матриць», що зводять воедино переліки діагностованих захворювань і відповідних їм ознак, з вказівкою в явній формі зв'язків між елементами цих переліків.

При цьому можуть використовуватися різні форми опису таких зв'язків:

- якісна вербальна ;
- кількісна частотно-імовірнісна чи бальна.

Найбільшого поширення набули так звані табличні алгоритми прийняття рішення, перевагою яких є виняткова простота, що дозволяє обходитися без ЕОМ. Недолік -

чутливість до ситуацій, коли деякі ознаки що виміряні з тих чи інших причин, а в результаті може виявитися, що ці ознаки якраз є найбільш інформативними.

Значною мірою вільні від цього недоліку алгоритми, які використовують імовірнісний підхід до прийняття рішення. Обчислення при цьому здійснюються за формулою Байеса або з використанням методу послідовного статистичного аналізу (методу Вальда). Порівняльна складність таких обчислень передбачає використання ЕОМ.

Незважаючи на значущість відрізка часу, що пройшов після появи перших медичних діагностичних систем (1972 – 1976 рр.), системи підтримки прийняття рішення, засновані на знаннях, і донині застосовуються в медичній практиці в дуже обмежених масштабах.

Причина цього феномена, на думку багатьох фахівців, полягає в тому, що медичні експертні системи тільки тоді будуть задовільними в теоретичному і практичному аспектах, коли будуть базуватися на методологічно коректному та адекватному реконструюванні лікарських знань і мислення.

1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ТА ПРОБЛЕМ МЕДИЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

1.1 Медична діагностика

Медична діагностика – комплекс заходів та досліджень, спрямованих на встановлення діагнозу, тобто точної причини захворювання, а також змін внутрішнього середовища організму та супутніх захворювань, та призначення ефективного лікування захворювання. Медична діагностика поділяється на семіотику; методи обстеження хворих, які поділяються на лабораторні, інструментальні та фізикальні методи обстеження; а також методологічні основи встановлення діагнозу.

Як науковий предмет діагностика включає в себе три основні розділи: семіотику, методи обстеження хворого та методологічні засади встановлення діагнозу.

Діагностика ґрунтується на всебічному і систематичному вивченні хворого, яке включає в себе збір анамнезу, об'єктивне дослідження стану організму, аналіз результатів лабораторних досліджень крові та різних виділень, рентгенологічні дослідження, графічні методи, ендоскопію, біопсію і інші методи.

В даний час в різних областях медицини застосовуються специфічні для даної області методи діагностики. Наприклад, в загальній хірургії застосовуються нижчевикладені методи:

- зовнішній огляд. Як правило, оглядається загальний вигляд пацієнта: колір і структура шкірних покривів, слизових, місця джерела болю і т. д.;
- біопсія – дослідження під мікроскопом (гістологічне дослідження) біоптата (зразка тканини, взятого з живого організму);
- лапароскопія - дослідження черевної порожнини за допомогою спеціальної камери, яка вводиться в черевну порожнину через розріз шириною приблизно 1-1,5 сантиметра;
- дослідження за допомогою зондів, спеціальної камери (в тому числі шлунково-кишкового тракту);
- пальпація (застосовується, як правило, для первинного визначення закритих переломів і тріщин кісток, первинної діагностики деяких хірургічних синдромів);
- рентгенографія (як правило, в травматології та пульмології);
- ультразвукове дослідження;
- лабораторна діагностика - сукупність методів, спрямованих на аналіз досліджуваного матеріалу за допомогою різного спеціалізованого обладнання.

Диференціальна діагностика – в медицині спосіб діагностики, що виключає невідповідні з яких-небудь фактів або симптомів захворювання, можливі у хворого, що в кінцевому рахунку повинно звести діагноз до єдиної можливої хвороби.

Диференціальну діагностику в медицині можна розділити на три етапи:

– в перший етап входить збір анамнезу захворювання, тобто ретельне вивчення історії даного захворювання у хворого, з'ясування причин його появи. Причини, як правило, у кожного захворювання свої, але у різних хвороб причини можуть бути одні й ті ж. Наприклад у гострого респіраторного - вірусного захворювання (ГРВІ) та пневмонії причиною може бути переохолодження організму;

– до другого етапу входить огляд хворого і симптоматика. Це найголовніший етап диференціальної діагностики. Особливо він важливий для працівників швидкої допомоги. Не маючи під рукою даних лабораторного та інструментального дослідження потрібно поставити правильний діагноз і правильно надати швидку медичну допомогу;

– третій етап диференціальної діагностики є заключним. Сюди входять лабораторні та інструментальні дослідження для підтвердження правильності поставленого діагнозу.

1.2 Проведення медичної діагностики

Процес встановлення діагнозу розпочинається вже від самого початку огляду хворого в лікувальному закладі або під час виклику лікаря за місцем проживання хворого. Розпочинається діагностика захворювання зі збору анамнезу захворювання. Після збору анамнезу лікар проводить огляд хворого, під час якого він здійснює перкусію та аускультацию пацієнта, пальпацію ділянки захворювання, вимірює у хворого артеріальний тиск, частоту серцевих скорочень та частоту дихання, і вимірює температуру тіла пацієнта. Дані анамнезу та огляду хворого заносяться до медичної документації (історії хвороби або амбулаторної картки пацієнта).

Для уточнення діагнозу захворювання хворому також призначаються лабораторні, інструментальні та фізикальні методи обстеження.

Лабораторні методи обстеження включають загальноклінічні аналізи, до яких входять загальний аналіз крові, загальний аналіз сечі та аналіз калу. До лабораторних методів обстеження відносяться також біохімічні методи обстеження, під час яких визначається рівень глюкози, креатиніну, сечовини, білірубину, ферментів печінки, ліпідів

крові; коагулограма, при якій аналізуються показники зсідання крові; обстеження із визначення гормонів крові; визначення онкомаркерів; аналізи крові та інших біологічних матеріалів на інфекційні захворювання; алергологічні, токсикологічні, цитологічні та паразитологічні обстеження.

До інструментальних методів обстеження відносяться рентгенологічні, ендоскопічні, ультразвукові, методи реєстрації електричної активності органів (зокрема ЕКГ та ЕЕГ) та ряд інших методів обстеження.

До рентгенологічних методів обстеження відноситься рентгенографія, рентгеноскопія, томографія, скринінговий метод для раннього виявлення захворювань дихальної системи — флюорографія, а також метод обстеження із створенням зображень органів із високою роздільною здатністю — комп'ютерна томографія. Близьким до цього методу, хоча й із використанням інших фізичних явищ, є магнітно-резонансна томографія та позитрон-емісійна томографія. У діагностиці також можуть застосовуватися рентгенологічні методи обстеження із використанням рентгеноконтрастних препаратів.

Ендоскопічні методи обстеження, принципом яких є спостереження змін внутрішніх органів та порожнин людського організму з допомогою спеціального прилада — ендоскопа, застосовуються переважно для діагностики захворювань порожнистих і порожнинних органів. До них відносяться фіброгастродуоденоскопія, колоноскопія, ректороманоскопія, риноскопія, ларингоскопія, бронхоскопія, цистоскопія, кольпоскопія, лапароскопія, артроскопія та ряд інших обстежень. Ендоскопічні методи можуть поєднувати у собі як діагностичну мету, в тому числі взяття біопсії ураженого органу, при проведенні даних методів обстеження можуть також проводитись лікувальні маніпуляції. Окрім того, найчастіше для вивчення стану органів травної системи застосовується відеокапсульна ендоскопія, під час якої в травний тракт хворого вводиться відеокапсула, яка самостійно рухається травним трактом і робить знімки стінок органів травної системи, що допомагає лікарю краще оцінити стан ураженого органу.

Для обстеження щільних органів застосовуються ультразвукові методи обстеження. Ультразвукове обстеження застосовується для діагностики захворювань печінки, підшлункової залози, жовчного міхура, селезінки, нирок, сечового міхура, простати, жіночих статевих органів, молочних залоз, серця і судин, суглобів, застосовується також для діагностики патологічних станів у плода.

Для діагностики розладів частини систем та органів використовуються методи реєстрації електричної активності органів, до яких відносяться, зокрема, ЕКГ та ЕЕГ.

У діагностиці різних захворювань також можуть використовуватися інші методи обстеження, зокрема введення в організм радіоактивних ізотопів та отриманні зображення

шляхом визначення виділеного ними випромінювання (сцинтиграфія); реєстрація виділеного тепла з організму людини (термографія); пункційна біопсія та ряд інших методів діагностики захворювань, які є специфічними для різних розділів медицини.

1.3 Перевірка симптомів

Симптом — будь-яка відчутна зміна в організмі або його функціях, яку виявили на підставі скарг хворого (суб'єктивний симптом) або при дослідженні лікарем (об'єктивний симптом).

Синдром — стійка сукупність симптомів із загальним патогенезом. Синдром може складати клінічну характеристику усієї хвороби або її частину, при цьому об'єднуючи прояви патології однієї або декількох систем та органів організму людини.

Синдром не є рівнозначним поняттю «хвороба», адже може зустрічатися при декількох хворобах. Так синдром жовтяниці може відбуватися при вірусних гепатитах, гемолітичній анемії, лептоспірозі, тропічній малярії, обтурації жовчних проток при ускладненій жовчнокам'яній хворобі (холелітазі), тощо. Поняття «синдром» не рівнозначне й поняттю «симптомокомплекс», хоч деякі медичні джерела їх невіправдано трактують як синоніми. Адже «симптомокомплекс» — це стислий опис симптоматики конкретної хвороби, тобто може бути семіотичним виразом нозологічної одиниці, синдрому або ускладнення.

У медицині та психології, термін «синдром» ґрунтується на асоціації деякої кількості клінічно розпізнаних симптомів (особливостей, ознак або характеристик), які часто трапляються разом, таким чином, що присутність одного симптому попереджує лікаря про можливу присутність інших симптомів, або інших ознак. Це частіше за все виявляється, коли причина, та/або патогенетичні зміни відбуваються разом (патофізіологія синдрому).

На сьогодні велике значення у клінічній діагностиці хвороб надають синдромному підходу, тому що синдром містить достатньо стійке сполучення певних симптомів, яких можна більш-менш часто виявити. На відміну від багатьох патологічних патогенетичних зрушень цю сукупність симптомів визначити можна за допомогою простих засобів — збору анамнезу, візуального спостереження, пальпації, перкусії, аускультії, тощо. У сучасній діагностиці синдромний підхід є етапом нозологічної діагностики, тобто виявлення сутності певної хвороби. Синдромний підхід в діагностиці певною мірою

дозволяє на достаціонарному етапі скоріше запідозрити хворобу і, відповідно, швидше доправити хворого до стаціонару. Наявність певного синдрому дозволяє і на стаціонарному етапі іноді не використовувати складні та дорогі засоби лабораторно-інструментальної неспецифічної діагностики. Іноді наявність синдрому дозволяє перейти одразу до лікування, зокрема, до хірургічного втручання при синдромі гострого живота, якого можуть спричинити гострий апендицит, панкреатит, холецистит, дивертикуліт, тощо.

Широке використання синдромного підходу в діагностиці призвело до спрощування самого поняття «синдром». З'явилися абсолютно неправильні поняття на кшталт «больовий синдром», «диспептичний синдром», не відповідають сутності синдрому, є по суті є симптомами, які мають неоднозначну нозологічну сутність при різних хворобах. Таке спрощування поняття «синдром» також сприяє недоцільній зміні патогенетичного підходу в лікуванні на спрощений симптоматичний.

Часто термін «синдром» використовують до тих хвороб, коли їхню етіологію не встановили. Термін «синдром» також продовжують використовувати у деяких випадках навіть після того, як основну (етіологічну) причину знайшли, або коли існує ряд різних першопричин, що дають початок тій же комбінації симптомів та проявів.

У сучасній медицині виділяють близько 1600 синдромів. Багато з них відносять до епонімів — тобто називають іменами вчених, які вперше їх описали: синдром Дауна, синдром Гієна — Барре, синдром Лаелла, синдром Скуміна, тощо.

Існують ще поняття «анатомічний синдром» — сукупність фізичних симптомів чи ознак, які відповідають структурним змінам органів, «функціональний чи фізіологічний синдром» — поєднання функціональних симптомів.

За останні десятиріччя термін «синдром» використовують і за межами медицини для опису певних явищ, зокрема у психології — Стокгольмський синдром, «синдром вболівальника», у декодуванні — «декодувальний синдром», тощо.

1.3.1 Розвиток діагностики за симптомами

Перевірка наявності симптомів хвороби є невід'ємною частиною діагностичного пошуку, проведеного фахівцем з метою підтвердження або спростування діагнозу захворювання. Як правило, більшість симптомів хвороби є відображенням патологічних процесів, що порушують нормальне функціонування організму. Саме поява тих чи інших

симптомів стає причиною звернення пацієнта до фахівця, в зв'язку з чим від їх вираженості сильно залежить своєчасність надання медичної допомоги. Однак, часто пацієнти при виникненні відхилень від норми не поспішають відвідувати лікаря і намагаються вирішити проблему самостійно, що нерідко є наслідком низької освіченості населення.

Без проведення діагностики захворювань за симптомами, встановлення діагнозу та правильного лікування патології практично неможливо. Як правило, для ідентифікації хвороби необхідно виявлення і розуміння суті змін, що відбуваються в організмі на тлі захворювання. Діагностика хвороб за симптомами і її вдосконалення тісно пов'язані з розвитком медицини. Так, початок діагностики було покладено ще в період доісторичної медицини. Джерелами інформації є дані археології та антропології. На сьогоднішній день відомо про велику кількість викопних знахідок, на яких є ознаки втручання лікарів тих часів, проте рівень наданої медичної допомоги говорить про недостатнє розуміння патологічних змін в організмі. Діагностика захворювань за симптомами зазнала значних змін в період Стародавнього світу, коли медицина зробила значний стрибок вперед. Так, лікарі Стародавнього Єгипту, Індії, Китаю, Японії та Греції навчилися успішно лікувати багато хвороб. Саме тоді медицина розділилася на такі течії, як терапія і хірургія. Найбільш відомими лікарями Стародавнього світу були Гіппократ, Гален, Аретей і Асклепиад. Цими лікарями також був зроблений величезний внесок в діагностику хвороб. Так, ще Гіппократ рекомендував при обстеженні хворого задіяти всі органи чуття і використовувати отримані відомості для встановлення діагнозу і визначення прогнозу захворювання. У середні століття відбулася поява і інтенсивний розвиток патологічної анатомії, фізіології та інших общебиологических і медичних наук, які необхідні для діагностики хвороб за симптомами. Для середніх віків також характерно накопичення нових відомостей і вдосконалення вже наявних знань про захворювання. Також, починаючи з XVIII століття, проводилися численні спроби, спрямовані на створення класифікації хвороб, що дозволило б істотно полегшити проведення диференціальної діагностики. Значний вплив на те, як визначити хворобу за симптомами, зробило відкриття рентгенівського випромінювання і його популяризація в медичній практиці. Однак, найбільший стрибок у розвитку інструментальних досліджень стався після середини XX століття, коли в медицині все частіше стали використовуватися УЗД, КТ та МРТ. Ці методи дослідження значно змінили підхід до виявлення ознак хвороби. Крім того, багато хто з цих методів зробили можливим проведення великої кількості нових малоінвазивних процедур, що мають не тільки діагностичне, але і лікувальне значення. На сьогоднішній день для того, щоб визначити діагноз за симптомами, слід виділити

суб'єктивні і об'єктивні ознаки патології. До суб'єктивних ознак захворювання відносять будь-які патологічні зміни в організмі, які не можуть бути повноцінно оцінені з боку і про наявність яких судять за відчуттями пацієнта. До об'єктивних же ознаках хвороби відносять будь-які відхилення від норми, які лікар може оцінити самостійно, не вдаючись до спілкування з пацієнтом, на основі лише фізикального та інструментального видів досліджень.

1.3.2 Перевірка симптомів у дітей

Перевірка симптомів хвороби у дітей до моменту, поки вони не навчаться усвідомлено висловлювати свої думки, викликає певні складнощі. Так, багато хвороб позначаються на загальному стані організму, що нерідко призводить до зміни нормальної психічної діяльності. У свою чергу, у грудних дітей це може супроводжуватися:

- пригніченням свідомості з підвищеною сонливістю;
- підвищеною збудливістю;
- порушенням сну;
- плаксивістю.

Діти більш старшого віку, як правило, найчастіше скаржаться на що виник дискомфорт батькам. Тому велике значення для своєчасного надання медичної допомоги має пильність дорослих. До суб'єктивних ознаками хвороби у дітей найчастіше відносять:

- слабкість;
- сонливість;
- біль;
- втома;
- хвилювання;
- запаморочення.

Діагностика хвороб у дітей після статевого дозрівання практично не відрізняється від дорослих. Однак, нерідко перехідний вік є серйозною перешкодою, що заважає дітям довіритися батькам і розповісти їм про турбують їх хворобах.

Об'єктивні симптоми хвороби найчастіше включають:

- лихоманку;
- появу висипань на шкірі;

- кашель;
- хрипи;
- порушення стільця;
- підвищену пітливість.

Як правило, перевірка наявності симптомів захворювання і встановлення діагнозу є прерогативою лікаря. Тому при погіршенні стану дитини та виникненні підозри на наявність в організмі патологічного процесу, слід негайно звернутися до фахівця.

Нерідко батьки після того, як їм вдається визначити хворобу за симптомами, намагаються самостійно лікувати хворобу і, лише після того, як відбувається значне погіршення стану здоров'я, звертаються до лікувального закладу. На жаль, нерідко проходить занадто багато часу, через що сильно підвищується ймовірність розвитку ускладнень навіть при правильно проведеному лікуванні. Також самостійний прийом препаратів часто призводить до зміни клінічної картини хвороби, в зв'язку з чим їх слід приймати лише в критичних випадках і, після звернення до фахівця, не забувати повідомляти про це. Прикладами випадків, в яких можливий самостійний прийом препаратів, є підвищення температури вище 38,5 градусів, а також інші загрожуючі життю ситуації.

1.3.3 Перевірка симптомів у дорослих

Перевірка наявності симптомів хвороби у дорослих зазвичай не викликає складнощів. Як правило, при істотному порушенні життєдіяльності люди самі звертаються за допомогою до фахівця.

Однак, якщо симптоми не призводять до сильного зміни самопочуття, люди можуть тривалий час не відвідувати лікаря. Зазвичай в таких ситуаціях люди проводять самодіагностику для того, щоб визначити хворобу за симптомами і швидко одужати без чужої допомоги. Іноді вони навіть самостійно приймають ліки, що далеко не завжди покращує стан пацієнта. Це пов'язано з відсутністю у обивателів клінічного мислення, що забезпечує розуміння суті патологічних змін в організмі. Це не тільки обумовлює марність самостійного лікування, але і нерідко робить його небезпечним.

Особливу групу дорослих представляють вагітні. Як правило, вагітність є особливим станом організму, що призводить до сукупності змін, які можуть трактуватися як патологія. Однак, в той же час багато хвороб протікають атипово. У зв'язку з цим при

появі неприємних симптомів вагітним потрібно звертатися за допомогою до фахівця. Велику небезпеку для здоров'я матері і плоду несе самостійний прийом лікарських препаратів. При цьому до несприятливих наслідків можуть призвести навіть ті засоби, які до вагітності приймалися без побоювання.

У сучасному світі також широко поширений травматизм, який часто пов'язаний побутовими травмами, дорожньо-транспортними пригодами та хобі (як правило, екстремальними видами спорту). Як правило, ознаки патології тісно пов'язані з історією отримання травми. У більшості випадків, для уточнення характеру патології використовуються додаткові методи дослідження, такі як рентгенографія і комп'ютерна томографія.

1.3.4 Перевірка симптомів у літніх людей

Серед літніх пацієнтів поширеність хронічних захворювань неінфекційної природи носить широкий характер. Крім того, в більшості випадків саме ці хвороби стають причиною летального результату. Існує величезна кількість ознак тієї чи іншої хронічної патології, проте часто ці хвороби розвиваються протягом багатьох років, в зв'язку з чим на їх прояви пацієнт може тривалий час не звертати уваги.

До найбільш поширених патологій, які зустрічаються в осіб похилого віку, відносяться:

- серцево-судинні хвороби (ІХС і гіпертонічна хвороба);
- ожиріння;
- цукровий діабет;
- хвороби опорно-рухового апарату;
- атеросклероз;
- когнітивні порушення.

Перевірка симптомів захворювання у осіб похилого віку може супроводжуватися значними складнощами. Так, люди похилого віку на тлі хронічних патологій можуть значно гірше відчувати різні патологічні зміни в організмі. Прикладом є формування виразок на тлі діабетичної стопи і сухої гангренни при важких стадіях атеросклерозу, що супроводжується порушенням чутливості. Також, через те, що люди похилого віку часто живуть одні й мало спілкуються з оточуючими, виявлення хвороб у них може відбуватися зі значною затримкою. Нерідко у літніх людей на тлі зниження кількості спілкування з

оточуючими розвивається депресія, яка може стати причиною летального результату через суїцид.

Як правило, практично у будь-якої людини у віці старше 65 років виявляється хоча б одне хронічне захворювання. Нерідко у літніх виявляється навіть кілька супутніх хвороб, які мають взаємно обтяжливий характер.

У літньому віці можна визначити хронічну хворобу, як правило, за такими симптомами:

- значна задишка, що виникає при незначних навантаженнях;
- періодично виникаючому кашлю;
- болів, що носять тривалої характер;
- мокротинні, що містить домішки крові;
- домішки крові в калі.

З кожним роком все більшою проблемою є висока поширеність онкологічної патології. Це пов'язано зі збільшенням середньої тривалості життя населення і зниженням смертності від інших захворювань. У більшості випадків при злоякісних новоутвореннях на перший план виходять такі симптоми, як слабкість, підвищена стомлюваність, невисока лихоманка та інші ознаки інтоксикації.

1.4 Постановка задачі дослідження

Актуальним є питання розробки комп'ютерних медичних експертних систем. Експертні системи — діагностичні програми високого рівня, які належать до інтелектуальних інформаційних систем, що базуються на знаннях. Розділ інформатики, що вивчає інтелектуальні системи, називається штучним інтелектом. До складу експертної системи окрім бази даних входить база знань і розвинена система програм її обробки. База знань — це особливого роду база даних, розроблена для управління знаннями (метаданими), тобто збиранням, зберіганням, пошуком і видачою знань. Найважливіший параметр бази знань — якість знань, що містяться в ній. Кращі бази знань включають останні наукові знання, досконалі системи пошуку інформації, мають ретельно продумані структуру і формат знань. Під медичними знаннями розуміють інформацію, потенційно необхідну лікареві. Зокрема це може бути інформація про стан здоров'я пацієнта, певну предметну медичну галузь, ситуацію, проблеми, правила їхнього вирішення, а також про конкретні умови, що визначають вибір цих правил. Медичні знання відрізняються від

медичних даних більшою складністю, абстрактністю, повнотою й багатобічністю опису деякої предмет-ної галузі медицини. Нагадаємо, що медицина з погляду ін-форматики — це неконкретна наука, тому створення баз знань у медицині — процес досить трудомісткий. У реальному житті кількість ситуацій і діагностичних правил іноді виходить за межі вкладених у систему знань.

Експертні системи, як правило, здатні робити дедуктивний висновок (від загального до частини) на підставі неповних, розмитих і суперечливих знань, отриманих від професіоналів-експертів. Якщо програми, які працюють із базами даних, можуть дати відповідь на поставлене запитання тільки за умови наявності такого у базі, то експертна система реагує на запитання, здійснюючи логічний висновок в умовах невизначеності або неповноти знань. Іншими словами, вона дає змогу бути точною відносно неточностей. Окрім цього, обов'язковою умовою функціонування експертної системи є її здатність пояснювати причини того або іншого висновку: вона аналізує ситуацію і дає рекомендації з вирішення проблеми.

Штучна компетентність експертних систем не замінює повністю людини. Людина-експерт здатна реорганізувати інформацію знання і використовувати їх для синтезу нових знань. В області творчої діяльності люди володіють великими здібностями і можливостями в порівнянні з найрозумнішими системами. Експерти справляються з несподіваними поворотами подій і, використовуючи нові підходи, здатні проводити аналогії з інших наочних областей. Експерти адаптують до умов, що змінюються, і пристосовують свої стратегії до нових обставин в ширшому діапазоні проблем і завдань. Експертні системи менш пристосовані до навчання на рівні нових концепцій і нових правил. Вони виявляються не такі ефективні і мало придатні в тих випадках, коли треба враховувати всю складність реальних завдань.

Медична інформаційна система у вузькому значенні - це називають комплекс технічних засобів і математичного забезпечення, призначений для збору, аналізу медико-біологічної інформації та видачі результатів в зручному для користувача вигляді.

Залежно від виду вирішуваних завдань МІС можна розділити на три групи:

- інформаційно-довідкові,
- інформаційно-логічні,
- керуючі.

Розробка будь-якої медичної інформаційної системи повинна спиратися на деякі принципи побудови систем, вивченням і формулюванням яких займається системотехніка.

При розробці МІС першорядне значення має використання знань, які має сучасна медицина.

Розробляючи конкретну діагностичну або прогнозуючу систему, необхідно послідовно вирішити ряд питань:

- вибір мети і визначення основного призначення системи;
- вибір структурної схеми системи;
- складання переліку нозологічних форм та збір статистично достовірної інформації по симптоматиці станів;
- побудова вирішального правила для вирішення завдань оцінки медичної інформації і видачі висновків з діагностики та прогнозування, тобто розробка алгоритмічної основи системи.

2 АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ТА ТЕОРІЇ СУБ'ЄКТИВНИХ ЙМОВІРНОСТЕЙ

Експертна система – це набір програм, що виконує функції експерта при вирішенні завдань з певної предметної області. Експертні системи видають поради, проводять аналіз, дають консультації. Практичне застосування експертних систем на підприємствах сприяє ефективності роботи та підвищенню кваліфікації фахівців.

За допомогою експертних систем можна швидко та якісно отримати пояснення на яке-небудь запитання, без дії впливу людського фактору. Так як важко зробити іноді висновок та прийти до вірного рішення одній, іноді некомпетентній, людині. Для цього існують спеціально розроблені програми, які будуються не однією особою, а великою кількістю експертів, кожен з яких вносить великий вклад в розвиток експертної системи. Та щоб система вмщала в себе широкий спектр рішень та пропозицій до неї вводять різноманітні вірогідності, які вказують на мінливість отриманого результату.

Експертні системи, що використовують теорію суб'єктивних ймовірностей, ґрунтуються на Байєсовському методі, методі Вальда, чи як ще його називають – метод послідовного статистичного аналізу, діагностичних таблицях Сано, методі лінійних дискримінативних функціях, та ін.

Використання суб'єктивних очікувань у байєсових мережах є єдиною альтернативою на практиці, якщо необхідний облік думки експертів (наприклад, лікарів) про можливість настання події, до якого застосовується поняття повторюваності, а також неможливо його опис в термінах сукупності елементарних подій.

За допомогою цих методів можна розрахувати поширення ймовірності в експертних системах, що є більш зручним методом для розрахунку, аніж припустимо за допомогою статистичних функцій. За допомогою байєсовської теорії можна розрахувати вірогідність того чи іншого судження, в якому не впевнені. Тобто, вірогідність визначається як ступінь впевненості в істинності судження. Але яким би не здавався цей метод хорошим існують деякі негативні аспекти у використанні цієї теорії. Так наприклад психологічно експерту в багатьох випадках важко залишатись в рамках строгого математичного апарату теорії ймовірностей, яка по своїй природі носить об'єктивний характер. Необхідно порушувати жорстокі умови рівності одиниці сум вірогідностей всіх можливих станів, особливо при їх великій кількості. В багатьох випадках реально спостерігаючи свідoctва підтверджують не який-небудь певний результат (чи гіпотезу), а відразу ж деяку множину, що не дозволяє визначити вірогідність кожного з них. Якщо

експерт оцінює величини, мають вельми неясний сенс, властивості яких у багатьох випадках не збігаються зі звичними уявленнями, можна зіткнутися з тим, що її відповіді не будуть нести корисної інформації про оцінювані величини.

Експертні системи, що використовують теорію суб'єктивних ймовірностей, користуються великим попитом серед експертних систем для пошуку рішень. Ці експертні системи дозволяють швидко та правдиво давати вірну відповідь на різноманітні питання у вузькій предметній області.

2.1 Теорія суб'єктивних ймовірностей

Основне поняття ймовірності настільки природно, що воно відіграє значну роль у повсякденному житті. Розмови, що стосуються ймовірності дощу або гарного врожаю на городі часто зустрічаються в нашому житті. Поняття ймовірності було розроблено кілька сторіч назад. Але вже тисячі років людина використовує такі слова, як "може бути", "шанс", "удача" або інші їх еквіваленти в розмовній мові.

Однак математична теорія ймовірностей була сформульована відносно недавно (близько 1660 року). Ймовірність події класично визначається як відношення випадків у які дана подія відбувається до загального числа спостережень.

Однак можливі й інші визначення. У цей час існує кілька інтерпретацій теорії ймовірностей. Розглянемо три найбільш домінуючих погляди.

Об'єктивістський погляд. Полягає в тому, що розглядає ймовірність відношення наслідків до всіх спостережень в ході тривалого часу. Іншими словами цей підхід заснований на законі великих чисел, що гарантують те, що при наявності досить великої кількості спостережень частота наслідків події, що цікавить, буде прагнути до об'єктивної ймовірності.

Персоніфікований, суб'єктивістський або заснований на судженнях погляд. Полягає в тому, що ймовірнісна міра розглядається як ступінь довіри того, як окрема особистість судить про істинність деякого висловлення. Цей погляд постулює, що дана особистість має в деякому смислі відношення до цієї події. Але це не заперечує можливості того, що дві прийнятні особистості можуть мати різні ступені довіри для того самого судження. Термін "байесовський" часто використовується як синонім суб'єктивної ймовірності.

Необхідний або логічний. Характеризується тим, що імовірнісна міра розширюється на множину тверджень, що мають логічний зв'язок такий, що істинність одного з них може виводитися з іншого. Іншими словами ймовірність вимірює ступень доведеності логічно вивіреного висновку. Такий погляд можна розглядати як розширення звичайної логіки.

Ці імовірнісні інтерпретації використовують і різні схеми висновку. Однак існує всього дві школи імовірнісних розрахунків: школа Паскаля (або загальноприйнята), школа Бекона (або індуктивна). Розрахунки за Паскалем використовують байєсовські правила для перевірки й обробки мір довіри. Обчислення за Беконом використовують правила логіки для доказу або спростування гіпотез. Таким чином, загальноприйняті ймовірності (за Паскалем) не можуть бути отримані з індуктивних ймовірностей (за Беконом) і, навпаки. Об'єктивістський і суб'єктивний погляди використовують розрахунки за Паскалем. Ті, хто підтримують логічні висновки використовують розрахунки за Беконом.

Існують експертні системи, побудовані на обох з цих напрямків. Однак в експертних системах бази знань накопичують людські знання, тому для подання знань експертів з урахуванням ймовірностей найбільш підходящою є інтерпретація на основі суб'єктивних довір. У результаті чого й більшість сучасних експертних систем, що використовують теорію ймовірностей, є "байєсовськими".

2.2 Байєсівська стратегія як форма реалізації правил продукції

Введене в рамках медичної кібернетики поняття "медичинської пам'яті" та поширені в медичній практиці діагностичні таблиці, можна трактувати як бази фактів, які встановлюють залежність між симптомами (ознаками) і захворюваннями.

Структура таблиць зручна для реалізації загальної та диференціальної діагностики, яким властиві міркування виду "ознака \rightarrow захворювання", що реалізують "прямий" напрям логічних міркувань. При приватній діагностиці, коли потрібно перевірити наявність передбачуваного захворювання, реалізується "обернений" напрям міркувань "захворювання \rightarrow ознака" для перевірки наявності ознак, що підтверджують гіпотезу про наявність захворювання. Для цієї мети також можна використовувати таблиці вищенаведених типів, хоча, для скорочення часу пошуку інформації, їх можна трансформувати.

Разом з тим, таблиці "незручні" для ЕОМ, що оперують з числами. Вони незручні і для самих лікарів. Найбільш природним виходом з цієї ситуації представляється використання імовірнісної форми правила продукції. Тим більше, що при розробці алгоритмів медичної діагностики знайшли достатньо широке застосування:

- імовірнісний метод, що складається в обчисленні ймовірностей захворювань за формулою Байєса;

- метод послідовного статистичного аналізу Вальда;

- метод пошуку клінічного прецеденту.

З точки зору форми представлення кінцевого результату, принципової різниці між перерахованими методами немає - при практичній реалізації всі вони зводяться до оцінювання умовної ймовірності $P(Y_j / X_i)$, де Y_j - найменування j -того захворювання, X_i - i -та ознака.

Витоки такого підходу можна углядіти, по-перше, в типах використовуваних в медицині, психіатрії та психології шкал ознак і нозологічних форм - це шкали найменувань, для яких підрахунок частоти (імовірності) чи не єдиний тип допустимих математичних операцій. Друга причина - існування добре розробленого математичного апарату трансформації шкал найменувань, іменованого формулою Байєса і забезпечує оптимальність (у сенсі максимізації достовірності) прийнятого рішення:

$$P(Y_j / X_i) = \frac{P(Y_j)P(X_i / Y_j)}{P(X_i)}, \quad (2.1)$$

де $P(Y_j)$ і $P(X_i)$ - апіорні ймовірності захворювання Y_j та ознаки X_i ;

$P(X_i / Y_j)$ - умовна ймовірність появи ознаки-симптому X_i для захворювання Y_j ;

$P(Y_j / X_i)$ - апостеріорна ймовірність захворювання Y_j при спостереженні ознаки X_i .

Співвідношення (2.1) є одним із правил бази правил експертної системи, що розробляється з використанням елементів байєсівської стратегії.

Відзначимо властивість симетрії формули Байєса: з (2.1) легко вивести співвідношення:

$$P(X_i / Y_j) = \frac{P(X_i)P(Y_j / X_i)}{P(Y_j)}. \quad (2.2)$$

Зіставляючи (2.1) і (2.2), приходимо до висновку, що формула Байєса дозволяє практично за однією і тією ж схемою обчислень здійснювати висновки як у прямому ("ознака \rightarrow захворювання"), так і в зворотному ("захворювання \rightarrow ознака") напрямках. Причиною тому - принципова особливість формули Байєса, яка встановлює зв'язок не між "причиною" і "слідством", а між двома довільними подіями. Співвідношення (1.2) можна, в принципі, використовувати для ранжування ознак окремих захворювань (при приватній діагностиці, наприклад). Крім того, зазначена властивість симетрії дозволяє трохи відійти від звичного відстеження причин і наслідків, згадавши про таке явище, як синхронізм явищ у природі (наприклад, один і той же спалах на Сонці може породити як загострення існуючих захворювань, так і послужити "спусковим гачком" для виникнення нових захворювань в ослабленому організмі, тому не слід поспішати оголошувати виявлення залежності як причинно-наслідкові залежності такого роду можуть бути відсутні).

Для безлічі статистично незалежних ознак $X = (X_1, \dots, X_I)$ формулу Байєса в рекурентному її варіанті

$$P(Y_j / X_1, \dots, X_I) = P(Y_j / X_1, \dots, X_{I-1}) \frac{P(X_I / Y_j)}{P(X_I)}, \quad (2.3)$$

можна розглядати як своєрідний ланцюжок висновків наступного вигляду.

Нехай лікар спостерігає якусь ознаку X_1 . Виготовляючи обчислення за формулою (2.1), отримуємо апостеріорної розподіл ймовірностей $P(Y_j/X_1)$, $j = 1, \dots, J$, орієнтуючись на максимум якого можемо зробити висновок про наявність деякого захворювання Y_j . Символічно правило продукції при цьому можна записати наступним чином: $X_1 \rightarrow Y_j$.

Однак значення апостеріорної ймовірності $P(Y_j/X_1)$ при цьому може виявитися недостатньо високим для впевненого висновку про наявність захворювання. Тоді необхідно за результатами спостереження наступного ознаки X_2 повторити обчислення за формулою (2.3), спостерігаючи за змінами максимуму апостеріорного розподілу ймовірностей $P(Y_j/X_1, X_2)$. У загальному випадку цей максимум може зміститися - тоді можемо зробити висновок про наявність іншого захворювання Y_k . Схема виведення при цьому набуває вигляду, як показано на рисунку 2.1.

Така схема виведення справедлива для випадку, коли рівень пошуку незмінний, це може бути рівень класів захворювань при попередній діагностиці, або рівень нозологічних форм при загальній діагностиці, або рівні диференціальної діагностики.

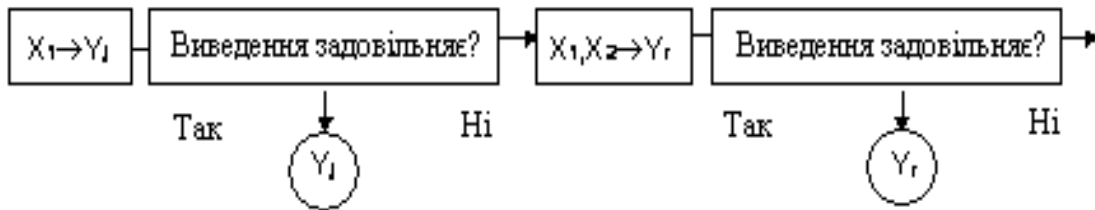


Рисунок 2.1 – Схема виведення, коли рівень пошуку змінний

При переході до все більш детальної діагностики відбувається зміна рівнів, як показано на рисунку 2.2.

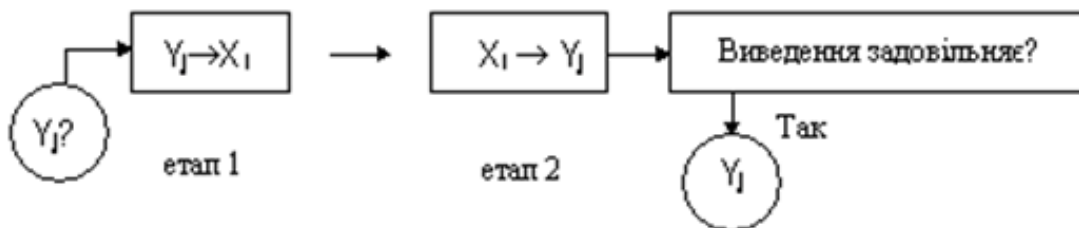


Рисунок 2.2 – Схема виведення для випадку, коли рівень пошуку незмінний

Зміна рівня діагностики, природно, приводить до зміни множин симптомів і відповідних їм захворювань. Ланцюжки міркувань, подібні наведеним вище, є прямими ланцюжками, що забезпечують просування від симптомів до захворювань.

Разом з тим, при приватній діагностиці, коли перевіряється припущення про наявність деякого захворювання, виникає необхідність у використанні зворотних ланцюжків міркувань. При цьому обчислення виробляються з використанням співвідношень, подібних.

2.2.1 Правило продукції

Правило продукції "якщо А, то В" ("якщо є подія А, тоді є подія В") володіє безперечними перевагами перед іншими формалізмами, оскільки легко сприймається користувачами, зокрема, лікарями при вирішенні задачі діагностики. Схема міркувань при

цьому, в першому наближенні, має вигляд: "якщо спостерігається сукупність ознак А, тоді з великою часткою ймовірності має місце група захворювань В".

Оскільки в самому простому вигляді правило продукції близько за змістом логічної операції імплікації, для правила продукції часто застосовують позначення: $A \rightarrow B$ або, трактуючи А як сукупність деяких заданих умов $P_i, i = 1, 2, \dots, N, P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_n \rightarrow B$, де \wedge - символ кон'юнкції.

Наведемо приклад правил продукції, застосованих в різних ЕС медичного призначення: ЯКЩО: профіль щільності є "асиметричний гамма-пік" і площа під кривою відповідає віковій нормі, ТО: концентрація гамаглобуліну у межах норми.

Неважко бачити, що подія А в цьому прикладі є кон'юнкція двох "елементарних" подій, тому цей же приклад можна переписати у вигляді: ЯКЩО: профіль щільності є "асиметричний гамма-пік" і ЯКЩО: площа під кривою відповідає віковій нормі, ТО: концентрація гамаглобуліну у межах норми.

Система продукцій зручна для вираження знань, які можуть приймати форму переходів між станами (ситуація \rightarrow дію, посилка \rightarrow висновок, причина \rightarrow слідство).

Розрізняють продукційні системи, керовані даними (передумовою правил) і продукційні системи, керовані цілями (діями правил).

База знань продукційної ЕС складається з безлічі правил продукції (бази правил) і кінцевого набору фактів (бази фактів).

2.2.2 Моделювання логічних міркувань

Говорячи про логічні міркування, можна було б очікувати, що під цим мається на увазі лише процес оперування з "медичною пам'яттю" (вихідними даними для такого оперування являються спостерігаючі симптоми). У цьому сенсі "медична пам'ять" є первинною, а логічні міркування - вторинні. Однак попередньо потрібно зауважити, що питання про "первинність" і "вторинність" на перевірку виявляється досить умовним - "стиль" мислення може мати значний вплив на структуру і характер "медичної пам'яті".

Найбільше розповсюдження в медицині та психології отримали так звані табличні алгоритми ухвалення рішення - алгоритми, що базуються на обчисленнях з використанням таблиць виду 2.1-2.2. Підсумовуючи для спостережуваних ознак числа,

наведені у стовпцях цих таблиць, отримують кілька сум. Діагноз ставлять, орієнтуючись на найбільшу суму.

Перевагами табличних алгоритмів є їх виняткова простота, що дозволяє обходитися без ЕОМ. Недолік - чутливість до ситуацій, коли деякі ознаки не виміряні з тих чи інших причин - може виявитися, що ці ознаки як раз є найбільш інформативними.

У баєсовій (або епістемологічній) інтерпретації ймовірність вимірює міру впевненості. Теорема Баєса відтак пов'язує міру впевненості у висловленні до та після врахування свідчення. Наприклад, припустімо, що вважається із впевненістю 50%, що монета вдвічі ймовірніше падає гербом, ніж номіналом. Якщо монету підкидають кілька разів та спостерігають результати, то міра впевненості може рости, зменшуватися чи залишатися незмінною залежно від результатів.

В значній мірі вільні від цього недоліку алгоритми, що використовують імовірнісний підхід до прийняття рішення. Обчислення при цьому здійснюються за формулою Байєса або з використанням методу послідовного статистичного аналізу (методу Вальда). Порівняльна складність обчислень передбачає використання ЕОМ.

Таблиця 2.1 – Розподіл вірогідностей захворювань від симптомів

№ пп.п.	Симптоми	Геморраг., субархної дальн.	Геморраг., в мозок	Геморраг., в шлуночок	Ішеміч., тромбоз	Ішеміч., емболія
11	Сильний головний біль	5	3	0	1	2
22	Психомоторне збудження	3	1	0	1	2
33	Гіперемія обличчя	3	3	2	0	1
44	Блідність обличчя	0	0	0	3	1
55	Свідомість збережено	2	0	-10	3	2
66	Свідомість втрачено швидко	0	3	4	1	2
7	Кома	1	2	3	1	0
88	Артеріал. гіпертонія	2	3	3	1	0
99	Артеріал. гіпотонія	0	0	0	4	1
010	Пульс напружений	3	3	3	1	0
111	Серцева діяльність ослаблена	0	0	0	4	1
112	Дихання розладж.	0	3	4	0	0
228	Інфаркт міокарда	0	0	0	10	0
29	Ревмокардит	0	0	0	10	0
30	Вік до 50 років	3	2	1	0	5
331	Вік більше 50 років	2	3	2	5	0

При обчисленнях за формулою Байєса, як запобіжної достовірності висновку про наявність тієї або іншої патології, використовується умовна ймовірність $P(Y_j / X_i)$:

$$P(Y_j / X_i) = \frac{P(Y_j)P(X_i / Y_j)}{P(X_i)}. \quad (2.4)$$

Для безлічі ознак $X = (X_1, \dots, X_I)$ формула Байєса набуває вигляду:

$$P(Y_j / X_1, \dots, X_I) = \frac{P(Y_j)P(X_1, \dots, X_I / Y_j)}{P(X_1, \dots, X_I)}, \quad (2.5)$$

або, для статистично незалежних ознак,

$$P(Y_j / X_1, \dots, X_I) = P(Y_j) \prod_{i=1}^I \frac{P(X_i / Y_j)}{P(X_i)}. \quad (2.6)$$

Вирішальне правило при використанні формули Байєса полягає у пошуку максимуму функції $P(Y_j / X_1, \dots, X_I)$.

Зручніше рекурентний варіант формули Байєса:

$$P(Y_j / X_1, \dots, X_I) = P(Y_j / X_1, \dots, X_{I-1}) \frac{P(X_I / Y_j)}{P(X_I)}, \quad (2.7)$$

що дозволяє проводити обчислення в міру оцінювання нових симптомів, не чекаючи моменту, коли будуть оцінені всі I симптомів. Цей принцип дозволяє припинити облік нових симптомів, якщо лікар вважатиме оцінку ймовірності аналізованої гіпотези досить високою. Слід лише пам'ятати, що формула (2.7) являє собою варіант формули (2.6), тобто математично коректна лише за умови статистичної незалежності ознак.

У окремому випадку діагностики одного з двох можливих захворювань і в припущенні $P(Y_1) = P(Y_2)$ справедливо співвідношення:

$$\frac{P(Y_1 / X_1, \dots, X_I)}{P(Y_2 / X_1, \dots, X_I)} = \frac{P(X_1, \dots, X_I / Y_1)}{P(X_1, \dots, X_I / Y_2)}, \quad (2.8)$$

яке для статистично незалежних ознак можна переписати у вигляді:

$$\frac{P(Y_1 / X_1, \dots, X_I)}{P(Y_2 / X_1, \dots, X_I)} = \prod_{i=1}^I \frac{P(X_i / Y_1)}{P(X_i / Y_2)}, \quad (2.9)$$

або, після логарифмування,

$$u_I = \frac{P(Y_1 / X_1, \dots, X_I)}{P(Y_2 / X_1, \dots, X_I)} = \sum_{i=1}^I \ln \frac{P(X_i / Y_1)}{P(X_i / Y_2)} = \sum_{i=1}^I \ln z_i. \quad (2.10)$$

У рекурентній формі:

$$u_I = u_{I-1} + \ln z_I. \quad (2.11)$$

Вирішальне правило в цьому випадку має вигляд:

$$\begin{cases} u_I \geq 0 \rightarrow X \in Y_1 \\ u_I < 0 \rightarrow X \in Y_2 \end{cases}. \quad (2.12)$$

У поєднанні з виразом (2.11) це вирішальне правило можна трактувати таким чином: якщо після врахування чергового симптому знак величини u_I не змінився, є підстави для припинення процесу діагностики. Хоча "для страховки" можна розглянути ще кілька симптомів, переконавшись, що величина u_I дійсно продовжує віддалятися від граничного значення 0.

Недоліком такого роду міркувань є відсутність міри віддаленості величини u_I від значення 0, що можна трактувати як можливість свавілля з боку особи, яка приймає рішення - що одному лікарю здається достатнім, то іншому – ні.

Суть методу послідовного аналізу Вальда полягає в тому, що такий захід вводитьься, в результаті чого замість (2.10) використовується вирішальне правило виду:

Крім того, Вальд строго математично довів доцільність впорядкування діагностичних ознак в порядку зменшення їх інформативності. Втім, теза про необхідність враховувати спочатку більш інформативні ознаки, а потім - менш інформативні, достатньо зрозумілий і на інтуїтивному рівні (з позицій "здорового глузду").

$$\begin{cases} u_I \geq a \rightarrow X \in Y_1 \\ u_I \leq b \rightarrow X \in Y_2, \\ b < u_I < a \end{cases} \quad (2.13)$$

де величини a і b , що визначають межі "коридору" в межах 0 , обчислюються виходячи із заданих значень ймовірностей помилок ε_1 і ε_2 – помилок прийняття рішення про захворювання Y_1 при наявності захворювання Y_2 , і навпаки.

У практичній діагностиці іноді використовують метод В. С. Генес, сутність якого полягає в тому, що перелік "елементарних" симптомів зводять в один комплексний симптом (синдром) - у цьому випадку обчислення надзвичайно спрощуються, оскільки мова тепер йде про одновимірних щільності розподілів імовірності $P(Y_j / X)$ і $P(X / Y_j)$. Зауважимо лише, що цей метод застосовується для діагностики невеликої групи захворювань в певному лікувальному закладі в межах чітко вираженого відрізка часу.

Покажемо тепер, що "стиль" мислення при прийнятті рішення дійсно позначається і на формі "медичної пам'яті". Відома, наприклад, діагностична таблиця Сано, що припускає проведення обчислень за формулою Байєса, з тією лише відмінністю, що завдяки логарифмування операція множення замінюється складанням.

Стосовно до методу послідовного статистичного аналізу можна використовувати "медичну пам'ять".

При реалізації методу лінійних дискримінантних функцій зручна медична пам'ять. Взагалі кажучи, метод лінійних дискримінантних функцій призначений для діагностики двох захворювань, сутність його зводиться до пошуку рівняння площини в багатовимірному просторі ознак. Площина вибирають таким чином, щоб якість рішення задачі діагностики було задовільним у заздальгідь заданому значенні. Один із способів розрахунку дискримінантних коефіцієнтів a_i описується співвідношенням:

$$a_i = \frac{\bar{X}_i(Y_1) - \bar{X}_i(Y_2)}{\sigma_i^2}, \quad (2.14)$$

де $\bar{X}_i(Y_j)$ умовне середнє значення симптому X_i при захворюванні Y_j ; σ_i^2 - сумарна дисперсія симптому X_i при обох захворюваннях.

Таблиця 2.2 – Діагностична таблиця Сано

Найменування ознак	Значення ознак	Y1	Y2	...	Yk
X1	x11	lnP(x11 / Y1)	...	...	...
	x12	lnP(x12 / Y1)	...	...	...
	x13	lnP(x13 / Y1)	...	...	...
X2	x21	lnP(x21 / Y1)	...	...	...
	x22	lnP(x22 / Y1)	...	...	...
Xr	xr1	lnP(xr1 / Y1)	...	...	...
	... xrm	lnP(xrm / Y1)	...	...	...
		\sum_i	lnP(Xi/Y1)		

В таблицях 2.3 та 2.4 наведено медичну пам'ять, стосовно до методу послідовного статистичного аналізу та методу лінійних дискримінантних функцій.

Таблиця 2.3 – Медична пам'ять, стосовно до методу послідовного статистичного аналізу

Найменування ознак	Значення ознак	$\ln z_i$
X1	x11	$\ln \frac{P(x_{11}/Y_1)}{P(x_{11}/Y_2)}$
	x12	$\ln \frac{P(x_{12}/Y_1)}{P(x_{12}/Y_2)}$
	x13	$\ln \frac{P(x_{13}/Y_1)}{P(x_{13}/Y_2)}$

X2	x21	$\ln \frac{P(x_{21}/Y_1)}{P(x_{21}/Y_2)}$
	x22	$\ln \frac{P(x_{22}/Y_1)}{P(x_{22}/Y_2)}$
	...	$\ln \frac{P(x_{2i}/Y_1)}{P(x_{2i}/Y_2)}$

...

Таблиця 2.4 – Медична пам'ять, при реалізації методу лінійних дискримінантних функцій

Найменування ознак	Дискримінантні коефіцієнти	Значення ознак	Діагностичні індекси
X1	a1	x11	a1x11
		x12	a1x12
		x13	a1x13
X2	a2	x21	a2x21
		x22	a2x22
	
			$z = \sum_i a_i X_i$

2.3 Експертна система для іридіодіагностики

Комп'ютерна програма ЕСІД розроблена в 1989-91гг. в Київському НВО "Славутич" і являє собою невелику, але разом з тим достатньо потужну і просту в експлуатації експертну систему продукційного типу, що дозволяє здійснювати загальну,

диференціальну і приватну іридіодіагностику з використанням елементів байєсівської стратегії.

Програма ЕСІД багатозільова: вона може використовуватися для практичної іридіодіагностики, наукових досліджень та навчання іридіологів.

У перелік її можливостей входять:

- кількісна оцінка достовірності можливих захворювань;
- вирішення завдань загальної, диференціальної і приватної діагностики з пошуком інформації за схемами "ознака-захворювання" і "захворювання-ознака";
- використання, поряд з іридіодіагностичними, додаткових ознак;
- обґрунтуванням діагнозу;
- автоматизоване формування висновку лікаря з рекомендаціями щодо лікування виявлених захворювань;
- протоколювання результатів обстежень, з можливістю подальшої автоматизованої статистичної обробки протоколів;
- модернізація бази знань без залучення професійних програмістів;
- можливість автоматизованого обліку результатів статистичної обробки протоколів при модернізації бази знань;
- кількість розпізнаваних нозологічних форм - близько 300;
- кількість використовуваних діагностичних ознак - близько 1000;
- наявність режиму "Допомога" у вигляді кольорових графічних ілюстрацій і текстових коментарів.

Програма ЕСІД Містить систему реляційних баз даних з переліками іридіодіагностичних і додаткових (неіридіодіагностичних) ознак, переліками нозологічних форм, інформацією про статистичні зв'язки між ознаками і захворюваннями, рекомендаціями щодо лікування.

Кількість використаних БД - 8, з них 7 постійних, які використовуються для пошуку інформації в прямому напрямі "ознака - захворювання", і одна тимчасова БД - для пошуку інформації у зворотному напрямку "захворювання - ознака". Структура БД зовнішнього огляду, призначеної для зберігання інформації про конституціональні ознаки, має вигляд табл. 1.5. Зауважимо, що в цій таблиці зв'язку між ознаками і станами організму детерміновано - ймовірний характер цих зв'язків відображений у вербальній формі в тексті описів цих станів.



Рисунок 2.3 – База даних

Таблиця 2.5 – Структура БД зовнішнього огляду, призначеної для зберігання інформації про конституціональні ознаки

Номер зони радужков ої оболонки	Номер групи признаків в	Ім'я групи признаків в	Номер признаку (всередині групи) і	Ім'я признак а Xi	Прогноз стану здоров'я Yj1	Генетичні особливості організму Yj2
---------------------------------	-------------------------	------------------------	------------------------------------	-------------------	----------------------------	-------------------------------------

Структура БД TAB2-TAB5 має вигляд таблиці 1.6. Тут вже імовірна залежність між захворюваннями і ознаками задана в числовій формі, у вигляді оцінок умовних ймовірностей $P(X_i / Y_j)$ - по суті, це традиційна "медична пам'ять".

Таблиця 2.6 – Структура БД TAB2-TAB5

Номер зони радужков ої оболонки	Номер групи признаків	Ім'я групи признаків	Номер признаку (всередині групи) і	Ім'я признаку Xi	Номер (код) захворювання j	$P(X_i / Y_j)$
---------------------------------	-----------------------	----------------------	------------------------------------	------------------	----------------------------	----------------

Поля № 6-7 повторені десятикратно з розрахунку, що одна ознака може відповідати максимум десяти хвороб.

Структура БД PPRIZN показана в таблиці 1.7, а БД ТЕХТКЛ1 - в таблиці 1.8.

Таблиця 2.7 – Структура БД PPRIZN

Номер (код) захворювання	Ім'я захворювання	Номер признаку	Ім'я признаку	$P(X_i/Y_j)$	Індекс признаку: (0–999)
j	Y _j	у і	X _i		

Таблиця 2.8 – Структура БД ТЕХТКЛ1

Номер (код) захворювання	Ім'я захворювання	Рекомендації до лікування
j	Y _j	

Процедура модернізації баз знань здійснюється самим користувачем, без допомоги професійних програмістів, і зводиться до редагування БД засобами вбудованої СУБД. При цьому редагування значень умовних ймовірностей $P(X_i / Y_j)$ може здійснюватися двома способами:

- запозиченням із наукової літератури або з інших джерел інформації (думка експертів, особистий досвід та ін);
- обчислюватися в спеціальному режимі функціонування програми ЕСІД на фактичному матеріалові, накопиченого шляхом протоколювання результатів обстежень пацієнтів (режим статичного аналізу прецедентів) - такі обчислення проводяться з використанням спеціальної програми SINTEZ.

Можливості СУБД дозволяють користувачу також змінювати переліки ознак та захворювань, редагувати тексти рекомендацій.

Експертна система для іридіодіагностики "ЕСІД" побудована дуже змістовним чином, що допомагає здійснити іридіодіагностику з використанням елементів байєсовської стратегії. Дана програма є багатоцільовою, так як за допомогою неї можливо не тільки проводити іридіодіагностику, а й проводити наукові дослідження та навчання в даній сфері.

Експертні системи, що використовують теорію суб'єктивних ймовірностей широко застосовуються як і в медицині, так і в інших галузях, де потрібно чітко та змістовно визначити ймовірність настання деякої події. Теорія суб'єктивних ймовірностей підпорядкована безпосередньо теорії Байєса. Саме тут вона використовується для оцінки певного завдання, аналізуючи його, даючи тверду відповідь, та складають прогнозування на майбутнє.

2.4 Моделювання експертних систем

Експертна система – це програма, що поводить себе подібно експерту в деякій, звичайно вузькій прикладній області. Типові застосування експертних систем містять у собі такі задачі, як медична діагностика, локалізація несправностей в устаткуванні й інтерпретація результатів вимірів.

Експертні системи повинні вирішувати задачі, що вимагають для свого рішення експертних знань у деякій конкретній області. У тій чи іншій формі експертні системи повинні мати ці знання. Тому їх також називають системами, заснованими на знаннях. Однак не всяку систему, засновану на знаннях, можна розглядати як експертну.

Експертна система повинна також уміти певним чином пояснювати свою поведінку і свої рішення користувачу, так само, як це робить експерт-людина. Це особливо необхідно в областях, для яких характерна невизначеність, неточність інформації (наприклад, у медичній діагностиці). У цих випадках здатність до пояснення потрібна для того, щоб підвищити ступінь довіри користувача до рад системи, а також для того, щоб дати можливість користувачу знайти можливий дефект у міркуваннях системи. У зв'язку з цим в експертних системах варто передбачати дружню взаємодію з користувачем, що робить для користувача процес міркування системи "прозорим".

На початку 80-х років у дослідженнях зі штучного інтелекту сформувався самостійний напрямок, що одержав назву "експертні системи" (ЕС). Основним призначенням ЕС є розробка програмних засобів, які при рішенні задач, важких для людини, одержують результати, що не поступають по якості й ефективності розв'язків, розв'язкам одержаним людиною-експертом. ЕС використовуються для рішення так званих неформалізованих задач, загальним для яких є те, що:

- задачі не можуть бути задані в числовій формі;
- висновки не можна виразити в термінах точно визначеної цільової функції;
- не існує алгоритмічного розв'язку задачі;
- алгоритмічний розв'язок є, але його не можна використовувати через обмеженість ресурсів (час, пам'ять).

Крім того неформалізовані задачі мають помилковість, неповноту, неоднозначність і суперечливість як вихідних даних, так і знань про розв'язувану задачу.

Експертна система – це програмний засіб, що використовує експертні знання для забезпечення високоефективного рішення неформалізованих задач у вузькій предметній області. Основу ЕС складає база знань (БЗ) про предметну область, що накопичується в

процесі побудови й експлуатації ЕС. Нагромадження й організація знань - найважливіша властивість усіх ЕС.



Рисунок 2.4 – Основні властивості експертних систем

Знання є явними і доступними, що відрізняє ЕС від традиційних програм, і визначає їхні основні властивості.

Застосування для рішення проблем високоякісного досвіду, що представляє рівень мислення найбільш кваліфікованих експертів у даній області, що веде до рішень творчих, точних і ефективних.

Наявність прогностичних можливостей, при яких ЕС видає відповіді не тільки для конкретної ситуації, але і показує, як змінюються ці відповіді в нових ситуаціях, з можливістю докладного пояснення яким чином нова ситуація привела до змін.

Забезпечення такої нової якості, як інституціональна пам'ять, за рахунок вхідної до складу ЕС бази знань, що розроблена в ході взаємодій з фахівцями організації, і являє собою поточну політику цієї групи людей. Цей набір знань стає зводом кваліфікованих думок і постійно обновлюваним довідником найкращих стратегій і методів, використовуваних персоналом. Провідні спеціалісти ідуть, але їхній досвід залишається.

Можливість використання ЕС для навчання і тренування керівників, забезпечуючи нових службовців великим багажем досвіду і стратегій, по яких можна вивчати політику, що рекомендується, і методи.

2.4.1 Склад і взаємодія учасників побудови і експлуатації експертних систем

Познайомившись з тим, що таке експертні системи і які їхні основні характеристики, спробуємо тепер відповісти на запитання: "Хто бере участь у побудові й експлуатації ЕС? ".

До числа основних учасників варто віднести саму експертну систему, експертів, інженерів знань, засоби побудови ЕС і користувачів.

Експертна система — це програмний засіб, що використовує знання експертів, для високоефективного рішення задач у предметній області яка цікавить користувача. Вона називається системою, а не просто програмою, тому що містить базу знань, розв'язувач проблеми і компонент підтримки. Остання з них допомагає користувачеві взаємодіяти з основною програмою.

Експерт — це людина, здатна ясно виражати свої думки, яка користується репутацією фахівця, що вміє знаходити правильні рішення проблем у конкретній предметній області. Експерт використовує свої прийоми і специфічні підходи, щоб зробити пошук рішення більш ефективним, і ЕС моделює всієї його стратегії.

Інженер знань — людина, як правило, що має пізнання в інформатиці і штучному інтелекті і який знає, як треба будувати ЕС. Інженер знань опитує експертів, організує знання, вирішує, яким чином вони повинні бути представлені в ЕС, і може допомогти програмісту в написанні програм.

Засіб побудови ЕС — це програмний засіб, який використовується інженером знань або програмістом для побудови ЕС. Цей інструмент відрізняється від звичайних мов програмування тим, що забезпечує зручні способи представлення складних високорівневих понять.

Користувач — це людина, що використовує вже побудовану ЕС. Так, користувачем може бути юрист, що використовує її для кваліфікації конкретного випадку; студент, якому ЕС допомагає вивчати інформатику і т.д. Термін користувач трохи неоднозначний. Звичайно він позначає кінцевого користувача. Користувачем може бути:

- розробник інструмента, який налагоджує засіб побудови ЕС;
- інженер знань, що уточнює існуючі в ЕС знання;
- експерт, що додає в систему нові знання;
- клерк, що заносить у систему поточну інформацію.

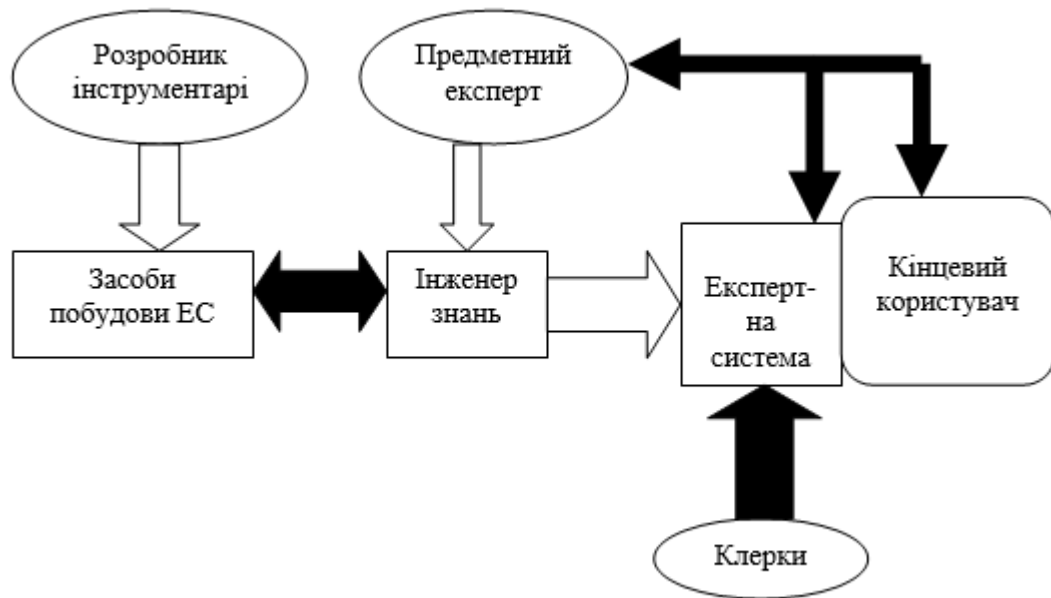


Рисунок 2.5 – Взаємодія учасників побудови та експлуатації ЕС

Важливо розрізнити інструмент, що використовується для побудови ЕС, і саму ЕС. Інструмент побудови ЕС включає як мову, використану для доступу до знань, що підтримується в системі, і їхнього представлення, так і підтримуючі засоби – програми, що допомагають користувачам взаємодіяти з компонентом експертної системи, що вирішує проблему.

2.4.2 Переваги використання експертних систем

Виникає питання: "Навіщо розробляти експертні системи? І чи не краще звернутися до людського досвіду, як це було в минулому?". Відзначимо лише основні переваги, що дає використання ЕС. Перевагами і позитивними якостями штучної компетенції є:

А) Її сталість. Людська компетенція слабшає згодом. Перерва в діяльності людини-експерта може серйозно відбитися на його професійних якостях.

Б) Легкість передачі або відтворення. Передача знань від однієї людини іншій — довгий і дорогий процес. Передача штучної інформації — це простий процес копіювання програми або файлу даних.

В) Стійкість і відтворюваність результатів. Експерт-людина може приймати в тотожних ситуаціях різні рішення через емоційні фактори. Результати ЕС — стабільні.

Г) Вартість. Експерти, особливо висококваліфіковані обходяться дуже дорого. ЕС, навпаки, порівняно недорогі. Їхня розробка дорога, але вони дешеві в експлуатації.

Разом з тим розробка ЕС не дозволяє цілком відмовитися від експерта-людини. Хоча ЕС добре справляється зі своєю роботою, проте у визначених областях людська компетенція явно перевершує штучну. Однак і в цих випадках ЕС може дозволити відмовитися від послуг висококваліфікованого експерта, залишивши експерта середньої кваліфікації, використовуючи при цьому ЕС для посилення і розширення його професійних можливостей.

2.4.3 Особливості побудови і організації експертних систем

Основою будь-який ЕС є сукупність знань, структурована з метою спрощення процесу ухвалення рішення. Для фахівців в області штучного інтелекту термін знання означає інформацію, що необхідна програмі, щоб вона поводитися "інтелектуально". Ця інформація приймає форму фактів і правил. Факти і правила в ЕС не завжди або істинні або помилкові. Іноді існує деякий ступінь непевності у вірогідності факту або точності правила. Якщо цей сумнів виражений явно, то воно називається "коефіцієнтом довіри".

Коефіцієнт довіри — це число, що означає імовірність або ступінь впевненості, з яким можна вважати даний факт або правило достовірним або справедливим.

Багато правил ЕС є евристичними, тобто емпіричними правилами або спрощеннями, що ефективно обмежують пошук рішення. ЕС використовують евристичні, тому що задачі, що вона вирішує, важкі, не до кінця зрозумілі, не піддаються строгому математичному аналізу або алгоритмічному рішенню. Алгоритмічний метод гарантує коректне або оптимальне рішення задачі, тоді як евристичний метод дає прийнятне рішення в більшості випадків.

Знання в ЕС організовані так, щоб знання про предметну область відокремити від інших типів знань системи, таких як загальні знання про те, як вирішувати задачі або знання про те, як взаємодіяти з користувачем. Виділені знання про предметну область називаються базою знань, тоді як загальні знання про перебування рішень задач називаються механізмом виведення. Програмні засоби, що працюють зі знаннями, організованими таким чином, називаються системами, заснованими на знаннях.

БЗ містить факти (дані) і правила (або інші представлення знань), що використовують ці факти як основу для прийняття рішень. Механізм висновку містить:

- інтерпретатор, що визначає як застосовувати правила для висновку нових знань на основі інформації, що зберігається в БЗ;

- диспетчер, що встановлює порядок застосування цих правил.

Такі ЕС одержали назву статичних ЕС. Ці ЕС використовуються в тих ситуаціях, коли можна не враховувати зміни навколишнього світу за час рішення задачі. Однак існує більш високий клас застосувань, де потрібно враховувати динамічні зміни навколишнього світу за час виконання застосування.

Такі експертні системи одержали назву динамічних ЕС. У порівнянні зі статичною ЕС у динамічну вводиться ще два компоненти:

- підсистема моделювання зовнішнього світу;
- підсистема сполучення з зовнішнім світом.

Динамічні ЕС здійснюють зв'язок з зовнішнім світом через систему контролерів і датчиків. Крім того компонента БЗ і механізму виведення істотно змінюються, щоб відбити тимчасову логіку подій, які відбуваються в реальному світі.

До розряду таких динамічних середовищ розробки ЕС відноситься сімейство програмних продуктів фірми Gensym Corp. (США). Один з таких продуктів система G2 – базовий програмний продукт, що представляє собою графічне, об'єктно-орієнтоване середовище для побудови і супроводу експертних систем реального часу, призначених для моніторингу, діагностики, оптимізації, планування і керування динамічним процесом.

У роботі ЕС можна виділити два основних режими: режим придбання знань і режим рішення задачі (режим консультації або режим використання). У режимі придбання знань спілкування з ЕС здійснює експерт (за допомогою інженера знань).

Використовуючи компонент придбання знань, експерт описує проблемну область у виді сукупності фактів і правил. Іншими словами, "наповняє" ЕС знаннями, що дозволяють їй самостійно вирішувати задачі з проблемної області.

Відзначимо, що цьому режимові при традиційному підході до програмування відповідають етапи: алгоритмізації, програмування і налагодження, виконувані програмістом. Таким чином, на відміну від традиційного підходу у випадку ЕС розробку програм здійснює не програміст, а експерт, що не володіє програмуванням.

У режимі консультацій спілкування з ЕС здійснює кінцевий користувач, якого цікавить результат і (або) спосіб його одержання. Необхідно відзначити, що в залежності від призначення ЕС користувач може:

- не бути фахівцем у даній предметній області, і в цьому випадку він звертається до ЕС за результатом, що не вміє одержати сам;

– бути фахівцем, і в цьому випадку він звертається до ЕС з метою прискорення одержання результату, покладаючи на ЕС рутинну роботу.

Слід зазначити, що на відміну від традиційних програм ЕС при рішенні задачі не тільки виконують запропоновану алгоритмом послідовність операцій, але і сама попередньо формує її.

Добре побудована ЕС має можливість самонавчатися на розв'язуваних задачах, поповнюючи автоматично свою БЗ результатами отриманих висновків і рішень.

2.4.4 Відмінність експертних систем від традиційних програм

Особливості ЕС, що відрізняють їх від звичайних програм, полягають у тому, що вони повинні володіти компетентністю, а саме: досягати експертного рівня рішень (тобто в конкретній предметній області мати той же рівень професіоналізму, що й експерти-люди); мати активну працездатність (тобто застосовувати знання ефективно і швидко, уникаючи непотрібних обчислень); мати адекватну працездатність (тобто здатність лише поступово знижувати якість роботи з міри наближення до границь діапазону компетентності або припустимої надійності даних). Володіти здатністю до символічних міркувань, а саме: представляти знання в символічному виді; переформулювати символічні знання. На жаргоні штучного інтелекту символ — це рядок знаків, що відповідає змісту деякого поняття. Символи поєднують, щоб виразити відносини між ними. Коли відносини представлені в ЕС вони називаються символічними структурами. Глибиною, а саме: працювати в предметній області, що містить важкі задачі. Використовувати складні правила (тобто використовувати або складні конструкції правил, або велику їхню кількість) Самосвідомістю, а саме: досліджувати свої міркування (тобто перевіряти їхню правильність), пояснювати свої дії.

Існує ще одна важлива відмінність ЕС. Якщо звичайні програми розробляються так, щоб щораз породжувати правильний результат, то ЕС розроблені для того, щоб поводитися як експерти. Вони, як правило, дають правильні відповіді, але іноді, як і люди, здатні помилятися.

Традиційні програми для рішення складних задач, теж можуть робити помилки. Але їх дуже важко виправити, оскільки алгоритми, що лежать у їхній основі, явно в них не сформульовані. Отже, помилки нелегко знайти і виправити. ЕС, подібно людям, мають потенційну можливість учитися на своїх помилках.

2.4.5 Технологія розробки експертних систем

Технологія розробки ЕС, містить у собі шість етапів: етапи ідентифікації, концептуалізації, формалізації, виконання, тестування, дослідної експлуатації. Розглянемо більш докладно послідовності дій, які необхідно виконати на кожному з етапів.

На етапі ідентифікації необхідно виконати наступні дії:

- визначення задачі, що підлягають рішенню і меті розробки;
- визначення експертів і типу користувачів.

На етапі концептуалізації:

- проводиться змістовний аналіз предметної області;
- виділяються основні поняття і їхні взаємозв'язки;
- визначаються методи рішення задач.

На етапі формалізації:

- вибираються програмні засоби розробки ЕС;
- визначаються способи представлення усіх видів знань;
- формалізуються основні поняття.

На етапі виконання (найбільш важливому і трудомісткому) здійснюється наповнення експертом БЗ, при якому процес набуття знань розділяють:

- на "витяг" знань з експерта;
- на організацію знань, що забезпечує ефективну роботу ЕС;
- на представлення знань у виді, зрозумілому для ЕС.

Процес набуття знань здійснюється інженером по знаннях на основі діяльності експерта.

На етапі тестування експерт і інженер по знаннях з використанням діалогових і пояснювальних засобів перевіряють компетентність ЕС. Процес тестування продовжується доти, поки експерт не вирішить, що система досягла необхідного рівня компетентності.

На етапі дослідної експлуатації перевіряється придатність ЕС для кінцевих користувачів. За результатами цього етапу можлива істотна модернізація ЕС.

Процес створення ЕС не зводиться до строгої послідовності цих етапів, тому що в ході розробки доводиться неодноразово повертатися на більш ранні етапи і переглядати прийняті там рішення.

2.4.6 Навчання системи

Набуття знань реалізується за допомогою двох функцій: одержання інформації ззовні і її систематизації. При цьому в залежності від здатності системи до навчання до логічних висновків, можливі різні форми отримання знань, а також різні форми одержуваної інформації. Форма представлення знань для їхнього використання визначається всередині системи, тому форма інформації, яку вона може приймати, залежить від того, які здібності має система для формалізації інформації до рівня знань. Якщо система, що навчається, зовсім позбавлена такої здатності, то людина повинна заздалегідь підготувати все, аж до формалізації інформації, тобто чим вище здатності машини до логічних висновків, тим менше навантаження на людину.

Функції, необхідні системі, що навчається, для придбання знань, розрізняються в залежності від конфігурації системи. Надалі при розгляді систем інженерії знань передбачається, що існує система з конфігурацією, що включає базу знань і механізм логічних висновків, що використовує ці знання при рішенні задач. Якщо база знань поповнюється знаннями про стандартну форму їхнього представлення, то цими знаннями також можна скористатися. Отже, від функцій навчання потрібне перетворення отриманої ззовні інформації в знання і поповнення ними бази знань.



Рисунок 2.6 – Навчальна система

Можна запропонувати наступну класифікацію систем набуття знань, яка буде опиратися на здатність системи до сприйняття знань у різних форматах, які якісно розрізняються між собою і здатністю до формалізації.

Часто до експертних систем висувають додаткову вимогу – здатність мати справу з невизначеністю і неповнотою. Інформація про поставлену задачу може бути неповною чи ненадійною; відносини між об'єктами предметної області можуть бути наближеними. Наприклад, може не бути повної впевненості в наявності в пацієнта деякого симптому чи в тому, що дані, отримані при вимірі, вірні; ліки можуть стати причиною ускладнення, хоча звичайно цього не відбувається. В усіх цих випадках необхідні міркування з використанням ймовірнісного підходу.

У найбільш загальному випадку для того, щоб побудувати експертну систему, ми повинні розробити механізми виконання наступних функцій системи:

- рішення задач з використанням знань про конкретну предметну область, можливо, при цьому виникне необхідності мати справу з невизначеністю;
- взаємодія з користувачем, включаючи пояснення намірів і рішень системи під час і після закінчення процесу рішення задачі.

Кожна з цих функцій може виявитися дуже складною і залежить від прикладної області, а також від різних практичних вимог. У процесі розробки і реалізації можуть виникати різноманітні важкі проблеми.

При розробці експертної системи прийнято поділяти її на три основних модулі:

- база знань;
- машина логічного висновку;
- інтерфейс із користувачем.

База знань містить знання, що відносяться до конкретної прикладної області, у тому числі окремі факти, правила, що описують чи відносини явища, а також, можливо, методи, евристики і різні ідеї, що відносяться до рішення задач у цій прикладній області.

Багато правил ЕС є евристичними, тобто емпіричними правилами або спрощеннями, що ефективно обмежують пошук рішення. ЕС використовують евристики, тому що задачі, що вона вирішує, важкі, не до кінця зрозумілі, не піддаються строгому математичному аналізу або алгоритмічному рішенню. Алгоритмічний метод гарантує коректне або оптимальне рішення задачі, тоді як евристичний метод дає прийнятне рішення в більшості випадків.

Знання в ЕС організовані так, щоб знання про предметну область відокремити від інших типів знань системи, таких як загальні знання про те, як вирішувати задачі або знання про те, як взаємодіяти з користувачем. Виділені знання про предметну область називаються базою знань, тоді як загальні знання про перебування рішень задач називаються механізмом виведення. Програмні засоби, що працюють зі знаннями, організованими таким чином, називаються системами, заснованими на знаннях.

Машина логічного висновку вміє активно використовувати інформацію, що міститься в базі знань.

Інтерфейс із користувачем відповідає за безперебійний обмін інформацією між користувачем і системою; він також дає користувачу можливість спостерігати за процесом рішення задач, що протікають у машині логічного висновку.

Прийнято розглядати машину висновку й інтерфейс як один великий модуль, звичайно називаний оболонкою експертної системи, чи, для стислості, просто оболонкою.

В описаній вище структурі власне знання відділені від алгоритмів, що використовують ці знання. Такий поділ зручний з наступних міркувань. База знань, мабуть, залежить від конкретного додатка. З іншого боку, оболонка, принаймні в принципі, незалежна від додатків. Таким чином, розумний спосіб розробки експертної системи для декількох застосувань зводиться до створення універсальної оболонки, після чого кожен прикладну програму досить підключити до системи баз знань. Зрозуміло, усі ці бази знань повинні задовольняти тому самому формалізму, який оболонка "розуміє". Практичний досвід показує, що для складних експертних систем сценарій з однією оболонкою і багатьма базами знань працює, не так гладко, як би цього хотілося, за винятком тих випадків, коли прикладні області дуже близькі. Проте, навіть якщо перехід від однієї прикладної області до іншої вимагає модифікації оболонки то, принаймні основні принципи її побудови звичайно вдається зберегти.

Для створення оболонки, за допомогою якої можна проілюструвати основні ідеї і методи в області експертних систем, можна дотримувати наступного плану:

- вибрати формальний апарат для представлення знань;
- розробити механізм логічного висновку, що відповідає цьому формалізму;
- додати засобу взаємодії з користувачем;
- забезпечити можливість роботи в умовах невизначеності.

3 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ПОШИРЕННЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ У БАЙЄСІВСЬКІЙ ЕКСПЕРТНІЙ СИСТЕМІ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

3.1 Обґрунтування вибору середовища програмної реалізації

Документом (тобто об'єктом обробки) Excel є файл, який називається робочою книгою (Workbook). Робоча книга складається з декількох робочих аркушів. На екрані видно тільки один лист. Нижня частина листа містить ярлики інших аркушів. Перерахуємо елементи вікна, специфічні для програми Excel. Верхня рядок – це рядок заголовка, другий рядок – рядок меню, третя і четверта – панелі інструментів, п'ятий рядок включає полі імені (Поточної комірки) і рядок формул. Вся інша область - чистий робочий лист (таблиця), розділений на окремі осередки, утворені на перетині шпальт і рядків. Максимальна кількість рядків 65536, а стовпців – 256. Рядки пронумеровані цілими числами, а стовпці позначені літерами латинського алфавіту. На перетині стовпця і рядка розташовується основний структурний елемент таблиці – осередок. У будь-яку чарунку можна ввести вихідні дані – число або текст, а також формулу для розрахунку. Кожна чарунка має свою адресу, яка складається з позначення стовпця і номера рядка, на перетині яких ця чарунка перебуває (наприклад, A1, F8, C24 і т. д.). Розміри таблиці дозволяють обробляти величезні обсяги інформації.

Одне з найважливіших функцій програми Excel полягає в можливості виводу на екран дисплея (а потім і на папір) графічних зображень – це діаграми та графіки. Створити діаграму або графік легше за все з допомогою Майстра діаграм. Це функція Excel, яка за допомогою п'яти діалогових вікон дозволяє отримати всю необхідну інформацію для побудови діаграми або графіка і впровадження його в робочий лист.

Для побудови діаграми або графіка необхідно виділити ту частину таблиці, яка використовується для побудови діаграми або графіка і натиснути на кнопку Майстра діаграм, яка знаходиться на панелі інструментів.

Для того, щоб вставити у формулу адресу клітинки (посилання на клітинку), не обов'язково писати його вручну. Простіше поставити знак "=", потім лівою кнопкою клацнути на потрібній клітинці або виділити потрібний діапазон клітинок. При цьому Excel підставить у формулу посилання автоматично. Якщо у формулі використовується декілька посилань, то кожній з них Excel дає свій колір. Це дуже зручно. Приклад:

напишіть в будь-якій клітинці формулу «= A1 + D1», натисніть Enter, потім два рази клікнути по клітинці. Тоді ви побачите формулу з різнокольоровими посиланнями, а навколо клітинок A1 і D1 будуть прямокутники відповідних кольорів. Набагато простіше знайти, куди вказує посилання, за кольором прямокутника, ніж переглядати букви стовпців і номери рядків. Наведіть курсор миші на один з різнокольорових прямокутників і перетягніть лівою кнопкою за рамку в інше місце. Ви побачите, що при цьому міняються відповідно і адреси клітинок у формулі — часто це найшвидший спосіб підправити адресу у формулі, особливо після копіювання маркером автозаповнення. Коли треба цьому запобігти, достатньо поставити знак долара (\$) перед рядком або стовпчиком.

3.2 Поширення ймовірностей в експертних системах

Ймовірність подій поширюється по базі знань (БЗ) експертної системи на основі правила Байеса для обчислення всієї апостеріорної ймовірності гіпотез за умови спостережуваних свідочств. Ця апостеріорна ймовірність дає ранжовану інформацію про потенційно дійсну гіпотезу. Припустимо, що в деякій БЗ є всього три взаємно незалежні гіпотези: H1, H2, H3, які мають апріорну ймовірність: $p(H1)$, $p(H2)$, $p(H3)$, відповідно. Правила БЗ містять два умовно незалежні свідочства, які підтримують початкові гіпотези в різному ступені. Апріорна і умовна ймовірність всіх гіпотез і свідочств прикладу:

Таблиця 3.1 – Значення апріорних і умовних ймовірностей гіпотез

$p(i)$	1	2	3
$p(H_i)$	0,5	0,3	0,2
$p(E1|H_i)$	0,4	0,8	0,3
$p(E2|H_i)$	0,7	0,9	0

За наступною формулою перераховуємо варіативність початкових даних:

$$X_{\text{вих}} = X_{\text{табл}} \pm a \cdot N, \quad (3.1)$$

де $X_{\text{вих}}$ – початкове значення нормованої оцінки P(); $X_{\text{табл}}$ – значення відповідної нормованої оцінки P() наведене в таблиці; a – варіативний коефіцієнт, який дорівнює 0,01; N – коефіцієнт формування значення, який дорівнює 9.

$$X_{\text{вих}1} = 0,5 + 0,01 \cdot 9 = 0,59;$$

$$X_{\text{вих}2} = 0,3 + 0,01 * 9 = 0,39;$$

$$X_{\text{вих}3} = 0,2 + 0,01 * 9 = 0,29;$$

але $X_{\text{вих}3} = 1 - (0,59 + 0,39) = 0,02$, тому що $P(H_i) = 1$,

$$X_{\text{вих}4} = 0,4 + 0,01 * 9 = 0,49;$$

$$X_{\text{вих}5} = 0,8 + 0,01 * 9 = 0,89;$$

$$X_{\text{вих}6} = 0,3 + 0,01 * 9 = 0,39;$$

$$X_{\text{вих}7} = 0,7 + 0,01 * 9 = 0,79;$$

$$X_{\text{вих}8} = 0,9 + 0,01 * 9 = 0,99;$$

$$X_{\text{вих}9} = 0 + 0,01 * 9 = 0,09;$$

Перераховану варіативність початкових даних записуємо в наступному виді.

Таблиця 3.2 – Перераховані значення апріорних і умовних гіпотез

$p(i)$	1	2	3
$p(H_i)$	0,59	0,39	0,02
$p(E_1|H_i)$	0,49	0,89	0,39
$p(E_2|H_i)$	0,09	0,79	0,99

При цьому початкові гіпотези характеризують подію, пов'язану з визначенням надійності деякої хвороби:

- H_1 – "пневмонія";
- H_2 – "бронхіт";
- H_3 – "туберкульоз".

Подіями, умовно незалежними свідченнями, що є, підтримують початкові гіпотези є:

- E_1 – "висока температура";
- E_2 – "кашель".

В процесі збирання фактів ймовірності гіпотез підвищуватимуться, якщо факти підтримують їх або зменшуватись, якщо спростовують їх. Припустимо, що ми маємо тільки одне свідчення E_1 – "висока температура" (тобто з вірогідністю одиниця наступив факт E_1 – "висока температура"). Спостерігаючи E_1 – "висока температура" ми обчислюємо апостеріорну ймовірність для гіпотез згідно формули Байєса для одного свідчення:

$$p(H_i | E_1) = \frac{p(E_1|H_i) * p(H_i)}{\sum_{k=1}^3 p(E_1|H_k) * p(H_k)}, i = 1,2,3. \quad (3.2)$$

Таким чином:

$$p(H_1 | E_1) = \frac{0,49 \cdot 0,59}{0,49 \cdot 0,59 + 0,89 \cdot 0,39 + 0,39 \cdot 0,02} = 0,4489;$$

$$p(H_2 | E_1) = \frac{0,89 \cdot 0,39}{0,49 \cdot 0,59 + 0,89 \cdot 0,39 + 0,39 \cdot 0,02} = 0,5390;$$

$$p(H_3 | E_1) = \frac{0,39 \cdot 0,02}{0,49 \cdot 0,59 + 0,89 \cdot 0,39 + 0,39 \cdot 0,02} = 0,0121 .$$

Робимо перевірку, сума апостеріорних ймовірностей повинна дати одиницю:

$$p(H_1 | E_1) + p(H_2 | E_1) + p(H_3 | E_1) = 1. \quad (3.3)$$

Тобто, $0,4489 + 0,5390 + 0,0121 = 1$.

Після того, як E_1 – "висока температура" відбулась довіра до гіпотез H_1 – "пневмонія" і H_3 – "туберкульоз" знизилася, тоді як довіра до H_2 – "бронхіт" зросла. У тих випадках, коли є факти, підтверджуючі як подію E_1 – "висока температура" так і подію E_2 – "кашель", то апостеріорна ймовірність початкових гіпотез також може бути обчислена за правилом Байєса:

$$p(H_i | E_1 E_2) = \frac{p(E_1 E_2 | H_i) \cdot p(H_i)}{\sum_{k=1}^3 p(E_1 E_2 | H_k) \cdot p(H_k)}, i = 1, 2, 3. \quad (3.4)$$

Оскільки висока температура і кашель умовно незалежні при даних гіпотезах H_i , то формулу Байєса можна переписати у вигляді:

$$p(H_i | E_1 E_2) = \frac{p(E_1 | H_i) \cdot p(E_2 | H_i) \cdot p(H_i)}{\sum_{k=1}^3 p(E_1 | H_k) \cdot p(E_2 | H_k) \cdot p(H_k)}, i = 1, 2, 3. \quad (3.5)$$

Звідки:

$$p(H_1 | E_1 E_2) = \frac{0,49 \cdot 0,09 \cdot 0,59}{0,49 \cdot 0,09 \cdot 0,59 + 0,89 \cdot 0,79 \cdot 0,39 + 0,39 \cdot 0,99 \cdot 0,02} = 0,0845;$$

$$p(H_2 | E_1 E_2) = \frac{0,89 \cdot 0,79 \cdot 0,39}{0,49 \cdot 0,09 \cdot 0,59 + 0,89 \cdot 0,79 \cdot 0,39 + 0,39 \cdot 0,99 \cdot 0,02} = 0,8904;$$

$$p(H_3 | E_1 E_2) = \frac{0,39 \cdot 0,99 \cdot 0,02}{0,49 \cdot 0,09 \cdot 0,59 + 0,89 \cdot 0,79 \cdot 0,39 + 0,39 \cdot 0,99 \cdot 0,02} = 0,0251.$$

Перевірка за формулою рівності вірогідностей:

$$p(H_1 | E_1 E_2) + p(H_2 | E_1 E_2) + p(H_3 | E_1 E_2) = 1. \quad (3.6)$$

Тобто, $0,0845 + 0,8904 + 0,0251 = 1$.

Початковим ранжуванням було H_1 – "пневмонія", H_2 – "бронхіт" та H_3 – "туберкульоз", і всі три залишилися після отримання свідчення E_1 – "висока температура" і E_2 – "кашель". При цьому бронхіт ймовірніше, ніж пневмонія та туберкульоз. Це свідчить про те, що маючи кашель та високу температуру ймовірність захворювання бронхітом набагато більша, ніж ймовірність захворювання пневмонією чи туберкульозом.

3.3 Послідовне поширення ймовірностей

Однак реально, поширення ймовірності відбувається поетапно з підсумовуванням окремих свідчень і їх впливу на умовну вірогідність у міру надходження окремих E_i . Це можна зробити, використовуючи апріорну і апостеріорну ймовірність, таким чином:

- 1) Задаємо $p(H_i)$ – апріорну ймовірність подій H_i .
- 2) Для одержаних свідчень E_j записуємо $p(E_j | H_i)$.
- 3) З врахуванням теореми Байєса підраховуємо $p(H_i | E_j)$ залежно від результату E_j , тобто обчислюємо апостеріорну ймовірність події H_i .

4) Тепер можна не звертати уваги всі настали E_j і перезначити поточну апостеріорну ймовірність події H_i , як нову апріорну ймовірність H_i . Отже, $p(H_i)$ рівна $p(H_i | E_j)$ залежно від значення E_j .

- 5) Потім виберемо нове свідчення для розгляду і перейдемо до п.2.

Проілюструємо цю послідовність на приведеному вище прикладі в припущенні, що спочатку поступило свідчення E_2 – "кашель". Тоді:

$$p(H_1 | E_2) = \frac{0,09 \cdot 0,59}{0,09 \cdot 0,59 + 0,79 \cdot 0,39 + 0,99 \cdot 0,02} = 0,1394;$$

$$p(H_2 | E_2) = \frac{0,79 \cdot 0,39}{0,09 \cdot 0,59 + 0,79 \cdot 0,39 + 0,99 \cdot 0,02} = 0,8087;$$

$$p(H_3 | E_2) = \frac{0,99 \cdot 0,02}{0,09 \cdot 0,59 + 0,79 \cdot 0,39 + 0,99 \cdot 0,02} = 0,0519.$$

Перевірка:

$$p(H_1 | E_2) + p(H_2 | E_2) + p(H_3 | E_2) = 1. \quad (3.7)$$

Тобто, $0,1394 + 0,8087 + 0,0519 = 1$

Одержану ймовірність можна прийняти за нову апостеріорну вірогідність гіпотез Н1, Н2 та Н3, тобто:

$$p(\tilde{H}_1) = 0,1394;$$

$$p(\tilde{H}_2) = 0,8087;$$

$$p(\tilde{H}_3) = 0,0519.$$

І, якщо тепер додатково поступить свідчення Е2 – "кашель", то нова апостеріорна ймовірність гіпотез може бути обчислена тільки на основі свідчення, що знов поступило:

$$p(H_1 | E_1 E_2) = p(\tilde{H}_1 | E_1) = \frac{0,49 \cdot 0,1394}{0,49 \cdot 0,1394 + 0,89 \cdot 0,8087 + 0,39 \cdot 0,0519} = 0,0845 ;$$

$$p(H_2 | E_1 E_2) = p(\tilde{H}_2 | E_1) = \frac{0,89 \cdot 0,8087}{0,49 \cdot 0,1394 + 0,89 \cdot 0,8087 + 0,39 \cdot 0,0519} = 0,8905 ;$$

$$p(H_3 | E_1 E_2) = p(\tilde{H}_3 | E_1) = \frac{0,39 \cdot 0,0519}{0,49 \cdot 0,1394 + 0,89 \cdot 0,8087 + 0,39 \cdot 0,0519} = 0,0250 .$$

Перевірка:

$$p(\tilde{H}_1 | E_1) + p(\tilde{H}_2 | E_1) + p(\tilde{H}_3 | E_1) = 1. \quad (3.8)$$

Тобто, $0,0845 + 0,8905 + 0,0250 = 1$.

З приведенного прикладу видно, що ітераційна процедура послідовного розподілу ймовірності у міру надходження свідочств дозволяє отримати результати аналогічні безпосередньому застосуванню правила Байєса для випадку одночасного двох свідочств, що поступили. Значення гіпотези Н2 – "бронхіт" є найбільш вірогідним, аніж Н1 – "пневмонія" та Н3 – "туберкульоз".

3.4 Математичне обґрунтування системи

Вводимо в програму Ексел розрахункові дані.

Таблиця 3.3 – Розрахункові дані

p()/i	1	2	3
p(H _i)	0,59	0,39	0,02
p(E ₁|H _i)	0,49	0,89	0,39
p(E ₂|H _i)	0,09	0,79	0,99

Обчислюємо апостеріорну ймовірність для гіпотез згідно формули Байєса для одного свідчення:

$$p(H_i | E_1) = \frac{p(E_1 | H_i) * p(H_i)}{\sum_{k=1}^3 p(E_1 | H_k) * p(H_k)}, i = 1, 2, 3. \quad (3.9)$$

Для цього в чарунку програми Ексел для розрахунку $p(H_1 | E_1)$ вводим формулу: $= (B3 * B2) / ((B3 * B2) + (C3 * C2) + (D3 * D2))$.

Нажимаємо клавішу Enter, та отримуємо результат 0,4489

Для розрахунку $p(H_2 | E_1)$ вводим наступну формулу: $= (C3 * C2) / ((B3 * B2) + (C3 * C2) + (D3 * D2))$. Отримуємо 0,5390

І для обчислення $p(H_3 | E_1)$ буде така формула: $= (D3 * D2) / ((B3 * B2) + (C3 * C2) + (D3 * D2))$. І результат – 0,0121.

Далі робимо перевірку, сума апостеріорних ймовірностей повинна дати одиницю:

В програмі Ексел перевірка має вигляд: $= H4 + H5 + H6$. Отримуємо 1.

Далі обчислюємо апостеріорні ймовірності початкових гіпотез за правилом Байєса:

$$p(H_i | E_1 E_2) = \frac{p(E_1 E_2 | H_i) * p(H_i)}{\sum_{k=1}^3 p(E_1 E_2 | H_k) * p(H_k)}, i = 1, 2, 3. \quad (3.10)$$

Для обчислення $p(H_1 | E_1 E_2)$ вводим формулу: $= (B3 * B4 * B2) / ((B3 * B4 * B2) + (C3 * C4 * C2) + (D3 * D4 * D2))$. Отримуємо результат 0,0845.

Для обчислення $p(H_2 | E_1 E_2)$ вводим наступну формулу: $= (C3 * C4 * C2) / ((B3 * B4 * B2) + (C3 * C4 * C2) + (D3 * D4 * D2))$. Результат 0,8904.

І для обчислення $p(H_3 | E_1 E_2)$ така формула: $= (D3 * D4 * D2) / ((B3 * B4 * B2) + (C3 * C4 * C2) + (D3 * D4 * D2))$. І отриманий результат 0,0251.

Перевірка: $= H13 + H14 + H15$. В результаті перевірки отримали 1. Спочатку поступило свідчення E₂, тоді: в програмі Ексел для обчислення $p(H_1 | E_2)$ формула має вигляд: $= (B4 * B2) / ((B4 * B2) + (C4 * C2) + (D4 * D2))$. І маємо результат 0,1394.

Для $p(H_2 | E_2)$ така формула: $=(C4*C2)/((B4*B2)+(C4*C2)+(D4*D2))$.І результат 0,8087.

Формула для обчислення значення $p(H_3 | E_2)$: $=(D4*D2)/((B4*B2)+(C4*C2)+(D4*D2))$. Результат 0,0519.

Робимо перевірку: $=H23+H24+H25$. І отримуємо 1.

Одержану ймовірність приймаємо за нову апостеріорну вірогідність гіпотез H_1 , H_2 та H_3 , тобто: $p(\tilde{H}_1) = 0,1394$; $p(\tilde{H}_2) = 0,8087$; $p(\tilde{H}_3) = 0,0519$.

І, якщо тепер додатково поступить свідцтво E_2 , то нова апостеріорна ймовірність гіпотез така:

Розрахуємо $p(\tilde{H}_1 | E_2)$: $=(B3*G29)/((B3*G29)+(C3*J29)+(D3*M29))$. Отриманий результат 0,0845.

Формула для $p(\tilde{H}_2 | E_2)$: $=(C3*J29)/((B3*G29)+(C3*J29)+(D3*M29))$. Результат 0,8905.

Розрахуємо $p(\tilde{H}_3 | E_2)$: $=(D3*M29)/((B3*G29)+(C3*J29)+(D3*M29))$. І отримуємо 0,0250.

Далі робимо перевірку: $=H32+H33+H34$. Перевірка дала результат 1.

3.5 Розробка системи прорахунку вірогідності

На рисунку 3.1 ми бачимо вихідні дані, які ми ввели в програмі Excel для розрахунку.

	A	B	C	D	E
1		Вихідні дані			
2	P(H _i)	0,59	0,39	0,02	
3	P(E ₁ /H _i)	0,49	0,89	0,39	
4	P(E ₂ /H _i)	0,09	0,79	0,99	
5					

Рисунок 3.1 – Вихідні дані

Обчислюємо апостеріорну ймовірність для гіпотез згідно формули Байеса для одного свідчення, та перевірку. Для цього в програмі Excel для розрахунку $p(H_1 | E_1)$, $p(H_2 | E_1)$, $p(H_3 | E_1)$ вводимо формули, як показано на рисунку 3.2.

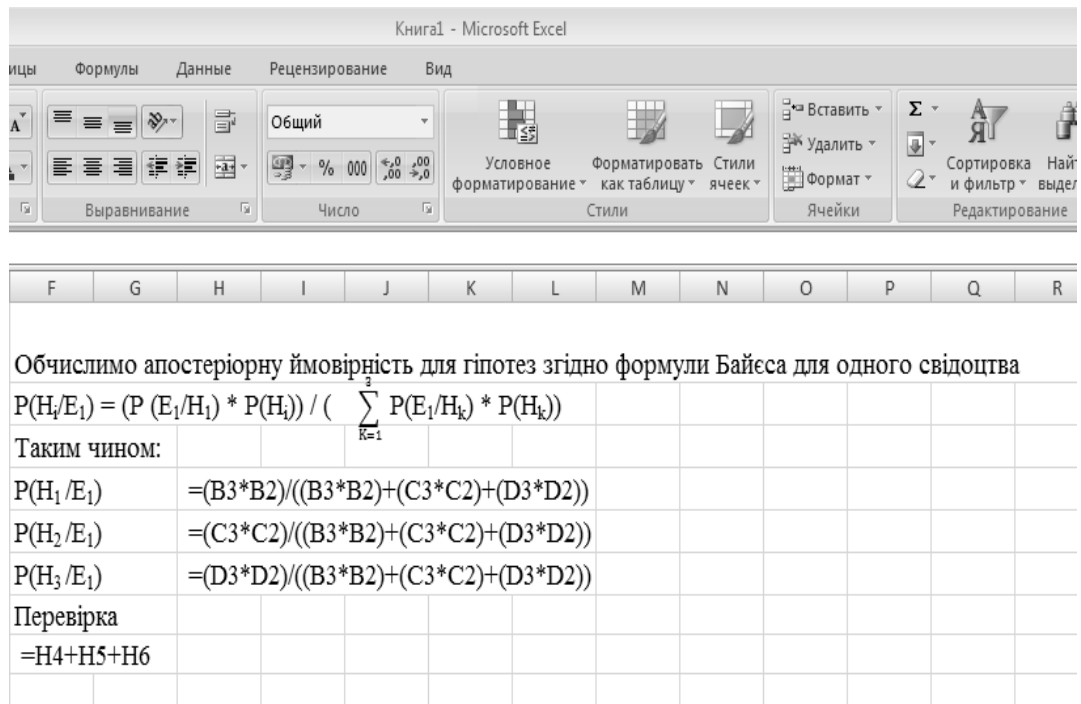


Рисунок 3.2 – Введення формул для розрахунку апостеріорної ймовірності для одного свідчення

Далі обчислюємо апостеріорні ймовірності початкових гіпотез за правилом Байеса і перевірку. Для обчислення $p(H_1 | E_1 E_2)$, $p(H_2 | E_1 E_2)$, $p(H_3 | E_1 E_2)$ вводимо формули. Це показано на рисунку 3.3

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Апостеріорна ймовірність початкових гіпотез може бути обчислена за правилом Байеса											
$P(H_i/E_1 E_2) = (P(E_1/H_i) * P(E_2/H_i) * P(H_i)) / (\sum_{k=1}^3 P(E_1/H_k) * P(E_2/H_k) * P(H_k))$											
звідки											
P(H ₁ /E ₁ E ₂)		=(B3*B4*B2)/((B3*B4*B2)+(C3*C4*C2)+(D3*D4*D2))									
P(H ₂ /E ₁ E ₂)		=(C3*C4*C2)/((B3*B4*B2)+(C3*C4*C2)+(D3*D4*D2))									
P(H ₃ /E ₁ E ₂)		=(D3*D4*D2)/((B3*B4*B2)+(C3*C4*C2)+(D3*D4*D2))									
Перевірка:											
		=H13+H14+H15									

Рисунок 3.3 – Введення формул для обчислення апостеріорної ймовірності початкових гіпотез, та перевірка.

Спочатку поступило свідोцтво E2, тоді в програмі Excel для обчислення $p(H_1 | E_2)$, $p(H_2 | E_2)$, $p(H_3 | E_2)$ формули мають вигляд. На рисунку 3.4 також показана і перевірка.

F	G	H	I	J	K	L	M	N
Спочатку поступило свідоцтво E2, тоді:								
P(H ₁ /E ₂)		=(B4*B2)/((B4*B2)+(C4*C2)+(D4*D2))						
P(H ₂ /E ₂)		=(C4*C2)/((B4*B2)+(C4*C2)+(D4*D2))						
P(H ₃ /E ₂)		=(D4*D2)/((B4*B2)+(C4*C2)+(D4*D2))						
Перевірка:								
		=H23+H24+H25						

Рисунок 3.4 – Введення формул в програмі Excel для свідоцтва E2.

Одержану ймовірність приймаємо за нову апостеріорну вірогідність гіпотез H₁, H₂ та H₃, тобто:

$$p(\tilde{H}_1) = 0,1394;$$

$$p(\tilde{H}_2) = 0,8087;$$

$$p(\tilde{H}_3) = 0,0519.$$

Ці нові дані вводимо в програмі Excel для подальшого використання в обчисленнях.

І, якщо тепер додатково поступить свідоцтво E2, то для розрахунку нової апостеріорної ймовірності гіпотез будуть формули, як на рисунку 3.5. Формули для розрахунку $p(\tilde{H}_1 | E_2)$, $p(\tilde{H}_2 | E_2)$, $p(\tilde{H}_3 | E_2)$ та перевірки.

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Одержана ймовірність можна прийняти за нову апостеріорну вірогідність гіпотез, тобто:											
$p(\tilde{H}_1) = 0,1394$ $p(\tilde{H}_2) = 0,8087$ $p(\tilde{H}_3) = 0,0519$											
Якщо додатково поступить свідцтво E2, то нова апостеріорна ймовірність гіпотез така:											
$p(\tilde{H}_1|E_2) = (B3*G29)/((B3*G29)+(C3*J29)+(D3*M29))$											
$p(\tilde{H}_2|E_2) = (C3*J29)/((B3*G29)+(C3*J29)+(D3*M29))$											
$p(\tilde{H}_3|E_2) = (D3*M29)/((B3*G29)+(C3*J29)+(D3*M29))$											
Перевірка:											
=H32+H33+H34											

Рисунок 3.5 – Введення формул для розрахунку нової апостеріорної ймовірності для гіпотез

3.6 Тестування розробленої системи

U2		fx			
	A	B	C	D	E
1	Вихідні дані				
2	P(H _i)	0,59	0,39	0,02	
3	P(E ₁ /H _i)	0,49	0,89	0,39	
4	P(E ₂ /H _i)	0,09	0,79	0,99	
5					

Рисунок 3.6 – Вихідні дані розрахунку

Після введення кожної формули в програмі Excel натискаємо клавішу Enter і отримуємо результат розрахунку $p(H_1 | E_1)$, $p(H_2 | E_1)$, $p(H_3 | E_1)$ та результат перевірки, як показано на рисунку 3.7.

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Обчислимо апостеріорну ймовірність для гіпотез згідно формули Байєса для одного свідчення											
	$P(H_i/E_1) = (P(E_1/H_i) * P(H_i)) / (\sum_{k=1}^3 P(E_1/H_k) * P(H_k))$											
			0,4489									
			0,539									
			0,0121									
			Перевірка									
			1									

Рисунок 3.7 – Отриманий результат обчислення апостеріорної ймовірності для гіпотез згідно формули Байєса для одного свідчення.

На рисунку 3.8 ми бачимо отриманий результат розрахунку апостеріорної ймовірності початкових гіпотез та результат перевірки.

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Апостеріорна ймовірність початкових гіпотез може бути обчислена за правилом Байєса										
	$P(H_i/E_1E_2) = (P(E_1/H_i) * P(E_2/H_i) * P(H_i)) / (\sum_{k=1}^3 P(E_1/H_k) * P(E_2/H_k) * P(H_k))$										
			0,0845								
			0,8904								
			0,0251								
			Перевірка:								
			1								

Рисунок 3.8 – Результат розрахунку апостеріорної ймовірності початкових гіпотез

Спочатку поступило свідчення E2, тоді в програмі Excel результат обчислення $p(H_1 | E_2)$, $p(H_2 | E_2)$, $p(H_3 | E_2)$ показаний на рисунку 3.9 також показаний і результат перевірки.

F	G	H	I	J	K
Спочатку поступило свідोцтво E2, тоді:					
P(H ₁ /E ₂)		0,1394			
P(H ₂ /E ₂)		0,8087			
P(H ₃ /E ₂)		0,052			
Перевірка:					
1					

Рисунок 3.9 – Результат для початкового свідоцтва E2

Одержану ймовірність приймаємо за нову апостеріорну вірогідність гіпотез H₁, H₂ та H₃, тобто:

$$p(\tilde{H}_1) = 0,1394;$$

$$p(\tilde{H}_2) = 0,8087;$$

$$p(\tilde{H}_3) = 0,0519.$$

Ці нові дані були введені в програму Excel для подальшого використання в обчисленнях.

І, якщо тепер додатково поступить свідоцтво E2, то результат розрахунку нової апостеріорної ймовірності гіпотез після введення формул, та натискання клавіші Enter буде як на рисунку 3.10.

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Одержана ймовірність можна прийняти за нову апостеріорну вірогідність гіпотез, тобто:											
$p(\tilde{H}_1) =$	0,1394	$p(\tilde{H}_2) =$	0,8087	$p(\tilde{H}_3) =$	0,0519						
Якщо додатково поступить свідоцтво E2, то нова апостеріорна ймовірність гіпотез така:											
$p(\tilde{H}_1|E_2) =$		0,0845									
$p(\tilde{H}_2|E_2) =$		0,8905									
$p(\tilde{H}_3|E_2) =$		0,025									
Перевірка:											
1											

Рисунок 3.10 – Результат нової апостеріорної ймовірності, та перевірка

Автоматизована система розрахунку поширення ймовірностей у Байєсовській системі для діагности захворювань органів дихання співпадає з попередніми розрахунками за правилом Байєса для одного і двох свідочств.

Експертні системи, що використовують теорію суб'єктивних ймовірностей широко застосовуються як і в медицині, так і в інших галузях, де потрібно чітко та змістовно визначити ймовірність настання деякої події. Теорія суб'єктивних ймовірностей підпорядкована безпосередньо теорії Байєса. Саме тут вона використовується для оцінки певного завдання, аналізуючи його, даючи тверду відповідь, та складають прогнозування на майбутнє.

В ході розрахунків поширення ймовірностей в експертних системах при заданих гіпотезах, Н1 - "пневмонія", Н2 – "бронхіт", Н3 – "туберкульоз", що характеризують подію, пов'язану з визначенням деякої хвороби, був отриманий результат, що свідчить про вірогідність появи хвороби бронхіту, більше ніж дві інші задані хвороби.

Автоматизована система розрахунку поширення ймовірностей у Байєсовській системі для діагности захворювань органів дихання співпадає з попередніми розрахунками за правилом Байєса для одного і двох свідочств.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі проведено аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. Розглянуті заходи, які дозволяють забезпечити гігієну праці і виробничу санітарію. На підставі аналізу розроблені заходи з техніки безпеки та рекомендації з пожежної профілактики.

4.1 Загальні питання з охорони праці

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. В законі України «Про охорону праці» [12] визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

4.2 Аналіз стану умов праці

Робота над створенням інформаційного ресурсу проходить в приміщенні відповідної установи. Для даної роботи достатньо однієї людини, для якої надано робоче місце зі стаціонарним комп'ютером.

Геометричні розміри приміщення зазначені в табл. 4.1. та відповідають нормам ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [13].

Таблиця 4.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	10
Ширина, м	3,5
Висота, м	2,5
Площа, м ²	35
Об'єм, м ³	87.5

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним основні вимоги до організації робочого місця за ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [14] (табл. 4.2) і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність.

Таблиця 4.2 - Характеристики робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	700	680 ÷ 800
Висота простору для ніг, мм	700	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	600	не менше 500
Глибина простору для ніг, мм	700	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	450	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	420	не менше 400
Глибина сидіння, мм	420	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	500	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	420	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	700	700 ÷ 800

Під час виконання робіт використовують ПК та периферійні пристрої (лазерні та струменеві), що призводить до навантаження на окремі системи організму. Такі перекося у напруженні різних систем організму, що трапляються під час роботи з ПК, зокрема, значна напруженість зорового аналізатора і довготривале малорухоме положення перед екраном, не тільки не зменшують загального напруження, а навпаки, призводять до його посилення і появи стресових реакцій.

Роботу за дипломним проектом визнано, таку, що займає 50% часу робочого дня та за восьмигодинної робочої зміни рекомендовано встановити додаткові регламентовані перерви (потрібно вибрати):

- для розробників програм тривалість 15 хв через кожен годину роботи;
- для операторів персональних комп'ютерів тривалістю 15 хв через дві години роботи;
- для операторів комп'ютерного набору тривалістю 10 хв через кожен годину роботи.

4.3 Виробнича санітарія

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (табл. 4.3). Роботу, пов'язану з ЕОП з ВДТ, у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ЕОМ з ВДТ і ПП, виконують із забезпеченням виконання НПАОП 0.00.-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [20].

Таблиця 4.3 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4
фізичні			
- підвищена температура поверхонь обладнання	експлуатація ЕОМ	2	[13]
- підвищена або знижена вологість повітря	-//-	2	[13]
- підвищений рівень електромагнітного випромінення	-//-	2	[18]
- підвищений рівень напруги електричної мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини	-//-	4	[18] [19]

Продовження таблиці 4.3

- підвищений рівень статичної електрики	-//-	2	[18]
- недостатність природного світла	порушення умов праці (вимог до приміщень)	2	[16]
психофізіологічні:			
- нервово-психічна перевантаження (розумове, перенапруження аналізаторів-зорових)	- пошук інформації для постановки теми; - пошук та аналіз аналогів і літератури; - пошук наявних технологій, моделювання та аналіз алгоритмів; - виконання роботи за темою диплома, тестування; - оформлення роботи	4	[20] [14]
- фізичні (статичне – сидіння)	порушення умов праці (організації місця праці-сидіння користувача,) та організації робочого часу - безперервна робота)	2	[20] [14]

4.3.1 Пожежна безпека

Для гасіння пожеж в квартирі пропонується використовувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники, так як вони є універсальними. Горючими матеріалами в приміщенні, де розташовані ЕОМ, є: поліаміди, полівінілхлорид, ізоляційний матеріал, пластикат кабельний, деревина.

Згідно НАПБ А. 01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [15] таке приміщення, площею 17,5 м², відноситься до категорії "В" (пожежонебезпечної). Відповідно до норм первинних засобів пожежогасінні пропонується використовувати: повсть 1 1 м² , кошму 2х1,5м² в кількості 1 шт.

4.3.2 Електробезпека

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та

ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три- провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

4.4 Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища

4.4.1 Параметри мікроклімату

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [13] і наведені в табл. 4.4:

Таблиця 4.4 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С0	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 – 60	0,1

4.4.2 Освітлення

У проекті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення, ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [16]. У світлий час доби використовуватиметься природне освітлення приміщення через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення.

Розрахунок освітлення.

Для виробничих та адміністративних приміщень світловий коефіцієнт приймається не менше $1/8$, в побутових – $1/10$:

$$S_b = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{10} \right) \cdot S_n, \quad (4.1)$$

де S_b – площа віконних прорізів, м²;

S_n – площа підлоги, м².

$$S_n = a \cdot b = 10 \cdot 3,5 = 35 \text{ м}^2,$$

$$S = 1/7 \cdot 35 = 5 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 2 вікна площею $S=2,5$ м² кожне.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників n виробляється по формулі (4.2):

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M} \quad (4.2)$$

де E – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

S – освітлювана площа, м²; $S = 35$ м²;

Z – поправочний коефіцієнт світильника ($Z = 1,15$ для ламп розжарювання та ДРЛ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп) приймаємо рівним 1,1;

K – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

U – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

M – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

F – світловий потік лампи – 5400лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу (4.2), отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 35 \cdot 1.1 \cdot 1.5}{5400 \cdot 0.575 \cdot 2} = 2,78$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 2-х світильників, який складається з двох люмінесцентних ламп загальною потужністю 320 Вт, напругою – 220 В.

4.4.3 Вентилювання

У приміщенні, де знаходяться ЕОМ, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти), тобто при V приміщення > 40 м³ на одного працюючого допускається природна вентиляція. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП.

4.5 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій

Відповідно до санітарно-гігієнічних нормативів та правил експлуатації обладнання наводимо приклади деяких заходів безпеки.

Розрахунок захисного заземлення (забезпечення електробезпеки будівлі).

Згідно з класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» [17], НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [21] приміщення в якому проводяться всі роботи відноситься до першого класу (без

підвищеної небезпеки). Під час роботи використовуються електроустановки з напругою живлення 220 В. Опір контура заземлення повинен мати не більше 4 Ом.

Розрахунок проводять за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача η – це відношення діючої провідності цього заземлювача до найбільш можливої його провідності за нескінченно великих відстаней між його електродами. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_v в залежності від розміщення заземлювачів та їх кількості знаходиться в межах 0,4...0,99. Взаємну екрануючу дію горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги) враховують за допомогою коефіцієнта використання горизонтального заземлювача η_c .

Послідовність розрахунку.

1) Визначається необхідний опір штучних заземлювачів $R_{шт.з.}$:

$$R_{шт.з.} = \frac{R_d \cdot R_{пр.з.}}{R_{пр.з.} - R_d}, \quad (4.3)$$

де $R_{пр.з.}$ – опір природних заземлювачів; R_d – допустимий опір заземлення. Якщо природні заземлювачі відсутні, то $R_{шт.з.} = R_d$.

Підставивши числові значення у формулу (рис.4.3), отримуємо:

$$R_{шт.з.} = \frac{4 \cdot 40}{40 - 4} \approx 4 \text{ Ом}$$

2) Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту ρ , Ом·м. Приблизне значення питомого опору глини приймаємо $\rho = 40$ Ом·м (табличне значення).

3) Розрахунковий питомий опір ґрунту, $\rho_{розр.}$, Ом·м, визначається відповідно для вертикальних заземлювачів $\rho_{розр.в}$, і горизонтальних $\rho_{розр.г}$, Ом·м за формулою:

$$\rho_{розр.} = \psi \cdot \rho, \quad (4.4)$$

де ψ – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів І кліматичної зони з нормальною вологістю землі, приймається для вертикальних заземлювачів $\rho_{розр.в} = 1,7$ і горизонтальних $\rho_{розр.г} = 5,5$ Ом·м.

$$\rho_{\text{розр.в}} = 1,7 \cdot 40 = 68 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$\rho_{\text{розр.г}} = 5,5 \cdot 40 = 220 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

4) Розраховується опір розтікання струму вертикального заземлювача $R_{\text{в}}$, Ом, за (4.5).

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{розр.в}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{в}}} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\text{в}}}{d_{\text{ст}}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l_{\text{в}}}{4 \cdot t - l_{\text{в}}} \right), \quad (4.5)$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина вертикального заземлювача (для труб - 2–3 м; $l_{\text{в}}=3$ м);

$d_{\text{ст}}$ – діаметр стержня (для труб - 0,03–0,05 м; $d_{\text{ст}}=0,05$ м);

t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, яка визначається за ф.

(4.6):

$$t = h_{\text{в}} + \frac{l_{\text{в}}}{2}, \quad (4.6)$$

де $h_{\text{в}}$ – глибина закладання вертикальних заземлювачів (0,8 м); тоді

$$t = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3 \text{ м}$$

$$R_{\text{в}} = \frac{68}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 18,5 \text{ Ом}$$

5) Визначається теоретична кількість вертикальних заземлювачів n штук, без урахування коефіцієнта використання $\eta_{\text{в}}$:

$$n = \frac{2 \cdot R_{\text{в}}}{R_{\text{д}}} = \frac{2 \cdot 18,5}{4} = 9,25 \quad (4.7)$$

Γ визначається коефіцієнт використання вертикальних електродів групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки $\eta_{\text{в}}=0,57$ (табличне значення).

б) Визначається необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання пв, шт:

$$n_B = \frac{2 \cdot R_B}{R_d \cdot \eta_B} = \frac{2 \cdot 18,5}{4 \cdot 0,57} = 16,2 \approx 16 \quad (4.8)$$

7) Визначається довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача l_c , м:

$$l_c = 1,05 \cdot L_B \cdot (n_B - 1), \quad (4.9)$$

де L_B – відстань між вертикальними заземлювачами, (прийняти за $L_B = 3$ м);

n_B – необхідна кількість вертикальних заземлювачів.

$$l_c = 1,05 \cdot 3 \cdot (16 - 1) \approx 48 \text{ м}$$

8) Визначається опір розтіканню струму горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки) R_r , Ом:

$$R_r = \frac{\rho_{\text{розр.г}}}{2 \cdot \pi \cdot l_c} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_c^2}{d_{\text{см}} \cdot h_r}, \quad (4.10)$$

де $d_{\text{см}}$ – еквівалентний діаметр смуги шириною b , $d_{\text{см}} = 0,95b$, $b = 0,15$ м;

h_r – глибина закладання горизонтальних заземлювачів (0,5 м);

l_c – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача l_c , м

$$R_r = \frac{220}{2 \cdot \pi \cdot 48} \cdot \ln \frac{2 \cdot 48^2}{0,95 \cdot 0,15 \cdot 0,5} = 8,1 \text{ Ом}$$

9) Визначається коефіцієнт використання горизонтального заземлювача η_c . відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів пв.

Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги $\eta_c = 0,3$ (табличне значення).

10) Розраховується результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_{\text{в}} \cdot R_{\text{г}}}{R_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{с}} + R_{\text{г}} \cdot n_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}}} \leq R_{\text{д}}. \quad (4.11)$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова: $R_{\text{заг}} < 4 \text{ Ом}$, а саме:

$$R_{\text{заг}} = \frac{18,5 \cdot 8,1}{18,5 \cdot 0,3 + 8,1 \cdot 16 \cdot 0,57} = 1,9 \leq R_{\text{д}}$$

4.6 Охорона навколишнього природного середовища

Діяльність за темою магістерської роботи, а саме: робота за комп'ютером в процесі її виконання впливає на навколишнє природне середовище і регламентується нормами діючого законодавства.

Основним екологічним аспектом в процесі діяльності за даними спеціальностями є процеси впливу на атмосферне повітря та процеси поводження з відходами, які утворюються, збираються, розміщуються, передаються на віддалення (знешкодження), утилізацію, тощо в ІТ галузі.

Вплив на атмосферне повітря при нормальних умовах праці не оказує, бо не має в приміщенні сканерів, принтерів та інших джерел викиду забруднюючих речовин в повітря робочої зони.

В процесі діяльності комп'ютера виникають процеси поводження з відходами ІТ галузі. Нижче надано перелік відходів, що утворюються в процесі роботи:

- відпрацьовані люмінесцентні лампи - I клас небезпеки
- батарейки та акумулятори (малі) - III клас небезпеки
- змінні носії інформації - IV клас небезпеки
- відпрацьований ізолюючий матеріал, дроти та кабелі - IV клас небезпеки
- макулатура - IV клас небезпеки
- побутові відходи - IV клас небезпеки

4.7 Висновок до розділу 4

В результаті проведеної роботи було зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в дипломній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника. Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Були наведені розміри приміщення та наведено значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника. А також визначені основні екологічні аспекти впливу на навколишнє природне середовище та зазначені поведження з ними.

ВИСНОВКИ

Експертні системи, що використовують теорію суб'єктивних ймовірностей широко застосовуються як і в медицині, так і в інших галузях, де потрібно чітко та змістовно визначити ймовірність настання деякої події. Теорія суб'єктивних ймовірностей підпорядкована безпосередньо теорії Байєса. Саме тут вона використовується для оцінки певного завдання, аналізуючи його, даючи тверду відповідь, та складають прогнозування на майбутнє.

В ході розрахунків поширення ймовірностей в експертних системах при заданих гіпотезах, Н1 - "пневмонія", Н2 – "бронхіт", Н3 – "туберкульоз", що характеризують подію, пов'язану з визначенням деякої хвороби, був отриманий результат, що свідчить про вірогідність появи хвороби бронхіту, більше ніж дві інші задані хвороби.

Автоматизована система розрахунку поширення ймовірностей у Байєсовській системі для діагности захворювань органів дихання співпадає з попередніми розрахунками за правилом Байєса для одного і двох свідочств.

Предметні знання для експертної системи можуть бути почерпнуті з наукової літератури, звітів, досвідчених даних та особистого досвіду. Однак головне джерело знань - це фахівець-експерт. Досвід спільної роботи інженерів по знаннях та експертів свідчить про відому парадоксальність знань експертів: чим вище компетентність експерта, тим менш здатний він описати ті знання, які він використовує для вирішення завдань. Пояснити цей парадокс можна, якщо прийняти за основу ієрархічну модель знань експертів: розмірність семантичного простору зменшується з підвищенням рівня професіоналізму - цей висновок узгоджується і з відомим положенням когнітивної психології про те, що процес пізнання супроводжується узагальненням.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконаний аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, причин пожеж. На основі аналізу розроблені заходи щодо техніки безпеки і рекомендації з пожежної профілактики. Виконаний розрахунки захисного заземлення, розрахунки кількості світильників у приміщенні.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1) Хили, П. М. Дифференциальный диагноз внутренних болезней: алгоритмический подход / П. М. Хили, Е. Д. Джекобсон ; – М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2002. – 280 с.
- 2) Експертні системи в медицині: навчальний посібник / А. М. Продеус, Ю. С. Синькоп, Є. Я. Швець, Є. М. Кісельов, М. М. Баран – М: Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2014. – 332 с.
- 3) Братко, И. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта: Пер. с англ. / И. Братко – М.: Мир, 1990. – 560 с.
- 4) Уотермен, Д. Руководство по экспертным системам: Пер. з англ. / Д. Уотермен – М.: Мир, 1989. – 388 с.
- 5) Поспелов, Г. С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г. С. Поспелов – М. : "Наука", 1988. – 269стр.
- 6) Єпішин, А. В. Пропедевтика внутрішніх хвороб з доглядом за терапевтичними хворими / А. В. Єпішин – М.: – Тернопіль «Укрмедкнига», 2001 – 769 с.
- 7) Лорьер, Ж. Л. Системы искусственного интеллекта / Ж. Л. Лорьер – М.: Мир, 1991, 566 с.
- 8) Продеус, А. Н. Проблемы реализации Байесовской стратегии при автоматизации иридодиагностики / А. Н. Продеус, Т. А. Сядро; Сб. "Электроника и связь", №2, часть II. – К., НТУУ (КПИ), 1997. – 316 с.
- 9) Кісельов, Є. М. Экспертные системы в медицине. Конспект лекций для студентов специальностей 7.09.0804 "Физическая и биомедицинская электроника" / Є. М. Кісельов – Запорожье: Издательство ЗГИА; 2003. – 120 с.
- 10) Кісельов, Є.М. Програмне забезпечення комп'ютерних та електронних біомедичних систем. Методичні вказівки до курсового проектування для студентів ЗДІА спеціальності 7.09.0804 "Фізична та біомедична електроніка" / Є. М. Кісельов – Запоріжжя: Вид-во ЗДІА, 2005. – 102 с.
- 11) Дженсен, Ф. В. Баєсові мережі та графи прийняття рішень / Ф. В. Дженсен; – М.: ЗАО «Видавництво Спрінгер», 2001. – 780 с.
- 12) Закон України «Про охорону праці». Вводиться в дію Постановою ВР № 2695-ХІІ від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669. – Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12](http://www.URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12)

13) ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Вводиться в дію Постановою ВР № 42 від 01.12.1999. – Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99](http://www.url:https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99)

14) ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин». Вводиться в дію Постановою ВР № 7 від 10.12.1998. – Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98](http://www.url:https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98)

15) НАПБ А. 01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Затверджено Наказом Міністерства внутрішніх справ України № 1417 від 30.12.2014. – Режим доступу: [www. URL: https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15](http://www.url:https://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15)

16) ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». – Режим доступу: [www. URL: http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/12/V2528-1.pdf](http://www.url:http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/12/V2528-1.pdf)

17) НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Затверджено наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці № 257 від 6 жовтня 1997 р. – Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98](http://www.url:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98)

18) ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту». Затверджено Держспоживстандартом України № 37 від 02.02.2011. – Режим доступу: [www. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=30045](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=30045)

19) ГОСТ 13109-97 «Електрична енергія. Сумістність технічних засобів електромагнітних». Дата введення 01.01.1999. – Режим доступу: [www. URL: https://dnaop.com/html/42313/doc-ГОСТ_13109-97](https://dnaop.com/html/42313/doc-ГОСТ_13109-97)

20) НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за № 508/31960. – Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18)

21) НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів». Затверджено Наказом Держнаглядохоронприці України № 4 від 09.01.98 – Режим доступу: [www. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98)

ДОДАТОК А

Електронні плакати

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ.В.ДАЛЯ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА ІНЖЕНЕРІЇ

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Методи пошуку діагностичних даних в медичних
інформаційних системах

Виконав:

ст. гр. КІ-18зм

Бугеря О.О.

Керівник:

проф.Рязанцев О.І.

АКТУАЛЬНІСТЬ

Підвищення ефективності діагностики і лікування є найважливішим завданням охорони здоров'я. Одним з варіантів розв'язання завдання є комплексна автоматизація процесів збору, зберігання і обробки медичної інформації, для чого створюються медичні інформаційні системи. А також консультативна допомога лікарю по діагностиці захворювань, для чого створюються медичні експертні системи

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Дослідити методи побудови і реалізації медичних експертних систем, їх проблеми, а також способи їх вирішення.

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА

- комп'ютерна система, здатна частково замінити фахівця-експерта у вирішенні проблемної ситуації.
- Таким чином, *експертна система* - це комп'ютерна система, яка *емулює* здатності експерта до прийняття рішень.
- Термін *емулює* означає, що експертна система зобов'язана діяти в усіх відношеннях як *експерт-людина*.
- Поняття *емуляції* є набагато більш суворим, ніж моделювання, оскільки *моделює* система зобов'язана діяти подібно реальному об'єкту лише в певних відносинах.

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕС



ПРОЦЕС РОЗРОБКИ ЕС



ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ МЕДИЧНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

Комп'ютерна експертна система моделює поведінку реального експерта, а в разі медичної діагностики має ту ж основну проблему - складність диференціального діагностування.

З даною проблемою стикаються і реальні експерти, однак, у випадку з експертними системами, вона посилюється, зважаючи на відсутність у комп'ютерів креативного мислення.

ПРОБЛЕМИ ПОБУДОВИ МЕДИЧНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

Міркування на основі аналогічних випадків - традиційний варіант прийняття рішення медиками, але проблема полягає в тому, як зберегти інформацію по всіх випадках, які мали місце в практиці лікаря. Необхідні систематизація даних, виділення параметрів і їх значень для кодування інформації, щоб в будь-який момент можна було витягти необхідну опис.

Причому дана інформація, як правило, не має математичного або навіть числового виразу, що дозволяє користуватися перерахованими методами.

А текстову інформацію, наприклад, опис реакції організму на різні подразники або препарати, взагалі далеко не завжди можна перевести в кількісну. У таких випадках потрібно звернутися до апарату логіки, який забезпечує маніпулювання лінгвістичними (текстовими) змінними.

БАЙЕСОВА МЕРЕЖА ДОВІРИ

- це графова імовірнісна модель, що представляє собою безліч змінних і їх імовірнісних залежностей по Байеса. Наприклад, баєсова мережа може бути використана для обчислення ймовірності того, що хворий пацієнт за наявності або відсутності ряду симптомів, ґрунтуючись на даних про залежність між симптомами і хворобами.

Формально, баєсова мережа - це орієнтований ациклічний граф, кожній вершині якого відповідає випадкова змінна, а дуги графа кодують відносини умовної незалежності між цими змінними. Вершини можуть представляти змінні будь-яких типів, бути зваженими параметрами, прихованими змінними або гіпотезами.

ВАЖЛИВЕ ПОНЯТТЯ БАЙЕСІВСЬКОЇ МЕРЕЖІ ДОВІРИ - ЦЕ УМОВНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ ВИПАДКОВИХ ЗМІННИХ, ВІДПОВІДНИХ ВЕРШИН ГРАФА

Дві змінні A і B є умовно незалежними при даній третій вершині C , якщо при відомому значенні C , значення B не збільшує інформативність про значення A , тобто

$$p(A | B, C) = p(A | C).$$

Існують наступні факти, Задишка $[o]$ може бути внаслідок туберкульозу $[t]$, раку легенів $[r]$ або бронхіту $[b]$, а також внаслідок жодного з перерахованих захворювань або більш, ніж одного.

Куріння $[k]$ - фактор ризику, як для раку $[r]$, так і бронхіту $[b]$. Результати рентгена, визначаючи затененність в легенях не дозволяють розрізнити рак $[r]$ і туберкульоз $[t]$, так само як не визначає факт наявності або відсутності задишки $[o]$.

ВАЖЛИВЕ ПОНЯТТЯ БАЙЄСІВСЬКОЇ МЕРЕЖІ ДОВІРИ - ЦЕ УМОВНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ ВИПАДКОВИХ ЗМІННИХ, ВІДПОВІДНИХ ВЕРШИН ГРАФА

Якщо є факт, що пацієнт курить, то ми встановлюємо наші довіри щодо раку і бронхіту. Однак наші довіри щодо туберкульозу не змінюються. Тобто туберкульоз [t] умовно не залежить, від куріння [k].

Надходження позитивного результату рентгена пацієнта підвищують наші довіри щодо туберкульозу і раку, але не щодо бронхіту. Тобто

[B] - умовно не залежить від [x] при даному k

$$p(b | x, k) = p(b | k)$$

Однак, якщо б знали також, що у пацієнта прискорене дихання [o], то рентгенівські результати також мали б вплив на нашу довіру щодо бронхіту. Тобто [b] умовно залежить від [x] при даних o і k.

Таким чином, логічний висновок в БСД означає обчислення умовних ймовірностей для одних змінних при наявності інформації (свідцтв) про інших.

Для формування поширення ймовірностей в Байєсова мережі можна скористатися теорією суб'єктивних залежностей. Поширення ймовірностей відбувається поетапно з підсумовуванням окремих свідцтв та їх впливу на умовну ймовірність у міру надходження окремих свідцтв.

РОЗГЛЯНЕМО НА НАСТУПНОМУ ПРИКЛАДІ

Припустимо, існують такі захворювання (гіпотези):

- H1 - пневмонія
- H2 - бронхіт
- H3 - туберкульоз

І певні симптоми (свідцтва), які в якійсь мірі їх підтримують:

- E1 - висока температура
- E2 - кашель

А також пов'язують їх вхідні дані:

p()/i	1	2	3
p(Hi)	0,59	0,39	0,02
p(E1 | Hi)	0,49	0,89	0,39
p(E2 | Hi)	0,09	0,79	0,99

В процесі збору фактів ймовірності гіпотез підвищуються, якщо факти підтримують їх або зменшуються, якщо спростовують їх.

При додаванні свідочств E_1 і E_2 нова ймовірність захворювання розраховується за формулою:

$$p(H_i | E_1 E_2) = \frac{p(E_1 | H_i) * p(E_2 | H_i) * p(H_i)}{\sum_{k=1}^3 p(E_1 | H_k) * p(E_2 | H_k) * p(H_k)}, i = 1, 2, 3.$$

Звідки:

$$p(H_1 | E_1 E_2) = \frac{0,49 * 0,09 * 0,59}{0,49 * 0,09 * 0,59 + 0,89 * 0,79 * 0,39 + 0,39 * 0,99 * 0,02} = 0,0845;$$

$$p(H_2 | E_1 E_2) = \frac{0,89 * 0,79 * 0,39}{0,49 * 0,09 * 0,59 + 0,89 * 0,79 * 0,39 + 0,39 * 0,99 * 0,02} = 0,8904;$$

$$p(H_3 | E_1 E_2) = \frac{0,39 * 0,99 * 0,02}{0,49 * 0,09 * 0,59 + 0,89 * 0,79 * 0,39 + 0,39 * 0,99 * 0,02} = 0,0251.$$

ПОСЛІДОВНЕ ПОШИРЕННЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ

Однак реально, поширення ймовірності відбувається поетапно з підсумовуванням окремих свідочств і їх впливу на умовну вірогідність у міру надходження окремих E_i . Це можна зробити, використовуючи апріорну і апостеріорну ймовірність, таким чином:

- 1) Задаємо $p(H_i)$ – апріорну ймовірність подій H_i .
- 2) Для одержаних свідочств E_j записуємо $p(E_j | H_i)$.
- 3) З врахуванням теореми Байєса підраховуємо $p(H_i | E_j)$ залежно від результату E_j , тобто обчислюємо апостеріорну ймовірність події H_i .
- 4) Тепер можна не звертати уваги всі настали E_j і перезначити поточну апостеріорну ймовірність події H_i , як нову апріорну ймовірність H_i . Отже, $p(H_i)$ рівна $p(H_i | E_j)$ залежно від значення E_j .
- 5) Потім виберемо нове свідочство для розгляду і перейдемо до п.2.

Обчислюємо апостеріорну ймовірність для гіпотез, відповідно до формули Байєса для одного свідчення:

$$p(H_i | E_1 E_2) = \frac{p(E_1 E_2 | H_i) * p(H_i)}{\sum_{k=1}^3 p(E_1 E_2 | H_k) * p(H_k)}, i = 1, 2, 3.$$

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Обчислимо апостеріорну ймовірність для гіпотез згідно формули Байєса для одного свідчення												
$P(H_i/E_i) = (P(E_i/H_i) * P(H_i)) / (\sum_{k=1}^3 P(E_i/H_k) * P(H_k))$												
Таким чином:												
$P(H_1/E_i)$	$= (B3*B2) / ((B3*B2) + (C3*C2) + (D3*D2))$											
$P(H_2/E_i)$	$= (C3*C2) / ((B3*B2) + (C3*C2) + (D3*D2))$											
$P(H_3/E_i)$	$= (D3*D2) / ((B3*B2) + (C3*C2) + (D3*D2))$											
Перевірка												
$=H4+H5+H6$												

Таким чином, отримуємо апостеріорну ймовірність:

F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Обчислимо апостеріорну ймовірність для гіпотез згідно формули Байєса для одного свідчення											
$P(H_i/E_i) = (P(E_i/H_i) * P(H_i)) / (\sum_{k=1}^3 P(E_i/H_k) * P(H_k))$											
$P(H_1/E_i)$	0,4489										
$P(H_2/E_i)$	0,539										
$P(H_3/E_i)$	0,0121										
Перевірка											
1											

Згідно з пунктом 4, беремо за апріорну ймовірність.

Якщо додатково надійде свідчення E_2 , то нова апостеріорна ймовірність буде виглядати наступним чином:

Якщо додатково поступить свідчення E_2 , то нова апостеріорна ймовірність гіпотез така:

$$p(\tilde{H}_1|E_2) = \frac{B_3 * G_{29}}{(B_3 * G_{29}) + (C_3 * J_{29}) + (D_3 * M_{29})}$$

$$p(\tilde{H}_2|E_2) = \frac{C_3 * J_{29}}{(B_3 * G_{29}) + (C_3 * J_{29}) + (D_3 * M_{29})}$$

$$p(\tilde{H}_3|E_2) = \frac{D_3 * M_{29}}{(B_3 * G_{29}) + (C_3 * J_{29}) + (D_3 * M_{29})}$$

Перевірка:

$$= H_{32} + H_{33} + H_{34}$$

І, як результат:

Якщо додатково поступить свідчення E_2 , то нова апостеріорна ймовірність гіпотез така:

$$p(\tilde{H}_1|E_2) = 0,0845$$

$$p(\tilde{H}_2|E_2) = 0,8905$$

$$p(\tilde{H}_3|E_2) = 0,025$$

Перевірка:

1

Результат поетапного поширення ймовірностей збігається з первинним підрахунком і не змінюється в залежності від порядку надходження свідчень.

Спочатку поступило свідчення E_2 , тоді:	
$P(H_1/E_2)$	0,1394
$P(H_2/E_2)$	0,8087
$P(H_3/E_2)$	0,052
Перевірка:	
1	

$p(\tilde{H}_1|E_2) =$	0,0845
$p(\tilde{H}_2|E_2) =$	0,8905
$p(\tilde{H}_3|E_2) =$	0,025
Перевірка:	
1	

ВИСНОВКИ

Даний приклад демонструє поширення ймовірностей в Байєсова мережі, під час вступу нових свідчень. Як бачимо, що надходять в БСД факти, можна додавати поетапно, як умовно незалежні, що не впливає на правильність висновку, але спрощує розробку, використання і підтримку системи. В результаті додавання даних свідчень, підвищилося довіру до гіпотезі H_2 і знизилася до гіпотез H_1 і H_3 .

Про ці дослідження було зроблено доповідь на міжнародній конференції «Майбутній науковець 2019»

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ