

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ОЗНАК ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ТА ПРОФІЛАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СІМЕЙНОГО ЛІКАРЯ

УДК 004.9

СІТНИКОВА Оксана Олександрівна

старший викладач кафедри обчислювальної техніки та програмування,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
e-mail: oasitnikova@mail.ua.

ВСТУП

В останні роки однією з областей, що найбільш динамічно розвиваються, є багатоканальні інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ), які активно розвиваються також у сфері сімейної медицини. Зазвичай у ІКТ використовуються всі останні досягнення в області передачі, прийому і обробки інформації. Багатоканальна інформаційна система - це система збору, передачі і обробки інформації про об'єкти: масиви даних про сигнали, які зняті у пацієнта в процесі проведення обстеження або моніторингу функціональної активності організму, інформація, яку отримано при опитуванні пацієнта тощо. При створенні таких систем важливим питанням є оптимізація великих масивів даних, отриманих в процесі проведення моніторингу. Як показали дослідження, істотного зменшення необхідного обсягу даних можна домогтися, використовуючи виділення семантичних складових на етапі попередньої обробки інформації за допомогою формування і аналізу стану пацієнта [1].

Групи медико-біологічних досліджень, що засновані на реєстрації фізичних параметрів і є методологічною базою розробки апаратних засобів для дослідження

життєдіяльності організму, вивчаються як українськими, так і зарубіжними дослідниками [1-4]. Важливість забезпечення єдності і правильності діагностичних даних і точного дозування лікувальних процедур не викликає сумніву. Достовірність результатів медичної діагностики, тобто обґрунтування щодо сутності хвороби і стану пацієнта у прийнятій медичній термінології є найважливішим показником медичної діяльності.

Серед головних проблем діагностування та аналізу медико-біологічних параметрів у сучасній практиці науковці визначають: необхідність обліку великого числа факторів, багатоканальність (багатовекторність) системи збору медичної інформації, складності формалізації проблемних ситуацій. Це обумовлює необхідність досліджень у напрямку створення формальних моделей підтримки прийняття рішень для діагностичної та профілактичної діяльності сімейного лікаря.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Клінічний моніторинг – це метод, при якому людський мозок використовується для контролю функцій організму, регульованих в нормі організмом автоматично, наприклад, температури шкіри, м'язового тону, частоти серцевих скорочень або артеріального тиску. Велика кількість робіт, присвячених даній тематиці, свідчить, з одного боку, про практичну необхідність таких методів, а з іншого - про відсутність в даний час досить загальних і універсальних методів обробки великих масивів біомедичних даних.

Різноманітні аспекти медико-біологічних параметрів у системах клінічного моніторингу досліджувалися, наприклад, у роботах [5, 6]. Окремо треба відзначити роботи, присвячені достовірності діагностування медико-біологічних параметрів. Це, наприклад, [7], де біологічний об'єкт визначається як стохастична нестационарна нелінійна система з розподіленими параметрами, тобто така система, стан якої може бути визначений тільки з деякою ймовірністю, її параметри змінюються в часі і залежать від місця вимірювання всередині або на поверхні організму. Умови, за яких систему можна вважати детермінованою, стаціонарною, лінійною і з зосередженими параметрами, визначити досить важко, а в загальному випадку – неможливо. Достовірність діагностичного рішення визначається ймовірністю правильного рішення.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для спрощення роботи дослідника в різних областях медицини все частіше стали з'являтися спеціалізовані інформаційно-довідкові системи (ІДС), в яких робиться спроба "розкласти" всю інформацію, необхідну для організації дослідження, в деяку систему – базу даних (БД). Однак

більшість розроблюваних ІДС мають вузьку спеціалізацію, вони не розраховані на розширення використовуваної бази даних, її інтеграцію з іншими системами, не можуть повноцінно функціонувати в локальних обчислювальних мережах. Такі системи являють собою відокремлені, закриті програмні продукти, що не відповідають сучасним вимогам до програмного забезпечення.

Для подолання вищевказаних недоліків і виходу на якісно новий рівень в розробці ІДС подібного класу необхідне створення універсальної моделі даних за методами медико-біологічних досліджень (МБД) і пов'язаними з ними аспектами. Однак створення такої ІДС для збору інформації про всі існуючі методи МБД – складне завдання, оскільки інтереси користувачів з різних груп фахівців багато в чому відрізняються, хоча вони користуються одними й тими ж вихідними інформаційними матеріалами.

Найбільш перспективним сьогодні стає використання моделей і методів інформаційних технологій, що базується на результатах, отриманих при розв'язанні проблем штучного інтелекту (ШІ). Наука, що вивчає механізми природного інтелекту з метою використання набутих знань для створення інтелектуальних систем, заснованих на базах знань, розробляється у роботах і носить назву теорії інтелекту [8]. Наявність математичного апарату алгебри скінченних предикатів (АСП) відкриває можливість переходу від алгоритмічного опису інформаційних процесів до опису їх у вигляді рівнянь, а рівняння задають відношення між змінними. Усі змінні в рівнянні рівноправні, будь-які з них можуть виступати як у ролі незалежних, так і в ролі залежних. При цьому рівняння дають ту перевагу перед алгоритмами, що можна розрахувати реакцію системи навіть при неповній визначеності вхідних сигналів, у

той час як неповністю розроблений алгоритм є непрацездатним. Встановлено, що за умов зміни знань про об'єкт система рівнянь, покладених на структуру системи, завжди готова до використання, а алгоритм часто вимагає докорінної зміни її структури. Застосування апарату АСП добре зарекомендувало себе при моделюванні скінченних, детермінованих та дискретних об'єктів. Такими можна вважати медико-біологічні параметри, які розглядаються у даній роботі.

Будь-яку підмножину T простору U^m називатимемо m -місцевим відношенням. Для формульного запису таких відношень використовуватимемо явний спосіб представлення скінченного алфавітного оператора, що є базою для розв'язання рівнянь АСП [9]. Алгеброю предикатів називатимемо множину T з базисними елементами x_i^a ($i = \overline{1, m}, a \in U$) та базисними операціями: диз'юнкція, кон'юнкція, заперечення. Предикатом, заданим на декартовому добутку множин A_1, A_2, \dots, A_m , називається будь-яка функція $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = \xi$, яка відображає декартовий добуток $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_m$ множин A_1, A_2, \dots, A_m у множину $\Xi = \{0, 1\}$. Символи 0 та 1 є булевими елементами, Ξ – множина всіх булевих елементів. Змінна $\xi = \{0, 1\}$, яка є значенням предиката P , є булевою. Предикат $P(x_1, x_2, \dots, x_m)$ на $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_m$ називається скінченним, якщо всі множини A_1, A_2, \dots, A_m скінченні. Ця ж термінологія переноситься й на відповідні предикатам відношення. Змінні x_1, x_2, \dots, x_m називаються аргументами предиката P . Множина всіх векторів (x_1, x_2, \dots, x_m) , що задовольняють рівнянню $P(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1$, утворює відношення P , яке називається областю істинності предиката P .

Предикати будь-якого типу можна записувати у вигляді формул. У ролі базисних елементів використовуємо предикати 0 та 1, а також предикати x_i^a впізнавання об'єкту a за змінною x_i , $i = \overline{1, m}$

$$x_i^a = \begin{cases} 1, & x_i = a, \\ 0, & x_i \neq a. \end{cases} \quad (1)$$

Символ a у записі предиката x_i^a називається його показником. У ролі базисних операцій у диз'юнктивно-кон'юнктивній алгебрі предикатів використовуються диз'юнкція й кон'юнкція предикатів. Доведено, що диз'юнктивно-кон'юнктивна алгебра предикатів повна, формулами цієї алгебри можна записати будь-який предикат, а отже можна виразити аналітично будь-яке відношення довільного типу [8].

В алгебрі предикатів для ідентифікації об'єктів при будь-якому $i = \overline{1, m}$ виконуються наступні тотожності:

1) закон істинності. Для будь-якого елемента $a \in U$

$$\bigvee_{a \in U} x_i^a = 1 \quad (2)$$

2) закон хибності. Для будь-яких $a, b \in U$, якщо $a \neq b$, то

$$x_i^a \wedge x_i^b = 0 \quad (3)$$

3) закон від'ємності. Для будь-якого $a \in U$

$$\bar{x}_i^a = \bigvee_{\substack{b \in U \\ b \neq a}} x_i^b \quad (4)$$

Запис $\bigvee_{a \in U}$ означає операцію логічного додавання, яка використовується для всіх $a \in U$. Для кожного скінченного універсуму $U = \{a_1, a_2, \dots, a_r\}$ тотожності істинності, хибності та від'ємності забезпечують пов-

ноту, несуперечливість та нескоротність системи ознак, яка визначає розбиття елементів універсуму на класи еквівалентності.

Сигнальний образ - це сукупність первинних ознак, тобто результатів безпосередніх вимірювань або спостережень. Сигнальний образ або залежні від нього вторинні ознаки служать вихідними даними для прийняття одного з можливих рішень про об'єкт, наприклад, про його приналежність до одного з заданих класів, що і є основою розв'язання задачі діагностування.

Здебільшого медичні сигнали непостійні за своїми параметрами. Нестабільність медичних сигналів, які надходять до медичної системи, призводить до того, що при поданні сигналу може бути загублена цінна інформація. Пропонується проводити перетворення і попередній аналіз виміряних медичних багатоканальних сигналів, переводячи їх в логічні ситуаційно-текстові дані, використовуючи апарат алгебри предикатів. Суть методу полягає в наступному.

Формується матриця медичного сигналу розмірністю $M \times N$. Кожен стовпець такої матриці розглядається як фрагмент зображення моніторингу функціональної активності людини, сформований M вимірювальними датчиками в певні моменти часу, N - кількість вимірів сигналу, що потрапили у спостереження. Дискретність вимірів визначається необхідною точністю спостереження за змінами величин сигналів в каналах. Кожна строчка матриці спостережень A_1, A_2, \dots, A_m - це непусті підмножини можливих виміряних значень даних. Множина $A = A_1 \times A_2 \times \dots \times A_m$ всіх таких наборів $a_1 \in A_1, a_2 \in A_2, \dots, a_m \in A_m$ формує матрицю

$M \times N$ як декартовий добуток цих підмножин.

Перетворимо фрагменти даних в логічні дані. Предметна область визначена множиною $M = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, що складається з m елементів - значень сигналів у M вимірювальних каналах. G - підмножина $G \subseteq A$, виміряні значення якої перевищують порогові значення q_i . Складаємо набір логічних елементів за таким правилом: якщо $a_i \in G$, то $a_i = 1$; якщо $a_i \notin G$ то $a_i = 0, i = 1, n$.

Вимірювані дані в одних каналах будуть незмінними, а в деяких будуть змінюватися в часі. Тому одержувані фрагменти даних будемо співвідносити в повторювані ситуації S_j . Кожній ситуації S_j (стану, функціональній активності людини) відповідає певна комбінація значень сигналів. Для аналізу та ідентифікації ситуацій вводиться система предикатних ознак.

Таким чином, для подальшого моделювання та аналізу станів пацієнтів сімейного лікаря необхідно визначити систему ознак, яка відповідає тотожностям (2)-(3), та є достатньою з точки зору представлення діагностичних ситуацій. Враховуючи багатоканальність системи збору даних, пропонується виділити два етапи обробки даних: 1) етап попередньої обробки, на якому здійснюється перетворення медичних сигналів та медико-біологічних параметрів до предикатної форми; 2) етап ідентифікації, на якому визначаються значення ознак та діагностична ситуація відповідно до вирішення систем логічних рівнянь.

Результати дослідження. Метою даного дослідження є аналіз та визначення системи ознак для діагностичної та профілактичної діяльності сімейного лікаря шляхом ідентифікації медико-

біологічних параметрів та побудови формальної моделі.

При аналізі біосигналів і медичних зображень, найбільш трудомістким і відповідальним етапом є виділення інформативних структурних елементів, параметри яких служать для обчислення діагностичних ознак. Задача розробки медичної системи сімейного лікаря розбивається на множину локальних підзадач. Характеристики функціонування системи визначаються обґрунтованим і коректним застосуванням математичних методів обробки медико-біологічних даних на всіх етапах перетворення інформації, тому виникає необхідність в реалізації цих етапів на підставі єдиного формалізованого підходу.

Як показано в [10], для побудови БД необхідно провести аналіз даних, що зберігаються у медичних картках та розробити систему показників, за значенням яких можна вирішувати медичні завдання в системі сімейної медицини. Розглянемо у якості прикладу інформацію, необхідну для прийняття рішень про наявність серцево-судинних захворювань (таблиця 1).

Визначимо наступні групи ознак: 1) p^n – первинні ознаки – це ознаки, які є у будь-якого пацієнта та які визначаються при першому звертанні; 2) p^a – анамнез – це група ознак, які характеризують наявні діагнози та історію хвороби, а також мають суттєве значення як фактори ризику виявлення захворювань; 3) p^o – діагностичні ознаки – це показники, які визначаються на основі лабораторно-діагностичних процедур; 4) p^o – оглядові ознаки – це ознаки, які може встановити лікар тільки в процесі огляду. Рівняння

$p = p^n \vee p^a \vee p^o \vee p^o$ розбиває множину ознак на класи еквівалентності.

Слід відзначити, що остання група ознак впливає на прийняття діагностичного рішення у двох випадках: по-перше, безпосередньо при зверненні хворого; по-друге, в результаті аналізу динаміки змін показників при довготривалому спостереженні. Крім цього, діагностичні ознаки також мають важливе значення лише на момент проведення діагностичних заходів. Тобто дані першої та другої групи можуть бути використані для визначення несприятливих факторів, а ознаки третьої та четвертої груп – для діагностики захворювань.

Важливо, що дані щодо перших груп ознак мають достатньо тривалий період актуальності на відміну від ознак останніх груп, актуальність яких може вимірюватись в межах лише декількох годин. З іншого боку, автоматизація збору діагностичних ознак та структуроване зберігання надає можливість аналізувати динаміку показників та надає додаткову інформацію для прийняття медичних рішень, що є важливою складовою медичної інформаційної системи.

На першому етапі необхідно формалізувати дані, які зберігаються у медичній карті. Задля цього необхідно виділити ознаки, які характеризують стан пацієнта та впливають на прийняття рішення щодо ризиків розвитку певних захворювань. Відповідно до запропонованої вище класифікації ознак, визначимо ці групи ознак на прикладі області аналізу серцево-судинних захворювань.

Позначимо: x_1 – *стать*; змінна x_1 може приймати два значення x_1^u – *чоловіча*, x_1^k – *жіноча*. При цьому, у відповідності до (2)-(4), виконуються наступні умови: $x_1^u \vee x_1^k = 1$ та $x_1^u \wedge x_1^k = 0$ для кожного пацієнта. Нехай x_2 – *вік*. Для дискретизації цієї ознаки припустимо, що

сімейний лікар виділяє наступні вікові інтервали: діти ($x_2^Д$), підлітки ($x_2^П$), молодь ($x_2^М$), дорослі ($x_2^{ДОР}$) та зрілі ($x_2^З$). Тоді можна

записати, що $x_2^Д \vee x_2^П \vee x_2^М \vee x_2^{ДОР} \vee x_2^З = 1$ для кожного пацієнта, при цьому відповідно до закону від'ємності (4):

Таблиця 1

Дані медичної карти пацієнта (фрагмент)

Фактор	Характер даних		Тип даних			
	Постійні	Змінні	Числові		Якісні	
			Дискретні	Безперервні	Бінарні	Шкаліровані
Первинні ознаки						
стать	+		+			
вік		+		+		
зріст	+			+		
несприятлива спадковість	+				+	
Анамнез пацієнта						
цукровий діабет	+				+	
перенесена хламідійна інфекція	+				+	
підвищене споживання солі		+			+	
ожиріння		+			+	
зловживання алкоголем		+				+
гіподинамія, низька фізична активність		+			+	
стреси		+			+	
куріння		+			+	
синдром нічного апное		+			+	
соціально-економічне положення	+					+
споживання висококалорійних продуктів		+			+	
Діагностичні ознаки						
підвищення рівня фібриногену		+	+			
тропонін I		+	+			
лактатдегідрогеназа (ЛДГ) сироватки		+	+			
креатинфосфокиназа		+	+			
аспартатамінотрансфераза		+	+			
лейкоцити		+	+			
зубець R		+				+
патологічний зубець Q		+				+
підйом сегмента ST вище ізолінії		+				+
депресія сегмента ST		+				+
негативний зубець T		+				+
швидкість осідання еритроцитів		+	+			
Огляд лікаря						
гіперхолестеринемія		+			+	
дислипидемія		+	+		+	
підвищення систолічного (верхнього) артеріального тиску		+	+			
підвищення діастолічного (нижнього, «сердечного») артеріального тиску		+	+			
порушена толерантність до глюкози, гіпоглікемія		+	+			
протеїнурія, мікроальбумінурія порушення функції нирок	+				+	
гіперкреатиніемія (хронічна ниркова недостатність)	+		+			
тахікардія		+	+			
дефіцит естрогенів у жінок		+			+	
метаболічні порушення		+			+	

$$x_2^d \wedge \overline{x_2^d} = 0, x_2^h \wedge \overline{x_2^h} = 0, x_2^m \wedge \overline{x_2^m} = 0, x_2^{\text{доп}} \wedge \overline{x_2^{\text{доп}}} = 0, x_2^3 \wedge \overline{x_2^3} = 0. \quad (5)$$

Як показали дослідження, факторами ризику для розвитку захворювань є несприятлива спадковість та наявність певних діагнозів. Наприклад, для серцево-судинних захворювань до таких факторів ризику можна віднести цукровий діабет. Нехай x_3 – несприятлива спадковість щодо серцево-судинних захворювань (x_3^e – існує запис у медичній картці про несприятливу спадковість, x_3^h – запису немає). Тоді $x_3^e \vee x_3^h = 1$, $x_3^e \wedge x_3^h = 0$. Аналогічно введемо ознаки x_4 – наявність цукрового діабету ($x_4^e \vee x_4^h = 1$, $x_4^e \wedge x_4^h = 0$), для якої будемо вважати, що $x_4^e = 1$, якщо відповідний діагноз встановлено, та $x_4^e = 0$ у всіх інших випадках. Далі, за аналогією, позначимо x_5 ($x_5^e \vee x_5^h = 1$, $x_5^e \wedge x_5^h = 0$) – наявність менопаузи (тільки у жінок, тобто x_1^*), x_6 – перенесена хламідійна інфекція ($x_6^e \vee x_6^h = 1$, $x_6^e \wedge x_6^h = 0$).

Введемо до розгляду групу ознак, які характеризують образ життя пацієнта та є латентними факторами ризику для розвитку багатьох серйозних захворювань, у тому числі для серцево-судинних захворювань. Нехай y_1 – куріння ($y_1^e \vee y_1^h = 1$, $y_1^e \wedge y_1^h = 0$), y_2 – ожиріння ($y_2^e \vee y_2^h = 1$, $y_2^e \wedge y_2^h = 0$), y_3 – гіподинамія ($y_3^e \vee y_3^h = 1$, $y_3^e \wedge y_3^h = 0$), y_4 – зловживання сіллю ($y_4^e \vee y_4^h = 1$, $y_4^e \wedge y_4^h = 0$), y_5 – наявність стресів ($y_5^e \vee y_5^h = 1$, $y_5^e \wedge y_5^h = 0$), y_6 – вживання висококалорійних продуктів ($y_6^e \vee y_6^h = 1$, $y_6^e \wedge y_6^h = 0$), y_7 – вживання алкоголю ($y_7^e \vee y_7^h = 1$, $y_7^e \wedge y_7^h = 0$). Відповідно до логіки введення ознак, кожна ознака цієї групи

$y_i = 1, i = \overline{1,7}$, якщо факт, який характеризує ця ознака, встановлено.

Наступна група ознак відображає діагностичні параметри, які отримані за допомогою діагностичних методів або медичних приладів та можуть бути внесені до БД без допомоги лікаря, безпосередньо за допомогою спеціального апаратного та програмного забезпечення. Слід зазначити, що формульне представлення реляційних відношень є найбільш прийнятним та раціональним засобом формалізації та аналізу медичної інформації в системі сімейного лікаря. Позначимо $z_i, i = \overline{1,12}$ – ознаки, які характеризують рівень фібриногену (z_1), тропоніну I (z_2), лактатдегідрогеназу (ЛДГ) сироватки (z_3), креатинфосфокиназу (z_4), аспартатамінотрансферазу (z_5), лейкоцити (z_6), зубець R (z_7), патологічний зубець Q (z_8), сегмент ST (z_9), сегмент ST (z_{10}), негативний зубець T (z_{11}), швидкість осідання еритроцитів (z_{12}). Будемо вважати, що $z_i = 1, i = \overline{1,12}$, якщо значення відповідної ознаки знаходиться за межами встановлених норм відповідно до серцево-судинних захворювань. Наприклад, рівень фібриногену (z_1) в крові дорослої людини повинен знаходитися у межах від 2 до 4 г/л. Під час вагітності у жінок вміст фібриногену вище, ніж у решти категорій дорослих людей. Це єдиний фізіологічний стан, який не вимагає ніякої корекції. Але і для нього встановлена норма, перевищення якої, повинно розцінюватися як патологія - не більше 6 г/л. Ці умови записуються наступним чином:

$$z_1^e = \begin{cases} 1, & \text{if } (\Phi > 4) \wedge x_2^{dop} \vee (\Phi > 6) \wedge x_2^{dop} \wedge x_1^{mc} \wedge preg \\ 0, & \text{if } \neg((\Phi > 4) \wedge x_2^{dop} \vee (\Phi > 6) \wedge x_2^{dop} \wedge x_1^{mc} \wedge preg) \end{cases} \quad (6)$$

У формулі (6) Φ - рівень фібриногену, який отримано з біохімічного аналізу крові, $preg$ - атрибут вагітності (для жінок).

Таким чином, відповідно до певного захворювання та застосованих діагностичних методів необхідно ввести множину діагностичних ознак, значення яких можуть бути отримані за допомогою багатоканального збору даних з різноманітних медичних приладів.

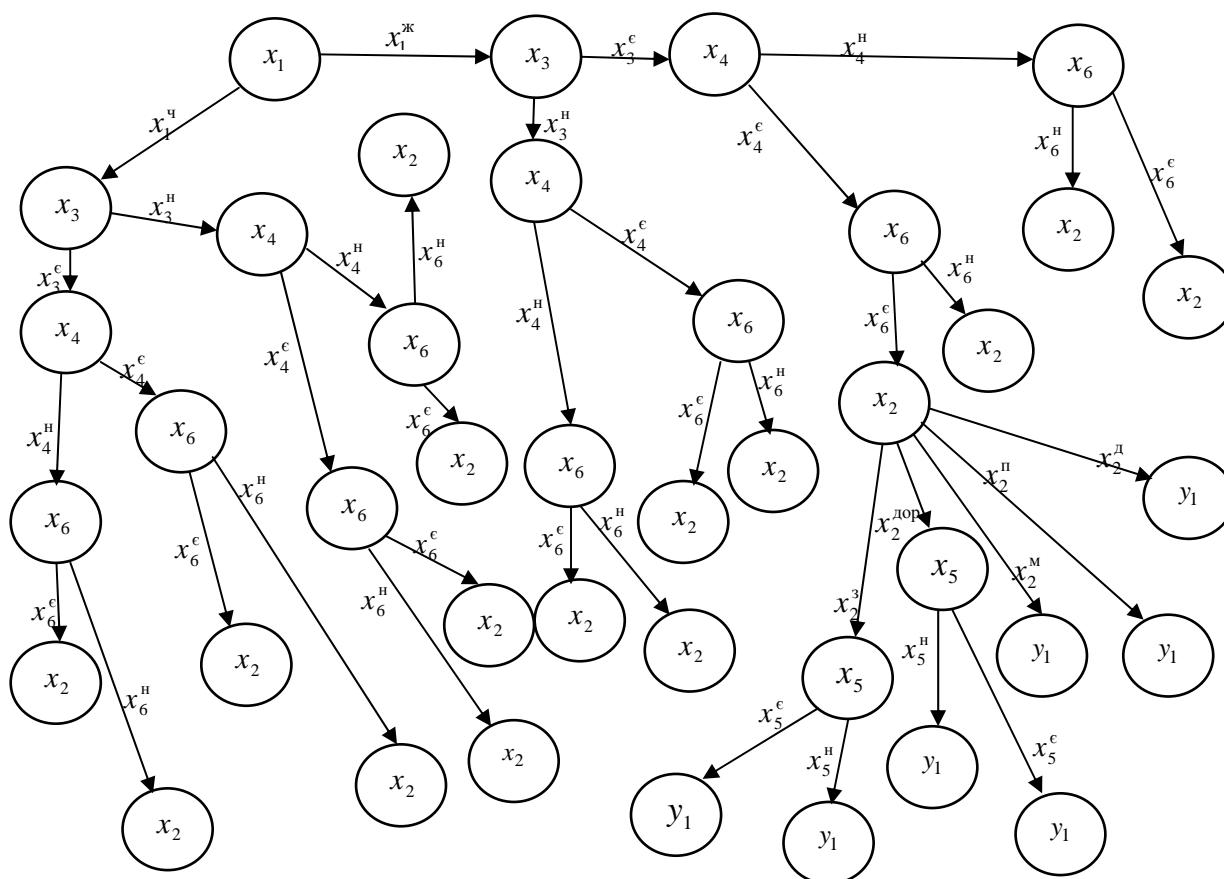


Рисунок 1. Варіант побудови логічної мережі (фрагмент)

В результаті ідентифікації медико-біологічних ознак формується множина класів еквівалентності, між якими розподілено всю інформацію щодо медичних карт пацієнтів. Для подальшої обробки медичної інформації побудовано логічну мережу, яка визначає правила обробки даних. Розглянемо на прикладі введених вище первинних ознак варіанти побудови логічної мережі (рис. 1). Структура побудованої логічної мережі

визначає правила, за якими буде проводитися аналіз медико-біологічної інформації для подальшого формування рекомендацій. На кінці кожної гілки знаходиться множина медико-біологічних параметрів, яка міститься у медичних картках пацієнтів, що мають однакові значення ознак.

На основі побудованого фрагменту логічної мережі можна записати систему рівнянь, яка буде відображати відношення

на множині первинних ознак. Наприклад, записати:
за наведеним фрагментом мережі можна

$$\begin{aligned}
 x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^e x_2^3 x_5^e &= s_1, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^e x_2^3 x_5^H = s_2, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^e x_2^{доп} x_5^e = s_3, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^e x_2^{доп} x_5^H = s_4, \\
 x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^e x_2^M &= s_5, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^e x_2^N = s_6, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^e x_2^D = s_7, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^H x_2^3 = s_8, \\
 x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^H x_2^{доп} &= s_9, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^H x_2^M = s_{10}, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^H x_2^N = s_{11}, x_1^{жс} x_3^e x_4^e x_6^H x_2^D = s_{12}, \\
 \dots & \\
 x_1^u x_3^e x_4^e x_6^e x_2^3 &= s_{46}, x_1^u x_3^e x_4^e x_6^e x_2^{доп} = s_{47}, x_1^u x_3^e x_4^e x_6^e x_2^M = s_{48}, x_1^u x_3^e x_4^e x_6^e x_2^N = s_{49}, \\
 x_1^u x_3^e x_4^e x_6^e x_2^D &= s_{50}, x_1^u x_3^e x_4^e x_6^H x_2^3 = s_{51}, \dots
 \end{aligned}$$

Отримані класи $s_i, i \in I_n$ впорядковують інформацію з медичних карт пацієнтів за первинними ознаками, що дозволяє автоматизувати вирішення задач обробки медичних даних при різних вихідних значеннях.

АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Запис моделі за допомогою рівнянь має певні переваги: рівняння можна розв'язувати при неповній інформації, отримуючи відсутні значення певних ознак, а також в той чи інший бік, розв'язуючи різні завдання.

Математичний апарат алгебри предикатів описує тільки знання про факти. Алгебра операцій над предикатами або алгебра предикатних операцій має «оживляти» ці знання [8]. Вона повинна формалізувати операції над знаннями, представленими у вигляді відношень на деякому предметному просторі. Алгебра предикатів описує декларативну складову знань, а алгебра предикатних операцій - процедурну складову знань. Алгебра предикатних операцій служить для здійснення виведення на знаннях, отримання нових знань на основі множини аксіом або пер-

винних знань, що зберігаються в базі знань інтелектуальної інформаційної системи.

ВИСНОВКИ

Запропоновано формування системи ознак для моделювання діяльності сімейного лікаря за допомогою математичного апарату алгебри скінченних предикатів. Реляційні моделі у вигляді рівнянь алгебри скінченних предикатів мають певні переваги:

- медико-діагностичне поняття може бути сформульовано у вигляді висловлювань природною мовою, а потім переведено на мову алгебри скінченних предикатів;
- система є відкритою, уточнення моделі, її доповнення здійснюється шляхом приєднання нових рівнянь до вже існуючої системи рівнянь;
- є можливість еквівалентних перетворень моделі;
- рівняння можна розв'язувати при неповній інформації, отримуючи відсутні значення певних ознак, а також використовуючи модель для корекції похибок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kaniovskyi Y. A semantic cloud infrastructure for data-intensive medical research / Y. Kaniovskyi, S. Benkner, C. Borckholder, S. Wood, P. Nowakowski, A. Saglimbeni, T. P. Lobo // International Journal of Big Data Intelligence (IJBDI). – Vol. 2, No. 2, 2015. – P. 91-105.



2. Springer Handbook of Medical Technology / Kramme R., Hoffmann K.-P., Pozos R.S. (Eds.) Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. - 1500 p.
3. Medical Devices and Human Engineering Four Volume Set / Edited by J.D. Bronzino and D. R. Peterson. - CRC Press, 2014.
4. Becchetti, C. Medical instrument design and development: from requirements to market placements / C. Becchetti, A. Neri. - JohnWiley & Sons Ltd, 2013.
5. Mintser O. P. Kontseptualno-tehnologichni pidhodi v stvorenni edinogo medichnogo osvitnogo prostoru / O. P. Mintser // Medichna informatika ta inzheneriya. - 2015. - № 1. - S. 5–8.
6. Znamenska M. A. Informatizatsiya zakladiv ohoroni zdorov'ya yak osnova effektivnih komunikatsiy v sistemi ohoroni zdorov'ya / M. A. Znamenska, G. O. Slabkiy // Medichna informatika ta inzheneriya. - 2015. - № 2. - S. 85-88.
7. Litvinenko M. V. Printsipi natsionalnoi sistemi ohoroni zdorov'ya v Ukraini / M.V. Litvinenko // Teoriya ta praktika derzhavnogo upravlinnya. - 2015.- № 2 (49) – S. 198-205.
8. Bondarenko M. F. Teoriya intellekta: Uchebnik / M. F. Bondarenko, Yu. P. Shabanov-Kushnarenko. – H. : OOO «Kompaniya SMIT», 2006. – 576 s.
9. Bondarenko M. F. Mozgopodobnyie strukturyi: Spravochnoe posobie. Tom pervyy / M. F. Bondarenko, Yu. P. Shabanov-Kushnarenko / Pod red. akad. NAN Ukrainyi I. V. Sergienko. – K. : Naukova dumka, 2011. – 460 s.
10. Melnik K. V. Problemy i osnovnyie podhody k resheniyu zadachi meditsinskoy diagnostiki / K.V. Melnik, S. I. Ershova // Sistemi obrobki Informatsiyi. – 2011. - №2. – S. 244–248.

Рецензент: д.т.н., проф. Шаронова Н.В.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»