

індуктивного алгоритму кластеризації та алгоритму *k*-середніх // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук. конф. – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 309–311. 24. Ester M., Kriegel H.-P., Sander J. and Xu X. 1996. “A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise”. Proc. 2nd Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining. Portland, OR, 226-231. 25. Henrik Bäcklund, Anders Hedblom, Niklas Neijman A Density-Based Spatial Clustering of Application with Noise. – Linköpings Universitet. – 2011. 26. <http://habrahabr.ru/post/164417>. 27. Чапланов А. П., Чапланова Е. Б. Кластеризация объектов с помощью алгоритма DBSCAN / Системы обработки информации. – 2006. – Вып. 9. – С. 82–84. 28. Литвиненко В. И. Гибридные искусственные иммунные системы и мягкие вычисления (обзор) / Индуктивне моделювання складних систем: зб. наук. пр. – К.: МННЦ ІТС НАН та МОН України, 2009. – Вып. 1. – С. 114–130. 29. <https://cs.joensuu.fi/sipu/datasets/>.

УДК 004.652.4+004.827

Н. І. Мельникова

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Інформаційні системи та мережі”

ОСОБЛИВОСТІ ОПРАЦЮВАННЯ МЕДИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ЛІКУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ

© Мельникова Н. І., 2015

Проаналізовано основні підходи до опрацювання персоналізованої медичної інформації для прийняття лікувальних рішень і як засіб її реалізації запропоновано архітектуру системи підтримки прийняття лікувальних рішень, проаналізовано отримані результати. Окреслено основні етапи аналізу медичної інформації засобами системи підтримки прийняття лікарських рішень, що дають змогу декомпонувати керівні процеси і описують відношення між керівними потоками та деталізують послідовність використання методів представлення даних у системі.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, лікувальна експертна система, архітектура інформаційної технології.

The article has analyzed the main approaches to the processing of personalized medical information for medical decision making and a tool of implementing it has proposed the system of support medical decision-making, the architecture of this system and the analysis of the results have been done. Here the main stages of analysis of medical information by tools of medical decision support solutions are presented. That enables the decomposition of control process and describes the relationship between management of streams and detalisation of sequence of used methods of presenting data in the system.

Key words: support decision making system, treatment expert system, architecture of information technology.

Вступ

Сьогодні розвиток інформаційних технологій в медицині вражає своїми швидкими темпами, а саме впровадження нанотехнологій для реабілітації та лікування хворих; інтелектуальних агентів для діагностування захворювань; систем підтримки прийняття рішень, що підвищують об'єктивність дій у процесах діагностики чи вибору лікування хворих з різними патологіями. Все це підвищує якість надання медичної допомоги, але залишається ще ряд завдань, вирішення яких сприяло б оптимізації оцінювання та опрацювання персоналізованих медичних даних для процесу підтримки прийняття лікувальних рішень.

Загальна постановка проблеми

Досвід використання інформаційних систем у медицині, які ґрунтуються на знаннях, дає змогу стверджувати про перспективність інтелектуальних систем для розвитку медицини. Безліч чинників і складність взаємодії під час прийняття рішень роблять медицину, в якій часто рішення приймаються на підставі статистичних досліджень, однією з галузей, де процес застосування інтелектуальних інформаційних систем є вкрай важким. Ситуацію ускладнює відсутність стандартизації в термінології, форматі, шкалах вимірювання. Медичні інформаційні системи стають в наш час універсальнішими, але вони не передбачають персоналізованого підходу при обробці медичної інформації. Наявні методи представлення медичних знань ще недостатньо гнучкі у прийнятті рішень при розв'язанні цього класу задач. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень, які допомагають лікарям в задачах вибору варіанта призначення лікування сьогодні є найменш дослідженою галуззю штучного інтелекту, що створює підґрунтя для подальших досліджень у вирішенні цієї проблеми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На основі існуючих математичних засобів розробляються експертні системи, які мають на меті опрацювання отриманих даних, або їх представлення у вигляді спектральних характеристик результатів, ведення бази даних пацієнтів та ін. [2]. Існуючі експертні системи загалом базуються на моделях представлення знань за допомогою семантичних мереж, де встановлюється ієрархія успадкування, тобто елементи нижчого рівня можуть успадковувати властивості елементів вищого рівня, що економить пам'ять, оскільки інформацію про успадковані властивості не потрібно повторювати в кожному вузлі мережі. Підтримка прийняття рішень з використанням семантичних мереж реалізується через зв'язки між елементами, однак вони містять загрозу виникнення протиріч. Метою розроблення систем такого типу було дослідження стратегій медичної діагностики, в основу яких покладено психологічні та функціональні моделі хвороб. Серйозним недоліком таких систем є ускладнений процес пояснення своїх рішень [3].

Формулювання мети

Процес опрацювання медичної інформації вимагає швидкого і високоінформативного аналізу даних та патологічних станів, а також експертного оцінювання даних. Для розв'язання такого класу задач використовуються різні методи, а саме: байєсівський підхід, алгоритм пошуку асоціативних правил, алгоритм логічного виведення, методи кластерного аналізу, використання моделей штучних нейронних мереж тощо [1, 4]. Аналіз результатів є ключовим та вирішальним завданням будь-якого сучасного дослідження. Формалізм методів аналізу медичних даних обмежує і ускладнює їх використання.

Для проведення наукових досліджень проводиться узагальнений і статистичний аналіз результатів збирання та опрацювання інформації про стан хворого. Опрацювання параметрів загального стану хворого визначає характер медичної допомоги та прийняття лікарських рішень щодо корегування лікування. Виникає потреба у визначенні єдиного алгоритму опису стану хворого та у відповідному структурованому описі його характеристик, які за обсягом інформації мають якісні ознаки (наявність болю, підвищеної температури, колір шкірних покривів), що оцінюють стан хворого суб'єктивно. Опрацювання параметрів стану пацієнта як вхідних сигналів, що впливають на результати вихідних сигналів та зумовлюють присутність внутрішніх станів. На підставі цього модель системи підтримки лікувальних рішень (СПЛР) можна представити на основі концепції теорії автомата Мілі, що підтверджує існування функції вихідних сигналів та залежить від множини станів системи та вхідних сигналів, тобто параметрів пацієнта.

Аналіз отриманих наукових результатів

Визначення множин персоналізації даних

Для аналізу та опрацювання медичних даних необхідно визначити елементи множин, що відповідатимуть за персоналізацію інформації про хворого та характеризуватимуть залежності у процесі прийняття лікарських рішень щодо визначення терапевтичного лікування. Для цього було

представлено формальну модель системи підтримки прийняття рішень з урахуванням множин вхідних даних (множина часово-залежних параметрів пацієнта, множина часово-незалежних параметрів пацієнта), правил; дій прийняття рішень, внутрішніх станів системи; вихідних даних (множина стандартних схем).

$$LS = \langle S, A, P, V, Z, G, K \rangle, \quad Y = S \cup A,$$

де S – множина часово-залежних параметрів пацієнта, яка складається з двох підмножин S_1 та S_0 ; A – множина часово-незалежних параметрів пацієнта; P – множина правил; V – множина дій прийняття рішень, внутрішній стан системи; Z – множина стандартних схем; G – кінцева множина станів системи; K – персоналізована схема лікування.

$$S = S_0 \cup S_1, \quad S_0 \cap S_1 = \emptyset.$$

На рис. 1 зображено взаємозалежність підмножин часово-залежних даних.

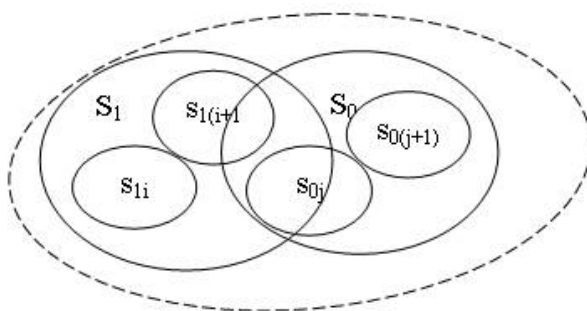


Рис. 1. Залежність підмножин часово-залежних даних

На основі формальної моделі системи підтримки прийняття лікарських рішень розроблено концептуальну модель, яка змістовно описує механізм підбору персоналізованої схеми консервативного лікування хворих (рис. 2).

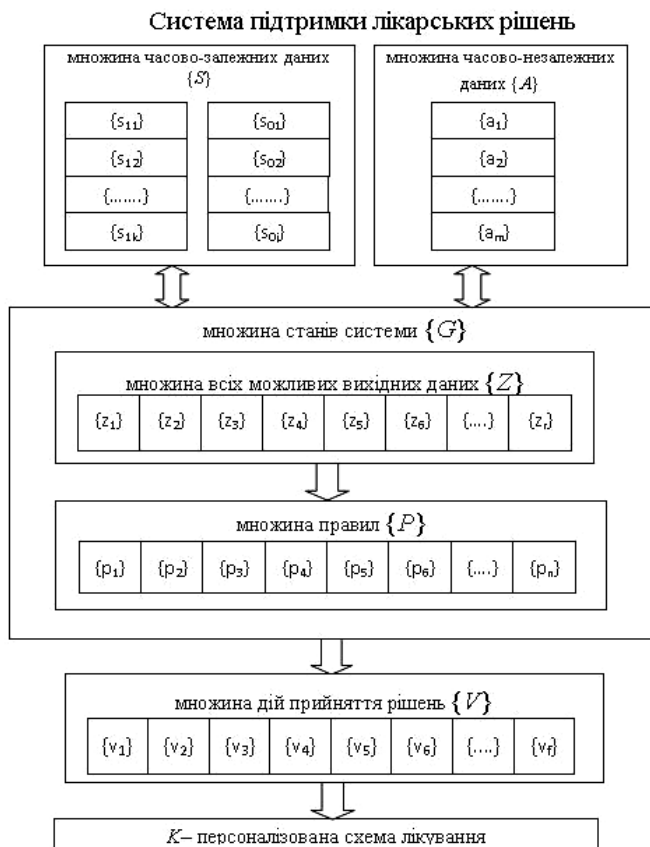


Рис. 2. Концептуальна модель визначення схеми консервативного лікування в СПЛР

Визначення персоналізованої схеми лікування для певного пацієнта є функцією від вхідних даних (параметрів пацієнта) та консервативних схем лікування. На підставі цього елементи множин часово-залежних та часово-незалежних параметрів є ключовими атрибутами при визначенні правил вибору із множин правил P , що будуть визначальними для станів системи G . Залежно від початкового стану системи виконується етап визначення дій прийняття рішень V , що є вирішальними при визначенні множини вихідних даних Z , які створюють лікарю – користувачу системи простір альтернативних даних для формування кінцевого рішення, тобто кінцевого стану системи. Залежність множин зображено на рис. 3.

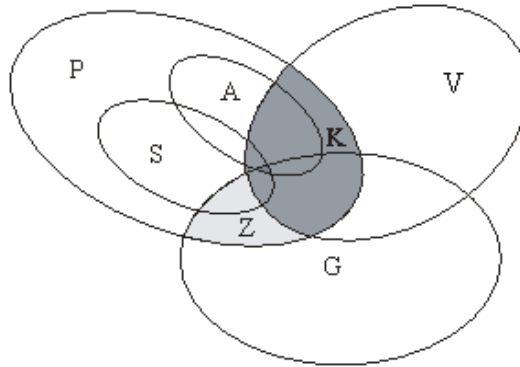


Рис. 3. Діаграма залежності множин СПЛР

У цій діаграмі зображено залежність персоналізованої схеми лікування від ряду множин вхідних даних (параметрів стану пацієнта), дій прийняття рішень, станів системи, правил, та вихідних даних, тобто стандартних терапевтичних схем лікування.

Запропонована концептуальна модель дає змогу оптимізувати процес підбору персоналізованої схеми залежно від списку параметрів, що належать множині S , забезпечуючи підвищення ефективності лікування хворих: зменшення частоти повторів захворювання, скорочення тривалості періоду лікування.

Етапи опрацювання складноформалізованих медичних даних

На етапі аналізу певного класу задач прийняття рішень можна стверджувати, що запропонована модель СПЛР є прототипом скінченного автомата Мілі [1,5]. Концепція запропонованих моделей ґрунтується на опрацюванні вхідних сигналів, які характеризують загальний стан пацієнта, правил, на підставі яких приймають рішення при визначенні патологічного процесу хворого та вихідних сигналів у вигляді підібраних терапевтичних медикаментозних схем лікування. Система прийняття лікарських рішень опрацьовує вхідні сигнали (S та A) і як результат видає вихідні сигнали (Z), що зумовлюється присутністю внутрішніх станів (P , V , G), що за ідеологічним та функціональним призначенням обґрунтовує застосування теорії скінченного автомату.

Приклад 1.

Нехай програмний продукт – це СПЛР (LS);

вхідні сигнали – це параметри, що характеризують стан пацієнта, а саме:

діагноз: фасциїт;

локалізація запального процесу – задня гомілкорова ділянка;

попередня препаратотерапія – цефтріаксон;

бактеріальна флора – анаероб тощо.

внутрішні стани – це правила та дії підбору відповідного лікування (P , V) та стани системи, що результують взаємодією користувача та системи (G), на підставі введених вхідних даних формується запит щодо вибору наступних станів системи, а саме: на підставі діагнозу, локалізації, попередньої препаратотерапії та флори підбираємо ліки; якщо інформація за запитом відсутня, генерується повідомлення про пусту множину вихідних даних;

вихідні сигнали – це медикаментозні схеми лікування пацієнта (Z), а саме: метронідазол, диклобер та відповідні схеми застосування.

Можемо описати структуру елементів автомата у вигляді взаємозалежності множин параметрів системи.

Отже,

$$G(P(S), V(A)) \rightarrow Z.$$

Особливістю СПЛР є автоматизація вибору і прийняття рішень на основі отриманого людиною досвіду та раціонального аналізу зовнішніх дій, описаних у термінах моделі предметної області. Керуючись теорією скінченних автоматів, реалізація процесу прийняття рішень у системі підтримки прийняття рішень характеризується вхідними сигналами системи у вигляді даних предметної області, їхнім опрацюванням, що забезпечує наявність внутрішніх станів та виведенням у вигляді вихідних сигналів.

На прикладі СПЛР теорія скінченних автоматів дає підґрунтя для формалізації процесу прийняття рішень при визначенні консервативного лікування пацієнтів [1, 6]:

$$LS = Y \cup P \times V \times G \cup Z.$$

Отже, на підставі введеної множини параметрів пацієнта Ψ , що містить підмножину часово-залежних даних S і підмножину часово-незалежних даних A , множини правил P , множини дій V , множини станів системи G та множини вихідних параметрів Z можемо змодельовати етапи призначення консервативного лікування пацієнтів за допомогою основних характеристик скінченного автомата, тобто множин “входів-станів-виходів”.

Розроблено метод прийняття рішень щодо визначення стандартної схеми із застосуванням моделі скінченного автомата Мілі:

$$MLS_2 = \langle G, A, Z, a, b, g_0 \rangle,$$

де G – скінченна множина внутрішніх станів (внутрішній алфавіт або алфавіт станів); A – скінченна множина часово-незалежних вхідних сигналів (вхідний алфавіт); Z – скінченна множина вихідних сигналів (вихідний алфавіт); g_0 – початковий стан, $g_0 \in G$, α – функція переходів, β – функція виходів.

Стан автомата Мілі (стан хворого) – це кортеж фізичних параметрів:

$$g = \langle FS_1, FS_2, FS_3, FS_4 \rangle,$$

$$FS_n = \sum_{i=1}^{K_{A_n}} a_{i_n} / K_{A_n}, FS_n \in (0..1), n = 1..4.,$$

де K_{A_n} – кількість компонент вхідного алфавіту; a_{i_n} – літери вхідного алфавіту; n – кількість фізичних параметрів; FS – фізичні параметри, а саме: симптоми захворювання, фізіологічні ознаки, можливість виконання фізичної роботи, здатність до самообслуговування.

Кодування алфавіту MLS_2 -автомата характеризується процесами прийняття рішень в СПЛР.

$$K_A = \lfloor \log_2 |A| \rfloor; K_Z = \lfloor \log_2 |Z| \rfloor; K_G = \lfloor \log_2 |G| \rfloor,$$

де K_A, K_Z, K_G – число компонент вхідного, вихідного алфавіту та алфавіту станів; int – найближча більша ціла кількість; $|A|, |Z|, |G|$ – потужність алфавіту вхідного, вихідного і станів, відповідно.

Кодування літер виконується довільно, єдина умова – початковий стан g_1 кодується нульовим кодом. У загальному випадку результат кодування значно впливає на кількість логічних елементів у схемі автомата. Для формування структурної таблиці виходів MLS_2 - автомата необхідно в таблиці виходів замінити елементи множини вхідних сигналів A , тобто характеристик стану хворого, їх кодами K_A , елементи множини вихідних сигналів (фармацевтичні схеми лікування Z) – K_Z і елементи множини станів G автомата, тобто стани СПЛР – K_G .

Застосування теорії скінченного автомата забезпечило можливість корегувати лікування, оцінюючи поточний стан хворого та визначаючи вагу виходів MLS_2 - автомата, тобто вагу терапевтичних схем, котра характеризує значущість стандартної схеми у лікуванні пацієнта, що змінюється за певними правилами під час зміни станів хворого.

Етап персоналізації медичної інформації, її оцінки та опрацювання, характеризується застосуванням методу дерева цілей, що орієнтований на одержання повної та відносно стійкої структури цілей, проблем, функцій, напрямків.

Опрацювання вхідних даних про пацієнта характеризується основними кроками (рис. 4).

Дерева рішень є одним з актуальних підходів до розв'язання задач Data Mining. Цілі впливають з об'єктивних потреб і мають ієрархічний характер [7]. Цілей верхнього рівня не можна досягти, поки не досягнуто цілей найближчого нижнього рівня. В міру переміщення донизу рівнями ієрархії цілі конкретизуються. У процесі побудови експертної системи засобами дерев рішень необхідно прагнути чіткого і конкретного формулювання цілей, забезпечити можливість кількісного чи порядкового оцінювання ступеня їхнього досягнення.



Рис. 4. Схема опрацювання вхідних даних про пацієнта

Для процесу персоналізації схеми лікування, отриманої у результаті застосування автомата Мілі, визначальною є оцінкова функція $V(\Psi)$, яка формується на основі теореми Байєса. Вага появи наступної події відповідає найбільшому значенню апостеріорної імовірності появи наступного стану з урахуванням часово-залежних вхідних параметрів, тобто

$$V(S) = \max(p(G|S)).$$

На рис. 5 подано фрагмент дерева пошуку цільового рішення з використанням оцінкової функції.

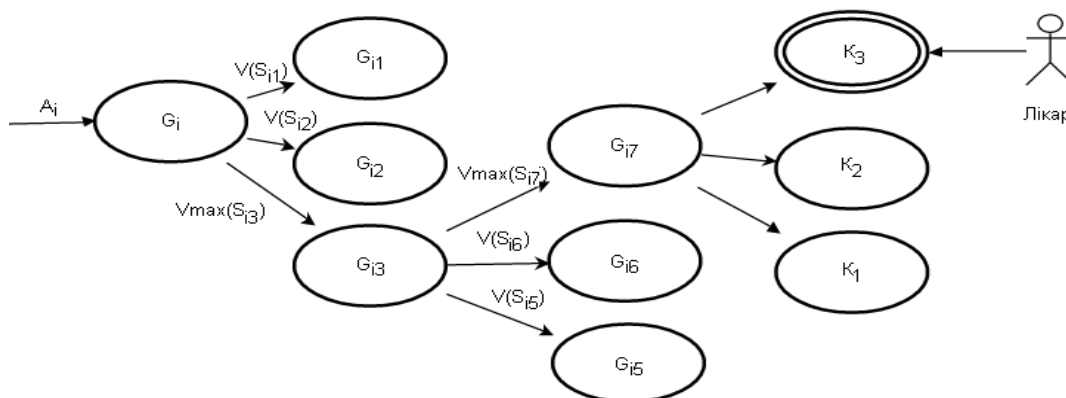


Рис. 5. Пошук цільового значення виходу системи підтримки прийняття лікарських рішень

Метод прийняття рішень щодо персоналізації стандартних схем реалізований модифікацією методу прийняття рішень на основі дерев рішень з урахуванням залежності між параметрами та введенням оцінкової функції. Результатом роботи методу є персоналізована схема.

На початковому етапі формується множина попередньої препаратотерапії Z_{prev} на підставі попередньо опрацьованих елементів множини вихідних сигналів Z автомату Мілі, що характеризують стандартні схеми лікування, де g_0 – початковий стан:

$$Z_{prev} = b(g_0).$$

I. Якщо вершині дерева прийняття лікарських рішень відповідає Z множина препаратів і кожна з них визначає $a \in A$ та $s \in S$, то ця вершина є листком дерева. На кінець функція визначення препарату f вибирає персоналізовані схеми з множини Z за часово-незалежними a_i та часово-залежними s_j параметрами стану хворого.

$$\forall_i \forall_j f : a_i, s_j \rightarrow Z, K = Z.$$

II. Якщо для вершини етап I не виконується, то розглядається множина констатованих часово-залежних параметрів S_1 . Поточна вершина – G_i . Якщо множина попередньої препаратотерапії $Z_{prev} \neq \emptyset$, де Z_{cur} – поточна множина препаратів визначається як різниці множин Z та Z_{prev} .

$$Z_{cur} = Z \setminus Z_{prev}, Z_{prev} \in s, s = S_1.$$

Розрахунок оцінкової функції $V(\Psi)$ для кожного елемента множини констатованих часово-залежних параметрів s_i :

– утворюють дуги, що інциденті термінальній вершині G_i ;

$$\forall_i G_i = Z_{cur} - f(a_y), a_y = a - s_i,$$

$$V_i(S_i) = p(G_i | S_i)$$

– з утворених термінальних вершин обираємо вершину з максимальним значенням оціночної функції;

$$V_{cur}(S_i) = \max(V_i(S_i))$$

– термінальній вершині відповідає підмножина часово-незалежних a_i та часово-залежних s_j параметрів хворого, утворених у вершині G_{ij} , тоді перехід на етап I.

III. Якщо $Z_{prev} = \emptyset$ на етапі II, тоді до вершини, яка повинна стати листком, застосовується продукційне правило P , що враховує елементи множини препаратів Z , підмножини часово-незалежних та часово-залежних параметрів пацієнта та ідентифікує персоналізовану схему лікування K :

$$P = \langle Z, a_y, Z_{cur} \rightarrow K, K \rangle, Z_{prev} = Z_{prev} \cup K,$$

де a_y – дійсні часово-незалежні параметри пацієнта з урахуванням його часово-залежних параметрів s , що є умовою активізації продукції; Z – множина препаратів, що описує клас ситуації; $Z_{cur} \rightarrow K$ – ядро продукції; K – персоналізована схема лікування, що є результатом продукційного правила.

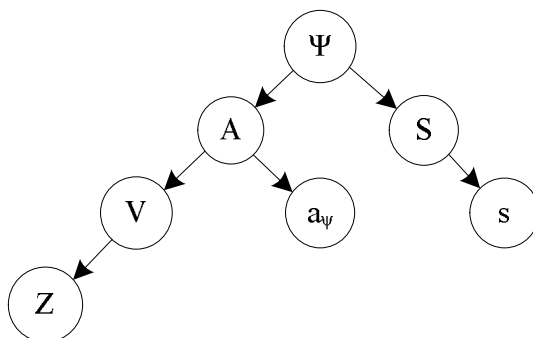


Рис. 6. Дерево виведення персоналізованої схеми лікування

Отже, кожна внутрішня вершина є коренем піддерева, якому відповідають приклади з однаковим значенням одного з атрибутів та різними значеннями атрибута прийняття рішень. Кожному листку дерева відповідають приклади, що мають однакові значення одного з атрибутів прийняття рішень.

Аналіз застосування пропонованого підходу до опрацювання даних

Для порівняння ефективності методу аналізу даних було обрано три близьких за призначенням методи: мережа Байєса, метод асоціативних правил, метод логічного виведення.

Порівняння часової складності прийняття лікарських рішень використаних методів представлено на рис. 7 та у табл. 1.

Таблиця 1

Таблиця визначення часового показника опрацювання запиту

Кількість запитів	Розроблений метод	Мережа Байєса	Метод асоціативних правил	Метод логічного виведення
20	0,056	0,059	0,057	0,06
40	0,059	0,06	0,059	0,06
60	0,06	0,0616	0,061	0,062
80	0,061	0,0625	0,062	0,063

Час виконання аналізу даних суттєво відрізняється для різних методів. Зростання часу аналізу при збільшенні наборів даних доволі близьке до лінійної залежності. При цьому розглянуті методи сильно відрізняються коефіцієнтом складності. Ефективним із розглянутих методів є розроблений метод уніфікованого підбору пацієнтам терапевтичних схем лікування, що характеризується низькою часовою складністю аналізу даних, а метод логічного виведення – високою часовою складністю.

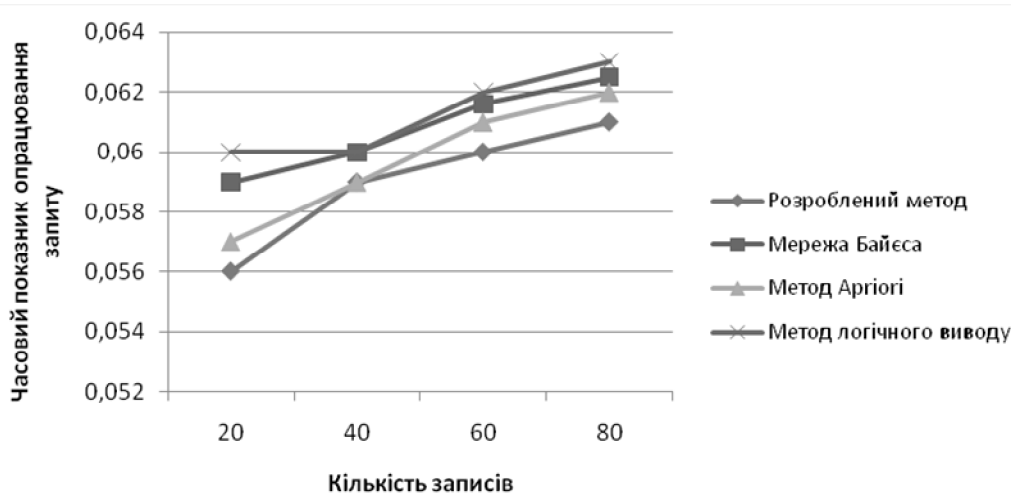


Рис. 7. Діаграма оцінки часового показника опрацювання запиту

Висока швидкодія методу уніфікованого підбору пояснюється тим, що метод внаслідок збалансованості дерева пошуку схеми лікування опрацьовує лише персоналізовані дані, які задані у вхідному наборі даних. Внаслідок цього збільшення критеріїв відбору (параметрів пацієнта) обернено пропорційно впливає на перелік запропонованих терапевтичних схем.

Таблиця 2

Таблиця аналізу отриманих терапевтичних схем

Кількість параметрів пацієнта	Кількість отриманих результатів			
	Розроблений метод	Мережа Байєса	Метод асоціативних правил	Метод логічного виведення
2	93	95	97	100
4	59	62	61	63
6	45	50	47	49
8	25	28	26	30

Відповідно до проведеного аналізу отримані терапевтичні схеми при використанні поданих методів наведено на рис. 8 та у табл. 2, де спостерігаємо пропорційне зменшення кількості отриманих результатів при збільшенні вхідних параметрів пацієнта. За результатами аналізу метод уніфікованого підбору дає більш персоналізований перелік терапевтичних схем.

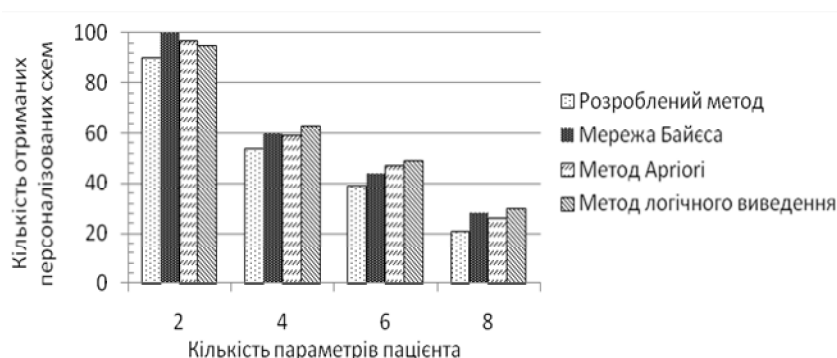


Рис. 8. Порівняльна діаграма кількості отриманих результатів

Проаналізовано отримані кількісні результати застосування запропонованого методу прийняття рішень щодо персоналізації стандартних схем та. Встановлено, що кількість отриманих персоналізованих схем при збільшенні вхідних параметрів пацієнта зменшується на 7 % порівняно з іншими методами. За результатами аналізу метод персоналізації стандартних схем дає менший перелік стандартних схем, ніж інші методи.

Оцінка якості результатів застосування персоналізованих схем

Сучасна консервативна терапія характеризується стійкою тенденцією до стрімкого збільшення кількості та спектра новітніх препаратів, що ускладнює вибір схеми лікування. Ключовою задачею розроблення інформаційної технології обробки медичної інформації є спрощення процесу визначення персоналізованої схеми лікування, що містить перелік препаратів при конкретній патології з урахуванням індивідуальних характеристик хворого. Уведення комплексного критерію якості стану хворого та визначення кореляції між його значенням та емпіричними медичними показниками дасть змогу оцінити доцільність застосування персоналізованої схеми та підвищити якість прийнятих лікарських рішень.

Під якість життя розуміють інтегральну оцінку фізичного, психічного і соціального функціонування хворого, основу на його суб'єктивному сприйнятті. В останні роки виділено ряд характеристик поняття якість життя, серед яких основними є багатовимірність, змінність у часі, оцінка стану хворого [8]. Використання показників комплексного оцінювання стану пацієнта під час лікування допоможе об'єктивно проаналізувати ці динамічні зміни, що відбуваються у стані хворого під впливом терапії, а також підібрати адекватніші терапевтичні заходи в процесі лікування

хворого. Оцінка стану після проведення лікування порівняно з первинними даними показує якість проведеної терапії.

Усі медичні інформаційні системи, які розробляються та ґрунтуються на наукових дослідженнях, повинні впливати на результати одужання хворих людей. У міжнародному стандарті визначено, що безпека та благополуччя таких людей (BL) еквівалентні якості їх життя (QL).

$$BL \approx QL$$

Якість життя хворої людини у сучасній медицині залежить від фізичного, психологічного та соціального компонентів. Кожен із цих компонентів, своєю чергою, містить низку складових. Їх всебічне вивчення дає змогу визначити рівень якості стану як окремої особи, так і цілих груп хворих, і встановити, за рахунок якого складника він підвищується чи знижується та на що необхідно вплинути, щоб покращити якість життя (скоригувати або змінити тактику лікування, надати соціальну підтримку та ін.).

Розроблено метод оцінювання якості результатів застосування персоналізованих схем формалізацією якісних показників, що на відміну від існуючих показників, які формуються на основі експертного оцінювання, дають змогу покращити якість лікарських рішень при виборі тактики лікування, визначаючи їхній вплив на комплексний критерій стану пацієнта. Формалізовано якісні показники за стандартом ISO 14155:2011.

Оцінювання стану хворого дає змогу змінити схеми лікування для покращення стану пацієнта та підвищити якість прийняття лікарських рішень при виборі тактики лікування внаслідок визначення їхнього впливу на якісні показники стану пацієнта (рис. 9).



Рис. 9. Корегування схеми лікування у випадку низької якості стану хворого

Згідно з основними показниками оцінки стану хворого, а саме фізичного, психічного і соціального стану хворого, можна за методом групового експертного оцінювання кількісно оцінити фізичний, психологічний та соціальний стани хворого.

Визначають показник фізичного стану хворого внаслідок логічного додавання параметрів, які отримані на підставі експертних оцінок, що оцінюють фізичні характеристики пацієнта, а саме: симптоми захворювання, здатність до самообслуговування, можливість виконання фізичної роботи тощо.

$$FS = \sum_i^{k_1} FS_i / k_1,$$

$$i = 1..k_1, PS \in (0,1).$$

Показник психологічного стану пацієнта є не менш важливий, ніж його фізичні характеристики. Нерідко він є суттєвим важелем оцінки самопочуття. Оцінити його величину можна логічним додаванням складових характеристик психологічного стану, – таких, як тривога, депресія, ворожа поведінка тощо.

$$PS = \sum_i^{k_2} PS_i / k_2$$

$$i = 1..k_2, PS \in (0,1).$$

Показник соціального стану пацієнта можна вважати частковою складовою психологічного стану. Соціальні характеристики є не останніми при формуванні самопочуття хворого. Але виникає необхідність у конкретизації саме соціальних показників, які формують кількісну характеристику стану пацієнта. Визначення соціального стану оцінюється логічним додаванням показників, соціальної підтримки, наявності роботи та громадських зв'язків тощо.

$$SS = \sum_i^{k_3} SS_i / k_3,$$

$$i = 1..k_3, SS \in (0,1).$$

Приклад 2

Чотирьом експертам було запропоновано проранжувати чотири фактори фізичних характеристик пацієнта, а саме: симптоми захворювання, здатність до самообслуговування, можливість виконання фізичної роботи тощо, що позначаються в межах від 0 до 1.

Визначити ступінь узгодженості думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації та оцінити його значущість.

Розв'язання

Формула обчислення коефіцієнта конкордації використовується тоді, коли немає однакових рангів у кожного експерта щодо об'єктів експертизи. Якщо існують повторення рангів (ранги зв'язані), то формула обчислення коефіцієнта координації має такий вигляд:

Ранг – це порядковий номер значень ознаки, розташованих у порядку зростання або убуття їх величин. Якщо окремі значення ознаки мають однакову кількісну оцінку, то ранг всіх цих значень приймається рівним середньому арифметичному від відповідних номерів місць, які визначають. Ці ранги називаються зв'язними [9].

Впорядковуючи фактори за зростанням, визначаємо ранг кожного значення разом, що відображуємо в табл. 3.

Таблиця 3

Таблиця експертних оцінок відповідно до рангів

Експерт	Фактор				$S_i = \sum x_{ij}$
	x1	x2	x3	x4	
1	0,4	0,3	0,1	0,2	1,0
2	0,3	0,5	0,7	0,3	1,8
3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,8
4	0,3	0,2	0,2	0,3	1,0
$S_j = \sum x_{ij}$	1,3	1,2	1,1	1,0	4,6
Ранг	4	3	2	1	
$S_j - x_c$	0,3	-0,6	0,3	0	0
$(S_j - x_c)^2$	0,09	0,36	0,09	0	0,54

Для визначення тісноти зв'язку між довільним числом ранжованих ознак застосовується множинний коефіцієнт рангової кореляції (коефіцієнт конкордації) W , який обчислюється за формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}.$$

Оскільки існують зв'язні ранги (значення рангів повторюються), ця формула набуде вигляду:

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum T_i}.$$

Обчислимо поправку T на зв'язні ранги:

$$T_1 = 0;$$

$$T_2 = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_3 = (2^3 - 2) = 6;$$

$$T_4 = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12;$$

$$\sum_{i=1}^m T_i = 0 + 6 + 6 + 12 = 24.$$

Отже, коефіцієнт конкордації дорівнює:

$$W = \frac{12 \cdot 0,54}{4^2 \cdot (4^3 - 4) - 4 \cdot 24} = 0,075.$$

Значущість коефіцієнта конкордації перевіряємо за критерієм Пірсона χ^2 :

$$\chi^2 = \frac{12S}{m \cdot n \cdot (n-1) - \frac{1}{n-1} \sum T_i} = \frac{12 \cdot 0,54}{4 \cdot 4 \cdot 3 - \frac{1}{3} \cdot 24} = 0,162.$$

Розрахункове значення порівнюється з табличним. У нашому випадку при числі ступенів вільності $n - 1 = 4 - 1 = 3$ табличне значення $\chi^2_{\text{таб.}} = 0,0075$.

Оскільки $\chi^2 > \chi^2_{\text{таб.}}$, то гіпотезу про випадковість думок експертів приймають. Отже, з імовірністю 0,95 можна стверджувати, що існує певна узгодженість думок експертів відносно факторів, які впливають на результат.

На основі значень експертів визначаються показник FS та складається таблиця кількісних ознак станів пацієнта за наявності певних симптомів при фурункульозі та сепсисі, що характеризуються якісними характеристиками симптомів (табл. 4).

Таблиця 4

Середні частоти ознак

Стан пацієнта	Сепсис	Фурункульоз
Легкий	0,35	0,9
Середньої важкості	0,52	0,8
Важкий	0,85	0,35
Вкрай важкий	0,9	0,1

Для переходу до вербальних ознак можна експериментально оцінити відповідні частоти повторюваності різних ознак для даних захворювань (табл. 5).

Таблиця 5

Вербальні та числові оцінки ознак

Вербальна оцінка	Числова оцінка
Характерно	0,8–1
Менш характерно	0,5–0,8
Малохарактерно	0,2–0,5
Нехарактерно	0–0,2

Оскільки людям легше оперувати словами, а не числами, на основі даних з табл. 5 замість табл. 4 можна отримати табл. 6 з якісними характеристиками ознак.

Таблиця 6

Якісні характеристики ознак

Стан пацієнта	Сепсис	Фурункульоз
Легкий	Малохарактерно	Характерний
Середньої важкості	Менш характерний	Характерний
Важкий	Характерний	Малохарактерно
Вкрай важкий	Характерний	Нехарактерно

Важливим фактором впливу на формування якості стану хворого є не лише компоненти стану пацієнта, а й ефективність надання медичної допомоги хворому. Можна стверджувати, що чим ефективніше одужання хворого, тим вищою є якість життя.

Визначення кількісної оцінки застосування персоналізованих схем при динамічній зміні показників загального стану пацієнта дозволить оцінити зміну загального стану хворого до та після госпіталізації. Це дасть можливість виконати корекцію запропонованої схеми лікування:

$$E_{ZS} = \frac{1}{1 + e^{ZS_e/ZS_f}}.$$

Вважаємо, що загальний стан пацієнта оцінюється відношенням показників фізичного, психологічного та соціального станів.

$$ZS = FS + PS + SS,$$

де ZS – загальний стан пацієнта; FS – показник фізичного стану, PS – показник психологічного стану, SS – показник соціального стану, область значення яких лежить в межах $FS, PS, SS \in (0, 1)$.

Приклад 3

Визначено оцінку ефективності проведеного лікування при лікуванні сепсису.

Стан пацієнта під час госпіталізації становив:

$$ZS_f = 0,34 + 0,67 + 0,64 = 1,55.$$

Стан пацієнта після проведеного лікування становить:

$$ZS_e = 0,55 + 0,84 + 0,64 = 2,03,$$

де ZS_f та ZS_e – це початковий та кінцеві показники загального стану пацієнта при госпіталізації та після проведеного лікування.

Щоб оцінити ефективність проведеного лікування, необхідно визначити відношення загального стану пацієнта після проведеного лікування до стану при госпіталізації.

Отже,

$$E_{ZS} = \frac{1}{1 + e^{2,03/1,58}} = 0,31.$$

Для переходу до вербальних ознак можна оцінити відповідні значення ефективності проведеного лікування при конкретному захворюванні (табл. 7).

Таблиця 7

Вербальна оцінка якості результатів застосування персоналізованих схем

Вербальна оцінка	Відношення загальних станів пацієнта
Хибне	$ZS_f < ZS_e$
Неефективне	$ZS_f = ZS_e$
Ефективне	$ZS_f > ZS_e$

Кількісна оцінка застосування персоналізованих схем дає можливість переконатись у правильності застосування персоналізованої схеми лікування лікарем-експертом, що ґрунтується на підвищенні показників загального стану пацієнта після проведеного лікування, що свідчить про підвищення якості прийняття лікарських рішень.

Архітектура системи підтримки прийняття лікарських рішень

При кваліфікованому опрацюванні інформації виникає проблема неефективності алгоритмів методів аналізу даних. Аналітики часто стикаються з ситуацією, коли важко зробити які-небудь чіткі припущення щодо досліджуваної задачі, а сучасна конкурентоздатність залежить від можливостей доступу, обробки та аналізу інформації. Отже, подані підходи щодо опрацювання медичної інформації дають змогу формалізувати процес призначення лікування хворим з різною патологією. На основі цього система організації роботи системи підтримки прийняття лікарських рішень сприяє лікарю-експерту на базі проведеного аналізу множини параметрів отримати оптимальну схему лікування.

Пропонуємо архітектуру СППЛР, де враховано основні етапи опрацювання медичної інформації для підвищення якості прийняття рішень у процесі визначення персоналізованої схеми лікування.

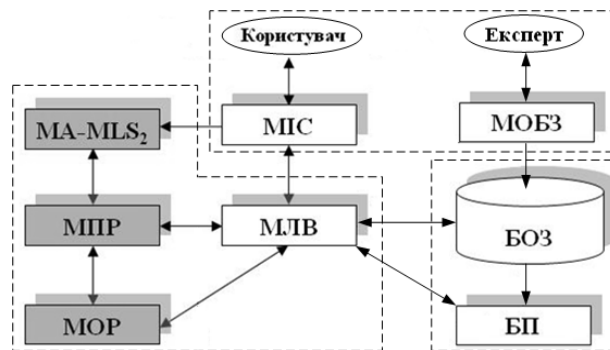


Рис. 10. Архітектура СППЛР

Подана архітектура містить три основні складові, що визначають клієнтську, серверну частини та частину прийняття рішень, що містять модулі інтерфейсу системи, оновлення бази знань, логічного висновку, прийняття рішень, оцінки результатів та ін.

Процес створення СППЛР є ітераційним, тому на перших кроках необхідно максимально обмежувати число вхідних величин, використовуючи лише більш значущі. Якщо гіпотеза про достовірність експертної оцінки не підтверджена, тоді необхідно використовувати додаткові вхідні величини. Такий підхід гарантує відсутність надмірної інформації в базі даних, що підвищує надійність функціонування ЕС. Кількість рівнів за кожною вхідною величиною залежить від коефіцієнта значущості цієї величини і від величини похибки лабораторного обладнання. Слід пам'ятати, що кількість вхідних величин та їх рівнів постійно збільшуються у зв'язку з вдосконаленням лабораторного обладнання і збільшення бази даних, що сприяє підвищенню достовірності експертної оцінки.

Етап опрацювання вхідної інформації здійснює безпосередньо лікар. Результатом його роботи стають дані пацієнта, внесені в базу даних. Система організації роботи знаходиться на клієнтському рівні, тому вимагає постійної участі лікаря у введенні та коригуванні внесених даних, своєю чергою, дає змогу не допускати помилок у вхідних даних.

Висновки і перспективи подальших наукових розвідок

Здоров'я людини є одним з найважливіших цінностей у житті. Отже, надання якісної медичної допомоги з кожним роком стає усе важливішим завданням. Процес опрацювання медичної інформації повинен містити основні етапи, що передбачають застосування: теорії скінченного автомату Мілі для обробки та аналізу вхідної інформації та визначення стану пацієнта в певний момент часу, що дає можливість здійснити корекцію лікування за рахунок оцінки поточного стану хворого та визначення ваги виходів MLS2-автомата, тобто ваги терапевтичних

схем; теорії дерев прийняття рішень для урахування залежності між параметрами та введенням оціночної функції, значення якої є визначальними при виборі персоналізованої схеми; вимог стандарту ISO 14155:2011 щодо формалізації якісних показників, що формуються завдяки експертному оцінюванню та дають змогу покращити якість лікарських рішень при виборі тактики лікування на підставі визначення їхнього впливу на комплексний критерій стану пацієнта. Симбіозом застосування запропонованих підходів щодо опрацювання медичних даних є система підтримки прийняття лікарських рішень, що враховує особливості персоналізованої вхідної та вихідної інформації [1].

Із врахуванням глобалізації інформаційного простору та його мобільності інтелектуальні системи даного класу мають перспективи щодо уніфікації подання знань з використанням семантичних мереж, що сприятиме оптимізації процесу опрацювання медичної інформації за рахунок знаходження адаптивної інформації до вже знайденої, побудові розгалуженої і максимально повної бази знань. Для цих цілей у перспективі пропонується розроблення медико-семантичної мережі з інтелектуальною складовою, що налагоджуватиме комунікацію між спеціалістами різних країн та підвищуватиме якість прийняття рішень з урахуванням обміном їхнього досвіду.

1. Мельникова Н. І. Автоматизована обробка персоналізованої медичної інформації для систем підтримки прийняття рішень : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 – інформаційні технології / Наталія Іванівна Мельникова ; Національний університет “Львівська політехніка”. – Львів, 2014. – 22 с. 2. Павлиш В. А. Новітні інформаційні технології в клініці пульмонологічного профілю / В. А. Павлиш // Практична медицина. – 2008. – Т.14. №3. – С. 115–122. 3. Слюняєв А. С. Методика пошуку рішення в інтелектуальній мультиагентній інформаційно-керуючій системі аеропорту/ А. С. Слюняєв // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Т.Шевченка. № 28. 2010. – К.: 2010. – С. 110–114. 4. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах: [Учебник] / О. И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – С. 296. 5. Литвин В. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень діагностування ревматологічних захворювань на основі адаптивних онтологій [Електронний ресурс] / В. Литвин // Lviv Polytechnic National University Institutional Repository. – 2011. – № 694. – С.26–34. – [Режим доступу]: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/10627>. 6. Дюк В. А. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях / В. А. Дюк, В. Л. Эмануэль – СПб.: Питер, 2003. – 525 с. 7. Dunham M. Data Mining Introductory and Advanced Topics / M. Dunham ; Pearson Education. – Inc., 2003. 8. Pliskin J. Utility Functions for Life Years and Health Status / J. Pliskin, D. Shepard, M. Weinstein. – Operations Research (Operations Research Society of America). – 28 (1); 206–224. doi:10.1287/opre.28.1.206. <http://www.jstor.org/pss/172147>. Retrieved 2008-11-13. 9. Аністратенко В. О. Математичне планування експериментів в АПК / В. О. Аністратенко, В. Г. Федоров. – К.: Вища школа, 1993. – С. 374.