

УДК 681.5

А.І. ПОВОРОЗНЮК, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПИ",
К.В. СТЕБЛІНА, канд. техн. наук, асистент, ЧНУ
ім. Ю. Федьковича, Чернівці,
К.А. БІЛЕЦЬКИЙ, магістр, НТУ "ХПИ"

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДІАГНОСТИЧНО- ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАХОДІВ

Формалізовані етапи діагностично-лікувального процесу при розробці комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень в медицині. Для комплексної оцінки етапів діагностично-лікувального процесу з метою мінімізації ризиків лікарських помилок розроблено метод кластеризації діагнозів в просторі фармакологічних дій та корекції порогів в діагностичному вирішальному правилі. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: комп'ютерна система, прийняття рішення, діагностично-лікувальний процес, фармакологічна дія, лікарська помилка.

Постановка проблеми й аналіз літератури. Процес реабілітації пацієнтів складається з двох взаємозалежних етапів [1, 2]: діагностики захворювань та лікування виявлених патологій, причому після діагностики і призначення лікувальних процедур необхідний моніторинг поточного стану пацієнта з метою оцінки ефективності процесу лікування і, при необхідності, його корекції. Для лікування того або іншого захворювання надаються необхідні дії на організм. Для більшості патологій у різних областях медицини дані дії виконуються медикаментозним шляхом. На кожному з відзначених етапів лікар, як особа що приймає рішення (ОПР), виробляє управлінське рішення в умовах дефіциту вихідних даних і істотної апріорної невизначеності, ґрунтуючись на своїй кваліфікації, досвіді й інтуїції. При цьому ухвалення неправильного рішення (лікарська помилка) як на етапі діагностики, так і на етапі лікування може мати катастрофічні наслідки для здоров'я пацієнта.

У формалізованому виді, при проектуванні комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень у медицині (КСППРМ), задача діагностики є задачею класифікації стану i -го пацієнта D_i при аналізі вектора діагностичних ознак X_i [1 – 3]. При медикаментозному лікуванні кожному діагнозові D_i ставиться у відповідність множина необхідних фармакологічних дій (ФД) f_{D_i} , на підставі якої формується комплекс

лікарських препаратів (КЛП) з врахуванням f_{D_i} , непереносимості i -го пацієнта до окремих препаратів, несумісності препаратів, багатокритеріального порівняння препаратів-аналогів [4]. ФД – це вплив активних компонентів лікарських препаратів на окремі органи людини й організм у цілому.

В даний час мається широкий спектр комп'ютерних діагностичних систем у різних предметних областях медицини [1, 3]. Інформатизація етапу формування КЛП обмежується медичними довідниками фармацевта, у тому числі у виді інформаційно-пошукових систем [5], що представляють лікареві структурований список (класи, підкласи і т.д.) лікарських препаратів і текстовий опис їхніх властивостей.

При цьому задачі діагностики і лікувальних заходів розглядаються незалежно друг від друга, при діагностиці мінімізується ризик неправильної постановки діагнозу без врахування етапу лікувальних заходів, тому актуальною є задача мінімізації ризику лікарської помилки при комплексній оцінці всіх етапів діагностично-лікувального процесу.

Метою роботи є розробка інформаційних технологій комплексної оцінки етапів діагностично-лікувальних заходів з метою підвищення їхньої ефективності і мінімізації ризику лікарських помилок.

Формалізація й інформаційні технології реалізації етапів лікувально-діагностичних заходів. У [3] формалізовані наступні етапи перетворення інформації в КСППМ: структурна ідентифікація біосигналів $F1: x(t) \rightarrow X$ і медичних зображень $F2: x(j,k) \rightarrow X$; формалізація опису різномірних діагностичних ознак і синтез ієрархічних структур діагностуємих станів $F3: D \rightarrow S_D$ і діагностичних ознак $F4: X \rightarrow S_z$; синтез діагностичних вирішальних правил (ВП) при взаємодії S_D і S_z $F5: X_i \rightarrow D_i$; формування КЛП Y_i $F6: D_i \rightarrow Y_i$, що складається з етапів $F6_1: D_i \rightarrow f_{D_i}$ і $F6_2: f_{D_i} \rightarrow Y_i$.

Для мінімізації ризиків лікарських помилок розглянемо більш докладно перетворення $F3$ і $F5$. Синтез S_D – бінарного дерева рішень виконується процедурою ієрархічної кластеризації множини діагностуємих станів D за критерієм мінімуму помилки кластеризації в просторі ознак X (перетворення $F3$). Як наслідок, у ході такого процесу утвориться бінарне дерево, коренем якого є повна множина діагнозів $\{D_i\}_n$ у заданій предметній області, у гілках розташовуються кластери діагнозів, а листами – окремі діагнози. Процес діагностики – рух по дереву рішень, у кожній k -й вершині якого виконується диференційна

діагностика станів D_q і D_l , шляхом застосування ВП і ухвалення рішення на користь D_q або D_l . Виникаючі при цьому ризики неправильного рішення на етапі діагностики: α – помилка першого роду і β – помилка другого роду, визначаються розташуванням еліпсоїдів розсіювання об'єктів навчальної вибірки в просторі ознак без врахування їхнього впливу на етап вибору необхідних ФД і призначення КЛП.

Для мінімізації ризику неправильних медичних заходів, що виникають при помилковій діагностиці, необхідно знайти залежність між помилкою діагностики (D_q замість D_l), і наслідків від цієї помилки при призначенні КЛП (Y_q замість Y_l). Так як КЛП повинен забезпечити множину необхідних ФД $Y_q \rightarrow f_{Dq}$, а $Y_l \rightarrow f_{Dl}$, то ризик в остаточному підсумку визначається розходженням компонентів множин f_{Dq} і f_{Dl} ,

тому для його мінімізації в роботі пропонується перехід від традиційного простору ознак X у простір ФД F . При цьому компоненти $f_m \in F$ представляються бінарними змінними (0 – відсутній, 1 – присутній), а кожен діагностуємий стан D_i представляється точкою в i -й вершині гіперкуба (у просторі ознак X стани D_i представляються множиною точок, що утворюють еліпсоїди розсіювання).

Тому в даному випадку для виконання кластеризації D_i у просторі F зручно представити структуру D_i потоковою моделлю [3, 6], у якій кожен D_i представляється вершиною повнозв'язного графа, а кожній дузі графа приписуються деякі числові значення, що характеризують ступінь близькості між двома вершинами.

Так як ФД є дихотомічними величинами, то в якості міри близькості обрана зважена відстань Хеммінга:

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^g w_{ij} |f_{ki} - f_{kj}|, \quad (1)$$

де $f_{ki}, f_{kj} \in [0,1]$ – k -а ФД i -го і j -го діагнозів відповідно; g – розмірність простору F ; w_{ij} – коефіцієнт, що забезпечує збільшення відстані у випадку присутності конфлікуючих ФД.

Застосування ієрархічної кластеризації за критерієм мінімуму сумарного зв'язку (пошук мінімального розрізу) у просторі F для синтезу дерева рішень забезпечує мінімум ризику прийняття рішень при комплексній оцінці діагностично-лікувальних заходів.

Для реалізації комбінованого ВП (перетворення F5) у роботі реалізується метод синтезу уточнюючого діагнозу [7, 8], що є модифікацією методу послідовного аналізу (методу Вальда) і заснований на аналізі взаємодії ієрархічних структур діагностичних ознак S_z і

діагностуємих станів S_D . На кожному i -му етапі послідовного аналізу, при диференційній діагностиці між двома діагнозами D_q і D_l , обчислюється відношення правдоподібності:

$$\Theta = \prod_i \frac{P(x_{ik}/D_q)}{P(x_{ik}/D_l)}, \quad (2)$$

яке порівнюється з порогами $\Theta > A$, $\Theta < B$, де A і B – верхня і нижня границі невизначеності, необхідні для ухвалення рішення.

При виконанні однієї з умов приймається рішення про діагноз D_q або D_l відповідно і виконується перехід на більш низький рівень ієрархії діагнозів з метою уточнення діагнозу. При невиконанні обох нерівностей додається наступна $i + 1$ ознака і процедура повторюється.

У послідовному аналізі границі прийняття рішень A і B пов'язані з помилками класифікації α і β наступними відносинами:

$$A = (1 - \beta) / \alpha, \quad B = \beta / (1 - \alpha), \quad (3)$$

де α – помилка першого роду, тобто ймовірність того, що пацієнтові з діагнозом D_q поставлено діагноз D_l ; β – помилка другого роду, тобто пацієнтові з діагнозом D_l поставлено діагноз D_q .

Слід зазначити, що в (2), умовні ймовірності і помилки α і β визначаються в просторі ознак.

Для комплексної оцінки ризиків лікарських помилок, що виникають на обох етапах діагностично-лікувального процесу, у роботі пропонується метод корекції границь інтервалу невизначеності $[A, B]$, з огляду на помилки, що виникають на етапі призначення КЛП.

Проаналізуємо зв'язок порогів з помилками: якщо прийняти $\alpha = 0$ і $\beta = 0$ – найбільш жорсткі умови – детермінований зв'язок, при якому еліпсоїди розсіювання не перетинаються, то одержуємо:

$$A = (1 - 0) / 0 = \infty, \quad B = 0 / (1 - 0) = 0.$$

У випадку збігу багатомірних функцій розподілу класів l і q , при яких класи не можна розрізнити $\alpha + \beta = 1$; і пороги вибираються рівними $\alpha = 0,5$ і $\beta = 0,5$, коли класи слабо розрізняються. У даному випадку найбільш "демократичні" пороги:

$$A = (1 - 0,5) / 0,5 = 1, \quad B = 0,5 / (1 - 0,5) = 1.$$

У такий спосіб діапазон зміни α і β визначаються в діапазоні $[0; 0,5]$ – від жорстких детермінованих вимог до умов байдужності.

Якщо позначити α_n і β_n – помилки в просторі діагностичних ознак, а α_f і β_f – помилки в просторі ФД, тоді для комплексної оцінки ризиків необхідно визначити залежність між ними: $\alpha_n = y(\alpha_f)$, $\beta_n = y(\beta_f)$.

При представленні задачі кластеризації потоковою моделлю помилки α_f і β_f однозначно визначаються мінімальним розрізом R_f .

У кожному вузлі дерева рішень бере участь різна кількість діагностуємих станів (на верхньому рівні – усі D_n , а на нижньому – у листі, як мінімум один кластер, а можливо і два, повинні містити один діагноз). Відповідно в кожному вузлі визначається свій розріз R_f .

Позначимо кількість діагностуємих станів в i -му вузлі дерева рішень, як n_i , тоді величину мінімального розрізу можна визначити як сумарну вагу дуг, що належать мінімальному розрізові підграфів D_q і D_l :

$$R_i = \sum_j \sum_k r_{jk}, \quad j \in D_q, \quad k \in D_l. \quad (4)$$

Слід зазначити, що r_{jk} враховують вагові коефіцієнти в (1), і є асиметричними, тобто $r_{jk} \neq r_{kj}$. Нормоване значення \overline{R}_i виражається формулою

$$\overline{R}_i = R_i / \sum_j \sum_k r_{jk},$$

де R_i визначається формулою (4), а в знаменнику сумарна вага всіх дуг повнозв'язного графа з n_i вершин.

Отримане \overline{R}_i змінюється в діапазоні $[0, 1]$; якщо $\overline{R}_i = 0$, то два стани D_q і D_l у просторі ФД не розрізняються (два діагнози не відрізняються методами лікування, тому навіть максимальна помилка діагностики не приводить до лікарської помилки, тобто $\alpha_f = \beta_f = 0,5$). Якщо $\overline{R}_i = 1$, то D_q і D_l максимально відрізняються один від іншого, і до помилок кластеризації необхідно застосовувати найбільш жорсткі вимоги, тобто $\alpha_f = \beta_f = 0$.

Виходячи з вище викладеного, знаходиться зв'язок між α_n , β_n і \overline{R}_i :

$$\alpha_n = 0,5(1 - \overline{R}_{q_l}), \quad \beta_n = 0,5(1 - \overline{R}_{l_q}).$$

Визначені за допомогою отриманих виразів помилки задають пороги A і B , що визначаються по (3) у вирішальному правилі (2).

Висновки. Розроблено методи побудови нового класу КСППРМ на основі формалізації етапів проведення діагностично-лікувальних заходів при їхній комплексній оцінці, синтезу моделей об'єктів дослідження відзначених етапів і вирішальних правил на цих моделях. Розроблені інформаційні технології дозволяють мінімізувати ризики лікарських

помилков, підвищити вірогідність і обґрунтованість рішень ОПР і можуть адаптуватися до різних предметних областей медицини.

Список літератури: 1. Об инфраструктуре информационной поддержки клинической медицины / В.А. Лицук, А.В. Гаврилов, Г.В. Шевченко и др. // Медицинская техника. – М.: 2003. – № 4. – С. 36-42. 2. Весенко А.И. Топо-типология структуры развернутого клинического диагноза в современных медицинских информационных системах и технологиях / А.И. Весенко, А.А. Попов, М.И. Проненко // Кибернетика и системный анализ. – 2002. – № 6. – С. 143-154. 3. Поворознюк А.И. Системы поддержки принятия решений в медицинской диагностике. Синтез структурированных моделей и решающих правил / А.И. Поворознюк – Saarbrücken Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 314 с. 4. Дмитриенко В.Д. Многокритериальная оценка лекарственных препаратов / В.Д. Дмитриенко, О.А. Поворознюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – Вінниця, ВНТУ. – 2009. – № 3 – С. 144-148. 5. Компендиум 2007 – лекарственные препараты / Под ред. В.Н. Коваленко, А.П. Викторова. [Электронный ресурс] <http://www.compendium.com.ua>. 6. Филлипс Д. Методы анализа сетей. Пер. с англ. / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – М.: Мир, 1984. – 648 с. 7. Поворознюк А.И. Синтез комбінованого віршального правила (ВП) у комп'ютерних системах медичної діагностики / А.И. Поворознюк // Системні дослідження та інформаційні технології – 2010. – № 3. – С. 72 - 83. 8. Бурцев М.В. Архитектура системы поддержки принятия решений в медицине, основанной на комбинированном решающем правиле / М.В. Бурцев, А.И. Поворознюк // Вісник Національного технічного університету "ХПИ". Серія: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ"ХПИ", 2012. – № 38. – С. 26 - 31.

Надійшла до редакції 25.03.2013

УДК 681.5

Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при проведенні діагностико-лічєбних заходів / Поворознюк А.І., Стеблїна К.В., Бєлєцький К.А. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2013. – № 39 (1012). – С. 150 – 155.

Формалізовані етапи діагностико-лічєбного процесу при розробці комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень в медицині. Для комплексної оцінки етапів діагностико-лічєбного процесу з метою мінімізації ризиків лікарських помилок розроблено метод кластеризації діагнозів в просторстві фармакологічних дій і корекції порогів в діагностичному вирішувальному правилі. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: комп'ютерна система, прийняття рішення, діагностико-лічєбний процес, фармакологічне діяння, лікарська помилка.

UDK 681.5

Information technologies of support decision making when undertaking diagnostic-medical action / Povoroznyuk A.I., Steblina K.V., Beleckiy K.A. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2013. – № 39 (1012). – P. 150 – 155.

The formalized stages diagnostic-medical process at development computer decision support system in medicine. For complex estimation stage diagnostic-medical process for the reason minimization risk doctor-mistake is designed method to clusterizations diagnosis in space pharmacological action and correction threshold in diagnostic solving rule. Refs.: 8 titles.

Keywords: computer system, decision making, diagnostic-medical process, pharmacological action, doctor-mistake.