

УДК 004.89

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.44356

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В МЕДИЦИНІ. АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ТА ПІДХІД ДО ЇХ УСУНЕННЯ

© Ю. В. Антонова-Рафі, В. І. Московський

У даній статті розглянуто доцільність використання систем підтримки прийняття рішень у сучасній медицині, проведено літературний огляд проблеми та наведена статистика збитків. Також окреслено основні підходи, інструменти та принципи розробки інтелектуальних систем, проаналізовані існуючі СППР, виділені їх недоліки і приведені рішення для усунення типових помилок при розробці систем підтримки прийняття рішень

Ключові слова: МІС, СППР, медицина, інтелектуальні системи, експертні системи, математичне та статистичне моделювання

This article examines the feasibility of using decision support systems in modern medicine, literature review of presented problems and loss statistics is conducted. The main approaches, tools and principles of development of intelligent systems are also outlined; existing DSS are analyzed, their disadvantages are highlighted and solutions to elimination of common mistakes during development of decision support systems are given

Keywords: MIS, DSS, medicine, intelligent systems, expert systems, mathematical and statistical modeling

1. Вступ

У даний час прийняття рішень, засноване на теоретичних і практичних знаннях, є основою будь-якого виду людської діяльності – від вирішення невеликих приватних завдань до проблем державного рівня.

Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій дозволяє ставити і вирішувати завдання створення та впровадження різних систем підтримки прийняття рішень (СППР), в тому числі, і для ідентифікації об'єктів або їх станів. Необхідність використання СППР в управлінні очевидна, оскільки швидкий розвиток і ускладнення економічних, соціальних, технічних зв'язків, наявність складних взаємозв'язків між окремими процесами і явищами призводять до різкого зростання труднощів прийняття рішень. Наслідки помилок стають більш значущими. Використання СППР дозволить зняти гостроту проблеми, мінімізувавши кількість допускаються помилок. Особливої актуальності прийняття вірних рішень має в медицині та охороні здоров'я, так як помилкові дії в тактиці чи стратегії лікування хворого можуть призвести до подальшої втрати здоров'я людини. З розвитком медичних інформаційних технологій стали актуальними питання створення СППР, призначених у складі медичних інформаційних систем (МІС) надати лікарю дієву оперативну допомогу при лікуванні хворого.

2. Постановка проблеми

Сучасне людство накопичило колосальний обсяг медичних знань, який, на жаль, не використовується в повному обсязі в клінічній практиці лікаря. За даними досліджень бостонської клініки Brigham and Women's Hospital, сьогодні у світі налічується понад 10 тисяч захворювань, понад 3 тисячі лікарських препаратів, 300 різних радіологічних процедур і більше тисячі лабораторних досліджень [1]. Обробка цих даних виходить за рамки можливостей людського мозку, тримати в голові такий обсяг інформації абсолютно неможливо. Крім того, рішення часто мають прийматися в умовах цейтноту, а також беручи

до уваги високу вартість кожної помилки (оскільки мова йде про лікування пацієнтів), проблема забезпечення лікарів сучасними засобами підтримки прийняття рішень стає все більш актуальною. Тому в багатьох європейських країнах основні акценти в даний час робляться на інформаційну підтримку лікаря, на створення нового інформаційного середовища його діяльності, бо саме це дозволяє підвищити якість лікування і його доступність.

3. Літературний огляд

На початку ХХІ століття головною функцією, визначаючою доцільність впровадження МІС в лікарнях, була підтримка прийняття лікарських рішень в реальному часі. Поштовхом послужив опублікований в США звіт Інституту медицини [2], що містив інформацію про кількість пацієнтів, які померли в госпіталях унаслідок лікарських помилок, і викликаний цим економічний збиток (табл. 1). Не менше лікарських помилок реєструється в Європі та інших країнах (табл. 2). У доповіді Інституту медицини США зазначено, що системі охорони здоров'я США не вдається забезпечити високоякісну медичну допомогу всім громадянам [1].

Наслідком стала розробка комерційних систем, що допомагають медичним робітникам зменшити кількість помилок при призначенні пацієнтам обстежень та курсів лікування.

У США такі системи отримали назву Computerized Physician Order Entry System (CPOE), а у Великобританії – Electronic Prescribing System (EPS).

Таблиця 1
Статистика збитку в США

Вид збитку	Щорічна величина
Постраждалі пацієнти	3 % від всіх госпіталізованих
Померлі пацієнти	Близько 7000 пацієнтів
Фінансові витрати на усунення наслідків помилок	Близько 7 млрд. доларів

У EPS вбудовуються функції підтримки прийняття лікарських рішень, а в системах СРОЕ використовується інтеграція з автономними системами підтримки рішень (Clinical Decision Support System).

Таблиця 2

Відсоток лікарських помилок

Англія	11,70 %
Австралія	10,60 %
Данія	9 %

За кордоном поширена практика, коли практикуючі лікарі щотижня збираються з колегами і обговорюють складні випадки лікування пацієнтів. При цьому в процесі прийняття рішення використовуються два основних джерела інформації: по-перше, це затверджені клінічні рекомендації, з якими зв'язуються клінічні випадки пацієнтів, а, по-друге, історії захворювань пацієнтів з аналогічними симптомами, які були виліковані раніше. Саме для таких задач повинні використовуватися системи підтримки прийняття рішень.

4. Основні підходи, інструменти та принципи розробки інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень

Людський організм – це біологічна система з численними та ще не вивченими взаємозв'язками між елементами та середовищем проживання.

Клініко-лабораторні показники хворого перебувають у складному взаємозв'язку один з одним. У більшості випадків про стан хворого можна судити не по значенням окремих показників, а по комбінаціям великої сукупності найбільш інформативних із них.

Виявити такі показники і після поєднання їх значень «розпізнати образ» захворювання або ідентифікувати тяжкість стану хворого можна тільки з використанням методів системного аналізу, зокрема статистичного аналізу даних.

Наразі повністю покладатися у прийнятті рішень на існуючі СППР не можна, адже більшість з них має певні недоліки, а саме:

1) «Інертність» і неможливість вносити зміни в систему. Даний недолік є найбільш значущим і перешкоджає повсякденного використання СППР в медицині, оскільки стає неможливим наповнювати систему новими знаннями про методики лікування та діагностики захворювань, лікарських препаратах та ін.

2) У необхідному обсязі не підтримується семантика медичних даних. Системи, засновані на жорстких правилах, не здатні забезпечити підтримку всього комплексу взаємопов'язаних медичних знань, необхідних для прийняття рішення і формування плану лікування пацієнта. На практиці системи демонструють ряд істотних «обмежень».

3) Ізольованість від інших медичних систем, використовуваних в клінічній практиці. Системи підтримки прийняття рішень розробляються для медичних фахівців в окремо взятій предметній області. При цьому велика частина з них застосовується ізольовано від інших медичних систем і не використовує дані пацієнтів.

4) Посередня ергономіка і зручність системи для користувача. Інтерфейс більшості систем підтримки прийняття рішень є незручним для користувача, або вимагає значного часу на введення інформації про пацієнта.

5) Відсутність промислового впровадження систем. На сьогоднішній день як в Україні так і за кордоном немає відомих систем підтримки прийняття рішень, які б широко використовувалися в клінічній практиці, що викликано, в першу чергу, високою вартістю розробки та супроводу (в тому числі актуалізації) даних систем.

6) Відсутність можливості налаштування системи для використання в іншій предметній області. Системи підтримки прийняття рішень розробляються для медичних фахівців в окремо взятій предметній області і їх неможливо адаптувати до використання в іншій області без перепрограмування.

При побудові медичних СППР необхідно враховувати наступні специфічні особливості:

– людський організм надзвичайно складна функціональна система, про яку ми все ж знаємо мало. Через нестачу інформації, медичні знання мають досить складну структуру, що ускладнює їх формалізацію;

– хвороби схильні до природної мінливості і, як правило, медичні задачі є слабоструктурованими або неструктурованими проблемами;

– не розроблені гнучкі і легко використовувані комп'ютерні методи машинного представлення медичних знань, а також відсутня формалізація процедури прийняття рішень;

– системи діагностичного кодування стають в даний час більш універсальними, але детальна номенклатура ознак і симптомів, формати для реєстрації даних, а також організація записів визначаються індивідуально;

– відсутня стандартизація в термінології, форматі, шкалах вимірювання медичних даних;

– між хворими; страждаючими; одним захворюванням багато спільного, але кожен випадок є глибоко індивідуальний;

– прийняття рішень в медицині безпосередньо пов'язане зі здоров'ям людини, тому рішення, отримані в СППР повинні бути максимально достовірними.

У медичних системах прийняття рішень, мають переважати ймовірнісно-статистичні методи, що дозволяють за допомогою довірчих інтервалів, рівнів значимості статистичних гіпотез та апостеріорних ймовірностей оцінювати достовірність отриманих рішень.

При розробці та впровадженні медичних інформаційних систем має бути застосований системний підхід, який допоможе уникнути протиріч між складністю і придатністю системи [3].

При виконанні основних етапів системного аналізу вдається уникнути надлишкової функціональності МІС, що в результаті призводить до непомірної складності розуміння системи для недосвідченого в інформаційних технологіях персоналу.

Ефективність впровадження інформаційних технологій: стримується низкою проблем [4]:

– необхідністю ручного введення первинної інформації в комп'ютер через клавіатуру. Рішення даної проблеми дозволить всі накопичені людством знання перевести в електронну форму, придатну для обробки та структуризації за допомогою комп'ютера;

– наявність мовного бар'єру. Ця проблема вирішується різними способами, наприклад, створенням дружніх інтерфейсів, розробкою багато алфавітних інтерфейсів, автоматизованим перекладом;

– невисоким рівнем розвитку мережевих технологій;

– низьким рівнем розвитку, інтелектуальних технологій; зокрема тих, що здатні підтримувати інтелектуальну діяльність людини.

Інформатизація сфер суспільної діяльності дозволить вирішити проблему відчуження, накопичення, агрегування і збереження знань [5]. Внаслідок людство отримує колективні знання, доступні будь-кому. «Колективні знання» – це феномен сучасної цивілізації.

На прикладі системи для ідентифікації ступеня тяжкості стану хворих побудова медичних СППР представлено як багатокроковий процес.

Перший етап – аналіз проблеми – включає осмислення медичної проблеми, пов'язаної з деяким захворюванням, її структуризацію, вивчення взаємозв'язку з іншими хворобами, оцінку повноти та достовірності інформації з даної проблеми, створення бази даних інформаційних ресурсів.

Другий етап – виявлення прихованих медичних знань за допомогою технологій аналізу даних. На даному етапі передбачається пошук і виявлення певних закономірностей в хаосі випадкових даних, та виділення в них сталих зв'язків. Даний етап найбільш важливий для медицини, так як в процесі лікувальної діяльності накопичуються величезні масиви даних, в яких міститься “прихована” інформація.

Третій етап – формулювання цілей і завдань – припускає визначення глобальної мети – лікування хворого від конкретного захворювання або сукупності захворювань, вироблення цілей і завдань, передбачуваних медичних заходів для досягнення глобальної мети.

Четвертий етап – визначення критеріїв – формує умови, у відповідності до яких можна зробити поділ хворих на групи однорідності по тяжкості стану.

П'ятий етап – формування безлічі альтернатив – груп однорідності хворих за ступенем тяжкості захворювання, діагнозу, видам захворювання і т. д.

Шостий етап – аналіз альтернатив – визначає належність хворого до тієї чи іншої групи однорідності. Даний етап є найбільш важливим, так як він є завершальним у процедурі підтримки прийняття лікарських рішень і полягає в оптимізації варіантів рішень (альтернатив) з вибором найкращого з безлічі згенерованих варіантів.

5. Результати дослідження

Пропонуються два напрямки в створенні МІС, найбільш доцільні з точки зору системного підходу:

– перший напрямок передбачає розробку так званих «доморощених» МІС, які створюються ІТ-

персоналом лікувального закладу спільно з медичним персоналом та еволюціонують тривалий час.

– другий напрямок передбачає поетапне впровадження комерційної МІС в ЛПУ. У міру її адаптації та освоєння медперсоналом, а також потреби в нарощуванні функціональності системи, проводиться подальша її модифікація і ускладнення за рахунок наступних етапів впровадження.

Ці системи повинні забезпечувати лікарям захист від:

– помилкових призначень взаємодіючих між собою медикаментів;

– занадто великих доз ліків;

– медикаментів, що викликають у пацієнта побічні дії;

– препаратів, протипоказаних пацієнту;

– небезпечних обстежень, що не входять в список рекомендованих для конкретного захворювання і т. д.

Крім того, в їх завдання входить нагадування лікарям про необхідність призначення пацієнту тих чи інших медикаментів і обстежень на основі аналізу інформації відповідно до певних правил.

В даний час найбільш перспективними методами побудови СППР є експертні методи, математичне моделювання, статистичні та евристичні методи. Можна умовно виділити три етапи створення експертних систем[6]:

– перший етап передбачає збір та первинну обробку інформації про хворих для медперсоналу, який безпосередньо займається лікуванням – для лікаря, консультантів, медсестер. Накопичення та обробка методів для прогнозування перебігу захворювань та можливих ускладнень

– другий етап включає автоматизацію збору та обробки інформації для її аналізу адміністрацією установи, органами охорони здоров'я та фондами медичного страхування.

– третій етап безпосередньо пов'язаний зі створенням бази знань і розробкою експертної системи, яка допоможе лікарю у виборі оптимальної стратегії і тактики лікування хворого, проаналізувавши повноту проведених діагностичних та лікувальних заходів при конкретному діагнозі.

6. Висновки

На рішення даних задач і має бути спрямоване створення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень ціллю якої є надання персоналізованої медичної допомоги пацієнтам. Це має бути система, котра будується на основі онтологій клінічних рекомендацій і комп'ютерних засобів представлення знань. Застосування онтологічного підходу для створення системи є найдоцільнішим, оскільки онтології дозволяють найбільш повно описати медичні знання, що знаходяться у клінічних рекомендаціях, поповнювати ці знання і використовувати їх в процесі прийняття рішень.

У роботі приведені аргументи за використання СППР в медичних установах, окреслені недоліки більшості існуючих систем та запропоновано підхід для усунення цих недоліків.

Література

1. Eike-Henner, W. K. E-Healthanditschallenges [Text] / W. K. Eike-Henner // Healthcare IT Management. – 2010. – Vol. 2, Issue 5. – P. 32–33.
2. Шульман, І. Медичні інформаційні системи: «аксіомаюзабіліті» [Електронний ресурс] / І. Шульман. – Режим доступу: <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=73462>
3. Халафяна, А. А. Сучасністатистичніметодимедичнихдосліджень [Текст] / А. А. Халафяна. – М.: ЛКІ (URSS), 2008. – 316 с.
4. Дік, В. В. Методологіяформуваннярішень в інформаційних системах та інструментальнісередовищаїхпідтримки [Текст] / В. В. Дік. – М.: Фінанси і статистика, 2001. – 297 с.
5. Тезиконференції 3-го Міжнародного форуму «MedSoft-2006» [Текст] / М., 2006.
6. Сіманков, В. С. Системнийпідхід до розробки медичних систем підтримкиприйняттярішень [Текст] / В. С. Сіманков, А. А. Халафян // Новини вищихнавчаль-

нихзакладів. Північнокавказський регіон. Технічні науки. – 2010. – № 1. – С. 29–36.

References

1. Eike-Henner, W. K. (2010). E-Health and its challenges. Healthcare IT Management, 2 (5), 32–33.
2. Shulman, I. Medical Information Systems "axiom of usability". Available at: <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=73462>
3. Khalafyan, A. (2008). Modern statistical methods for medical research. Moscow: LKI (URSS), 316.
4. Dick, V. (2001). The Methodology of forming solutions in information systems and tools to support them. Moscow: Finances and Statistics, 297.
5. Abstracts of the 3rd conference of International Forum «MedSoft- 2006» (2006). Moscow.
6. Symankov, V. S., Khalafyan, A. A. (2010). Systemic approach for development of medical support system solutions. Proceedings of the higher educational institutions. Severokavkazskyy region. Technical science, 1, 29–30.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, професор Лисенко О. І.
Дата надходження рукопису 20.05.2015*

Антонова-Рафі Юлія Валеріївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра біобезпеки і здоров'я людини, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

E-mail: unes04@mail.ru

Московський Владислав Ігорович, кафедра біобезпеки і здоров'я людини, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

E-mail: im-91@mail.ru

УДК519.173, 519.173, 656.022

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.44381

ТОПОЛОГІЧНА ЕВРИСТИКА В РОЗВ'ЯЗАННІ ПРОБЛЕМИ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ (VRP)

© І. М. Найдюнов

Роботу присвячено створенню математичної моделі топології дорожньої мережі для розв'язання задач маршрутизації транспортних засобів. Пропонується евристика «ядер і хвостів» як спосіб зниження розмірності і композиції топологічно обґрунтованих наборів точок в єдину групу. У статті розкрито 4 етапи побудови моделі. Визначено перспективи подальшого вдосконалення алгоритму з переходом до паралельного наповнення маршрутів

Ключові слова: маршрутизація, VRP, кластерна маршрутизація, CluVRP, задача комівояжера, евристики, топологія, теорія графів, «ядра і хвости»

The creation of a mathematical model of the topology of the road network to solve vehicle routing problem (VRP) is presented in the paper. We propose heuristic of "cores and tails" as a way to reduce the dimensions and to compose topological-based sets of points into a single group. It is described four stages of creating a model. The prospects of further improvement of the algorithm with the transition to parallel filling routes are outlined

Keywords: routing, VRP, cluster routing, CluVRP, traveling salesman problem, heuristics, topology, graph theory, "cores and tails"

1. Вступ

На сьогоднішній день, в умовах глобального дефіциту природних ресурсів і ситуативного підвищення цін на паливо, як ніколи актуальна проблема скорочення витрат на транспортну логістику. Для досягнення цієї мети пропонується цілий комплекс заходів організації робочого процесу, моніторингу, планування та мотивації персоналу, але ключовим з

цієї низки є автоматична побудова оптимальних маршрутів транспортних засобів.

У реальних практичних задачах вхідні умови набагато складніші, ніж в класичній проблемі комівояжера [1] – це в першу чергу розподілення задачі на наявні транспортні засоби (VRP [2]), врахування максимального об'єму та ваги транспортного засобу (CVRP [3]), дозволених часових вікон