

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ЛІКУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ

\*Національний університет "Львівська політехніка", Київ, Україна

\*\*Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Київ, Україна

---

**Анотація.** Дана стаття висвітлює етапи моделювання, визначення методу та механізму проектування лікувальних систем прийняття рішень, що дає змогу підвищити ефективність виконання поставлених завдань при розробці систем такого типу.

**Ключові слова:** проектування систем прийняття рішень, модель, лікувальні експертні системи, складно-формалізовані задачі.

**Аннотация.** Данная статья освещает этапы моделирования, определения метода и механизма проектирования лечебных систем принятия решений, что позволяет повысить эффективность выполнения поставленных задач при разработке систем такого типа.

**Ключевые слова:** проектирование систем принятия решений, модель, лечебные экспертные системы, сложно-формализованные задачи.

**Abstract.** This article highlights the stages of modeling, method identification and mechanism designing of medical decision support systems, which allows increasing the efficiency to perform the tasks in the systems development of this type.

**Keywords:** decision support systems designing, model, medical expert system, difficult formalized problems.

### 1. Вступ

Проблема діагностики стану складних систем, що характеризуються великою кількістю контрольованих параметрів і можливих станів, є однією з центральних у багатьох галузях людської діяльності. Особливого значення ця проблема набуває у тих випадках, коли відсутність своєчасного та ефективного оцінювання стану об'єкта призводить до небажаних наслідків. Це, перш за все, стосується складних технічних систем, а також систем діагностики та лікування стану здоров'я людини. Оскільки прийняття рішень є результатом опрацювання певної інформації про пацієнта й базується на використанні накопичених знань, можна очікувати, що комп'ютерні системи штучного інтелекту й системи підтримки прийняття рішень здатні допомогти лікареві у розв'язанні завдань діагностики та вибору лікувальної тактики [1, 2].

### 2. Постановка задачі та її актуальність

Метою роботи є висвітлення етапів моделювання, визначення методу та механізму проектування лікувальних систем прийняття рішень, що дає змогу підвищити ефективність виконання поставлених завдань при розробці систем такого типу. На даний час медичні інтелектуальні інформаційні системи реалізуються як пошукові медичні бази даних, забезпечені «інтелектуальними мережами», що не лише вдосконалює роботу лікаря й сприяє дослідженню широкого спектра фармакологічної продукції. Медичні інформаційні технології з теоретичної й ексклюзивної площини сьогодні впритул наблизилися до медичної практики. Це спонукало дослідників з питань моделювання системи підтримки лікувальних рішень (СПЛР) розробляти нові методи швидкого вирішення актуальних медичних задач, внаслідок чого підвищився б рівень інтелектуальної підтримки сучасного лікаря-фахівця. Вчені, що займалися даною проблемою, це Черноруцький І.Г., Ларичев О.І., Дюран Б., Оделл П., Мандель І.Д., Дюк В.А., Коршевнік Л.О. та ін.

У процесі моделювання та побудови інформаційних систем (ІС) використовується поняття моделі предметної області, яка на основі системи знань забезпечує автоматичний вибір оптимального алгоритму розв'язку задачі.

Лікувальні ІС, що розробляються за допомогою математичного та програмного за-

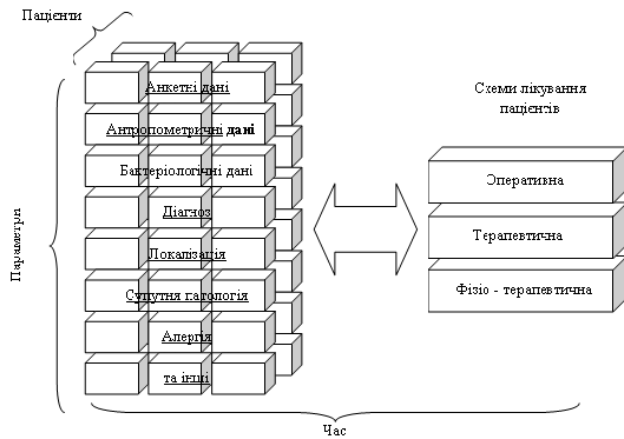


Рис. 1. Інформаційна модель лікувальної ІС

безпечення, є системою штучного інтелекту. На сьогодні практично не існує аналогів СПЛР, які давали б практичному лікарю-фахівцю структуровані терапевтичні схеми медикаментозного призначення для лікування різних патологій. Складність полягає у створенні інформаційної моделі представлення знань даної предметної області, яка вимагає знань кваліфікованого експерта в даній області. Внаслідок цього, лікувальні ІС дають потенційну платформу для подальших досліджень та опрацювань [3, 4]. На рис. 1 представлена інформаційна модель лікувальної ІС.

### 3. Аналіз методів прийняття лікувальних рішень

Поширення ускладнених форм захворювань обумовлює створення сучасних медичних засобів, спрямованих на підвищення ефективності методів підбору схем діагностування та лікування пацієнтів на підставі опрацьованих початкових параметрів. Побудова баз знань та правил виводу в експертних системах (ЕС), які базуються на міркуваннях експертів у конкретній предметній області, носить складний характер їхньої формалізації, що саме і представляє основну цінність. Втілення ідеї методів при розгляді СПЛР дало можливість ретельно проаналізувати їхні переваги та недоліки.

Ряд опрацьованих схем мають достатньо переваг:

- вдається накопичувати інформацію, що надходить із різних джерел, з метою підтвердження або непідтвердження певної гіпотези (байєсовий підхід);
- універсальність і простота (ієрархічні агломеративні методи);
- висока точність і стабільність (апріорний метод);
- спрощує процес підтвердження факту (метод зворотного виводу);
- створює ефект більш “уважного” відношення ЕС до предмета експертизи (алгоритм логічного виводу).

Недоліки методів дають можливість проаналізувати ефективність їхнього застосування, а саме:

- при розгляді більше одного параметра принципова схема роботи ЕС ускладнюється та з'являється показник невизначеності (байєсовий підхід);
- великі затрати обчислювальних ресурсів (ієрархічні агломеративні методи);
- невіддале початкове розбиття не може бути змінене на наступних кроках (ієрархічні агломеративні методи);
- працюють лише з бінарними ознаками об'єктів (апріорний метод);
- «не знаходять» асоціативних залежностей з малою підтримкою (апріорний метод);
- при присутності факту невизначеності пошук оптимального результату ускладнюється (метод зворотного виводу);
- при неоднозначності результатів виникає багато альтернативних рішень, що ускладнюють проведення ефективного лікування пацієнта (алгоритм логічного виводу).

Отже, для вирішення задач медичної діагностики та лікування доцільно використовувати методи теорії нечіткої логіки, які реалізуються на прикладі, в даному випадку, експертних систем [4].

На даний час дослідження в галузі підтримки прийняття лікувальних рішень ведуться, але сучасні СПЛР не забезпечують виконання повного обсягу поставлених завдань для реалізації процесу підбору оптимальної та індивідуальної схем призначення лікування пацієнтів із різними типами захворювань.

Тому основними задачами, що виникають при моделюванні інформаційних медичних систем, є [5]:

- узагальнення методів представлення складно-формалізованих даних та забезпечення коректного вирішення задач у предметних областях медицини;
- розроблення моделі та методів функціонування лікувальної ІС;
- розроблення алгоритмів підбору найоптимальнішого механізму лікувальних фармацевтичних схем;
- розробка системи підтримки лікувальних рішень, які поєднують переваги традиційних методів подання експертних знань;
- впровадження прототипу лікувальної системи в медичному закладі та апробація результатів роботи розроблених алгоритмів.

#### 4. Формальна модель лікувальної експертної системи

Особливості проектування ЕС вимагають введення формальної моделі СПЛР. Для формалізованого представлення лікувальної експертної системи (ЛЕС), задачею якої є підбір найоптимальнішого механізму лікувальної фармацевтичної схеми, за основу береться структурна модель продукційної ЕС, яку зазвичай використовують для вирішення такого класу задач.

База знань у відповідності зі структурною схемою ЕС полягає в підборі певної множини правил  $P$  [6]. Усі правила, керуючись механізмом виводу продукційної ЕС, можна відобразити у вигляді підмножин правил:

$$P: \Psi \rightarrow \Omega,$$

де  $\Omega$  – схема лікування,  $\Psi$  – множина чітких та нечітких параметрів пацієнта.

Прикладом фактів є нечіткі параметри: бактеріальна флора, локалізація запального процесу, анатомічна локалізація, супутня патологія та ін.

Прикладом правил є підбір препаратів на основі вибраних чітких та нечітких параметрів.

Із запропонованої формальної моделі ЛЕС виходить, що ЛЕС – кортеж даних:

$$LS = \langle S, A, P, Z, G, gf, ge, F, K \rangle,$$

де  $Z$  – множина всіх можливих вихідних даних,  $G$  – кінцева множина станів діалогової системи,  $gf$  – початковий стан системи, де  $gf \in G$ ,  $ge$  – кінцевий стан системи, де  $ge \in G$ ,  $F$  – множина процедур прийняття рішень,  $P$  – множина правил,  $K$  – персоналізована схема лікування,  $A$  – множина чітких даних,  $S$  – множина нечітких даних, яка складається з двох підмножин  $S_1$  та  $S_0$ :

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

де  $S_1$  будемо вважати множиною констатованих параметрів, та  $S_0$  – множина непомічених параметрів.

Правила  $\Psi \rightarrow \Omega$  інтерпретуються за допомогою конструкції

## ЯКЩО $\Psi$ , ТОДІ $\Omega$ ,

Отже, механізм виводу слідує такій послідовності: виконується правило, ліва частина якого  $\Psi$  співставляється з існуючими параметрами у множині  $S_1$  і набуває істини. В результаті множина  $S_1$  поповнюється за рахунок фактів, що констатуються у правій частині продукції  $\Omega$ . Це породжує ланцюг виводів проміжних та остаточних рішень [1, 6].

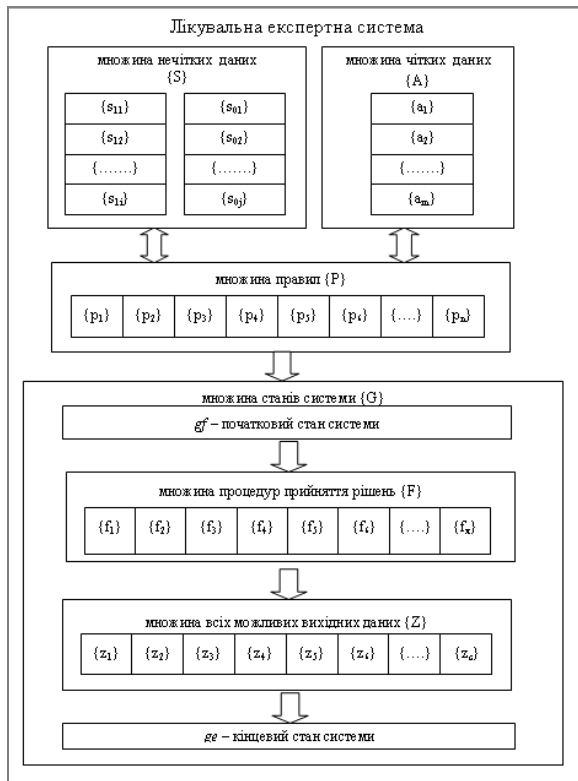


Рис. 2. Концептуальна модель підбору терапевтичної схеми лікування в ЛЕС

### 5. Концептуальна модель лікувальної експертної системи

На основі формулювання математичної моделі ЛЕС була створена концептуальна модель, яка представляє змістовний опис механізму підбору терапевтичної схеми лікування хворих (рис. 2).

У даній схемі до множини чітких даних (A) входять параметри, що характеризують особливості певного лікарського засобу, які можна вважати сталими величинами. Розглядаючи множину нечітких даних (S), можна стверджувати, що вони взаємозалежні, так як множина S складається з двох підмножин  $S_0$  та  $S_1$ . При наявності даних підмножини  $S_1$  формуються дані підмножини  $S_0$ .

Запропонована концептуальна модель дозволяє оптимізувати процес реалізації в залежності від поширення, характеру диференціювання процесу і таким чином забезпечити підвищення ефективності лікування хворих: зменшення частоти повторів захворювання, скорочення тривалості періоду лікування [1].

### 6. Математична модель скінченного автомата на прикладі СПЛР

Поняття скінченного автомата (СА) було запропоновано як математична модель (ММ) технічних приладів дискретної дії, оскільки будь-який такий пристрій (в силу скінченності своїх розмірів) може мати тільки скінченну кількість станів ММ [7].

Якщо відношення задаються аналітично, то їх можна розв'язати в замкнутому вигляді (явно) відносно шуканих змінних як функції від параметрів моделі або в частково замкнутому вигляді (неявно), коли шукані змінні залежать від одного або багатьох параметрів моделі. До моделей цього класу належать диференційні, інтегральні, різницеві рівняння, ймовірнісні моделі, моделі математичного програмування та ін.

Базуючись на розробленій моделі ЛЕС, можна формалізувати систему підтримки лікувальних рішень у вигляді СА, який характеризується шістьма елементами. Це дасть змогу в подальшому визначити стан хворого протягом лікування у кожний момент часу та призначити стандартні схеми лікування при врахуванні індивідуальних особливостей пацієнта.

$$MLC_2 = \langle G, \Psi, Z, \alpha, \beta, g_0 \rangle,$$

де  $G$  – скінченна множина внутрішніх станів (внутрішній алфавіт або алфавіт станів);  
 $\Psi$  – скінченна множина вхідних сигналів (вхідний алфавіт);  
 $Z$  – скінченна множина вихідних сигналів (вихідний алфавіт);  
 $g_0$  – початковий стан,  $g_0 \in G$ ;  
 $\alpha$  – функція переходів;  
 $\beta$  – функція виходів.

$$\alpha: G \times \Psi \rightarrow G,$$

$$\beta: G \times \Psi \rightarrow Z,$$

де  $\alpha(g, \psi)$  та  $\beta(g, \psi)$  – однозначні функції, тобто автомат відноситься до класу детермінованих. У детермінованих автоматах кожен стан має лише один перехід для кожного входу. В недетермінованих автоматах вхід може призвести до одного, більше, ніж одного або зовсім без переходу для даного стану. Ця різниця важлива на практиці, але не в теорії, через існування алгоритму трансформації будь-якого недетермінованого СА в більш складний детермінований СА з однаковою функціональністю [3, 4].

При вирішенні задач прийняття лікувальних рішень мінімізують кількість станів автомата для роботи згідно з заданим алгоритмом, зокрема, такий автомат називають абстрактним (рис. 3).

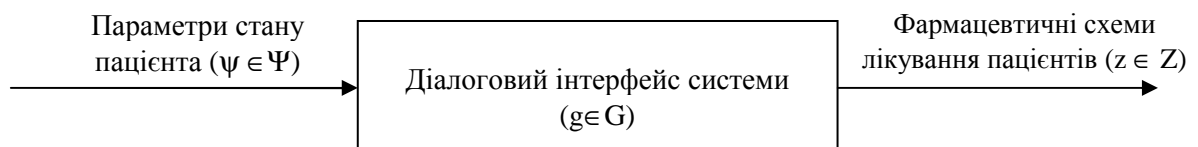


Рис. 3. Схема абстрактного автомата ЛЕС

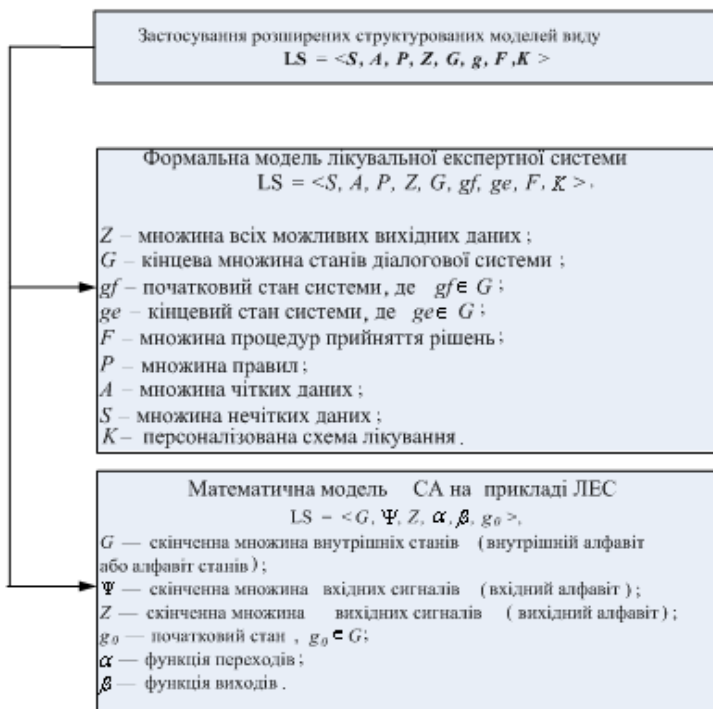


Рис. 4. Узагальнена схема моделювання СППЛР

Пропонуємо узагальнену схему моделювання системи підтримки прийняття лікувальних рішень (СППЛР) на основі розширених структурованих моделей (рис. 4).

## 7. Дерево рішень системи підтримки лікувальних рішень

Одним із способів оцінювання та опрацювання медичної інформації є застосування методу дерева цілей, який орієнтований на одержання повної і відносно стійкої структури цілей, проблем, функцій, напрямків. Дерева рішень є одним із найпопулярніших підходів до розв'язання задач Data Mining. Цілі випливають із об'єктивних потреб і мають ієрархічний характер. Цілі верхнього рівня не можуть бути досягнуті, поки не досягнуті цілі найближчого ниж-

нього рівня. В міру переміщення вниз рівнями ієрархії цілі конкретизуються [8, 9].

Найбільш визнаним підходом до прийняття медичних рішень є дотримання процедури виконання обов'язкових дій:

- розпізнавання проблеми;
- встановлення цілей розв'язання проблеми;
- вивчення проблеми за допомогою збирання та опрацювання інформації, результатів аналізів, огляду хворого, медичної картки;
- обґрунтування альтернативних дій;
- порівняння та відбір альтернатив;
- формулювання та видавання рішень.

Побудова дерева рішень ЕС при використанні цього підходу зумовлена зображенням послідовності питань, що задаються лікарем при вирішенні проблеми підбору лікування.

Програма здійснює перехід від питання до питання до тих пір, поки не буде знайдено рішення або вичерпані можливі переходи. Недоліком такого підходу можна вважати таке:

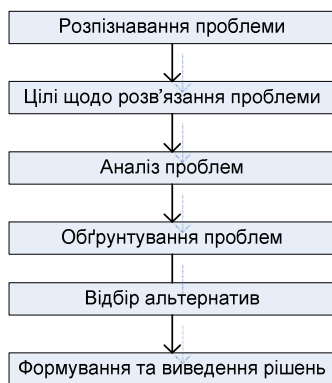


Рис. 5. Основні етапи процесу прийняття медичних рішень

– при спробі побудувати подібні дерева для вирішення складних медичних завдань кількість вершин і розгалужень стає настільки великою, що аналіз логічного дерева виявляється вкрай складним;

– найменші зміни, що вносяться до логіки програми, призводять до необхідності будувати дерево заново і перепрограмувати всю задачу.

У той же час такий підхід вкрай зручний, тому що дозволяє представити у програмі логіку складання послідовності питань лікарем при вирішенні лікувальної задачі збору анамнезу у клінічних умовах. Цей підхід дозволяє імітувати процес прийняття рішення лікарем при підборі схеми лікування. На рис. 5 зображено послідовність виконання основних етапів процесу прийняття медичних рішень.

Пропонуємо візуалізацію процесу прийняття рішень при підборі найоптимальнішої схеми лікування пацієнта, де множини продукцій та вихідних даних організовані в деяку систему, представлену у вигляді дерева рішень.

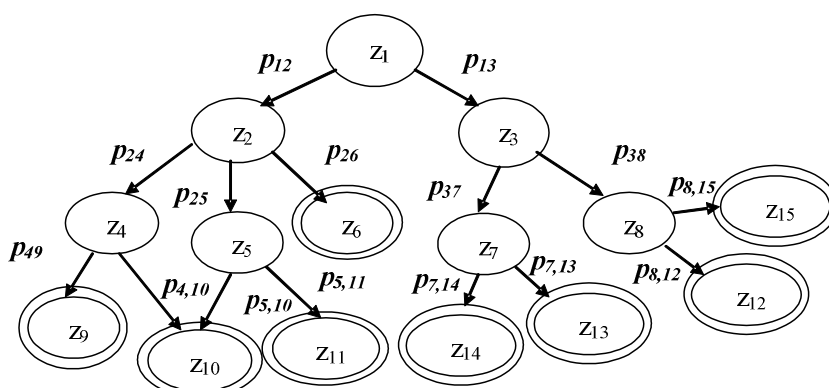


Рис. 6. Дерево прийняття рішень при підборі терапевтичних схем лікування

Фрагмент такого дерева підбору терапевтичних схем лікування з вершинами – препаратами  $z_1, z_2, \dots, z_{12}$  представлений на рис. 6.

Пропонуємо власний підхід побудови дерев прийняття лікувальних рішень, який орієнтує механізм опрацювання складно-формалізованих даних медичної діагностики при визначенні оптимальної схеми лікування хворих.

I. Якщо вершині дерева прийняття медичних рішень поставлена у відповідність  $Z$  – множина препаратів і кожен з них визначає  $a \in A$ , то ця вершина є листком дерева.

II. Якщо для певної вершини етап I не виконується, то розглядається множина нечітких параметрів  $S$ . Поточна вершина –  $G$ . Якщо  $S \neq \emptyset$ , то  $Z = Z - S_{14}$ ;  $S = S - s$ .

Розрахунок оціночної функції  $v$  для кожного  $s$ . Для кожного  $v \in V_G$ :

- утворюють дуги, інцидентні  $G$ , та позначають кожну значенням  $v$ ;
- для кожної дуги створюється термінальна вершина;
- з утворених термінальних вершин обираємо вершину з  $\max(V_G)$ ;
- множина  $A$  вершини  $G$  розбивається на підмножини за значеннями  $a_s$ ;
- кожній термінальній вершині ставиться у відповідність одна з підмножин чітких параметрів хворого, утворених у вершині  $G$ , всі елементи якої мають однакові значення  $v$ .

III. Якщо  $S_{14} = \emptyset$  на етапі 2, тоді до вершини, яка повинна стати листком, застосовуються продукційні правила  $F$ , які враховують елементи множини препаратів  $Z$ , множини чітких та нечітких параметрів  $\Psi$  пацієнта та ідентифікують персоналізовану схему лікування  $K$ .

Отже, кожна внутрішня вершина є коренем піддерева, якому відповідають всі 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 та однакові значення атрибута прийняття рішень.



Рис. 7. Фактори впливу на СПЛР

## 8. Структура системи підтримки прийняття лікувальних рішень

Кваліфіковано розроблена система підтримки прийняття рішень повинна забезпечувати виконання пріоритетних вимог щодо керування даними, які визначають її практичну доцільність та ефективність. Фактори впливу на СПЛР представлені на рис. 7.

Повний контроль над базою знань забезпечується дотриманням визначених правил безпеки, які будуть пе-

реверіятися при спробі доступу до даних. Для різних типів доступу (вибірки, вставки, видалення й т.д.) і різних частин бази знань встановлюються різні правила [8, 9].

При роботі системи підтримки лікувальних рішень використовують фактичні знання, що повідомляються ЕС експертом у процесі діалогу і відображають погляди людини щодо інтерпретації даних на момент роботи. Процедурні знання тісно пов'язані з фактичним накопиченим досвідом, на основі якого відпрацьовувались правила, що регламентують поведінку системи. Знання, на основі яких здійснюють керування, дають змогу підбрати найкращу стратегію у роботі системи. Аналітична частина СПЛР у вигляді системи запитань являє собою алгоритми, побудовані на виразах «якщо – то», логічних описах у відповідних модулях.

Система функціонує в циклічному режимі: вибір (запит) вхідних даних, спостереження, інтерпретація результатів, засвоєння нової інформації, висування за допомогою правил тимчасових гіпотез і після цього вибір наступної сукупності даних. Для реалізації інтеграції даних з різнотипних джерел використано службу інтеграції SQL (рис. 8), яка надає гнучку і масштабовану архітектуру, що забезпечує ефективну інтеграцію даних.

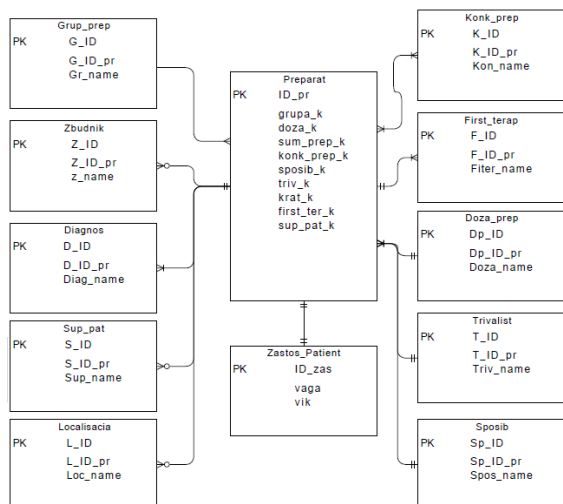


Рис. 8. Схема даних вхідних та вихідних параметрів СППЛР

Цілісність даних досягається збереженням правильності й точності даних у базі знань. Для збалансування суперечливих вимог, знаючи загальні вимоги всього об'єкта, необхідно структурувати базу знань таким чином, щоб обслуговування в цілому було кращим. Для цього застосовують відкриті медичні онтології (Suggested Ontology for Pharmacogenomics, Symptom Ontology, NCI Thesaurus, Ontology of Medically Related Social Entities, Ontology for General Medical Science), що містять всеохоплюючу ієрархічну інформацію про діагностику та лікування захворювання, представляють собою область знань в охороні здоров'я, фармакогеноміці та ін. [10].

Архітектура пропонованої СППЛР складається із модулів, що забезпечують повноцінне та якісне її функціонування, а саме: МІС – модуль інтерфейсу системи, БОЗ – база онтологічних знань, МОБЗ – модуль оновлення бази знань, БП – блок пояснень, МЛВ – модуль логічного висновку, МПР – модуль прийняття рішень, МА-MLC<sub>2</sub> – модуль автомата MLC<sub>2</sub> (рис. 9).

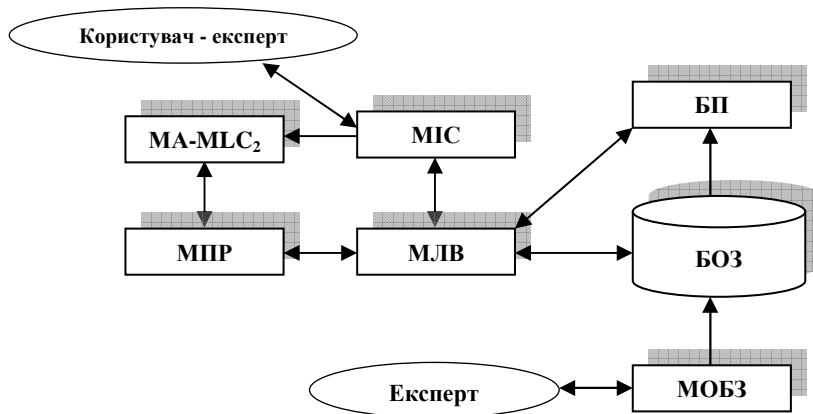


Рис. 9. Архітектура СППЛР

служить для роз'яснення причин, за якими СППЛР пропонує застосувати ту або іншу альтернативну схему лікування з урахуванням вхідних даних стану хворого. Дана процедура використовується для зняття сумнівів у користувача-експерта, що приймає остаточне рішення. За допомогою модуля МА-MLC<sub>2</sub> проводиться опис шляху зміни обраної терапевтичної схеми в залежності від стану хворого та інформації про стани системи в певний період часу. У модулі МПР виконується аналіз даних, що надходять з МА-MLC<sub>2</sub>, та прийняття рішень щодо вибору найоптимальнішої схеми лікування із застосуванням дерев рішень.

У наведеній архітектурі СППЛР модуль МОБЗ служить для отримання експертних даних, їх структуризації і поповнення існуючої БОЗ. Модуль МІС служить для обміну інформацією між користувачем та СППЛР. Модуль МЛВ використовується для опрацювання отриманих даних та видачі рекомендацій користувачу-експерту. Модуль БП

## 9. Висновки

Сучасна конкурентоздатність залежить від можливостей доступу, обробки та аналізу інформації. При кваліфікованому опрацюванні інформації виникає проблема неефективності існуючих алгоритмів методів аналізу даних. Найчастіше аналітики стикаються з ситуацією, коли важко зробити які-небудь чіткі припущення щодо досліджуваної задачі. У даній статті запропонована концептуальна модель, що дає змогу оптимізувати вибір терапевтич-



ного лікування в залежності від характеру захворювання та забезпечити підвищення ефективності лікування хворих внаслідок зменшення частоти повторів захворювання, скорочення тривалості періоду лікування. Формалізовано модель СПЛР на основі концепції теорії автомата Мілі, що підтверджує існування функції вихідних сигналів, яка залежить від множини станів системи та вхідних сигналів, тобто параметрів пацієнта. На підставі цього стверджуємо, що процес призначення лікування є особливим видом автомата – абстракції при використанні опису шляху зміни стану об'єкта (хворого) в залежності від досягнутого стану та інформації отриманої ззовні. Наведений алгоритм прийняття медичних рішень, що формалізує процес призначення лікування хворих з різною патологією. На основі цього описана система організації роботи системи підтримки прийняття лікувальних рішень, у результаті чого лікар-експерт на базі проведеного аналізу множини параметрів отримує найоптимальнішу схему лікування. Отже, проектування систем підтримки лікувальних рішень дає пересічному лікарю-фахівцю можливість підвищити рівень кваліфікованої медичної допомоги та ефективність вибору медикаментозної терапії при лікуванні різного типу патології у пацієнтів. Все ж відповідальність та прийняття рішення залишається за лікарем, але інформаційні системи є важливими елементами системи охорони здоров'я, що сприяють підвищенню швидкості та якості отримання медичної інформації.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мельникова Н.І. Моделювання експертних систем призначення лікування / Н.І. Мельникова // *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. – 2012. – № 1. – С. 63 – 70.
2. Шаховська Н.Б. Аналіз методів підтримки прийняття рішень у лікувальних системах / Н.Б. Шаховська, Н.І. Мельникова // *Математичні машини і системи*. – 2011. – № 2. – С. 62 – 72.
3. Мельникова Н.І. Застосування дерев рішень при проектуванні лікувальної експертної системи / Н.І. Мельникова, Н.Б. Шаховська // *Складні системи і процеси*. – 2012. – № 1. – С. 38 – 47.
4. Мельникова Н.І. Аналіз стану програмного забезпечення в медицині / Н.І. Мельникова, Н.Б. Шаховська // *Вісник НУ "Львівська політехніка"*. – 2010. – № 673. – С. 146 – 153.
5. Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Проектирование экспертных систем на основе системного моделирования / Г.Г. Куликов, А.Н. Набатов, А.В. Речкалов [и др.]. – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 1999. – 223 с.
6. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений / Черноруцкий И.Г. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 416 с.
7. Rough Sets: A Tutorial / J. Komorowski, P. Pawlak [et al.]; eds. S.K. Pal, A. Skowron // *Rough Fuzzy Hybridization: A New Trend in Decision-Making*. – Singapore: Springer-Verlag, 1998. – P. 3 – 98.
8. Czichosz P. Systemy ucząca się / Czichosz P. – Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2000.
9. Прикладная теория цифровых автоматов / К.Г. Самофалов, А.М. Романкевич, В.Н. Валуйский [и др.]. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1987. – 375 с.
10. Клещёв А.С. Модель онтологии предметной области «медицинская диагностика». Ч. 2: Формальное описание причинно-следственных связей, причин значений признаков и причин заболеваний / А.С. Клещёв, Ф.М. Москаленко, М.Ю. Черняховская // *НТИ. Сер. 2*. – 2006. – № 2. – С. 19 – 30.

*Стаття надійшла до редакції 04.03.2013*