

УДК 681.3.07

ГНАТОВСЬКА Ю.О.

## **РОЗРОБКА МЕДИЧНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ**

*Стаття являє собою опис розробки медичних діагностичних систем реального часу. Найбільша увага приділяється моделі дошки об'яв з трирівневою структурою. Крім того, проведений огляд існуючих систем даного типу та розглядається можливість застосування BB-моделі експертної системи в медичній діагностиці.*

*This paper describes the development of an expert system shell for the building real time diagnostically system. A rule-based system, based on the model three-stage blackboard (BB). Besides the review of existing systems of the given type has been investigated and the potential usage BB-model of an expert system in medical diagnostic is considered.*

Прогресивний розвиток медичної науки і практики став можливим завдяки впровадженню сучасної комп'ютерної техніки. Персональні комп'ютери значною мірою організовують і вдосконалюють роботу лікаря, сприяють систематизації медичної інформації і розробці нових технологій у діагностичному і лікувальному процесах, організації діяльності медичних установ. Використання персональних комп'ютерів надає додаткові можливості в отриманні та передачі медичної інформації.

Сучасна медична наука виходить з уявлення діагностично-лікувального процесу як неперервного процесу керування, що відбувається в складній багатофакторній системі, яка динамічно розвивається. Медична діагностика, тобто процес розпізнавання типу захворювання, є одним з найбільш інтелектуальних і одночасно одним з найбільш складних видів лікарської діяльності. Це обумовлено наявністю значної кількості різномірних параметрів, що характеризують стан хворого та впливають на діагноз, а також труднощами побудови аналітичних моделей, що зв'язують значення цих параметрів з типом відповідного діагнозу. Сьогодні інтерес до інтелектуальних інформаційних компонентів у медицині постійно зростає. Найбільш відомими з інтелектуальних програм є програми, що використовують формалізовані емпіричні знання висококваліфікованих фахівців (експертів) у будь-якій вузькій предметній галузі, це експертні системи (ЕС). Одним з основних напрямків застосування експертних систем є завдання медичної діагностики. Основною особливістю діагностичних експертних систем є швидкість одержання правильного діагностуючого рішення. Для цих цілей існують спеціальні архітектури експертних систем, що поєднують програмні й апаратні засоби – експертні системи реального часу (ЕСРЧ) [1].

Розробка експертних систем реального часу викликає дуже великий інтерес і є актуальною проблемою. Це пояснюється тим, що швидкість виконання – тільки один з

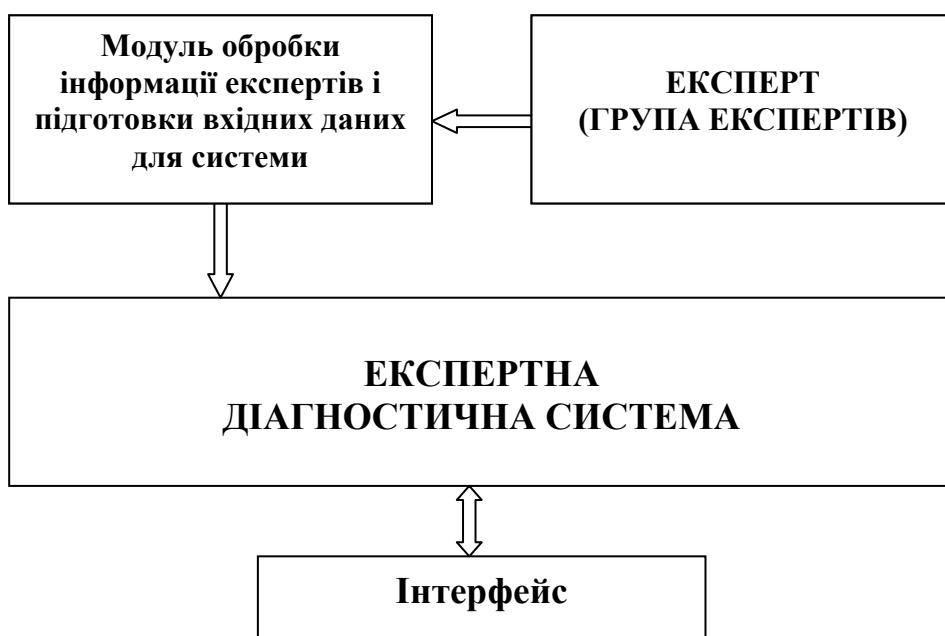
розглянутих аспектів при проектуванні ефективної експертної системи реального часу [2, 3]. Серед інших позитивних аспектів можна відзначити:

- здатність системи робити тимчасові обґрунтування, переривання;
- розподіляти пріоритети для даних;
- переборювати сумнівність даних і зосереджувати увагу на поточній ситуації.

Крім того, час обчислення, необхідний системі, повинен бути передбачуваним, а сама експертна система повинна мати зв'язок з іншими експертними системами. Однак для створення проблемно-орієнтовних експертних систем необхідний тривалий час. Рішенням задачі швидкої розробки експертних систем було б створення універсального інструментального середовища для розробки експертних систем, на основі системи моделей або архітектури, придатної для рішення різних задач.

Найбільш придатною для побудови універсального середовища розробки експертних систем реального часу є модель дошки об'яв (*blackboard*) [4,5,6]. У даній статті розглядаються основні особливості розробки інструментального середовища для створення ЕС на основі архітектури.

На рис. 1 представлена архітектура діагностичної системи реального часу.



**Рис. 1. Архітектура діагностичної системи реального часу**

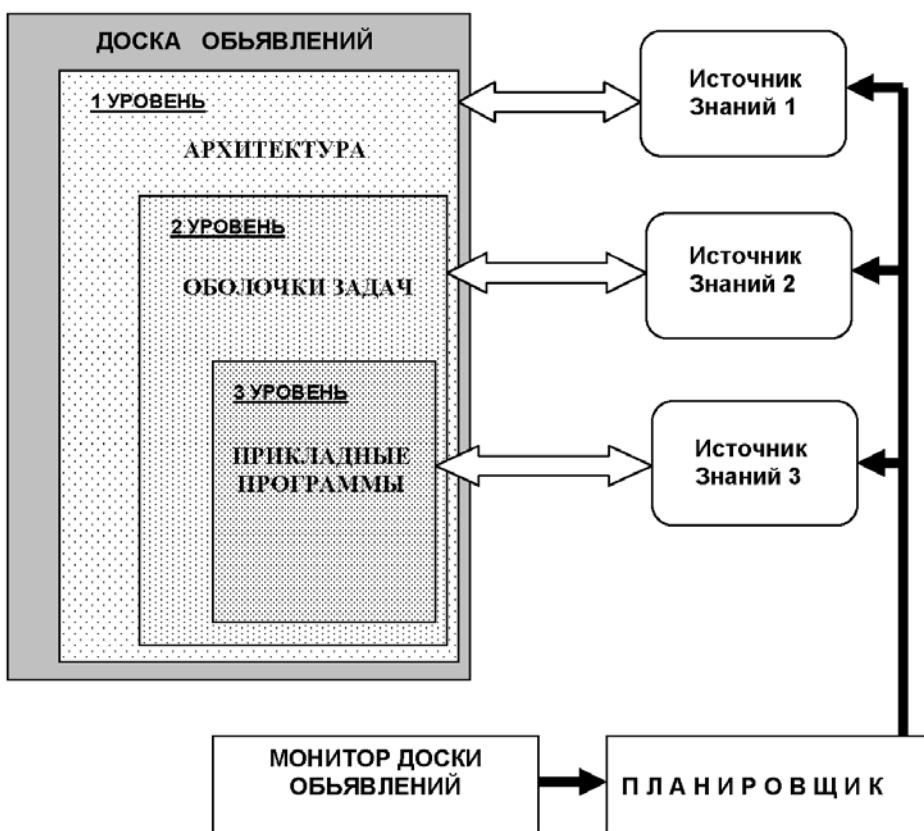
Інформація від експерта або групи експертів надходить у програмний модуль підготовки вхідних даних для експертної системи, після цього оброблені й підготовлені дані передаються в експертну систему. За допомогою інтерфейсу відображаються результати діагностування і здійснюється керування процесом обробки даних. Також за допомогою інтерфейсу здійснюється друк результатів і передача даних.

Для створення експертних медичних діагностичних систем реального часу найбільш прийнятною є модель дошки оголошень із трирівневою структурою [4, 6]. Система розділена на три рівні – прикладні програми, оболонки завдань й архітектури, які інтегровані між собою (рис. 2).

На рівні архітектури представляються базові структури знань (дії, події, стани) і механізм, що служить для відбору й реалізації дій. Цей вид знань є незалежним від предметної області й від методів вирішення завдань. Архітектура розроблюванальної

системи забезпечує рішення різноманітних завдань діагностики, незалежно від типу завдання й проблеми в цілому.

На рівні оболонок завдань представляються проміжні структури знань про дії й події, що стосуються певного завдання, наприклад про несправності в об'єкті, що тестиється, або про рішення, яке задовольняє певним обмеженням. Методи, які представляються на цьому рівні, є загальними для діагностичних задач. На прикладному рівні перебувають знання про конкретні ситуації для певних об'єктів і методи рішення конкретних задач. Кожний з рівнів має своє джерело знань, необхідне для генерації, комбінування й розвитку гіпотез, розташованих на дощі об'яв.



**Рис. 2. Структурна схема інструментальної середи для розробки ЕС**

Кожен рівень може мати певна кількість джерел знань (експертів), пов'язаних між собою різними відносинами. У системі є планувальник, що ініціює виконання тіла джерела знань. Сеанс виконання неподільний і не може бути перерваний для виконання іншого джерела знань.

При розробці конкретної експертної системи необхідно самостійно розробляти процедуру для планувальника. Процедура планувальника викликається системою після запуску. Процедура витягує знання з черги, організованої у відповідному джерелі знань, і запускає його на виконання. Якщо черга порожня, то планувальник завершує роботу системи.

Монітор дошки об'яв призначений для того, щоб управляти поряд із планувальником запуском джерела знань, а також контролювати загальний стан системи.

Отже, проведемо аналіз існуючих на сьогоднішній день систем цього типу й меж їхнього застосування.

Архітектура на основі дошки оголошень була створена з розробленої наприкінці 70-х років системи розпізнавання мови **HEARSAY** [8]. Незабаром була створена нова система **HEARSAY-II**. Для генерації, комбінування й розвитку гіпотез інтерпретації в системі HEARSAY-II використовується декілька джерел знань. Створені гіпотези (інтерпретації) різного рівня абстракції зберігаються на дошці оголошень. Найголовніша відмінність архітектури з дошкою оголошень від розглянутої раніше полягає в тому, що така система не диктує проектиувальникам певний режим керування знаннями в системі, наприклад спадну або висхідну стратегію побудови міркувань. Яке джерело знань буде активізоване, визначається монітором і планувальником системи, а це рішення можна зробити або незалежним від предметної області, тобто від відповідних джерел знань, або залежним від них.

Система **HEARSAY-III** – це оболонка системи з дошкою оголошень, створена на базі HEARSAY-II так само, як оболонка продукційної системи EMYCIN була створена на базі MYCIN. У структуру HEARSAY-III, крім джерел знань і дошки оголошень, включена ще й реляційна база даних, за допомогою якої виконується обслуговування об'єктів дошки оголошень і планування. Це дозволило істотно спростити механізм вибору записів активізації джерел знань. Джерело знань в експертній системі, створеної на базі оболонки HEARSAY-III, повинно складатися з пускового зразка (trigger), первинної програми (immediate code) і тіла (body). Основні переваги середовища HEARSAY-III – це, по-перше, використаний у ній режим керування, що надає розробникам прикладних експертних систем більшу свободу у виборі способів подання і застосування евристик відбору записів джерел знань, що активізуються, а по-друге, структуризація множини об'єктів дошки оголошень.

Інше інструментальне середовище **AGE** [8] на основі архітектури ВВ являє собою набір заздалегідь сформованих модулів – компонентів, з яких користувач може створювати прикладну експертну систему. Компонент – це набір змінних і функцій мовою LISP, що описують як реальні, так і концептуальні об'єкти. З компонентів можна “збирати” і продукційну експертну систему, що використовує стратегію зворотного ланцюжка логічного виводу, як в MYCIN, і систему на основі дошки оголошень. Джерело знань у структурі з дошкою оголошень являє собою позначеній набір правил, з яким зв'язані передумови для його активізації. Ці передумови специфікують ситуації, в яких застосовні правила з даного джерела. Стосовно кожного джерела може бути використана як стратегія активізації єдиного правила, так і стратегія паралельної активізації декількох правил.

Система **CAGE**[8] є модифікацією описаного вище інструментального середовища AGE й являє собою мультипроцесорну обчислювальну систему із загальною пам'яттю. У мову програмування системи включені конструкції, що дозволяють описати паралельне виконання деяких фрагментів коду на рівні прикладної програми. У проекті паралельне виконання реалізоване на трьох рівнях системи. Але ця система не виправдала себе, тому що в системі, що нараховує вісім процесорів, було досягнуто тільки дворазове підвищення швидкості обчислень у режимі паралельної синхронної обробки джерел знань, а при використанні чотирьох процесорів взагалі не спостерігалося ніякої зміни продуктивності.

Експертна система **OPM** [8], призначена для планування виконання безлічі завдань, являє собою систему керування дошкою оголошень. У ній рішення проблем із предметної області й керування об'єднані в єдиному циклі керування, причому не передбачається використання якої-небудь заздалегідь запрограмованої стратегії керування. Вибір чергової операції виконується на підставі незалежних суджень про те, які операції бажані в поточній ситуації і які можливі, причому при ухваленні рішення застосується комбінація безлічі керуючих евристик. Основне призначення системи – планування заходів. Програма використовує чотири глобальні структури даних.

Хоча при розробці системи ОРМ передбачалося застосувати її як інструмент моделювання процесу прийняття рішень людиною, у неї є безсумнівні переваги й з погляду системної організації. Можливість інтегрувати керуючі знання в однорідне середовище знань відкриває досить цікаві перспективи для реалізації метарівневої архітектури.

Наступним було розроблено середовище **ВВ** для побудови експертних систем, що використають модель дошки оголошень з трирівневою структурою. Система чітко розділена на три рівні – прикладні програми, оболонки завдань і архітектури, які, незважаючи на такий явний поділ, досить тісно інтегровані. При розробці акцент зроблений на ті інтелектуальні системи, які повинні мати здатність судити про власне поводження, використовуючи для цього знання про виникаючі події, стани, дії, які можна розпочати, і відносини, що існують між подіями, діями і станами.

Система **PROTEAN** [8] призначалася для ідентифікації тривимірних структур протеїнів. Комбінаторні властивості простору рішень не дозволяють використовувати методику вичерпного пошуку, тому в програмі реалізована стратегія послідовного уточнення на основі певного плану керування.

При формуванні гіпотез у системі PROTEAN локальні та глобальні обмеження використовуються в комбінації. Локальні обмеження надають інформацію про близькість атомів у молекулі, а глобальні – про розміри молекули і її формі.

Система PROTEAN становить особливий інтерес тим, що вона демонструє, як у рамках архітектури ВВ можна комбінувати незалежний від предметної області механізм логічного виводу і залежні від предметної області знання про обмеження.

У ранніх системах для підвищення продуктивності операцій з дошкою оголошень використовувалася розбивка її на рівні, або “панелі”, що дозволяло скоротити простір пошуку, оскільки певне джерело знань вимагає перегляду тільки частини всієї структури даних. **Generic Blackboard Builder** – типовий представник нового покоління сучасних систем з такою архітектурою. Розділи дошки оголошень в GBB називаються просторами (spaces), причому вони, у свою чергу, поділені на розмірності (dimensions), для доступу до яких надається спеціальний атрибут індексації. Елементи структури даних дошки оголошень “живуть” у цих просторах, причому оснащені власними атрибутами індексації, що дозволяють реалізувати безліч різних методів швидкого звертання до них.

Слідом за середовищами розробки ВВ й GBB була створена ще одна система – **ERASMUS**, що розроблена в компанії Boeing на основі досвіду, отриманого при роботі з раніше створеною системою з дошкою оголошень **BBB** (Boeing Blackboard System). Система BBB розроблялася в середовищі ВВ, а елементи даних у ній являли собою об'єкти мови КЕЕ. Система була задумана як інструментальне середовище, що надає в розпорядження розроблювача безліч всіляких засобів, які можна використати в прикладній системі в різних сполученнях. Фактично ERASMUS є розвитком BBB, причому при модернізації переслідувалися такі цілі:

- Конфігурація системи повинна настроюватися користувачем.
- Повинна забезпечуватися максимально висока продуктивність, можлива при заданій конфігурації.
- Система повинна допускати нарощування.
- Система повинна підтримувати безліч схем подання об'єктів дошки оголошень.

Процеси набуття знань, а згодом їх опанування, є досить складними (та дорогими). Так, задачі діагностики та задачі лікування передбачають прийняття рішення високопрофесійними фахівцями-лікарями. При цьому використовується велика множина різноманітних показників (аналізів). Інформація про набуті знання зберігається в СПР у вигляді бази знань.

## Способи представлення знань

Знання можуть представлятися за допомогою:

- правил: цей спосіб використовується у традиційних експертних системах;
- логіки предикатів першого порядку: це так званий формальний, математичний підхід;
- фреймів: тут використовується об'єктно-орієнтований підхід;
- використання апарату теорії ймовірностей.

## Вимоги до медичних систем підтримки рішень на базі ЕС

Медичні системи підтримки рішень (СПР):

- повинні бути в змозі пояснити свої діагностичні і лікувальні рішення лікарям-споживачам;
- повинні відображати (демонструвати) розуміння своїх власних медичних знань;
- повинні відображати загальний зміст (сенс), отже, системи підтримки рішень повинні представляти знання.

## Типи баз знань (БЗ), що використовуються в медичних СПР

### БЗ типу Internist -1

Орієнтована на використання спеціального алгоритму Internist -1. Містить об'ємну базу даних про захворювання, симптоми та зв'язки між ними. Для захворювання зберігаються частотні характеристики.

### БЗ типу довідника

Зберігає інформацію у вигляді блок-схеми дій. Включає точки розгалуження, критерії прийнятності, описи дій. Існують різні моделі довідників, одна з них – модель довідника формату GLIF (Guideline Interchange Format). Ця модель широко використовується у БЗ, які засновані на фреймах і мають певні процедурні кроки:

- кроки дій відповідають клінічним втручанням та діям із збору даних;
- умовні кроки візначають розгалуження if-then-else;
- кроки розгалуження та синхронізації моделюють неоднозначність.

### БЗ клінічних експериментів

Включає атрибути, специфічні для предметної області, для збереження інформації про клінічні експерименти:

- інформація про токсичність ліків;
- деталізований критерій прийнятності;
- інформація про рецепт і дозування ліків;

Крім того існують системи (ЕС) 2-го покоління. Їх метою є повторне використання обох компонент (бази знань та методу розв'язання проблем). При цьому база знань використовується багатьма методами розв'язання проблем.

Таким чином, широкі функціональні можливості й універсальність архітектури на основі дошки оголошень приводять до збільшення обсягу обчислень, необхідних для її реалізації, а модульна організація цих систем дозволяє розроблювачам гнучко варіювати структуру конкретної системи з такою архітектурою, вимагаючи оптимальної відповідності між функціональними можливостями й продуктивністю системи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Oxman, R., and Gero J. S., "Using an Expert System for Design Diagnosis and Design Synthesis," *Expert Systems*, 1997, 4(1), 4-15.
2. Sriram, D. et al., "Knowledge-Based Expert Systems in Structural Design," *Computers and Structures*, 1985, 20(13): 1-9.
3. Feagin, Terry, "Real-Time Diagnostic Expert Systems Using Bit Strings," *Proceedings of the Fourth International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems*, pp. 47-56, Oak Ridge National Laboratory, 1989.

4. Corkhill, Daniel, "Blackboard Systems," *AI Expert*, pp. 41-47, September 1991.
5. Engelmore, Robert and Tony Morgan, *Blackboard Systems*, Addison-Wesley Publishing Company, 1988.
6. Гланц С. Медико-біологічна статистика: Електронний підручник – М.: Практика, 1999.
7. Гожий О.П., Гнатовська Ю.О. Застосування непараметричних критеріїв при аналізі даних для формування баз знань в медичних експертних системах // Збірка наукових праць “Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій”. – 2006. – №.1. – С. 233-236.
8. Марценюк В.П., Семенець А.В. Медична інформатика. Інструментальні та експертні системи. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2004. – 222 с.