

***Экспертные системы,
методы индуктивного
вывода***

Розглядаються архітектура та представлення знань в ЕС Н-Гомеопат, а також засоби керування представленням знань. Описані нечіткі специфікації логічного виведення в ЕС Н-Гомеопат.

© Л.О. Катеринич, О.В. Галкін,
2012

УДК 519.174.1

Л.О. КАТЕРИНИЧ, О.В. ГАЛКІН

**ДЕЯКІ ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ
СИСТЕМ, ЗАСНОВАНИХ НА
ЗНАННЯХ**

Вступ. Области застосування систем, заснованих на знаннях, досить різноманітні: бізнес, виробництво, військові додатки, медицина тощо.

Системи, засновані на знаннях (СЗЗ) – це системи програмного забезпечення, основними структурними елементами яких є база знань і механізм логічних виводів. Серед СЗЗ можна виділити: інтелектуальні інформаційні системи; експертні системи (ЕС).

Інтелектуальні інформаційно-пошукові системи відрізняються від попереднього покоління інформаційно-пошукових систем не тільки набагато більше великим довідково-інформаційним фондом, але й здатністю формувати адекватні відповіді на запити користувача навіть тоді, коли запити не носять прямого характеру.

Найбільш відомим практичним прикладом СЗЗ можуть служити експертні системи, здатні діагностувати захворювання, оцінювати потенційні родовища корисних копалин, розпізнавання мови й зображень тощо.

ЕС – перший крок у практичній реалізації досліджень в області штучного інтелекту [1–2].

Знання з конкретної предметної області складають основу ЕС.

У межах предметної області системи розв'язують задачі шляхом обробки знань. Отже, знання – це система (модель) подання предметної області у вигляді фактів і їх відношень або об'єктів та їх зв'язків.

Задача з конкретної області може бути представлена конкретними сутностями і їх подан-

ням у формі, що визначається обраною моделлю знань.	тема	здатна	розв'язувати	таку
--	------	--------	--------------	------

задачу, якщо вона має засоби обробки знань в обраній формі. Знання відрізняються від звичайних даних присутністю специфічної структури і додатковими властивостями, серед яких можна виділити наступні:

- *інтерпретованість*. Знання мають змістовну інтерпретацію, а дані завжди інтерпретуються конкретною програмою;
- *відношення класифікації*. Знання дозволяють описати структуру знань «клас-підклас». Клас об'єднує однакову інформацію для всіх «підкласів» і в разі необхідності передає «підкласу»;
- *ситуаційний зв'язок*. Співпадіння окремих фактів в одній предметній області визначають ситуаційні зв'язки. Вони дозволяють будувати процедури аналізу знань. При використанні даних це важко організувати.

Знання в конкретній предметній області при використанні їх у системі об'єднуються у бази знань (БЗ), так само як дані – у бази даних (БД). Знання не відкидають дані. БЗ і БД розглядаються як різні рівні представлення інформації.

У даній роботі розглядається представлення знань та архітектура ЕС Н-Гомеопат, яка має наступне функціональне призначення:

- визначення діагнозу за введеними лікарем симптомами;
- ведення історії захворювання пацієнта;
- визначення препаратів для лікування захворювання пацієнта.

Концептуальні вимоги до системи Н-Гомеопат. В ЕС Н-Гомеопат потрібно за представленими симптомами захворювання пацієнта встановити діагноз і призначити лікування.

Впровадження нейронних мереж (НМ), як засіб для розв'язання цієї задачі вимагає не лише технічної реалізації, а й оптимально побудованого робочого місця лікаря-гомеопата. Оскільки лікар не є фахівцем у сфері засобів розробки відповідних систем, програмні продукти повинні мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

Виходячи з цього та огляду відомих програмних продуктів, можна зазначити, що при розробці системи в першу чергу слід враховувати наступне:

- опитування пацієнта та оформлення історії захворювання;
- пошук по симптоматичному та нозологічному принципу;
- сортування та аналіз знайденої інформації;
- визначення захворювання і формування гомеопатичного рецепту;
- БД найбільш часто вживаних запитів;
- банк даних рецептурних приписів;
- щоденник лікаря.

Навчання системи відбувається за обраним алгоритмом навчання НМ, зокрема алгоритмом зворотного поширення помилки [3]. Первинні дані (симптоми та/або гомеопатичні препарати) для навчання спеціалізованих нейронних мереж

(СНМ) готують і вводять до системи Н-Гомеопат експерти відповідної предметної області. НМ має використовувати приклади, які формує експерт, а після навчання (тобто в робочому режимі) вхідні дані (симптоми) до системи вводяться користувачем системи.

Усі дії з обробки даних, які будуть передані до спеціалізованих НМ, виконує комутаційний елемент (КЕ). Останній реалізований за допомогою НМ [6]. Завданням такого елемента в загальному випадку є класифікація вхідної інформації з подальшим розподілом її по мережах, які оптимально розв'язують задачі конкретної предметної області. Вхідною інформацією на першому етапі будуть конкретні симптоми захворювань.

ЕС Н-Гомеопат побудована та функціонує на нейромережевій структурі, що в свою чергу дозволяє прискорити реакцію всієї системи на представлену інформацію. КЕ через свої функціональні властивості дозволяє класифікувати представлену на вхід інформацію і на виході надавати інформацію з тією структурою даних, яка є вхідною для НМ, що розв'язує задачі певного класу. Також слід зазначити, що однією з ключових функцій КЕ є можливість обробки вхідної інформації з подальшим вибором алгоритму й архітектури мережі. Далі розглянемо більш детально архітектуру ЕС Н-Гомеопат.

Представлення знань в ЕС Н-Гомеопат. Добре відомо, що НМ працюють з даними, представленими у числовому вигляді [3], але з іншого боку лікар отримує інформацію про симптоми хвороби у словесному вигляді, наприклад, пацієнт може повідомити, що в нього сильна нежить. Тому ЕС має формалізувати симптоми у числовому вигляді, а потім передати їх на вхід СНМ (тобто мережі, яка була навчена на прикладах певного наукового розділу медицини, наприклад кардіології). Таким чином, при розробці ЕС Н-Гомеопат постає питання представлення знань у числовому вигляді.

Основні питання, які треба вирішити при представленні знань, – це питання визначення структури та представлення знань у вибраному формалізмі. Ці дві проблеми не є незалежними. Також слід зазначити, що обраний формалізм може виявитися непридатним в принципі або неефективним для відображення деяких знань.

Розглянемо простий приклад представлення знань в ЕС Н-Гомеопат. Дані (таблиця), що подаються на вхід СНМ, можуть мати вигляд.

ТАБЛИЦЯ. Приклад даних, що подаються на вхід СНМ

Симптом1	Симптом2	Симптом3
1	0	2

У даному випадку значення з таблиці свідчать про те, що у пацієнта є симптом₁, відсутній симптом₂, та присутній симптом₃, але виражений сильніше ніж, наприклад симптом₁. Звичайно така шкала відображення симптомів у числову форму є доволі грубою, тому про створення більш точної шкали йтиметься далі.

Організація знань у базі даних ЕС Н-Гомеопат. Наступною проблемою після представлення знань, яка вирішувалась при створенні ЕС Н-Гомеопат, була проблема організації знань в БД.

Відомо, що показником інтелектуальності системи, з точки зору представлення знань, вважається здатність системи використовувати в потрібний момент необхідні (релевантні) знання. Системи, що не мають засобів для визначення релевантних знань, неминуче стикаються з проблемою «комбінаторного вибуху» [3].

Таким чином, організація та зв'язність знань в ЕС – дуже важливий аспект проектування. Зв'язність або агрегація знань є також основним способом, що забезпечує прискорення пошуку релевантних знань. В ЕС Н-Гомеопат знання організовані навколо найбільш важливих об'єктів (сутностей) предметної області, а саме симптоми, діагноз, препарат для лікування. Інакше кажучи, знання в БД ЕС Н-Гомеопат організовані у вигляді п'яти зв'язних інформаційних таблиць:

1) таблиця «діагноз» – описує можливі діагнози та посилання на препарати для лікування даного захворювання;

2) таблиця «захворювання» – подає перелік галузей до яких належать ті чи інші захворювання;

3) таблиця «пацієнт» – наводить перелік пацієнтів та встановлені для них системою діагнози;

4) таблиця «препарат» – це перелік препаратів для лікування пацієнтів, визначених у системі, та їх опис;

5) таблиця «симптоми» – це перелік можливих симптомів для певного захворювання.

Варто також зауважити, що БД ЕС Н-Гомеопат насправді складається з декількох баз даних. По-перше, це БД Gomeopat, яка складається з п'яти інформаційних таблиць (які описані вище). Крім основної БД Gomeopat в ЕС Н-Гомеопат є службові БД, кожна з яких складається з одинадцяти таблиць які використовуються для роботи спеціалізованих нейронних мереж та КЕ [6], а також ці БД необхідні в процесі навчання відповідних НМ.

Усі знання, що характеризують деяку сутність, зв'язуються і представляються у вигляді окремого об'єкта. При подібній організації знань, якщо системі потрібна інформація про деяку сутність, наприклад, ліки, якими можнавилікувати хворобу пацієнта, то вона шукає об'єкт (тобто запис з таблиці «діагноз»), що описує цю сутність, а потім уже всередині об'єкта відшукує необхідну інформацію. Наприклад, якщо пацієнту було встановлено діагноз – гострий тонзиліт, тоді система в таблиці «діагноз» знаходить посилання на препарати, що описані в таблиці «препарат».

При роботі зі створеною БД ЕС Н-Гомеопат постала також проблема пошуку знань, релевантних розв'язуваній задачі (встановлення діагнозу за введеними

симптомами). Тому загальна задача пошуку релевантного діагнозу в ЕС Н-Гомеопат розбивалась на більш прості задачі. По-перше, вирішувалось до якої галузі належить захворювання пацієнта, яке описується введеними симптомами (цю задачу вирішував так званий КЕ). По-друге, після встановлення галузі захворювання, симптоми передавались на вхід СНМ, яка і встановлювала відповідний діагноз.

Для того щоб ЕС Н-Гомеопат могла керувати процесом пошуку рішення, була здатна набувати нові знання і пояснювати свої дії, вона повинна вміти не тільки використовувати свої знання, а й мати здатність розуміти та досліджувати їх, тобто ЕС повинна мати знання про те, як представлені її знання про проблемне середовище [3]. Якщо знання про проблемне середовище назвати знаннями нульового рівня подання, то перший рівень уявлення містить метазнання, тобто знання про те, як представлені у внутрішньому світі системи знання нульового рівня. Перший рівень містить знання про те, які засоби використовуються для представлення знань нульового рівня. Знання першого рівня відіграють істотну роль при керуванні процесом рішення, при придбанні та поясненні дій системи. У зв'язку з тим, що знання першого рівня не містять посилань на знання нульового рівня, знання першого рівня незалежні від проблемного середовища. Кількість рівнів подання може бути більше двох. Другий рівень представлення містить відомості про знання першого рівня, тобто знання про подання базових понять першого рівня. Поділ знань за рівнями подання забезпечує розширення області застосування системи.

Виділення рівнів деталізації дозволяє розглядати знання з різним ступенем деталізації. Кількість рівнів деталізації визначається специфікою завдань, що розв'язуються, обсягом і способом їх подання. Як правило, виділяється не менше трьох рівнів деталізації, що відбивають відповідно загальну, логічну і фізичну організацію знань. Введення декількох рівнів деталізації забезпечує додатковий ступінь гнучкості системи, тому що дозволяє робити зміни на одному рівні, не зачіпаючи інші. Зміни на одному рівні деталізації можуть призводити до додаткових змін на цьому ж рівні, що виявляється необхідним для забезпечення узгодженості структур даних і програм. Проте наявність різних рівнів перешкоджає поширенню змін з одного рівня на інший.

Процес навчання в ЕС Н-Гомеопат. Таким чином, організація БД ЕС Н-Гомеопат (вищеописана) та вимоги до керування процесом пошуку рішення привела до того, що в ЕС Н-Гомеопат був використаний КЕ [4]. Більш того, використання КЕ дало можливість розбити одну велику задачу на певну кількість більш простих задач. Інакше для розв'язання задачі встановлення діагнозу слід використовувати доволі довгий процес навчання НМ методом оберненого розповсюдження похибки [3]. Але добре відомо, що цей метод має досить суттєві вади, а саме [3].

- «Параліч» мережі. В процесі навчання, ваги можуть стати дуже великими. Це може призвести до того, що більшість нейронів будуть працювати при дуже великих вихідних значеннях, в зоні, де похідна стискувальної функції дуже мала. Як результат процес навчання може припинитися.

- Локальні мінімуми. Мережа може потрапити в локальний мінімум, водночас коли поряд є більш глибокий мінімум. У точці локального мінімуму всі напрямки ведуть вгору, тому мережа не може з нього вийти.

- Розмір кроку навчання. Очевидно, що розмір кроку має бути скінченним, але якщо його вибрати досить великим, то може виникнути «параліч» або нестійкість. Тобто існує проблема оптимального розміру кроку навчання.

З огляду на вищеописані проблеми, які виникають при використанні тривалого процесу навчання, розбиття початкової задачі на декілька більш простих задач за допомогою КЕ виправдано.

Нечіткі специфікації логічного виведення в ЕС Н-Гомеопат. При поданні знань в ЕС Н-Гомеопат використовуються спеціалізовані твердження типу «атрибут – значення» і приватні правила (визначені наперед). Для побудови відповідних значень використовувались нечіткі специфікації логічного виведення.

Розглянемо приклад побудови нечітких специфікацій для діагностування пацієнта в ЕС Н-Гомеопат. Нехай $X_1 = \{5, 10, 15, 20\}$, $X_2 = \{5, 10, 15, 20\}$, $X_3 = \{35, 36, 37, 38, 39, 40\}$ – простори для визначення значень елементів терм-множин «Кашель» = {«слабкий», «помірний», «сильний»}, «Насморк» = {«слабкий», «помірний», «сильний»} і «Температура» = {«нормальна», «підвищена», «висока», «дуже висока»} відповідно. Елементи просторів X_1 , X_2 , X_3 визначаються експертом, наприклад, елементам простору X_3 ставиться у відповідність можлива температура організму людини. У визначенні елементів терм-множин присутній «нечіткий компонент», який відображає відношення ступені ймовірності значення елемента простору до елемента терм-множини. Наприклад, елементи цих терм-множин визначимо наступним чином:

«Кашель»:
 «слабкий» = {1/5 ; 0.5/10};
 «помірний» = {0.5/5; 0.7/10;1/15};
 «сильний» = {0.5/10; 0.7/15;1/20}.

«Насморк»:
 «слабкий» = {1/5; 0.5/10};
 «помірний» = {0.5/10;1/15};
 «сильний» = {0.7/15; 1/20}.

«Температура»:
 «нормальна» = {0.5/35;0.8/36;0.9/37;0.5/38};
 «підвищена» = {0.5/37;1/38};
 «висока» = {0.5/38;1/39};
 «дуже висока» = {0.8/39;1/40}.

Нехай $Y = \{6, 12, 24, 30, 48, 96\}$ – простір для визначення значень елементів терм-множини «Антигрипін» = {«низьке», «середнє», «високе»}. При цьому «Антигрипін»:

 «низьке» = {1/6;0.5/12};
 «середнє» = {1/24;1/30};
 «високе» = {0.8/48;1/96}.

Тоді залежність розведення препарату від симптомів пацієнта може бути описана наступною системою специфікацій:

вхід (x_1, x_2, x_3) ;

якщо $x_1 \in \text{«слабкий»} \wedge x_2 \in \text{«слабкий»} \wedge x_3 \in \text{«підвищена»}$, то $y \in \text{«низьке»}$;

якщо $x_1 \in \text{«слабкий»} \wedge x_2 \in \text{«помірний»} \wedge x_3 \in \text{«висока»}$, то $y \in \text{«середнє»}$;

якщо $x_1 \in \text{«слабкий»} \wedge x_2 \in \text{«помірний»} \wedge x_3 \in \text{«дуже висока»}$, то $y \in \text{«високе»}$;

вихід (y),

де x_1, x_2, x_3 – вхідні лінгвістичні змінні, що приймають значення із терм-множин «Кашель», «Насморк» і «Температура» відповідно, y – вихідна лінгвістична змінна. Якщо на вхід x_1 алгоритму подати величину $A'_1 = \{1/5; 0.7/10\}$, на вхід x_2 – величину $A'_2 = \{1/5; 0.5/10\}$, на вхід x_3 – величину $A'_3 = \{1/36; 0.9/37\}$, то у відповідності з процедурою виконання цього алгоритму отримаємо:

1. Рівень істинності першого правила

$$\alpha_1 = \min[\max(1 \wedge 1, 0.7 \wedge 0.5), \max(1 \wedge 1, 0.5 \wedge 0.5), \max(1 \wedge 0, 0.9 \wedge 0.5)] = \\ = \min[\max(1, 0.5), \max(1, 0.5), \max(0, 0.5)] = \min(1, 1, 0.5) = 0.5.$$

2. Рівень істинності другого правила

$$\alpha_2 = \min[\max(1 \wedge 1, 0.7 \wedge 0.5), \max(0.5 \wedge 0.5), \max(1 \wedge 0, 0.9 \wedge 0)] = \\ = \min[\max(1, 0.5), \max(0.5, 0.5), \max(0, 0)] = \min(1, 0.5, 0) = 0.$$

3. Рівень істинності третього правила

$$\alpha_3 = \min[\max(1 \wedge 1, 0.7 \wedge 0.5), \max(0.5 \wedge 0.5), \max(1 \wedge 0, 0.9 \wedge 0)] = \\ = \min[\max(1, 0.5), \max(0.5, 0.5), \max(0, 0)] = \min(1, 0.5, 0) = 0.$$

4. Обчислюємо індивідуальні виходи B'_i кожного правила: $B'_1 = \{\min(0.5, 1)/6; \min(0.5, 0.5)/12\} = \{0.5/6; 0.5/12\}$; $B'_2 = \{0\}$, $B'_3 = \{0\}$.

Агрегація індивідуальних виходів приводить до виходу алгоритму:

$$B' = \{0.5/6; 0.5/12\}.$$

Враховуючи, що в багатьох прикладних задачах вимагається оперувати зі звичайними чіткими значеннями, моделювання процесу діагностики за допомогою нечітких специфікацій складається з декількох етапів.

1. Фазифікація (зведення до нечіткості).

2. Логічне виведення на основі заданих специфікацій (за допомогою вищерозглянутих механізмів).

3. Дефазифікація (зведення до чіткості).

На етапі фазифікації відбувається перетворення чітких вхідних даних на нечіткі множини. Для цього, як правило, використовуються синглетонні моделі. При використанні синглетонів, механізм логічного виведення спрощується внаслідок спрощення процедури знаходження рівнів істинності специфікацій (правил).

Дефазифікація використовується, коли результат (нечітка множина) необхідно перетворити до чіткого значення y^* . В ЕС Н-Гомеопат використовується наступний метод дефазифікації (в дискретному варіанті):

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^m y_i B(y_i)}{\sum_{i=1}^m B(y_i)}.$$

Наприклад, при дефазифікації отриманої раніше нечіткої множини B' отримаємо:

$$y^* = (0.5 \cdot 6 + 0.5 \cdot 12)/(0.5 + 0.5) = 9.$$

Цей результат може бути інтерпретований як «Антигрипін» дев'ятого розведення.

Таким чином, процес діагностики в системі забезпечується НМ не складної архітектури за умов чіткої симптоматики і гібридні нейро-нечіткі системи у випадку нечіткої симптоматики. При цьому, базуючись на фундаментальному результаті Фунахаші про те, що з допомогою НС можна апроксимувати з будь-якою заданою точністю будь-яку неперервну на компактній функцію, з'являється можливість використання нечітких специфікацій для розв'язання задач чіткої діагностики [4–5]. Відкритим залишається питання про ефективність такого використання.

1. Андон Ф.И., Балабанов А.С. Выявление знаний и изыскания в базах данных: подходы, модели, методы и системы // Проблемы програмування. – 2000. – № 1–2. – С. 513–526.
2. Элти Дж., Кумбс М. Экспертные системы: концепции и примеры. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 191 с.
3. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 452 с.
4. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети: Учеб. пособие. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2001. – 224 с.
5. Уинстон П. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1980. – 519 с.
6. Катеринич Л.О. Керування синтезом нейронних мереж // Проблемы програмування. – 2009. – № 1. – С. 53–59.

Отримано 14.10.2011

Л.А. Катеринич, А.В. Галкин

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ НА ЗНАНИЯХ

Рассматриваются архитектура и представление знаний в ЭС Н-Гомеопат, а также средства управления представлением знаний. Описаны нечеткие спецификации логического вывода в ЭС Н-Гомеопат.

L.O. Katerinich, O.V. Galkin

APPROACHES TO CREATION OF KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS

Architecture and knowledge representation in N-Homeopat expert system are considered. The means of knowledge representation control are also presented. Fuzzy specifications of inference in N-Homeopat expert system are described.

Про авторів:

Катеринич Лариса Олександрівна,

асистент кафедри інформаційних систем факультету кібернетики
Київського національного університету імені Тараса Шевченка,

Галкін Олександр Володимирович,

доцент кафедри інформаційних систем факультету кібернетики
Київського національного університету імені Тараса Шевченка.