

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

Розглядаються теоретичні основи наукових підходів щодо представлення знань, що можуть бути використанні для розробки і проектування експертних систем для різних предметних областей.

© Л.О. Катеринич, 2013
УДК 519.174.1

Л.О. КАТЕРИНИЧ

**РОЗРОБКА ЕКСПЕРТНИХ
СИСТЕМ ЗАСНОВАНИХ НА
ЗНАННЯХ**

Вступ. Одним, із важливих напрямків застосування інформаційних технологій є розробка експертних систем (ЕС). Вона, як відомо, потребує використання значної кількості людських ресурсів, у тому числі програмістів та експертів у відповідних предметних областях.

Ефективність роботи ЕС залежить як від структури знань експерта, так і від моделювання процесу логічного виведення в певній предметній області. Сама предметна область може значно впливати як на структуру знань експерта на логічному та фізичному рівнях, так і на логічну модель виведення. Тому ефективність існуючих ЕС залежить як від вдало вибраних способів подання знань, так і від методів реалізації логічного виведення, розроблених у системі.

У методології формалізації знань ЕС широко застосовується представлення їх у базі знань поверхнево. Основна причина такого підходу полягає у складності процесу представлення знань будь-якої предметної області, для якої він здійснюється вперше. У знаннях експерта можуть бути несумісності, двозначності, повтори або інші недоліки. Ці недоліки не стають очевидними доти, доки не будуть зроблені спроби формально представити ці знання в ЕС [1]. Евристичний характер мають поверхневі знання і, по суті, є емпіричними правилами, набутими на підставі досвіду, які можуть сприяти досягненню рішення з приблизною точністю. Евристики здатні забезпечувати пошук оптимальних

шляхів вирішення багатьох
задач з різних предметних
областей. Крім того, мето-
дологія формалізації знань,
що призвела до

успішної розробки ЕС, дозволила створити інтелектуальні системи, які не обов'язково містять експертні знання.

Спеціалізовані знання, відомі лише обмеженій кількості осіб, вважаються експертними знаннями. Звичайні знання – це знання, які можна отримати з загальнодоступних інформаційних ресурсів. До звичайних знань можна віднести знання про те, як розв'язувати рівняння або здійснювати певні обчислення.

Програмні системи, засновані на звичайних знаннях, які дозволяють виконувати математичні операції як з числовими, так і з символічними даними широко застосовуються. Відповідні системи не можна віднести до класу ЕС, оскільки методи, які лежать в їх основі, не належать до евристичних.

Незважаючи на це, терміни «система, заснована на знаннях» та «експертна система» часто сприймаються як синоніми. Експертні системи, фактично, стали розглядатися, як підхід до програмування, альтернативний щодо традиційного алгоритмічного програмування [2, 3].

Формалізація знань. Вивчення проблеми формалізації знань започатковано в багатьох наукових дисциплінах. Наука про знання називається епістемологією. Ця наука займається вивченням характеру, будови, функціонування і походження знань. Слід виділити також область психології, яка присвячена дослідженню процесів сприйняття інформації людиною – когнітологію або науку про пізнання. Вивчення процесу пізнання представляє собою вивчення способу, в який люди засвоюють або обробляють інформацію. Для розробки програмних систем, здатних ефективно емітувати роботу експертів-людей, необхідне використання когнітивних методик.

Програмні емулятори експертів призначаються для задач, що не мають задовільного алгоритмічного рішення. Для отримання їх прийнятних рішень використовуються логічні висновки. Ключовою вимогою до ЕС є реальність висновків та недопущення їх двозначності.

ЕС відрізняється від програмних систем із чітко визначеним алгоритмічним спрямуванням завдяки наявності наступних ознак.

1. ЕС моделює не стільки фізичну природу певної предметної області, скільки механізм мислення людини стосовно рішення задач у цій предметній області. Це істотно відрізняє ЕС від систем математичного або імітаційного моделювання. Не можна стверджувати, що програма повністю відтворює психологічну модель фахівця певної області (експерта). Важливо те, що в ній основна увага приділяється відтворенню засобами комп'ютерної техніки способу вирішення проблем, що застосовується експертом. Тобто реалізації міркувань так само, як це робить експерт.

2. ЕС, крім виконання обчислювальних операцій, формує певні висновки, ґрунтуючись на тих знаннях, якими вона володіє. Знання в системі представлені, як правило, на спеціальній мові й зберігаються окремо від програмного коду, що формує висновки та міркування. Цей компонент програми прийнято називати базою знань.

3. Під час рішення задач, ЕС, в основному, використовуються евристичні методи, які, на відміну від алгоритмічних, не завжди гарантують успіх. Евристика, за своєю суттю, є приблизним правилом, яке в програмному вигляді представляє знання експерта, набуте за мірою накопичення практичного досвіду, внаслідок вирішення схожих проблем.

Методи формальної логіки. Формування несуперечливих логічних висновків здійснюється на основі методів формальної логіки. Вони базуються на твердженні, що за наявності необхідної кількості істинних фактів висновок завжди має бути істинним. На відміну від них, неформальна логіка ґрунтується на методах переконання, що не базуються на фактах, а побудовані на неперевіряних відомостях, які допускають суперечливості.

В основу ЕС покладені методи формальної логіки. Це визначає ключове значення способу представлення знань в ЕС, оскільки від нього залежить повнота і точність аналізу фактів. Крім того, від правильного вибору способу такого представлення залежить весь хід розробки, а також ефективність, швидкодія та зручність супроводу системи.

Окрім формальних правил, у процесі міркування використовуються й змістовні правила, які враховують зміст понять і суджень. До змістовних правил належать правила неповної індукції, правила аналогії, пояснення, передбачення тощо. Особливістю змістовних правил є те, що їх не можна застосовувати до суджень і понять, зміст яких нам невідомий. Запис змістовних правил за допомогою символів не повинен вводити в оману щодо їх змістовного характеру. Таким чином, якщо схема (набір формул) застосовується в будь-яких випадках без звертання до змісту, то вона виражає формальне правило. А якщо існує хоча б один випадок, коли схема не може бути застосована без посилання на зміст, то вона виражає змістовне правило.

Представлення знань. З тематикою представлення знань тісно пов'язана не менш важлива тематика представлення даних, яка розглядається в проектуванні баз даних (БД) [2, 4]. БД розглядаються як репозитарії поточних даних, а не знань, але вони можуть бути базовим матеріалом для аналізу прихованих закономірностей з метою формування знань.

Ще один важливий науковий підхід, який має бути втілений у технології представлення знань, полягає в семантичних розробках, що дозволяють систематизувати значення символів, що їх описують. ЕС повинні володіти здатністю розпізнавати знаки. Тобто, вони, як представники систем штучного інтелекту, мають розуміти основні значення як простих – статичних знаків (наприклад, знаку Stop), так і знаків, що характеризують типові елементи поведінки (наприклад, людина почервоніла – хвилюється). Проведення досліджень у цьому напрямку є основою наукової області, що має назву семіотика [5, 6].

В ЕС для представлення знань окрім правил можуть використовуватися символи формальної логіки.

Важливою частиною процесу проведення міркувань є логічне виведення висновків із посилок. Для графічного способу представлення силігзмів добре підходять діаграми Венна, що показує всі можливі відношення між скінченим набором множин. Кожен еліпс на діаграмі Венна представляє певну множину, тобто колекцію об'єктів. Таким чином, механізм теорії множин може бути успішно застосований для формального представлення знань у логічній моделі [6].

Булеві представлення, що мають наразі статус сучасних представлень, дозволяють міркувати про порожні класи об'єктів. Тобто, дозволяють створювати логічні конструкції для прогнозування наслідків використання результатів послідовності дій, які планується отримати вперше.

Ще один внесок у розвиток символічної логіки, зроблений Булем, полягав у тому, що вчений дав визначення поняття формулюванням аксіом. Формулювання аксіом, згідно з Булем, складається з символів, які використовуються для представлення об'єктів і класів, а також операцій алгебри – для маніпулювання цими символами.

Приклад моделі подання асоціативних знань. Визначимо формальну систему, як сукупність об'єктів.

1. Два скінчені алфавіти K_1 і K_2 .
2. Символи x, y – змінні, які набувають значень із K_1 і K_2 .
3. Два одномісні предикатні символи P, R і один двомісний – Q .
4. Знак імплікації “ \rightarrow ” і знак пунктуації “ $,$ ”.
5. Скінчена послідовність A_1, A_2, \dots, A_k правильно побудованих формул відповідно до далі поданого означення.

Елементи множин K_1 і K_2 будемо позначати c_1, c_2, \dots, c_n і n_1, n_2, \dots, n_m відповідно.

Термами системи над алфавітом K_1 будемо називати символи алфавіту та змінну x . Термами системи над алфавітом K_2 будемо називати символи алфавіту та змінну y .

Атомарною формулою системи назвемо вирази вигляду $P(t_1), R(t_2), Q(t_1, t_2)$, де t_1, t_2 – терми над алфавітами K_1 і K_2 відповідно.

Правильно побудованою формулою (ППФ) системи будемо називати атомарну формулу і вирази вигляду:

$$P(t_1) \rightarrow Q(t_2, t_1) \rightarrow R(t_2);$$

$$R(t_2) \rightarrow Q(t_2, t_1) \rightarrow P(t_1).$$

ППФ без змінних будемо називати твердженням. Вивідним твердженням системи будемо називати будь-яку аксіому або формулу без змінних, яку можна отримати з аксіом за рахунок скінченої кількості застосувань наступних правил, які назвемо правилами виведення:

- підстановка символів із K_1 і K_2 замість змінних x і y відповідно;
- виведення формули X_2 із формул X_1 і $X_1 \rightarrow X_2$ за умови, що X_1 – атомарна формула (правило МР).

Наведемо інтерпретацію предикатів на прикладі ЕС «Н-ГОМЕОПАТ» [3]:

$P(x)$ – «у пацієнта є симптом x »;

$Q(y, x)$ – «у препарата y є симптом x »;

$R(y)$ – «препарат y призначити пацієнту».

Тоді формальну систему знань можна задати наступною послідовністю аксіом:

$$\begin{aligned} & Q(x, y); \\ & P(x) \rightarrow Q(y, x) \rightarrow R(y); \\ & R(y) \rightarrow Q(y, x) \rightarrow P(x); \\ & P(x). \end{aligned}$$

За умови, що алфавіти K_1 і K_2 визначають множини препаратів і симптомів, фактичну модель знань системи можна описати аксіомами цієї системи, підставляючи замість змінних x, y елементи відповідних алфавітів.

Як приклад визначення діагнозу пацієнта, розглянемо систему над алфавітами $K_1 = \{n_1, n_2, n_3\}$ і $K_2 = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5\}$. Нехай на початку діагностування у пацієнта було виявлено симптом c_2 . Тоді фактичну модель знань, з урахуванням характеристики кожного препарату множиною симптомів, можна подати наступними твердженнями:

$$\begin{aligned} & P(c_2); \quad P(c_2) \rightarrow Q(n_3, c_2) \rightarrow R(n_3); \\ & Q(n_1, c_1); P(c_3) \rightarrow Q(n_3, c_3) \rightarrow R(n_3); \\ & Q(n_1, c_2); P(c_4) \rightarrow Q(n_3, c_4) \rightarrow R(n_3); \\ & Q(n_2, c_2); P(c_5) \rightarrow Q(n_3, c_5) \rightarrow R(n_3); \\ & Q(n_2, c_3); R(n_1) \rightarrow Q(n_1, c_1) \rightarrow P(c_1); \\ & Q(n_3, c_4); R(n_1) \rightarrow Q(n_1, c_2) \rightarrow P(c_2); \\ & Q(n_3, c_1); R(n_1) \rightarrow Q(n_1, c_3) \rightarrow P(c_3); \\ & Q(n_3, c_5); R(n_1) \rightarrow Q(n_1, c_4) \rightarrow P(c_4); \\ & P(c_1) \rightarrow Q(n_1, c_1) \rightarrow R(n_1); R(n_1) \rightarrow Q(n_1, c_5) \rightarrow P(c_5); \\ & P(c_2) \rightarrow Q(n_1, c_2) \rightarrow R(n_1); R(n_2) \rightarrow Q(n_2, c_1) \rightarrow P(c_1); \\ & P(c_3) \rightarrow Q(n_1, c_3) \rightarrow R(n_1); R(n_2) \rightarrow Q(n_2, c_2) \rightarrow P(c_2); \\ & P(c_4) \rightarrow Q(n_1, c_4) \rightarrow R(n_1); R(n_2) \rightarrow Q(n_2, c_3) \rightarrow P(c_3); \\ & P(c_5) \rightarrow Q(n_1, c_5) \rightarrow R(n_1); R(n_2) \rightarrow Q(n_2, c_4) \rightarrow P(c_4); \\ & P(c_1) \rightarrow Q(n_2, c_1) \rightarrow R(n_2); R(n_2) \rightarrow Q(n_2, c_5) \rightarrow P(c_5); \\ & P(c_2) \rightarrow Q(n_2, c_2) \rightarrow R(n_2); R(n_3) \rightarrow Q(n_3, c_1) \rightarrow P(c_1); \\ & P(c_3) \rightarrow Q(n_2, c_3) \rightarrow R(n_2); R(n_3) \rightarrow Q(n_3, c_2) \rightarrow P(c_2); \\ & P(c_4) \rightarrow Q(n_2, c_4) \rightarrow R(n_2); R(n_3) \rightarrow Q(n_3, c_3) \rightarrow P(c_3); \\ & P(c_5) \rightarrow Q(n_2, c_5) \rightarrow R(n_2); R(n_3) \rightarrow Q(n_3, c_4) \rightarrow P(c_4); \\ & P(c_1) \rightarrow Q(n_3, c_1) \rightarrow R(n_3); R(n_3) \rightarrow Q(n_3, c_5) \rightarrow P(c_5). \end{aligned}$$

Побудуємо виведення тверджень $R(n_1)$ і $R(n_2)$ в цій системі:

$$(P(c_2), P(c_2) \rightarrow Q(n_1, c_2) \rightarrow R(n_1)) \Rightarrow (Q(n_1, c_2) \rightarrow R(n_1), Q(n_1, c_2)) \Rightarrow R(n_1); \quad (1)$$

$$(P(c_2), P(c_2) \rightarrow Q(n_2, c_2) \rightarrow R(n_2)) \Rightarrow (Q(n_2, c_2) \rightarrow R(n_2), Q(n_2, c_2)) \Rightarrow R(n_2). \quad (2)$$

Отримання нових знань в системі забезпечується наступними виведеннями:

$$(R(n_1), R(n_1) \rightarrow Q(n_1, c_1) \rightarrow P(c_1)) \Rightarrow (Q(n_1, c_1) \rightarrow P(c_1), Q(n_1, c_1)) \Rightarrow P(c_1); \quad (3)$$

$$(R(n_2), R(n_2) \rightarrow Q(n_2, c_3) \rightarrow P(c_3)) \Rightarrow (Q(n_2, c_3) \rightarrow P(c_3), Q(n_2, c_3)) \Rightarrow P(c_3). \quad (4)$$

Ці нові знання визначають можливість існування у пацієнта додаткових симптомів. У цьому випадку модель знань доповнюється твердженнями $P(c_1)$ і $P(c_3)$. Для першого з них, зокрема, існує виведення:

$$(P(c_1), P(c_1) \rightarrow Q(n_3, c_1) \rightarrow R(n_3)) \Rightarrow (Q(n_3, c_1) \rightarrow R(n_3), Q(n_3, c_1)) \Rightarrow R(n_3). \quad (5)$$

Отже, в результаті обстеження пацієнту будуть призначені препарати n_1, n_2, n_3 .

Висновки. Розглянуто основні наукові підходи та напрямки щодо представлення та подання знань для розробки ЕС, заснованих на знаннях. Показано, що замало мати лише дані. Для розробки ЕС необхідно керуватися і володіти не лише інструментарієм, а й мати певні знання з суміжних наук.

1. *Элти Дж., Кумбс М.* Экспертные системы: концепции и примеры. – М.: Финансы и статистика. – 1987. – 191 с.
2. *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.
3. *Уинстон П.* Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1980. – 519 с.
4. *Катеринич Л.О.* Деякі підходи до побудови систем, заснованих на знаннях // Комп'ютерна математика. – 2012. – Вип. 1. – С. 111 – 119.
5. *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.
6. *Hall L.O.* The choice of ply operator in fuzzy intelligent systems // Fuzzy Sets and Systems. – 1990. – Vol. 34. – P. 135 – 144.

Одержано 22.01.2013

Л.О. Катеринич

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ОСНОВАННЫХ НА ЗНАНИЯХ

Рассматриваются теоретические основы научных подходов к представлению знаний, которые могут быть использованы для разработки и проектирования экспертных систем для различных предметных областей.

L.O. Katerynych

DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEMS BASED ON KNOWLEDGE

Theoretical foundations of scientific approaches to knowledge representation are considered that can be used in developing and designing expert systems for various object domains.

Про автора:

Катеринич Лариса Олександрівна,
асистент кафедри інформаційних систем факультету кібернетики
Київського національного університету імені Тараса Шевченка.