

УДК 004.422

О.Ю. Лисенко, доктор філософії з технічних наук

О.Г. Манохін

Л.В. Манохіна

О.В. Максюта

ДГЦУ

# Експертні системи в гемології

*В статье рассматриваются проблемы, возникающие при создании экспертной системы в геммологии, дается определение геммологической экспертной системы, возможность и оправданность ее создания.*

*The article considers the problems that arise when creation of an expert system in gemology, provides a definition of gemological expert system, the opportunity and the justification of their creation*

**Н**а сьогодні створено вже дуже багато експертних систем (ЕС) для вирішення різних типів завдань у найрізноманітніших проблемних областях, таких, як фінанси, нафтова і газова промисловість, енергетика, транспорт, фармацевтичне виробництво, космос, хімія, освіта, телекомунікації і зв'язок тощо.

Експертні системи були першими розробками, які змогли привернути велику увагу до результатів досліджень в області штучного інтелекту.

У цій статті ми спробуємо розповісти про ті завдання і труднощі, що виникли у нас під час роботи над експертною системою гемологічної спрямованості.

Процес проведення гемологічної експертизи, з точки зору фахівця ІТ, належить до предметної області, де велика частина знань про предмет є особистим досвідом фахівців високого рівня, і ці знання є слабкоструктурованими.

Разом з тим сама процедура і технічні умови, які використовують під час проведення експертизи різних гемологічних об'єктів, добре вивчені і мають у своєму розпорядженні більш-менш чіткі стратегії прийняття рішень.

## **Можливість і виправданість створення експертної системи**

Розробка експертної системи має істотні відмінності від розробки звичайного програмного продукту. Досвід створення експертних систем показав, що використання під час їх розробки методології, прийнятої в традиційному програмуванні, або надмірно затягує процес створення експертної системи, або взагалі призводить до негативного результату.

Перш ніж приступити до розробки експертної системи, необхідно відповісти на питання, чи слід розробляти експертну систему для певної проблеми. В узагальненому вигляді відповідь може бути такою: використовувати експертну систему слід тільки тоді, коли її розробка можлива, виправдана і методи інженерії знань відповідають вирішуваному завданню [1, 2, 5]. Спробуємо в цих поняттях – «можливо», «виправдано» і «відповідність» – проаналізувати перспективність проблеми створення гемологічної ЕС.

Щоб розробка експертної системи була можливою, необхідне одночасне виконання принаймні таких вимог:

- наявність потрібних (котрі хочуть і вміють ділитися знаннями) експертів у певній предметній сфері;
- інформація щодо технічних умов і процедур проведення гемологічних експертиз, а також супроводжуваних їх різноманітних вимірів і оцінок, незважаючи на великий обсяг матеріалу, добре відома і опрацьована;
- експерти здатні висловити природною мовою і пояснити використовувані ними методи, в іншому випадку важко розраховувати на те, що знання експертів буде «вилучено» і вкладено в експертну систему;
- хоча процедури проведення гемологічної експертизи здебільшого часто і не виражаються у формальному вигляді, але все ж їх можна віднести до досить «зрозумілої» і структурованої області, тобто можливо виділити основні поняття, відносини і відомі (хоча б експерту) способи отримання відповідей на можливі неоднозначності.

Застосування гемологічної експертної системи може бути виправдане одним з таких чинників:

- вирішення завдання приносить значний ефект, наприклад економічний;
- використання людини-експерта неможливо або через недостатню кількість експертів, або через необхідність виконувати експертизу одночасно у різних місцях (наприклад, на митних пунктах, де, як правило, відсутні потрібні фахівці);
- під час передачі інформації експертові відбувається неприпустима втрата часу і інформації;

Методи вирішення завдань, що виникають під час проведення гемологічної експертизи, відповідають методам, які використовуються в експертних системах і характеризуються таким чином:

- завдання мають евристичну, а не алгоритмічну природу, і їх вирішення вимагає застосування евристичних правил;
- вирішувати завдання можуть бути природним чином розв'язано за допомогою маніпуляції з графічними образами і символами, а не з числами, як прийнято в математичних методах і в традиційному програмуванні;
- завдання досить вузькоспеціалізовані, практично значимі і підходять для вирішення методами експертних систем.

### Визначення гемологічної експертної системи

Сформулюємо таке визначення гемологічної експертної системи (ГЕС) – це обчислювальна система, в яку включено знання фахівців (експертів-гемологів, викладачів ВНЗ) про досить вузьку предметну область (гемологія, основи кристалографії, оптики) у формі бази знань. ГЕС повинна вміти супроводжувати процес і пояснювати (навчати) хід проведення експертизи, пропонувати можливі варіанти вирішення кінцевому користувачеві в заданій предметній області.

Характерними рисами ГЕС є:

- жорстка обмеженість предметної області;
- здатність приймати рішення в умовах невизначеності;

- здатність пояснювати хід і результат рішення зрозумілим для користувача способом;
- чітке розмежування декларативних і процедурних знань (фактів і механізмів виведення);
- здатність поповнювати базу знань, можливість нарощування системи;
- результат видається у вигляді конкретних рекомендацій для дій у ситуації, що склалася, не гірших за рішення кращих фахівців;
- орієнтація на вирішення неформалізованих (спосіб формалізації поки невідомий) завдань;
- відсутність гарантії знаходження оптимального рішення з можливістю вчитися на помилках.

### Структура експертної системи

Вирізняють два типи експертних систем: статичні і динамічні [6]. ГЕС однозначно належить до статичних експертних систем. Усі дані про гемологічні об'єкти, послідовність дій експерта, правила логічних висновків заздалегідь занесені в базу знань, і під час проведення експертизи вона не змінюється.

Нижче на рисунку представлена канонічна структура експертної системи статичного типу [1]:

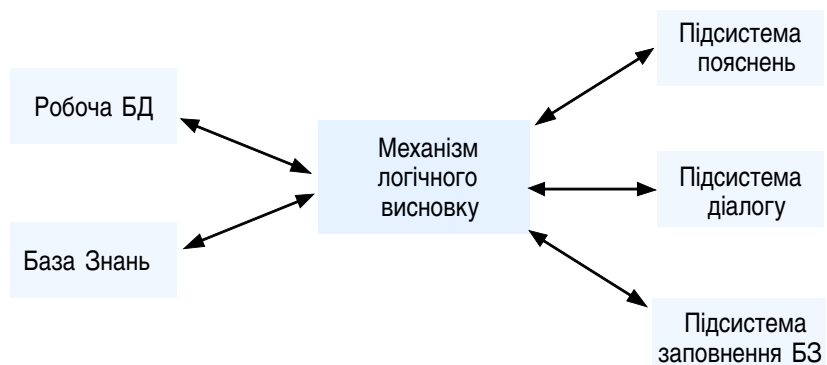


Рисунок 1. Канонічна структура експертної системи статичного типу

- механізм логічного висновку;
- робоча база даних (БД);
- база знань (БЗ);
- підсистема придбання і поповнення знань;
- підсистема пояснення;
- підсистема діалогу.

**Механізм логічного висновку** призначений для отримання нових фактів на основі зіставлення вихідних даних з

робочої пам'яті і знань з бази знань. Механізм логічного висновку в усій структурі експертної системи займає найбільш важливе місце. Він реалізує алгоритми прямого та / або зворотного виведення і формально може бути представлений четвіркою:

$\langle V, S, K, W \rangle$

- V – процедура вибору з бази знань і робочої пам'яті правил і фактів;
- S – процедура зіставлення правил і фактів, в результаті якої визначається множина фактів, до яких застосовні правила для присвоєння значень;
- K – процедура вирішення конфліктів, що визначає порядок використання правил, якщо у висновку правила вказані однакові імена фактів з різними значеннями;
- W – процедура, що здійснює виконання дій, які відповідають отриманому значенню факту (укладення висновку складанню правила).

**Робоча БД** призначена для зберігання вихідних і проміжних фактів вирішуваного в поточний момент завдання. Як правило, розміщується в оперативній пам'яті ЕОМ і відображає поточний стан предметної області у вигляді фактів з коефіцієнтами впевненості (КУ) в правдивості цих фактів.

**База знань** призначена для зберігання довгострокових фактів, які описують розглянуту область, правил, які описують відносини між цими фактами, й інших типів декларативних знань про предметну область. Крім правил і фактів, що утворюють декларативну частину бази знань, в неї може входити процедурна частина – множина функцій і процедур, що реалізують оптимізаційні,

розрахункові та інші необхідні алгоритми

Експертні системи належать до класу інтелектуальних систем, що ґрунтуються на розумінні факту. Іншими словами, експертні системи ґрунтуються на знаннях фахівця-експерта про предметну область. Високоякісний досвід найбільш кваліфікованих фахівців, доступний для всіх користувачів системи, стає фактором, що різко підвищує якість прийнятих рішень для організації, яка використовує експертні системи в цілому.

**Підсистема придбання і поповнення знань** автоматизує процес наповнення експертної системи знаннями, здійснюваний користувачем-експертом, і адаптації бази знань системи до умов її функціонування. Адаптація експертної системи до змін в предметній області реалізується шляхом заміни правил або фактів в базі знань.

**Підсистема пояснення** роз'яснює, як система отримала рішення завдання (або чому вона не отримала рішення) і які знання вона при цьому використовувала, що полегшує експерту тестування системи і підвищує довіру користувача до отриманого результату. Можливість пояснювати свої дії є однією з найважливіших властивостей експертної системи, тому що:

- підвищується довіра користувачів до отриманих результатів;
- полегшується налагодження системи;
- створюються умови для користувачів з розкриття нових закономірностей предметної області;
- пояснення отриманих висновків може служити засобом пошуку точки в парето-оптимальній множині рішень.

Структура експертної системи була б неповною без підсистеми діалогу. Підсистема діалогу орієнтована на організацію дружнього інтерфейсу з усіма категоріями користувачів як у ході вирішення завдань, так і в ході придбання знань і пояснення результатів роботи.

### **Спеціальності і функції розробників експертних систем**

У розробці експертної системи беруть участь представники таких спеціальностей: експерти, інженери знань і програмісти [1].

**Експерт** – це людина, здатна ясно висловлювати свої думки і має репутацією фахівця, який вміє знаходити правильні рішення проблем у конкретній предметній області. Експерт використовує свої прийоми і хитрощі, щоб зробити пошук рішення більш ефективним, і експертна система моделює всі його стратегії.

**Інженер знань** – людина, як правило, обізнана в інформатиці та штучному інтелекті і знає, як треба будувати експертні системи. Інженер знань опитує експертів, організовує знання, вирішує, яким чином вони повинні бути представлені в експертній системі і може допомогти програмісту в написанні програм.

**Програміст** розробляє інструментальний засіб (якщо він розробляється заново або вперше), що містить в межі всі основні компоненти експертної системи, і здійснює його сполучення з тим середовищем, в якому воно буде використане.

Після розробки експертної системи з нею починають працювати користувачі.

**Користувач** – це людина, яка використовує вже побудовану експертну систему. Так користувачем може бути студент, якому експертна система, як в нашому випадку, допомагає вивчати виконання гемологічної експертизи.

Необхідно зауважити, що відсутність серед учасників розробки інженерів зі знань (тобто їх заміна програмістами) або призводить до невдачі процес створення експертної системи, або значно подовжує його.

### **Інструментальні засоби проектування та розробки експертних систем**

Інструментальне засіб розробки експертних систем – це мова програмування, яка використовується інженером знань або (і) програмістом для побудови експертної системи. Цей інструмент відрізняється від звичайних мов програмування тим, що забезпечує зручні способи представлення складних високорівневих понять [7].

За своїм призначенням і функціональними можливостями інструментальні програми, які застосовуються при проектуванні експертних систем, можна розділити на кілька категорій [5].

### **1. Оболонки експертних систем**

Системи цього типу створюються, як правило, на основі якої-небудь експертної системи, яка досить добре зарекомендувала себе на практиці. При створенні оболонок з системи-прототипу видаляються компоненти, занадто специфічні для області її безпосереднього застосування, і залишаються ті, які не мають вузької спеціалізації.

### **2. Мова програмування високого рівня**

Інструментальні засоби цієї категорії позбавляють розробника від необхідності заглиблюватися в деталі реалізації системи – засоби ефективного розподілу пам'яті, низькорівневі процедури доступу та маніпулювання даними. Повний набір класичних і новітніх інструментів логічного програмування, а також парадигми функціонального, узагальненого, імперативного та об'єктно-орієнтованого програмування, які органічно увійшли в Visual prolog 7.5, роблять його одним з найвдаліших інструментальних засобів у проектуванні ЕС [3, 4].

### **3. Додаткові модулі**

Засоби цієї категорії представляють собою автономні програмні модулі, призначені для виконання специфічних завдань в рамках обраної архітектури системи вирішення проблем.

### **Визначення загального характеру робіт зі створення ЕС**

На першому етапі створення ЕС визначається проблема, вирішення якої необхідно, встановлюються цілі передбачуваної роботи, обговорюється її зміст. Це відображає існуюче розуміння проблеми, очікуваних шляхів її вирішення і, найголовніше, очікуваного результату роботи. Викладення проблеми постановником може бути недостатньо чітким, не зовсім логічним. Розробник ЕС може пропонувати більш ефективні технології рішення, показувати додаткові можливості. Доцільно обговорення близьких і додаткових постановок завдань, вирішення яких може виявитися корисним.

На цьому етапі обов'язкове ознайомлення з існуючими методиками проведення експертних робіт, літературою щодо обговорюваної проблеми, зі звітами, службовими матеріалами.

Після обговорення проблеми і узгодження основних підходів до її вирішення і очікуваних результатів розробляється технічне завдання.

Результатом робіт першого етапу НТР за темою «Експертна система в гемології» є вибір напрямків експертної діяльності, які підлягають дослідженню і моделюванню в ЕС першої черги:

- робота експерта по атестації та експертній оцінці дорогоцінного каміння;
- дії експерта під час проведення досліджень з макроскопічної оцінки гірських порід;
- формування бази знань дослідного прототипу (ДП) ЕС першої черги.

Передбачається, що вже після завершення першого етапу робіт ДП ЕС знайде своє застосування як допоміжна навчальна програма на гемологічних навчальних курсах ДГЦУ і в навчальних програмах профільних спеціальностей геологічного факультету КНУ.

### Стадії розвитку ЕС

У процесі роботи над ЕС виокремлюють кілька стадій її розвитку, які характеризують ступінь опрацювання і налагодженості експертної системи [1]:

- 1-а стадія – дослідний прототип;
- 2-а стадія – діючий прототип;
- 3-а стадія – промислова система;

4-а стадія – комерційна система.

Дослідним прототипом називають систему, яка вирішує представницький клас завдань програми, але може бути нестійка в роботі і не повністю перевірена. За наявності розвинених інструментальних засобів для розробки дослідного прототипу потрібно приблизно 2-4 місяці. Дослідний прототип зазвичай має в базі знань не більше 50 виконуваних тверджень; у разі використання тільки приватних тверджень їх кількість зростає в 3-10 разів.

Про інші прототипи ми поговоримо пізніше – коли дістанемось до їх досліджень у процесі роботи над НТР.

### Формування бази знань дослідного прототипу

Отримання знань – процес передачі потенційного досвіду вирішення проблеми від деякого джерела знань (експерт, наукова-технічна література) і перетворення його у вид, який дозволяє використовувати ці знання в проектованій експертній системі. Передача експертним системам «глибоких» знань про предметну область є досить великою проблемою. Це є наслідком складності формалізації евристичних знань експертів, тому, як правило, експертні системи тільки описують послідовність кроків, зроблених у процесі пошуку рішення.

### Невизначеність знань в експертних системах

Дуже значимою відмінністю експертних систем від класичних програм, робота яких заснована на точних даних, є те, що експертні системи можуть помилятися. Причиною є те, що знання фахівців, як і знання, закладені в експертні системи, не точні. Важливо принаймні, щоб експертні системи помилялися не частіше, ніж помиляється людина-експерт.

Під час формування БЗ часто доводиться зустрічатися з безліччю джерел невизначеності використовуваної інформації, але в більшості випадків їх можна розділити на дві категорії: недостатньо повні знання з предметної області та недостатня інформація про конкретну ситуацію. Невизначеність знань призводить до того, що правила логічного висновку навіть в простих випадках не завжди дають коректні результати. Володіючи неповним знанням, ми не можемо впевнено передбачити, який ефект дасть та або інша дія.

Про вирішення конфліктних ситуацій в системі логічного висновку під час виникнення невизначеностей у базах знань експертних систем – неточні методи, а також про оцінку застосування математичного апарату теорії ймовірностей як неточного методу ми будемо говорити в наступних матеріалах за поданою НТР.

### Використана література

1. Электронный ресурс – Портал искусственного интеллекта, работы с искусственным интеллектом, <http://www.aiportal.ru/>.
2. Милль Д.С., Пирс Ч.С., Поппер К.Р. Автоматическое порождение гипотез в интеллектуальных системах, 2009.
3. Марков В.Н. Современное логическое программирование языке Visual Prolog 7.5. – СПб: БХВ Петербург, 2016.
4. Электронный ресурс – Основы программирования на языке Visual Prolog [http://www.intuit.ru/studies/professional\\_skill\\_improvements/17473/courses/1180/lecture/19961](http://www.intuit.ru/studies/professional_skill_improvements/17473/courses/1180/lecture/19961).
5. Электронный ресурс – Visual Prolog Features, <http://www.visual-prolog.com/vip/example/default.htm>.
6. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS, 2003.
7. Попов Э.В., Фоминых И.Б., Кисель Е.В., Шапот М.Д. Статические и динамические экспертные системы, 1976.
8. Электронный ресурс – Конструктор экспертных систем (КЭСМИ), <http://www.mivar.ru/>