

УДК 621.7.015:004.89

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Ярмошенко О.В., Вислоух С.П.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянуто питання використання методів штучного інтелекту при проектуванні технологічних процесів у приладобудуванні. Virішено завдання створення та експлуатації експертної системи. Описано принципи, що покладені в основу побудови системи. Наведено структуру експертної системи. Проведено аналіз методів представлення інформації в експертних системах та вибрано оптимальний. Побудовано технологічну базу знань, що містить необхідну конструкторсько-технологічну інформацію.

Ключові слова: приладобудування, штучний інтелект, експертна система, база знань, проектування технологічних процесів.

Постановка задачі. Низька ефективність традиційних методів автоматизації проектування, що обробляють інформацію за раніше відомими алгоритмами та заснованих на застосуванні складних математичних моделей при вирішенні задач концептуального проектування технології, вимагає використання сучасних експертних систем (ЕС). Вони дозволяють розв'язувати ці задачі з врахуванням знань, що закладені в відповідну базу, використання досвіду та вмінь проектувальника.

Тому в роботі поставлена задача створення експертної системи, яка шляхом оперативного діалогу з користувачем дозволить розв'язувати різноманітні завдання технологічного проектування. При вирішенні поставленої задачі передбачається створення бази знань, що враховує технологічні умови приладобудівного виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з основних тенденцій останніх років є застосування сучасних комп'ютерних технологій проектування в різних галузях виробництва [1]. Досягнення науки в області систем штучного інтелекту дозволяють виконувати множину робіт з автоматизації робототехнічних комплексів, автоматизації гнучких виробничих систем, поліпшення якості виробів, підвищення ступеня інтелектуалізації систем проектування технологічних процесів, що в свою чергу звільняє людину від

виконання повсякденних робіт і підвищує частку його творчості [2]. Інтелектуалізація заснована на використанні баз знань і інтелектуальній підтримці процесів прийняття рішень, уніфікації й формалізації процедур обробки знань, розробці й використанні інтелектуальних моделей, організації безперервного накопичення знань, що в свою чергу дозволяє виконувати ряд робіт в приладобудуванні з більш високою швидкістю, точністю та якістю [3].

Виділення невирішених раніше частин загальної задачі. Основною проблемою при створенні експертних систем для проектування технологічних процесів є розробка відповідної бази знань, яка містить знання з технології приладобудування. Ці знання мають бути точними, структурованими та простими для використання.

Мета статті. Головною метою цієї статті є огляд складових елементів експертної системи, основ представлення в ній інформації, обґрунтування правил вибору рішень, вибір раціонального інструментарію для реалізації створюваної системи. Для досягнення поставленої мети вирішено наступні завдання:

- розроблено структуру ЕС;
- розроблено методи подання знань у ЕС;
- розроблено методи поповнення знань у ЕС;
- розроблено методи використання знань з ЕС;

– вибрано ефективний метод створення ЕС.

Для вирішення поставлених завдань використано основи технології приладобудування, теорії інформаційних систем та теорії штучного інтелекту, методи об'єктно-орієнтованого аналізу і проектування, методи алгоритмізації та програмування.

Виклад основного матеріалу. Нова концепція побудови інтелектуальних систем, в яких вирішення завдань залежить не тільки від формальних рішень і алгоритмів виведення, що вона використовує, в першу чергу від знань, які в неї закладено. Це спричинило розвиток спеціалізованих програм з подібною архітектурою. Кожна з них призначена для вирішення завдань в деякій вузькій предметній області. Ці програми отримали назву експертні системи [4].

Тому створювана експертна система побудована за типовою структурою, що включає в себе такі основні компоненти:

- база знань (БЗ);
- механізм виведення знань;
- модуль вибору знань;
- система пояснень.

База знань. Найбільш важливою складовою системи штучного інтелекту є БЗ, що містить факти і правила, за якими, в залежності від вхідної інформації, приймається те або інше рішення.

Факти представляють короткострокову інформацію, що може змінюватися в процесі виконання завдання. Правила представляють більш довготривалу інформацію про те, як породжувати нові факти та гіпотези з наявних даних.

Більшість правил є евристичними. Вони базуються на досвіді експертів в відповідній галузі. Якщо алгоритмічний метод гарантує коректне або оптимальне рішення, то евристичний метод зазвичай дає лише прийнятне рішення.

Використання моделей і алгоритмів прийняття рішень на основі експертної інформації пов'язано з рішенням задачі представлення цієї інформації у вигляді, що є простою для використання.

Найбільш загальними методами представлення знань є чіткі та нечіткі правила (продукційна модель), семантичні та нейронні мережі й фрейми [5].

З огляду на особливості даних моделей, як найбільш придатною для представлення конструкторсько-технологічних знань, обрано продукційну модель. При використанні даної моделі база конструкторсько-технологічних знань складається із множини конструкторсько-технологічних правил [6].

Продукційні правила мають вигляд умовних пропозицій «якщо-то», що встановлює залежності між параметрами й технічними рішеннями. Їх головними особливостями є природність, модульність і простота організації логічного виведення [5].

Чіткі правила вибору рішень встановлюють значення коефіцієнтів істинності як нуль або один. Нечіткі правила – задають їх в межах від нуля до одиниці. Але більш простими для створення та користування в базах знань вважають чіткі правила. Тому їх вибрано в даній роботі для представлення інформації БЗ.

При виборі рішень в чітких умовах експертна інформація представляється у вигляді системи

висловлювань, що встановлюють взаємозв'язок між чіткими значеннями вхідних і вихідних параметрів процесу прийняття рішення.

Якщо в залежності від можливих значень вхідних параметрів роблять висновок про значення вихідного параметра, то така система експертних висловлювань є системою $L^{(1)}$ -типу. Дана система представляється у вигляді:

$$L^{(1)} = \begin{cases} L_1^{(1)} : \langle \text{якщо } A_1 \text{ то } B_1 \rangle; \\ L_2^{(1)} : \langle \text{якщо } A_2 \text{ то } B_2 \rangle; \\ L_3^{(1)} : \langle \text{якщо } A_3 \text{ то } B_3 \rangle, \end{cases}$$

де m – кількість експертних правил; A_j – точне значення вхідного параметра; B_j – точне значення вихідного параметра або деяка конкретна дія процесу проектування.

У випадках, коли в залежності від можливих значень вихідної ситуації B_j експертом робиться припущення про можливі вхідні ситуації (A_j), то система експертних висловлювань є системою $L^{(2)}$ -типу і представляється в вигляді:

$$L^{(2)} = \begin{cases} L_1^{(1)} : \langle \text{якщо } B_1 \text{ то } A_1 \rangle; \\ L_2^{(1)} : \langle \text{якщо } B_2 \text{ то } A_2 \rangle; \\ L_3^{(1)} : \langle \text{якщо } B_3 \text{ то } A_3 \rangle. \end{cases}$$

Механізм вибору рішень в чітких умовах.

При заданні експертної інформації системою висловлювань $L^{(1)}$ вибір рішення ґрунтується на правилі *modus ponens* [5].

Нехай A і B – довільні чіткі висловлювання. Правило $\langle \text{якщо } B, \text{ то } A \rangle$ є правилом із системи $L^{(1)}$. Позначимо через $T=A/A_j$ – істинність висловлювання A щодо A_j , а $T=B/B_j$ – істинність висловлювання B щодо B_j :

$$T(A/A_j) = \begin{cases} 1, & \text{при } A = A_j; \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

$$T(B/B_j) = \begin{cases} 1, & \text{при } B = B_j; \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

Згідно з правилом *modus ponens* з висловлювань $\langle \text{якщо } B_j \text{ то } A_j \rangle$ і $\langle A_j \rangle$ виводиться висловлювання $\langle B_j \rangle$.

Формально правило *modus ponens* записується у вигляді:

$$\begin{cases} \langle \text{якщо } B_j \text{ то } A_j \rangle, \\ \langle A_j - \text{істина} \rangle, \\ \langle B_j - \text{істина} \rangle. \end{cases}$$

Істинністю правила *modus ponens* для схеми виведення є величина

$$T(L_j^1, A, B) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } A = A_j \text{ та } B = B_j; \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

При заданні експертної інформації системою висловлювань $L^{(2)}$ вибір рішення ґрунтується на схемі виведення. Відповідно до неї з висловлювань $\langle \text{якщо } B_j \text{ то } A_j \rangle$ і $\langle A_j \rangle$ слідує правдоподібність висловлювання $\langle B_j \rangle$.

Формально така схема запишеться у вигляді:

$$\begin{cases} \langle \text{якщо } B_j \text{ то } A_j \rangle, \\ \langle A_j - \text{істина} \rangle, \end{cases}$$

$$\langle B_j - \text{більш правдоподібно} \rangle.$$

Поняття істинності даної схеми виводиться аналогічно схемі *modus ponens*.

При виборі рішень в чітких умовах в випадку, коли інформація задана такою, що не суперечить системі першого типу, правилом *modus ponens* відповідає вибору такого вихідного висловлювання, при якому істинність схеми виведення досягає свого найбільшого значення, тобто одиниці. Для прийняття рішення використовується алгоритм прямого ланцюжка міркувань.

Аналогічно, при заданні експертної інформації системою чітких висловлювань другого типу, схема виведення відповідає вибору такого висловлювання, при якому істинність схеми виведення також досягає свого максимуму (дорівнює одиниці). В даному випадку для прийняття рішення використовується алгоритм зворотного ланцюжка міркувань [5].

Механізм логічного виведення. Механізмом логічного виведення є загальні знання про процес знаходження рішення. Він виконує дві основні функції:

- доповнення та зміну бази знань на основі аналізу її внутрішньої та вихідної інформації;
- керування порядком обробки правил в БЗ.

Якщо база знань містить якісні знання про предметну область, то механізм логічного висновку містить інформацію про те, як ці знання ефективно використовувати.

Механізм логічного виведення функціонує циклічно. У кожному циклі вирішуються наступні завдання:

- зіставлення – це завдання, що передбачає порівняння умовних частин правил з вихідними даними і наявними фактами в БЗ;
- вибір – у разі наявності множини правил з істинністю умовних частин необхідно вибрати одне з них для спрацювання;
- виконання – це завдання, що потребує виконання будь-якої дії, яка передбачена в випадку спрацювання правила. Зазвичай це призводить до виконання дії і до модифікації БЗ.

Таким чином, кожен цикл починається з послідовного перегляду всіх правил і зіставлення їх умовних частин з вихідними даними і фактами в БЗ. На основі деяких критеріїв вибирається одне правило, яке вважається реалізованим, і виконується відповідна дія.

Існує дві основні стратегії логічного виведення:

- прямий ланцюжок міркувань, що базується на зіставленні вихідних даних з правилами і фактами БЗ з отриманням результату;
- зворотній ланцюжок міркувань, в якому закладена гіпотеза про рішення завдання. Шляхом аналізу введених даних в БЗ здійснюється пошук підтвердження цієї гіпотези за допомогою порівняння результатів з вихідними даними. Якщо гіпотеза не підтверджується, то визначається нове рішення [5].

Модуль вибору знань. Основним призначенням даного модуля є надання експертних знань в структурованому вигляді, що придатний для використання в експертній системі.

В завдання модуля входить приведення правила виведення знань до вигляду, що дозволяє застосувати їх в процесі роботи [5].

Система пояснень. Система пояснень призначена для представлення користувачу всього процесу мислення, в результаті якого було знайдено або не знайдено рішення [5].

Програмний інструментарій. Аналіз інструментальних засобів для створення експертних систем показав, що вони поділяються на декілька груп:

- традиційні мови програмування;
- мови штучного інтелекту;
- спеціальний програмний інструментарій (бібліотеки та надбудови до експертних систем);
- готові експертні системи в вигляді «оболонки», які не містять бази знань.

Для реалізації поставлених задач, в даній роботі обрано програмний інструментарій «Prolog», що відноситься до систем створення штучного інтелекту. Систему логічного програмування Prolog доцільно використовувати для розв'язання задач, що зводяться до об'єктів і відношень між ними. Вона дозволяє розробляти бази знань і системи їх обробки. Головними перевагами використання системи Prolog є її здатність до порівняння виразів (зіставлення фактів) та наявність внутрішньої реляційної бази даних. Використовуючи правила своєї внутрішньої бази даних і апарат порівняння фактів, Prolog може видавати відповіді на поставлені в логічній формі питання. В мові цієї системи є ряд властивостей, яких не має в традиційних мовах програмування. До них відносяться механізм виведення з пошуком та поверненням (бектрекінг), вбудований механізм зіставлення зі зразком (уніфікація) та проста і добре представлена структура даних з можливістю її корегування [7].

Для створення експертної системи в нашій роботі було обрано мову програмування штучного інтелекту Visual Prolog 5.2.

Результати роботи. Для реалізації поставлених в роботі задач створена експертна система технологічного проектування, структурна схема якої наведена на рис. 1.

Робота ЕС полягає в наступному. При надходженні інформації від користувача зовнішньою мовою система здійснює її інтерпретацію у вну-

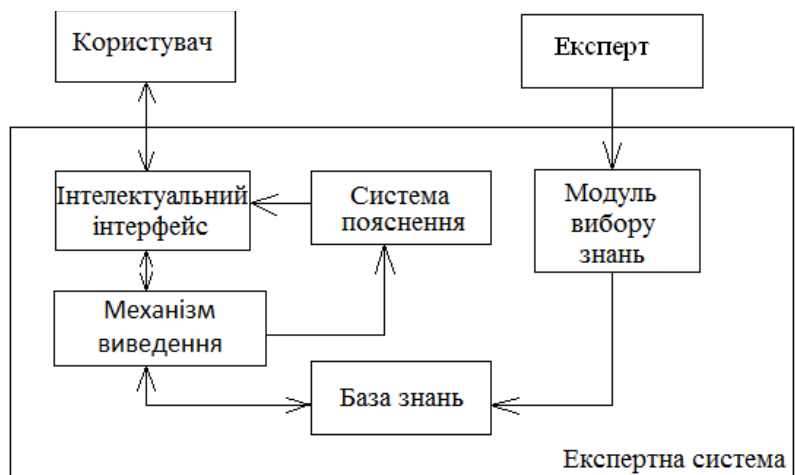


Рис. 1. Структурна експертної системи

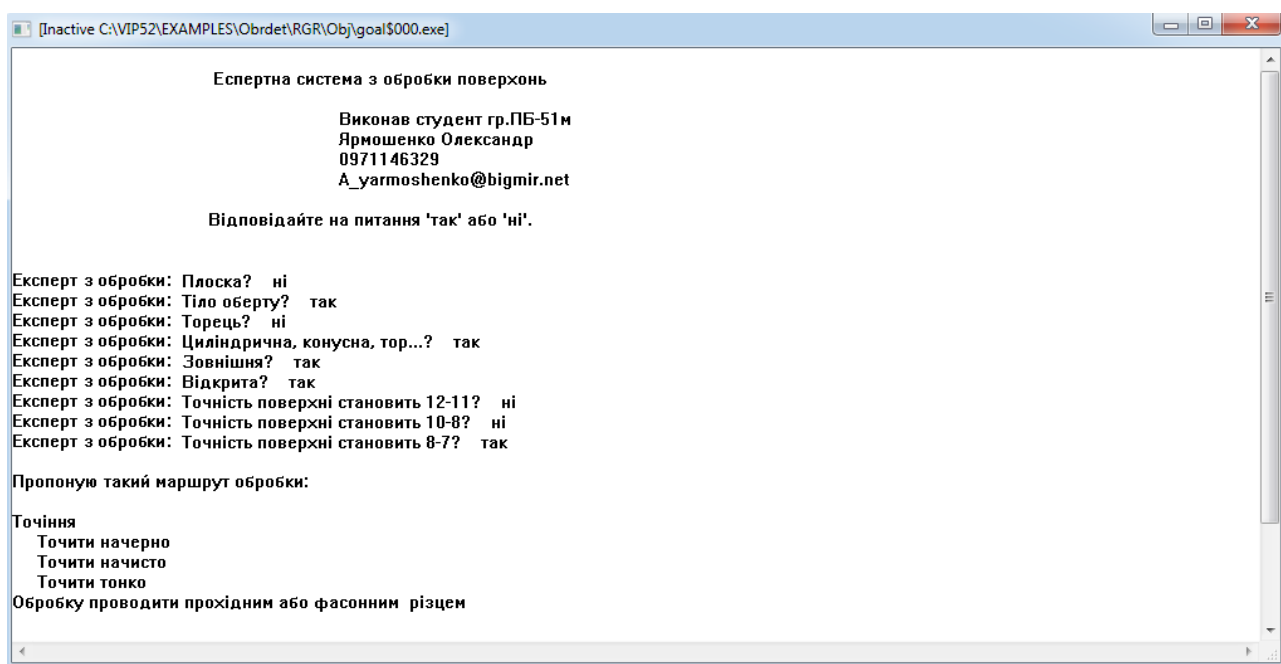


Рис. 4. Вікно з результатами діалогу користувача з системою

повідь в простій формі «так» або «ні». Виконавши всі дії система пропонує власний варіант рішення задачі, а також засоби для її реалізації. Приклад вікна з результатами такого діалогу наведено на рис. 4.

Висновки і пропозиції. Створення та експлуатація експертних систем дає високу ефективність при вирішенні задач, що вимагають творчого підходу. Грунтуючись на використанні логіко-лінгвістичних моделей, що зберігають формалізовані знання про предметну область, ці системи мають високу гнучкість, що дозволяє адаптувати їх до умов різних виробництв.

В режимі придбання знань спілкування користувача з експертною системою здійснюється на основі знань в даній галузі. Експерт описує предметну область за допомогою сукупності даних та правил. Дані визначають об'єкти, їх характеристики та значення, що існують в області

експертизи. Правила визначають способи маніпулювання даними, що характерні для відповідної предметної області. Експерт, використовуючи компонент придбання знань, наповнює систему знаннями, які потім дозволять експертній системі в режимі вирішення самостійно розв'язувати поставлені задачі.

Створення бази конструкторсько-технологічних знань з використанням підсистеми інтелектуального аналізу даних на основі експертних правил, довідників та стандартів як джерел інформації про предметну область дає великі можливості для подальшого використання їх в технології приладобудування.

Використання розробленої експертної системи зі створеною базою знань дозволяє підвищити ефективність автоматизації технологічного проектування та якість отриманих технологічних процесів.

Список літератури:

1. Вислоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. / С.П. Вислоух. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 488 с.
2. Масленникова О.Е., Гаврилова І.В. Основы искусственного интеллекта. Учебное пособие, – М.: ФЛИНТА, 2013. – 282 с.
3. Валетов В.А., Орлова А.А., Третьяков С.Д. Интеллектуальные технологии производства приборов и систем. Учебное пособие, – СПб: СПб ГУИТМО, 2008. – 134 с.
4. Муромцев Д.И. Введение в технологию экспертных систем. – СПб: СПб ГУИТМО, 2005. – 93 с.
5. Подольский В.Е., Коробова И.Л., Милованов И.В., Дьяков И.А., Майстренко Н.В. Методы искусственного интеллекта для синтеза проектных решений. Учебное пособие, – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 80 с.
6. Ярмошенко О.В. Разработка и применение экспертных систем при проектировании технологических процессов изготовления деталей приборов / Ярмошенко О.В. Вислоух С.П. // Новые направления развития приборостроения: материалы 9-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов. – Минск: БНТУ, 2016. – С. 130.
7. Цуканова Н.И., Дмитриева Т.А. Логическое программирование на языке Visual Prolog. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 144 с.

Ярмошенко О.В., Выслоух С.П.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация

Рассмотрены вопросы использования методов искусственного интеллекта при проектировании технологических процессов в приборостроении. Решен вопрос создания и эксплуатации экспертной системы. Описаны принципы, что положенные в основу построение системы. Приведена структура экспертной системы. Проведен анализ методов представления информации в экспертных системах и выбран оптимальный. Построено технологическую базу знаний, что содержит необходимую конструкторско-технологическую информацию.

Ключевые слова: приборостроение, искусственный интеллект, экспертная система, база знаний, проектирование технологических процессов.

Yarmoshenko O.V., Vysloukh S.P.

National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky»

INTELLIGENCE SYSTEM IN THE DECISION-MAKING OPERATION DURING THE DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Summary

Considered processes of design-making operation is in the field of instrumentation by the using methods of artificial intelligence. Solved the creation and operation of an expert system. Described the principles underlying in the construction of the system, its composition and structure. It analyzes the presentation of technical data and the selection of the most appropriate model. In this model, a system with the appropriate knowledge base and data.

Keywords: instrument-making, artificial intelligence, expert system, knowledge base, design technological processes.