

ЛЕКЦІЯ 3

ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

Базові поняття

Експертні системи - це прикладні системи ШІ, в яких база знань являє собою формалізовані емпіричні знання висококваліфікованих фахівців (експертів) в якій-небудь вузькій предметній області.

Експертна система (ЕС) - програма, яка використовує знання фахівців (експертів) про деяку конкретну вузько спеціалізовану предметну область та в межах цієї області здатна приймати рішення на рівні експерта-професіонала.

Основу успіху ЕС склали дві важливі властивості:

1. В ЕС знання відділені від даних, і потужність експертної системи обумовлена в першу чергу потужністю бази знань, і тільки в другу чергу використовуваними методами вирішення завдань.

2. Завдання, що вирішуються ЕС, є неформалізованими або слабоформалізованими і використовують евристичні, експериментальні, суб'єктивні знання експертів в певній предметній області.

Основними категоріями розв'язуваних ЕС завдань є :

1) діагностика, 2) управління (в тому числі технологічними процесами), 3) інтерпретація, 4) прогнозування, 5) проектування, 6) налагодження і ремонт, 7) планування, 8) спостереження (моніторинг), 9) навчання.

Класифікація експертних систем (1)

1. За призначенням ЕС поділяються на:

1.1. ЕС загального призначення.

1.2. Спеціалізовані ЕС.

1.3. Проблемно-орієнтовані для задач діагностики, проектування, прогнозування.

1.4. Предметно-орієнтовані для специфічних завдань, наприклад, контролю ситуацій на атомних електростанціях.

2. За ступенем залежності від зовнішнього середовища виділяють:

2.1. Статичні ЕС, які не залежать від зовнішнього середовища.

2.2. Динамічні, що враховують динаміку зовнішнього середовища і призначені для вирішення завдань в реальному часі.

3. За типом використання розрізняють:

3.1. Ізольовані ЕС.

3.2. ЕС на вході / виході інших систем.

3.3. Гібридні ЕС або, інакше кажучи, ЕС інтегровані з базами даних і іншими програмними продуктами (додатками).

Класифікація експертних систем (2)

4. За складністю вирішуваних завдань розрізняють:

4.1. Прості ЕС - до 1000 простих правил.

4.2. Середні ЕС - від 1000 до 10000 структурованих правил.

4.3. Складні ЕС - більш 10000 структурованих правил.

5. По стадії створення виділяють:

5.1. Дослідницький зразок ЕС, розроблений за 1-2 місяці з мінімальною БЗ.

5.2. Демонстраційний зразок ЕС, розроблений за 2-4 місяці, наприклад, на мові типу LISP, PROLOG, CLIPS тощо.

5.3. Промисловий зразок ЕС, розроблений за 4-8 місяців, наприклад, на мові типу CLIPS з повною БЗ.

5.4. Комерційний зразок ЕС, розроблений за 1,5-2 роки, наприклад, на мові типу C ++, Java з повною БЗ.

Складові частини експертної системи і порядок її функціонування

Узагальнена структурна схема ЕС



Складові частини експертної системи і порядок її функціонування

Основними компонентами ЕС є нижче перераховані елементи:

- 1. Машина логічного висновку** - механізм міркувань, що оперує знаннями і даними з метою отримання нових даних з знань і інших даних, наявних в робочій пам'яті. Машина логічного висновку може реалізовувати міркування у вигляді:
- дедуктивного виведення (прямого, зворотного, змішаного);
 - нечіткого виведення;
 - імовірнісного виведення;
 - уніфікації;
 - пошуку рішення з розбивкою на послідовність підзадач;
 - пошуку рішення з використанням стратегії розбиття простору пошуку з урахуванням рівнів абстрагування рішення або понять, з ними пов'язаних;
 - монотонного або немонотонного міркування;
 - міркувань з використанням механізму аргументації;
 - асоціативного пошуку з використанням нейронних мереж;
 - виведення з використанням механізму лінгвістичної змінної.

Складові частини експертної системи і порядок її функціонування

2. Підсистема спілкування - служить для ведення діалогу з користувачем, під час якого ЕС запитує у користувача необхідні факти для процесу міркування, а також, що дає можливість користувачеві в якійсь мірі контролювати і коригувати хід міркувань експертної системи.

3. Підсистема пояснень - необхідна для того, щоб дати можливість користувачеві контролювати хід міркувань ЕС.

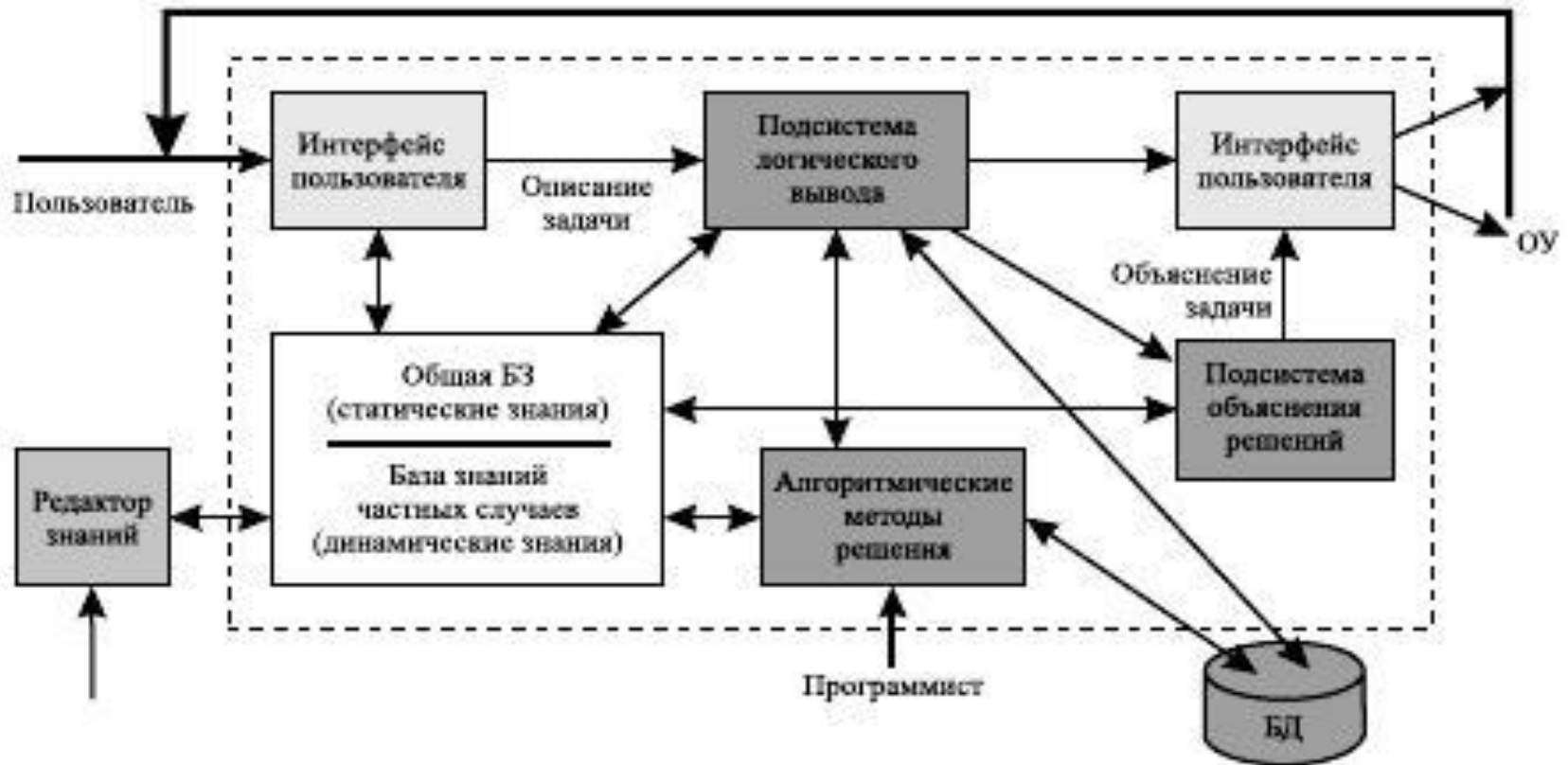
4. Підсистема придбання знань - служить для коригування та поповнення бази знань.

Оснoву ЕС складає підсистема логічного висновку, яка використовує інформацію з бази знань (БЗ), генерує рекомендації щодо вирішення шуканого завдання. Найчастіше для представлення знань в ЕС використовуються системи продукцій і семантичні мережі.

Обов'язковими частинами ЕС є також модуль придбання знань і модуль відображення і пояснення рішень. Реальні ЕС працюють також на основі баз даних (БД). Тільки одночасна робота зі знаннями і великими обсягами інформації з БД дозволяє ЕС отримати результати, наприклад, поставити складний діагноз (медичний або технічний), відкрити родовище корисних копалин, управляти ядерним реактором в реальному часі.

Складові частини експертної системи і порядок її функціонування

Функціональна схема ЕС



Функціонування бази знань експертної системи

При описі баз знань (як правило, продукційних) експертних систем правила представляються в наочному вигляді, наприклад:

ПРАВИЛО 1:

ЯКЩО Освіта = Вища I Вік = Молодий I

Комунікабельність = Висока

ТО Шанси знайти роботу = Високі КД = 0.9.

Факти зберігаються в базі даних виробничої системи в формі

(Об'єкт, значення, коефіцієнт достовірності)

або

(Об'єкт, атрибут, значення, коефіцієнт достовірності).

При інтерпретації (виконанні) правила в ході перевірки умови система перевіряє факти, які перебувають вже в базі даних, і, якщо відповідного факту немає, звертається за ним до джерела даних (користувачеві, базі даних і т.д.) з питанням (або запитом).

У БЗ ЕС можуть використовуватися і інші структури для зберігання фактів, такі як семантичні мережі або фрейми. Для подання нечітких знань факти і правила в продукційних системах забезпечуються коефіцієнтами достовірності (або впевненості).

Функціонування бази знань експертної системи

1. Зворотний метод логічного дедуктивного виведення

Для вирішення завдань в продукційній інтелектуальній системі існує два основні методи дедуктивного логічного висновку:

а) зворотний;

б) прямий.

При **зворотному логічному висновку** процес інтерпретації правил починається з правил, які безпосередньо призводять до вирішення завдання. У них в правій частині знаходяться висновки з фактами, які є рішенням (цільовими фактами). При інтерпретації цих правил до процесу вирішення можуть залучатися інші правила, результатом виконання яких є факти, які беруть участь в умовах кінцевих правил.

Метод зворотного логічного висновку можна застосовувати тоді, коли необхідно мінімізувати кількість звернень до джерела даних (наприклад, користувачеві), виключивши з розгляду свідомо непотрібні для вирішення завдання факти.

У найзагальнішому вигляді алгоритм зворотного логічного висновку, записаний на псевдокоді у вигляді функції, виглядає так (умова обмежена кон'юнкцією елементарних умов):

Функціонування бази знань експертної системи

функція Доказана_Цель (Цель) \rightarrow Доказана;

Поместить Цель в стек целей.

пока стек целей не пуст **цикл** Выбор цели из стека целей и назначение ее текущей.

Поиск множества правил, в правой части которых находится текущая цель (множества подходящих правил).

Считать, что Цель не доказана.

пока множество подходящих правил не пусто и Цель не доказана
цикл

Выбор из этого множества одного текущего правила с использованием определенной стратегии. Считать текущим элементарным условием первое.

пока не проверены все элементарные условия правила и не надо прервать проверку условия

цикл

если в текущем элементарном условии участвует факт, встречающийся в правой части какого-то правила

Функціонування бази знань експертної системи

то

если не Доказана_Цель (Этот факт) то

Надо прервать проверку условия

конец_если_иначе

Запросить информацию о факте. Проверить элементарное условие.

если элементарное условие истинно то

Добавить факт в базу данных. Перейти к следующему элементарному Условию.

иначе

Надо прервать проверку условия.

конец_если_конец_если_конец_цикла

если условие правила истинно то

Выполнить заключение. Исключить Цель из стека целей. Считать, что Цель доказана.

конец_если_конец_цикла_конец_цикла_конец_функции.

Функціонування бази знань експертної системи

2. Прямий метод логічного дедуктивного виведення

У прямому методі логічного висновку інтерпретація правил починається від відомих фактів, тобто спочатку виконуються правила, умови яких можна перевірити з використанням фактів, які вже перебувають в базі даних.

У загальному вигляді алгоритм прямого виведення наведено нижче.

Метод прямого логічного висновку можна застосовувати тоді, коли факти з'являються в базі даних не залежно від того, яке завдання зараз потрібно вирішити (який цільовий факт довести) і в різні моменти часу. В цьому випадку можна говорити про те, що факти керують логічним висновком (рішенням завдання).

Крім того, цей метод доцільно застосовувати для формування вторинних ознак (фактів) з первинних для підготовки рішення задачі в подальшому із застосуванням зворотного логічного висновку.

Функціонування бази знань експертної системи

пока Цель не доказана **цикл** Формирование множества подходящих правил (по их условиям и наличию фактов).
Выбор одного правила из этого множества (с использованием определенной стратегии выбора). Считать текущим элементарным условием первое.

пока не проверены все элементарные условия правила и не надо прервать проверку условия

цикл

если элементарное условие истинно **то** Перейти к следующему элементарному условию.

иначе

Надо прервать проверку условия.

конец_если_конец_цикла

Выполнить заключение.

если при формировании заключения появился целевой факт
то Считать, что Цель доказана.

конец_если_конец_цикла.

ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ

Методика розробки ЕС включає в себе наступні етапи:

1. Ідентифікація,
2. Концептуалізація,
3. Формалізація,
4. Виконання,
5. Тестування
6. Дослідна експлуатація.

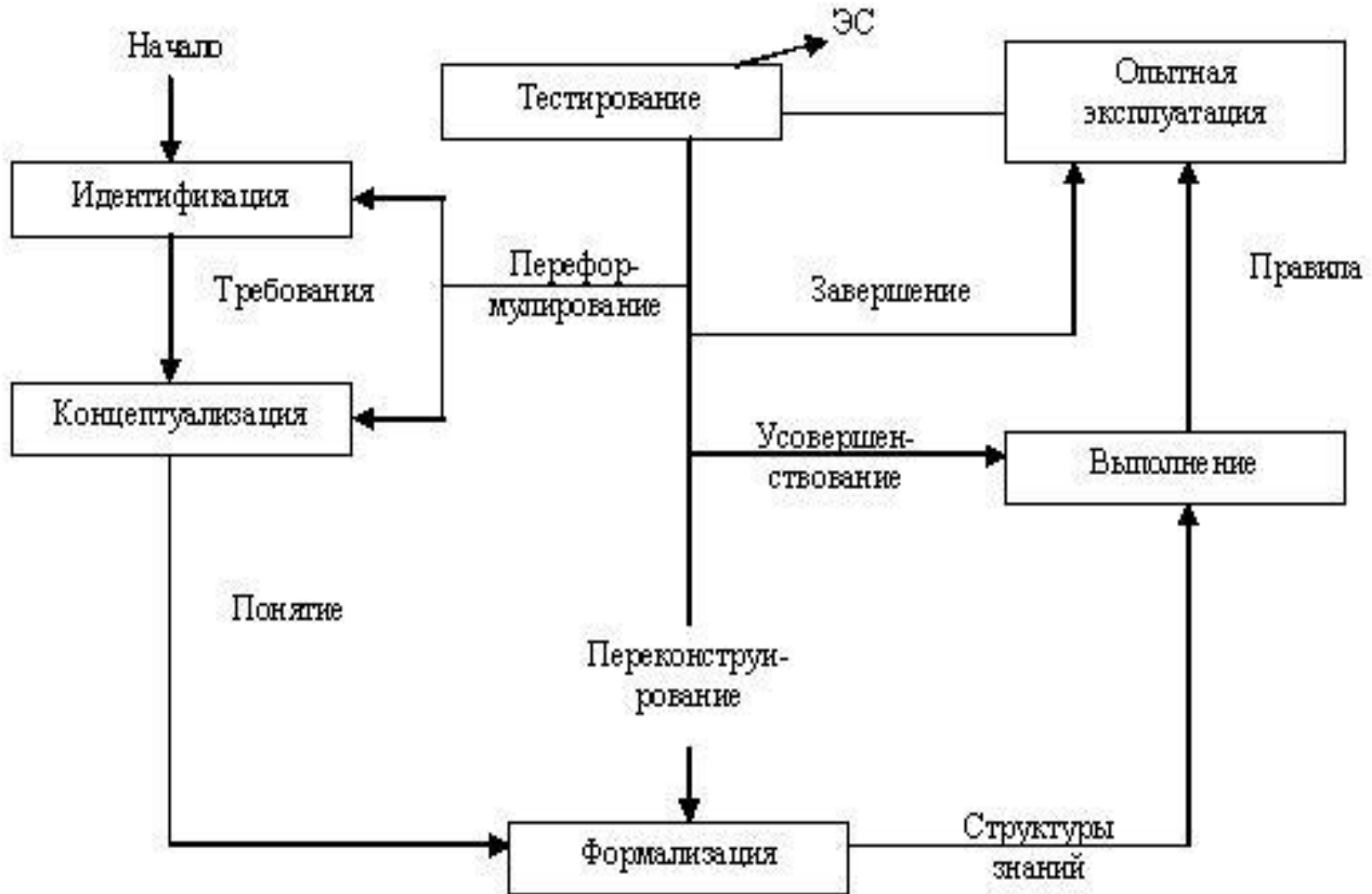
1. Етап ідентифікації

Етап ідентифікації пов'язаний, перш за все, з осмисленням тих завдань, які належить вирішити майбутній ЕС, і формуванням вимог до неї. Результатом етапу є відповідь на питання, що треба зробити і які ресурси необхідно задіяти (ідентифікація завдання, визначення учасників процесу проектування та їх ролі, виявлення ресурсів і цілей).

Ідентифікація завдання полягає в складанні неформального (вербального) опису, в якому зазначаються:

- загальні характеристики завдання;
- підзадачі, які виділяються всередині даного завдання;
- ключові поняття (об'єкти), їх вхідні (вихідні) дані;
- можливий варіант відповіді,
- знання, що відносяться до розв'язуваної задачі.

Етапи розробки ЕС



2. Етап концептуалізації

На даному етапі проводиться змістовний аналіз проблемної області, виявляються використовувані поняття і їх взаємозв'язки, визначаються методи розв'язання задач. Цей етап завершується створенням моделі предметної області (ПО), що включає основні концепти і відносини. На етапі концептуалізації визначаються наступні особливості завдання:

- типи доступних даних;
- вхідні дані і дані, що виводяться;
- підзадачі загальної задачі;
- застосовувані стратегії і гіпотези;
- види взаємозв'язків між об'єктами ПО;
- типи використовуваних відносин (ієрархія, причина, наслідок, частина - ціле і т.д.);
- процеси, які застосовуються в ході рішення;
- склад знань, використовуваних при вирішенні завдання;
- типи обмежень, що накладаються на процеси, які застосовані в ході рішення;
- склад знань, використовуваних для обґрунтування рішень.

Існує два підходи до процесу побудови моделі предметної області:

- 1) **признаковий або атрибутивний** підхід;
- 2) **структурний або когнітивний** підхід.

1) Атрибутивний підхід до побудови моделі предметної області

Для атрибутивного підходу характерна наявність як найповнішої інформації про предметну область: про об'єкти, їх атрибути і про значення атрибутів. Крім того, істотним моментом є використання додаткової навчальної інформації, яка задається групуванням об'єктів в класи з того чи іншого змістовного критерію.

Трійки **об'єкт-атрибут-значення** атрибута можуть бути отримані за допомогою так званого методу рекласифікації, який заснований на припущенні, що завдання є об'єктно-орієнтованим і об'єкти завдання добре відомі експерту.

Ідея методу полягає в тому, що конструюються правила (комбінації значень атрибутів), що дозволяють відрізнити один об'єкт від іншого.

На атрибутивному підході базуються ЕС розпізнавання образів і автоматичного групування даних.

1) Структурний підхід до побудови моделі предметної області

Він передбачає виділення наступних когнітивних елементів знань:

1. Поняття.
2. Взаємозв'язки.
3. Метапоняття.
4. Семантичні відносини.

Виділені **ПОНЯТТЯ** предметної області повинні утворювати систему, що володіє наступними властивостями:

- унікальністю (відсутністю надлишковості);
- повнотою (досить повним описом різних процесів, фактів, явищ і т. д. предметної області);
- достовірністю (валідність - відповідністю виділених одиниць смислової інформації їх реальним найменувань);
- непротиричністю (відсутністю омонімії).

Група методів встановлення **ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ** передбачає встановлення семантичної близькості між окремими поняттями.

Виділені поняття предметної області і встановлені між ними взаємозв'язки служать підставою для подальшої побудови системи **МЕТАПОНЯТЬ** - осмислених в контексті досліджуваної предметної області системи угруповань понять.

Інтерпретація предметної області

Інтерпретація, як правило, легше дається експерту, якщо угруповання отримані неформальними методами. Причому в деяких предметних областях зовсім не обов'язково встановлювати взаємозв'язки між поняттями, так як метапоняття, образно кажучи, «лежать на поверхні»

Останнім етапом побудови моделі предметної області при концептуальному аналізі є встановлення **семантичних відносин** між виділеними поняттями і метапоняттями.

Встановити семантичні відносини - це значить визначити специфіку взаємозв'язку, отриманого в результаті застосування тих чи інших методів. Для цього необхідно кожен зафіксований взаємозв'язок осмислити і віднести його до того чи іншого типу відносин.

Існує близько 200 базових відносин, наприклад, «частина - ціле», «рід - вид», «причина - наслідок», просторові, тимчасові та інші відносини. Для кожної предметної області крім загальних базових відносин можуть існувати і унікальні відносини.

Розглянуті вище методи формування системи понять і метапонять, встановлення взаємозв'язків і семантичних відносин в різних поєднаннях застосовуються на **етапі концептуалізації** при побудові моделі предметної області.

3. Етап формалізації

На даному етапі всі ключові поняття і відносини виражаються на деякій формальній мові, який або вибирається з числа вже існуючих, або створюється заново. Іншими словами, визначаються склад засобів і способи подання декларативних і процедурних знань, здійснюється це уявлення і в підсумку формується опис рішення задачі ЕС на запропонованому (інженером по знаннях) формальній мові.

Виходом етапу формалізації є опис того, як розглянута задача може бути представлена в обраному або розробленому формалізмі. Сюди належить:

- зазначення способів подання знань (фрейми, сценарії, семантичні мережі і т.д.);
- визначення способів маніпулювання цими знаннями (логічний висновок, аналітична модель, статистична модель тощо) і інтерпретації знань.

4. Етап виконання

Мета цього етапу - створення одного або декількох прототипів ЕС, які вирішують необхідні завдання. Потім на даному етапі за результатами тестування та дослідної експлуатації створюється кінцевий продукт, придатний для промислового використання.

Розробка прототипу полягає в програмуванні його компонентів або виборі їх із відомих інструментальних засобів і наповненні бази знань.

Головне в створенні першого прототипу ЕС-1 полягає в тому, щоб цей прототип забезпечив перевірку адекватності ідей, методів і способів подання знань.

Після розробки першого прототипу ЕС-1 коло пропонованих для вирішення завдань розширюється, і збираються побажання і зауваження, які повинні бути враховані в черговій версії системи ЕС-2.

При розробці ЕС-2, крім перерахованих завдань, вирішуються такі:

- аналіз функціонування системи при значному розширенні бази знань;
- дослідження можливостей системи в рішенні більш широкого кола завдань і вживання заходів для забезпечення таких можливостей;
- аналіз думок користувачів про функціонування ЕС;
- розробка системи введення-виведення.

Якщо ЕС-2 успішно пройшла етап тестування, то вона може класифікуватися як промислова експертна система.

5. Етап тестування

В ході даного етапу проводиться оцінка обраного способу представлення знань в ЕС в цілому. Для цього інженер по знаннях підбирає приклади, що забезпечують перевірку всіх можливостей розробленої ЕС. Розрізняють такі джерела невдач в роботі системи.

1. Тестові приклади.
2. Введення-виведення.
3. Правила виведення.
4. Керуючі стратегії.

6. Етап дослідної експлуатації

На цьому етапі перевіряється придатність ЕС для кінцевого користувача. Придатність ЕС для користувача визначається в основному зручністю роботи з нею і її корисністю.

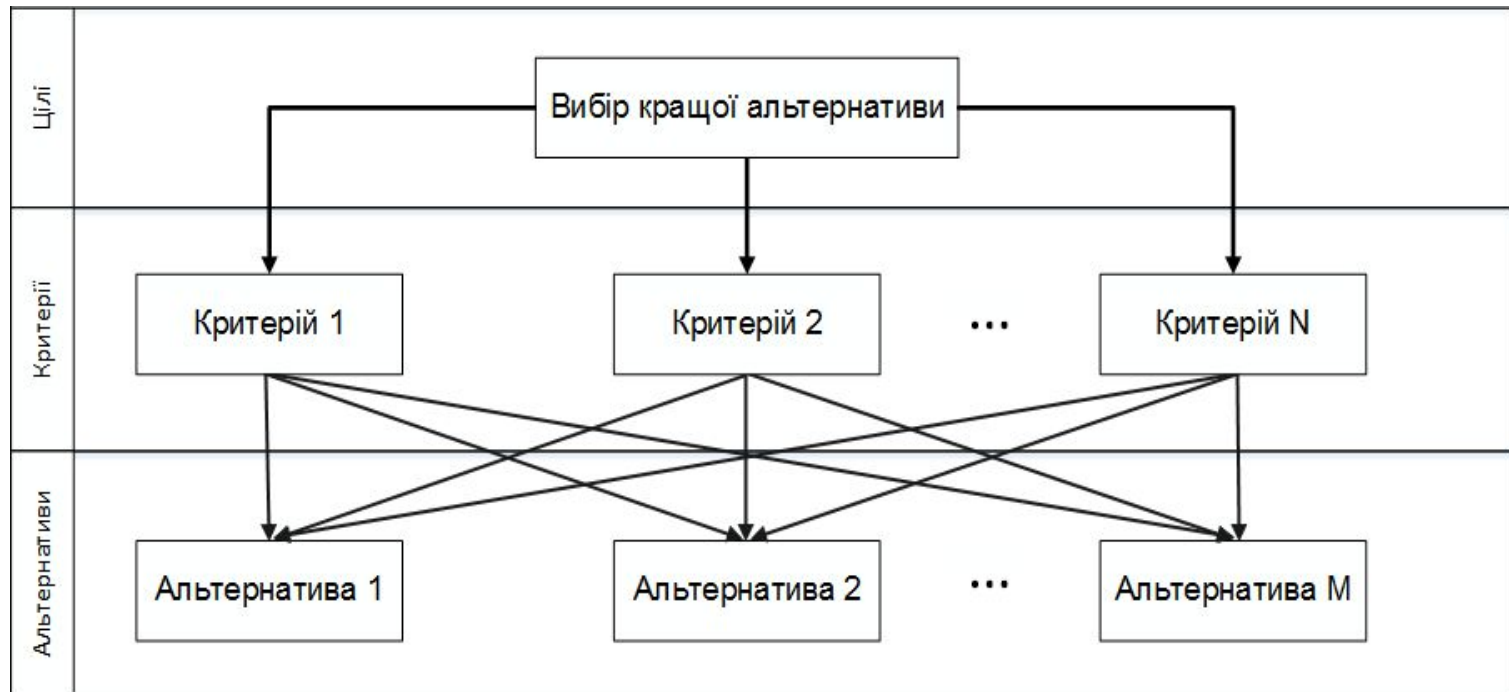
Корисність ЕС - її здатність в ході діалогу визначати потреби користувача, виявляти і усувати причини невдач в роботі, а також задовольняти зазначені потреби користувача.

Зручність роботи з ЕС - це властивість природності взаємодії з ЕС, гнучкість ЕС і стійкість системи до помилок.

В ході розробки ЕС майже завжди здійснюється її модифікація (переформулювання понять і вимог, переконструювання представлення знань в системі, удосконалення прототипу).

ВИБІР КРАЩОЇ АЛЬТЕРНАТИВИ ЗА УМОВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Розглянемо задачі, які мають ієрархічну структуру. До них належать задачі вибору однієї з кількох альтернатив за декількома критеріями. На першому рівні ієрархії знаходиться оптимальна альтернатива. На другому рівні необхідно визначити пріоритети критеріїв. На третьому рівні необхідно порівняти альтернативи за значеннями кожного із критеріїв.



Метод аналізу ієрархій (метод Т.Саати)

Для цього доцільно використовувати метод аналізу ієрархій (МАІ). МАІ побудований на декомпозиції складної проблеми на більш прості складові з обробкою послідовності суджень особи, що приймає рішення, за допомогою парних порівнянь і подальшим синтезом множини суджень.

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

де $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

Узгодженість матриці $A = \|a_{ij}\|_{n \times n}$, що визначається у вигляді умови для елементів матриці $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$, може бути порушена.

Для розв'язання задачі використовується шкала відносної важливості Т.Сааті (табл.1).

Табл. 1

| Інтенсивність відносної важливості | Визначення | Пояснення |
|---|---|---|
| 1 | Рівна важливість | Рівний вклад двох видів діяльності в ціль |
| 3 | Помірна перевага одного над іншим | Досвід і судження дають легку перевагу одному виду діяльності над іншим |
| 5 | Істотна або сильна перевага | Досвід і судження дають сильну перевагу одному виду діяльності над іншим |
| 7 | Значна перевага | Одному виду діяльності надана настільки велика перевага, що вона стає практично значною |
| 9 | Дуже сильна перевага | Очевидність переваги одного виду діяльності над іншим підтверджується найбільш сильно |
| 2, 4, 6, 8 | Проміжні рішення | Застосовуються у компромісних випадках |
| Обернені величини до наведених вище чисел | Якщо при порівнянні одного виду діяльності з іншим одержано, наприклад, 3, то при порівнянні другого виду діяльності з першим одержимо обернену величину, тобто $1/3$ | |

1. Визначається пріоритетність критеріїв. Для цього будуємо таблицю попарних порівнянь (табл. 2).

Табл. 2

| | | | | |
|-------|----------|----------|-----|----------|
| | F_1 | F_2 | ... | F_n |
| F_1 | W_{11} | W_{12} | ... | W_{1n} |
| F_2 | W_{21} | W_{22} | ... | W_{2n} |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| F_n | W_{n1} | W_{n2} | ... | W_{nn} |

Елементи таблиці W_{ij} вказують на важливість критерію F_i у порівнянні з критерієм F_j ($W_{ij} = 1/W_{ji}$).

2. Будується n таблиць попарних порівнянь для альтернатив за кожним з n критеріїв (табл. 3) з урахуванням даних з табл. 1.

Табл. 3

| | | | | |
|-------|------------|------------|-----|------------|
| F_i | A_1 | A_2 | ... | A_k |
| A_1 | V_{11}^i | V_{12}^i | ... | V_{1k}^i |
| A_2 | V_{21}^i | V_{22}^i | ... | V_{2k}^i |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| A_k | V_{k1}^i | V_{k2}^i | ... | V_{kk}^i |

3. Будується таблиця, в якій знаходяться попередні результати та розраховані глобальні пріоритети (табл. 4). Глобальні пріоритети $\gamma_j, j = \overline{1, k}$ знаходяться за формулою:

$$\gamma_j = \sum_{i=1}^n x_j^{v_i} \cdot x_j^w$$

Табл. 4

| | F_1 | F_2 | ... | F_n | Узагальнені або глоба- льні пріо- ритети |
|-------|-------------|-------------|-----|-------------|---|
| | X_1^v | X_2^v | ... | X_n^v | |
| A_1 | $X_1^{v_1}$ | $X_1^{v_2}$ | ... | $X_1^{v_n}$ | γ_1 |
| A_2 | $X_2^{v_1}$ | $X_2^{v_2}$ | ... | $X_2^{v_n}$ | γ_2 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| A_k | $X_k^{v_1}$ | $X_k^{v_2}$ | ... | $X_k^{v_n}$ | γ_k |

Основні етапи методу аналізу ієрархій

1. Побудувати ієрархію за рівнями: цілі, критерії, альтернативи.
2. Заповнити матрицю попарних порівнянь важливості критеріїв.
3. Заповнити матриці попарних порівнянь для альтернатив за кожним з критеріїв.
4. Обчислити вагові коефіцієнти важливості w_i для критерію Q_i та альтернатив w_{ij} за кожним з критеріїв Q_i .

$$W_i = \frac{1}{\lambda_{\max}} \sum_{j=1}^N a_{ij}, \quad i = \overline{1, N} \quad w_{ij} = \frac{1}{\lambda_{\max, i}} \sum_{j=1}^N a_{ij}, \quad i = \overline{1, N} \quad w_{ij} = \sum_{j=1}^N a_{ij} / \sum_{i,j=1}^N a_{ij}, \quad i = \overline{1, N}$$

Найкращою вважається альтернатива з максимальним значенням $Q(a_i)$.

Приклад використання методу аналізу ієрархій

Визначити найкращу альтернативу методом аналізу ієрархій за наданих матриць попарних порівнянь.

$$Q = \begin{vmatrix} 1 & 1/4 & 1/5 \\ 4 & 1 & 3 \\ 5 & 1/3 & 1 \end{vmatrix}, \quad Q_1 = \begin{vmatrix} 1 & 3 & 7 \\ 1/3 & 1 & 9 \\ 1/7 & 1/9 & 1 \end{vmatrix}, \quad Q_2 = \begin{vmatrix} 1 & 7 & 1/2 \\ 1/7 & 1 & 1/5 \\ 2 & 5 & 1 \end{vmatrix}, \quad Q_3 = \begin{vmatrix} 1,1 \\ 0,7 \\ 0,2 \end{vmatrix}$$

Приклад використання методу аналізу ієрархій

Визначимо вагові коефіцієнти оцінки альтернатив з матриці попарних порівнянь для критерію Q1

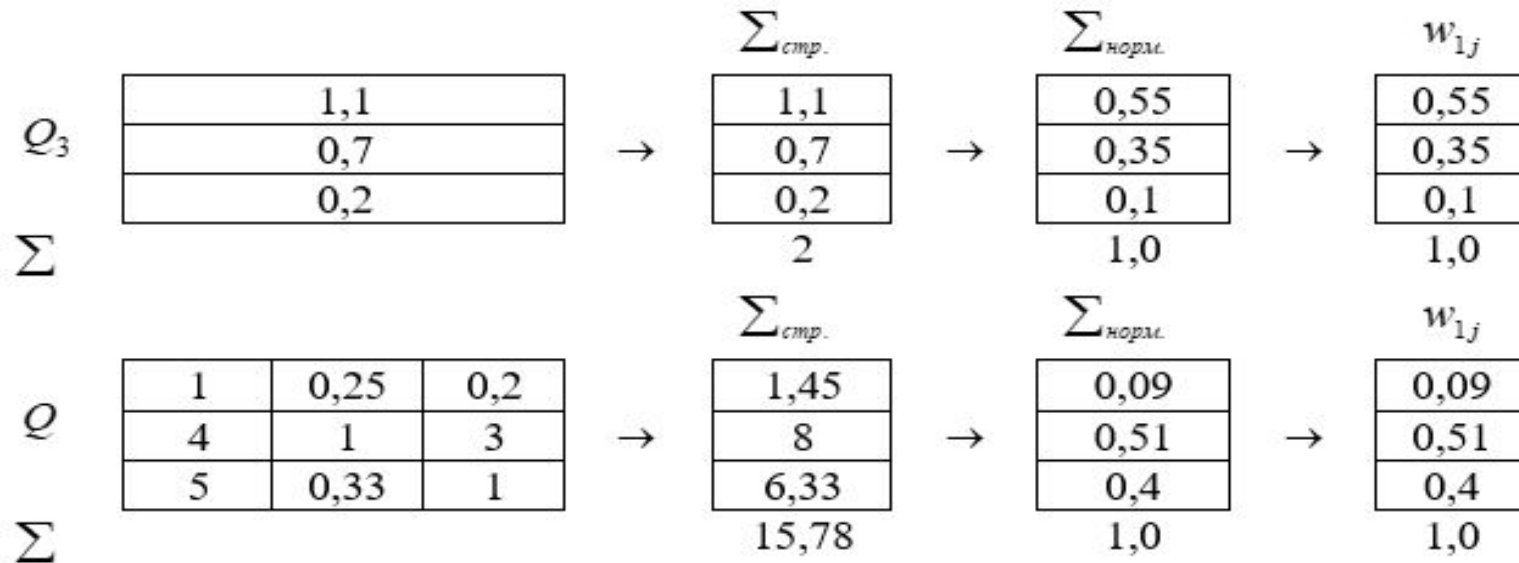
| | | | | | | | | | |
|----------|------|------|---|---|-----------------------|---|--------------------------|---|------------------|
| Q_1 | 1 | 3 | 7 | → | $\Sigma_{стр.}$ 11 | → | $\Sigma_{норм.}$ 0,49 | → | w_{1j} 0,48 |
| | 0,33 | 1 | 9 | | 10,33 | | 0,46 | | 0,46 |
| | 0,14 | 0,11 | 1 | | 1,25 | | 0,06 | | 0,06 |
| Σ | | | | | 22,58 | | 1,01 | | 1,0 |

де $\Sigma_{стр.}$ - строкові суми, $\Sigma_{норм.}$ - нормовані строкові суми, w_{1j} - вагові коефіцієнти альтернатив за критерієм Q1 (приведені до суми, що дорівнює 1).

Аналогічно визначимо вагові коефіцієнти для Q2, Q3 та Q:

| | | | | | | | | | |
|----------|------|---|-----|---|------------------------|---|--------------------------|---|------------------|
| Q_2 | 1 | 7 | 0,5 | → | $\Sigma_{стр.}$ 8,5 | → | $\Sigma_{норм.}$ 0,48 | → | w_{1j} 0,47 |
| | 0,14 | 1 | 0,2 | | 1,34 | | 0,08 | | 0,08 |
| | 2 | 5 | 1 | | 8 | | 0,45 | | 0,45 |
| Σ | | | | | 17,84 | | 1,01 | | 1,0 |

Приклад використання методу аналізу ієрархій



Визначимо значення кожної альтернативи, використовуючи обраховані вагові коефіцієнти:

| | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|-------|---|------------------------------|---|------|
| | w_{1j} | w_{2j} | w_{3j} | W_j | | | | |
| $Q(A_j)$ | 0,48 | 0,47 | 0,55 | 0,09 | * | 0,48*0,09+0,47*0,51+0,55*0,4 | = | 0,5 |
| | 0,46 | 0,08 | 0,35 | 0,51 | | 0,46*0,09+0,08*0,51+0,35*0,4 | | 0,23 |
| | 0,06 | 0,45 | 0,1 | 0,4 | | 0,06*0,09+0,45*0,51+0,1*0,4 | | 0,27 |

Максимальне значення 0.5 відповідає альтернативі А1.

Перелік питань для самоконтролю

1. Класифікація експертних систем.
2. Складові частини експертної системи і порядок її функціонування.
3. Функціонування бази знань експертної системи.
4. Етапи проектування експертної системи:
 - а) етап ідентифікації;
 - б) етап концептуалізації;
 - в) етап формалізації;
 - г) етап тестування;
 - д) етап дослідної експлуатації.
5. Вибір кращої альтернативи за умов невизначеності на основі методів експертного оцінювання.
6. Метод аналізу ієрархій Т.Сааті.