

УДК 004.89:656.13:658.5

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ В ГАЛУЗІ
ТРАНСПОРТУ І ВИРОБНИЦТВА**

Аулін В.В., д.т.н., проф.,

Гриньків А.В., к.т.н.,

Лівіцький О.М., здоб.,

Кернус Р.О., ст.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

Development of expert systems with use of elements of technologies of creation of artificial intelligence is considered. Comparative analysis revealed differences between artificial intelligence systems and conventional software systems. The classification of expert systems on various grounds is given. The stages of their existence and the scales that characterize the complexity of the tasks are highlighted. The tools of development of intelligent expert systems are allocated. The structure of the process of decision making in expert systems is indicated, a number of aspects of realization of technology of creation of intelligent expert systems are allocated. Three main principles of designing intelligent expert systems are given and the main requirements are formulated.

Key words: expert systems, intelligent elements, artificial intelligence, efficiency, structured approach.

Вступ

На сьогоднішній день відпрацьованими є елементи технології створення штучних інтелектуальних систем на прикладі розробки експертних систем (ЕС). Зазначимо, що ЕС отримали вельми широке поширення в багатьох сферах людської діяльності, в т.ч. на транспорті і у виробництві, а технології їх створення мають універсальний характер і не вимагають апаратних реалізацій [1-3].

ЕС – це можуть бути складні програмні комплекси, що акумулюють знання фахівців в конкретних предметних областях і тиражують цей емпіричний досвід для консультацій менш кваліфікованих користувачів [4]. В більш ранніх ЕС не було можливості врахувати зміну знань, що накопичувалися при розв'язанні певних проблем і завдань. Це так звані статичні ЕС. Типові статичні ЕС містять наступні основні компоненти: базу знань; робочу пам'ять; вирішувач (інтерпретатор); систему пояснень; компоненти придбання знань; інтерфейс з користувачем.

База знань ЕС призначена для зберігання довгострокових даних. Ці дані описують досліджувану область, а також формуються і правила, що описують доцільні перетворення даних цієї області. База даних (робоча пам'ять) служить для зберігання поточних даних розв'язуваного завдання (проблеми). Інтерпретатор особа або система, що набирає послідовність необхідних правил та виконує їх обробку на основі наявних даних в БЗ. Відображення системи розв'язку конкретного завдання (проблеми), а також відповідних знань, що для нього використовувались займається система пояснень. Це полегшує

тестування системи і підвищує довіру користувача до отриманого результату.

Необхідні елементи накопичення знань потрібні і для накопичення ЕС відповідними знаннями за допомогою діалогових форм з експертом-користувачем, а також для корегування вже наявних знань.

Мета та завдання

Метою даної роботи є з'ясувати сутність, класифікацію та принципи побудови експертних систем з інтелектуальними елементами.

Для реалізації мети розв'язувались наступні завдання:

1. Порівняльний аналіз систем штучного інтелекту і програмних систем.
2. Класифікація експертних систем.

Результати та вирішення основних завдань

Розробкою ЕС займаються високо-кваліфіковані спеціалісти різнорідних областей:

- експерти проблемної області, до якої відносяться завдання;
- аналітики, які є фахівцями з розробки інтелектуальних транспортних (ІТС) і виробничих (ІВС) систем;
- програмісти, які здійснюють реалізацію ЕС.

Експерти постійно оновлюють знання в ЕС, а також здійснюють перевірку та оцінку результатів, які отримано. В свою чергу аналітики постійно допомагають експертам отримувати важливі залежності та проводити структурування знань, що важливі для роботи ЕС. Аналітики також проводять аналіз відповідно до поставлених знань, самостійно підбирають підходи для обробки даних, знань, а також формують інструментальний апарат для ЕС. Програмісти потім оновлюють або заново формують програмне середовище ЕС відповідно до рекомендацій експертів та аналітиків.

Створення інтелектуального програмного забезпечення для ІТС і ІВС суттєво відрізняється від розробки традиційних програм з використанням відомих алгоритмічних мов (табл. 1).

Таблиця 1 Відмінності систем штучного інтелекту від звичайних програмних систем

Характеристика	Програмування в системах штучного інтелекту	Традиційне програмування
Тип обробки	Символьне	Числове
Метод	Евристичний пошук	Точний алгоритм
Задання кроків рішення	Неявне	Явне
Шукане рішення	Раціональне	Оптимальне
Управління і дані	Змішане	Роздільне
Знання	Неточне	Точне
Модифікації	Часті	Рідкісні

Будь-яка ЕС повинна мати, принаймні, два режими роботи. Під час формування знань експерт коректує та додає дані в систему, що в майбутньому дають можливість ЕС автоматично розв'язувати певні завдання (проблеми) з певної прикладної області. Експерт дає інформацію у вигляді опису проблемних областей певних даних та бази правил. Дані дають характеристику

конкретної області або завданню. Правила визначають взаємні зв'язки, що існують між даними, і способи маніпулювання даними, характерні для даного класу завдань.

У режимі консультації користувач ЕС повідомляє системі конкретні дані про розв'язуване завдання і прагне отримати з її допомогою результат. Користувачі-неспеціалісти звертаються до ЕС за результатом, не вміючи отримати його самостійно. Користувачі-фахівці використовують ЕС для прискорення і полегшення процесу отримання результату. Слід підкреслити, що термін "користувач" є багатозначним, оскільки використовувати ЕС можуть і експерт, і аналітик, і програміст. Тому, коли хочуть підкреслити, що мова йде про те, для кого розроблялася ЕС, використовують термін "кінцевий користувач".

В консультаційному режимі необхідні дані про конкретне завдання надаються в оперативну пам'ять. Інтерпретатор або вирішувач ґрунтуючись на вхідних даних з оперативної пам'яті і бази правил ЕС пропонує рішення. Особливістю ЕС є те, що вони як комп'ютерні програми при вирішенні прикладного завдання (проблеми) виконують необрану послідовність операцій, а також їх сама формує.

На даний час є значна кількість класів програмних додатків, в рішеннях яких необхідно виконувати зміни, що здійснюються в зовнішньому середовищі підчас реалізації програмного продукту. Для вирішення таких завдань (проблеми) необхідно застосовувати динамічні ЕС, які поряд з компонентами статичних систем містять підсистему моделювання зовнішнього середовища і підсистему зв'язку з ним. Підсистема зовнішнього середовища необхідна для прогнозування, аналізу та адекватної оцінки його стану. Зміни в умовах поставленого завдання (проблеми) потребують динамічних змін знань в ЕС, щоб описати необхідну логіку реального світу та завдання (проблему).

ЕС класифікують за: програмним продуктом; станом розробки або існування; складністю або масштабістю; областю проблемного напрямку; можливістю при вирішенні завдань.

Тип додатку характеризується такими ознаками:

- можливість взаємодії додатка з іншими програмними засобами;
- можливість виконувати додаток і переносити його на різні платформи;
- архітектура додатку.

Зазначимо, що стадія існування ЕС характеризує ступінь завершеності її розробки. Прийнято виділяти наступні стадії ЕС:

- дослідницький прототип – вирішує представницький клас завдань (проблем) проблемної області, але може бути нестійкий в роботі і не повністю перевірений;

- діючий прототип дає можливість ефективно розв'язувати поставлені завдання, але при складних задачах споживає багато пам'яті та часу;

- виробнича система – забезпечує високу якість вирішення всіх завдань при мінімумі часу і пам'яті;

– комерційна система – придатна не тільки для використання розробником, а й для продажу різним споживачам [6].

Масштаб ЕС характеризує складність вирішуваних завдань і пов'язаний з типом використовуваного ПК. За цією ознакою розрізняють:

- малі ЕС – призначені для первинного навчання і проходження можливості застосування технології ЕС для розглянутого класу завдань;
- середні ЕС зазвичай інтегровані з певними БД, до їх складу входять незначний перелік додатків;
- великі ЕС в основному інтегровані з високо потужними електронними таблицями, БД та реалізуються на потужних серверах та спецкомп'ютерах;
- символні ЕС зазвичай реалізуються для певних досліджень, мають орієнтацію на аналіз символної інформації, функціонують на спецкомп'ютерах.

Область проблемного напрямку характеризує досліджувану область ЕС, має опис об'єктів з їх властивостями та розв'язуваних завдань (проблем). Дана інформація має чітку структуру даних, а розв'язок завдання (проблеми) представляється у вигляді: формул; правил; набору ітерацій і т.п.

У зв'язку з цим проблемне середовище визначається характеристиками відповідної предметної області і типів вирішуваних в ній завдань (проблем).

Ступінь новизни може бути різною і визначається видом знань, закладених в ЕС, і методами їх обробки. Для організації ефективного проектування та реінжинірингу потрібно формувати не лише самі проектні рішення, але і мотиви їх прийняття. ЕС, які вирішують завдання (проблеми) проектування, реалізують процедури виведення рішення і пояснення отриманих результатів;

Прогнозування являється передбаченням наслідків визначених подій або явищ на основі аналізу наявних даних. ЕС, які можуть прогнозувати різноманітні ситуації дають можливість логічно вивести імовірні наслідки з певною надійністю. При прогнозуванні ЕС в більшості випадків використовують динамічні моделі, в яких значення параметрів "підганяються" під задану ситуацію. Виведені з цих моделей наслідки складають основу для прогнозів з ймовірними оцінками.

Плануванням є побудова планів дій об'єктів, здатних виконувати деякі функції. Робота ЕС з планування заснована на моделях поведінки реальних об'єктів, які дозволяють проводити логічний висновок наслідків запланованої діяльності.

Експертні системи при навчанні виконують такі функції: діагностика помилок та підказування правильних рішень; акумулювання знань про гіпотетичного "учня" і його характерних помилках; діагностування слабкості в пізнаннях "учнів" і знаходження відповідних коштів для їх ліквідації. Системи навчання здатні планувати акт спілкування з "учнем" залежно від його успіхів передачі необхідних знань.

Підтримка прийняття рішень являється сукупністю процедур, що

забезпечує особа, яка приймає рішення, необхідною інформацією та рекомендаціями, що полегшують процес прийняття рішення. Такого роду ЕС надають допомогу фахівцям у виборі і/або генерації найбільш раціональної альтернативи з множини можливих при прийнятті відповідальних рішень.

Завдання (проблеми), що стосуються аналізу даних можливо віднести до діагностики та прийняття рішень. Завдання синтезу дають можливість здійснювати управління, проектування та стратегічного планування. Комбіновані завдання охоплюють моніторинг, навчання та прогноз.

Інструментальні засоби розробки інтелектуальних додатків мають наступні основні параметри:

- рівень використовуваної мови програмування;
- парадигми програмування і механізми реалізації;
- спосіб подання знань;
- механізми виведення і моделювання;
- затрати на придбання знань;
- технології розробки додатків.

Різноманітність способів подання знань в ЕС обумовлено тим, щоб з найбільшою ефективністю представити різні типи проблемних середовищ з найбільшою ефективністю. Зазвичай спосіб представлення знань в ЕС характеризують моделлю представлення знань. В якості типових моделей подання знань передусім є правила (продукції); фрейми (або об'єкти); семантичні мережі, логічні формули. Зазначимо, що інструментальні засоби, що мають у своєму складі більше однієї моделі подання знань є гібридними. Більшість з тимчасових засобів, як правило, використовує об'єктно-орієнтовану парадигму, об'єднану з парадигмою, орієнтованою на правила.

Розглянемо механізми формування висновку і моделювання ЕС. У статичних ЕС єдиним активним агентом, що змінює інформацію, є механізм її формування. У динамічних ЕС зміна даних відбувається не тільки внаслідок функціонування механізму виконуваних тверджень, але також у зв'язку зі змінами оточення завдання, які моделюються спеціальною підсистемою або надходять ззовні. Механізми формування висновку в різних середовищах можуть відрізнятися способами реалізації різноманітних процедур:

Структура процесу формування рішення в ЕС містить в собі наступне:

- побудова дерева доведення на основі навчальної вибірки (індуктивні методи придбання знань) і вибір маршруту на цьому дереві в режимі рішення завдання;
- компіляція мережі доведення зі специфічних правил в режимі придбання знань і пошук рішення на цій мережі в режимі вирішення завдань;
- генерація мережі доведення і пошук рішення в режимі розв'язання завдання, при цьому генерація мережі здійснюється в ході виконання операції зіставлення, що визначає пари "правило-сукупність даних", на яких умови цього правила задовольняються;
- в режимі вирішення завдань (проблем) ЕС здійснює вироблення

припущень; виконання міркувань щодо обґрунтування припущень; генерацію альтернативних мереж доведення; пошук рішення в цих мережах.

Пошук або вибір рішення в ЕС реалізується наступним чином:

- пошук виконується від даних до мети, а також від цілі до даних, що характеризує його двонаправленість;
- порядок перебору вершин в мережі доведення – "пошук в ширину", при якому спочатку обробляються всі вершини, безпосередньо пов'язані з поточною оброблюваною вершиною G ;
- "пошук в глибину", коли спочатку розкривається одна найбільш значуща вершина – G_1 пов'язана з поточною G_i , потім вершина G робиться поточною, і для неї розкривається одна найбільш значуща вершина G_2 і т.д.

Що стосується технології створення інтелектуальних ЕС, то можна виділити ряд наступних етапів:

- дослідження здійсненності проекту;
- розробка загальної концепції системи;
- розробка і тестування серії прототипів;
- розробка і випробування головного зразка;
- розробка і перевірка розширених версій системи;
- прив'язка системи до реального робочого середовища.

Проектування інтелектуальних ЕС засноване на трьох головних принципах:

1. Ефективність експертної системи обумовлена перш за все потужністю бази знань і можливостями її поповнення, а також використовуваними методами (процедурами) обробки інформації.

2. Знання, що дозволяють експерту (або експертній системі) отримати якісні та ефективні рішення завдань (проблем), є в основному евристичними, емпіричними, невизначеними, правдоподібними.

3. Активність діалогу користувача з ЕС під час її роботи дає можливість користуватися неформальними знаннями і завданнями (проблемами).

Перед тим як приступити до розробки ЕС, аналітик повинен розглянути питання, чи слід розробляти ЕС для цього додатка. Розробка ЕС починається, коли вона реально можлива, доцільна, а також методи програмної інженерії знань відповідають поставленому завданню (проблемі) [7].

Доцільність ЕС можлива при виконанні наступних вимог:

- наявність експертів в цій галузі, які вирішують завдання значно краще, ніж фахівці початківці;
- експерти оцінюють пропоновані варіанти рішень, щоб оцінити якість ЕС;
- експерти здатні вербалізувати (висловити природною мовою) і пояснити використані методи, інакше важко розраховувати на те, що знання експертів будуть "витягнуті" і вкладені в ЕС;
- вирішення завдання вимагає в основному обґрунтованих міркувань, а не конкретних дій;

- завдання не повинно бути занадто важким, тобто його рішення повинне займати у експерта декілька годин або днів, а не тижнів або років;
- завдання можуть бути неформальні, але обов'язково повинні відноситися до певної та структурованої області;
- рішення завдання не повинно в значній мірі спиратися на "здоровий глузд", оскільки подібні знання поки не вдається в достатній кількості закласти в системи штучного інтелекту.

При розробці ЕС використовують також концепцію швидкого прототипу, сутність якої полягає в тому, що розробники не намагаються побудувати відразу кінцевий продукт. Початковий етап дає можливість створити прототип, що характеризує наступним вимогам: можливість вирішити типові завдання і мінімальний час та ресурси на його розробку. При виконанні цих умов стає можливим паралельно вести процес накопичення і налагодження знань, здійснюваний експертом, і процес вибору (розробки) програмних засобів, що виконується аналітиком і програмістом. Для задоволення вказаним вимогам при створенні прототипу використовуються різноманітні інструментальні засоби, що прискорюють процес проектування ЕС.

Традиційна технологія реалізації ЕС включає шість основних етапів, що представлені на рис. 1.

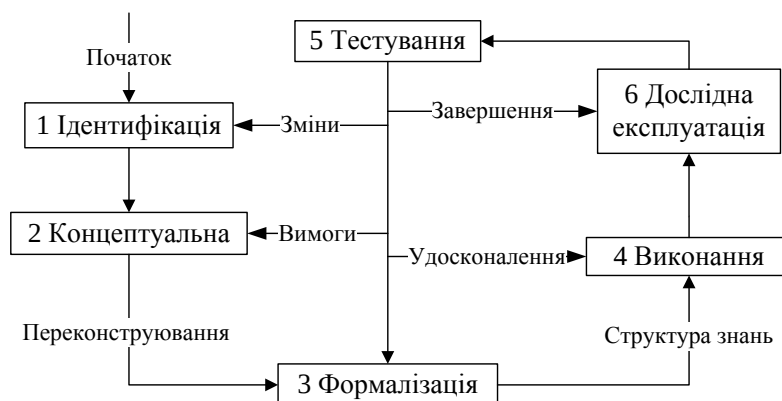


Рисунок 1 Етапи розробки експертних систем

З'ясуємо сутність різних станів проектування експертних систем. Етап ідентифікації формує завдання, цілі, підбір експертів, опис користувачів. Концептуалізація дає можливість проаналізувати предметну область, формуються поняття, взаємозв'язки між ними, рекомендуються методи для розв'язування переліку завдань. Етап формалізації дає можливість вибрати інструментальні засоби та основні способи представлення знань, понять, проводиться моделювання робочої системи, оцінюється адекватність системи при вирішенні поставлених завдань, представлення та маніпулювання знаннями розглянутої предметної області.

На етапі виконання здійснюється заповнення бази знань. Основою ЕС є знання та їх накопичення, тому етап вимагає виконання найбільш трудомістким. Процес формування знань під час діалогу з експертами;

організація знань, дає можливість структурувати знання та більш зручно їх представити для роботи в автоматичному режимі. Накопиченням знань займається аналітик, який проводить аналіз діяльності експерта під час вирішення конкретних завдань [8].

На етапі тестування експерт і аналітик в інтерактивному режимі з використанням діалогових і пояснювальних засобів перевіряють компетентність ЕС. Процес тестування триває до тих пір, поки експерт не вирішить, що система досягла необхідного рівня компетентності.

Етап дослідної експлуатації дає можливість оцінити придатність ЕС для роботи з користувачами. Отримані результати можуть показати необхідність суттєвої модифікації ЕС.

При створенні ЕС не має конкретної послідовності зазначених раніше етапів. Під час розробки необхідно переходити на попередні етапи та оцінювати рішення, що на них приймалися.

Структурований підхід під час реалізації ЕС дає можливість структурувати знання в проблемній області. Даний підхід обумовлений, тим що для деяких додатків використання низько формалізованих знань не дає можливість вирішувати ряд завдань. Такий підхід до побудови ЕС схожий на структурне програмування. Однак стосовно ЕС мова йде не про те, щоб структурування завдання (проблеми) було доведено до точного алгоритму (як в традиційному програмуванні), а передбачається, що частина завдання (проблеми) вирішується за допомогою евристичного пошуку. Структурований підхід в різних додатках доцільно поєднувати з поверхневим або глибинним [9].

При глибинному підході реалізація ЕС базується на моделі прикладного проблемного середовища, де вона функціонує. Модель може бути визначена різними способами: декларативно, процедурно. Необхідність використання моделей в ряді програм викликана прагненням виправити недолік поверхневого підходу, пов'язаний з виникненням ситуацій, які не описані правилами, що зберігаються в базі знань. ЕС розроблені із застосуванням глибинних знань. При виникненні невідомої ситуації вони здатні самостійно визначити, які дії слід виконати, а також за допомогою деяких загальних принципів, справедливих для даної галузі експертизи.

Глибинний підхід вимагає явного опису структури і взаємозв'язку між різними сутностями проблемної області. У цьому підході необхідно використовувати інструментальні засоби, що володіють можливостями моделювання: об'єкти з приєднаними процедурами, ієрархічне на проходження властивостей, активні знання (програмування, кероване даними), механізм передачі повідомлень об'єктам (об'єктно-орієнтоване програмування) і т.п.

В штучному інтелекті експертні системи сформувалися як самостійний напрям в кінці 1970-х рр. Історія ЕС почалася з повідомлення японського комітету з розробки ПК п'ятого покоління, в якому основна увага приділялася розвитку інтелектуальних здатностей комп'ютерів з тим, щоб вони могли оперувати не тільки даними, але і знаннями, як це здійснюють фахівці

(експерти) при виробленні рішень. Група по експертних системах при Комітеті British Computer Society визначила ЕС як "впровадження в ПК компонентів досвіду експерта, заснованої на знаннях, в такій формі, що машина може дати інтелектуальну пораду або прийняти рішення щодо оброблюваної функції". Однією з важливих властивостей ЕС є здатність пояснити хід своїх міркувань, які зрозумілі для користувача [10, 11].

Область дослідження ЕС являє собою інженерію знань. Е. Фейгенбаум ввів цей термін, а його трактування свідчить про привнесення принципів і інструментарію з області штучного інтелекту в рішення прикладних проблем, що вимагають знань експертів. ЕС застосовуються для вирішення неформалізованих проблем, до яких відносять завдання, що володіють однією (або декількома) з наступних характеристик:

- завдання, в деяких випадках не можливо сформулювати в точних числових значеннях;
- предметна область транспортних та виробничих систем з точки зору початкових даних та баз знань мають постійні: неоднозначності та суперечності при формуванні завдань;
- цілі неможливо висловити за допомогою чітко визначеної цільової функції;
- не існує однозначного алгоритмічного рішення завдання;
- алгоритмічне рішення існує, але його не можна використовувати через великі розмірності простору рішень і обмежень на ресурси (час, пам'ять).

Зазначимо, що ЕС дуже важлива область дослідження для вдосконалення та формування баз даних, а також при організації процесів прийняття рішення. Дані системи добре себе зарекомендували в бізнесі, проектуванні технічних та технологічних систем та різних напрямках транспортної галузі [10, 12-15].

У багатьох випадках ЕС є інструментом, що підсилює інтелектуальні здібності експерта. Крім того, ЕС може виступати в ролі: консультанта для непрофесійних користувачів; асистента - експерта - людини в процесах аналізу варіантів рішень; партнера - експерта в процесі вирішення завдань, що вимагають залучення потоків знань з різних предметних областей.

Класифікацію ЕС проводять за наступними ознаками: спосіб формування рішень; спосіб обліку тимчасових ознак; вид використовуваних даних і знань; число використаних джерел знань.

ЕС можливо розділити: аналізуючі та синтезуючі. В аналізуючих ЕС виконується вибір рішень з раніше відомих знань, а синтезуючі ЕС дають можливість формувати рішення з різнорідних частин знань. Статичні ЕС вирішують завдання з незмінними даними і знаннями в процесі вирішення, а динамічні ЕС – допускають такі зміни.

За видами використовуваних даних і знань розрізняють ЕС з детермінованими і невизначеними знаннями. Невизначені дані мають наступні характеристики: нечіткість, неповність, а також часткова, або повна

ненадійність. ЕС можуть створюватися з використанням одного або декількох джерел знань.

У відповідності до перерахованих ознак можна виділити чотири основні класи ЕС (рис. 2): класифікуючі, довизначені, трансформуючі і мультиагентні [14, 16].

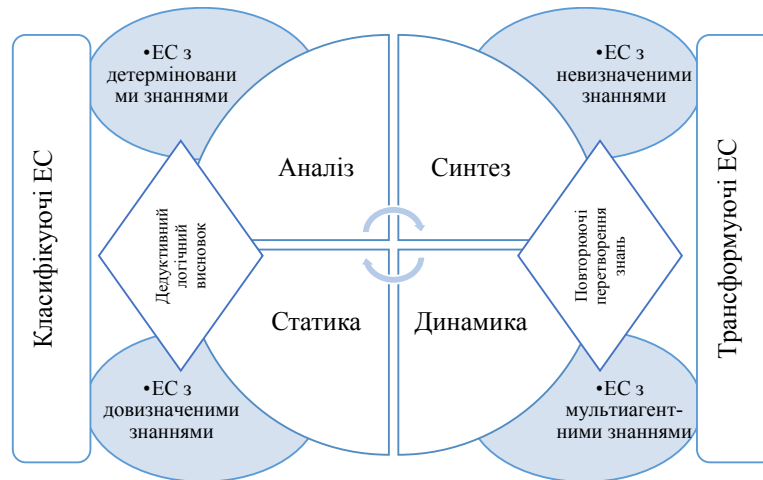


Рисунок 2 Розподіл експертної системи на класи при розв'язанні завдань

Класифікуючі ЕС вирішують завдання розпізнавання ситуацій. Важливим методом вироблення рішень, в даних ЕС є логічний дедуктивний висновок в завершуючому варіанті. Довизначені ЕС використовуються для вирішення завдань з неповністю визначеними даними і знаннями. Дані ЕС мають завдання, що стосуються роз'яснення нечітких знань та вибору напрямку для можливого знаходження раціонального рішення. Баєсівський імовірнісний підхід, коефіцієнти впевненості, нечітка логіка використовуються в якості методів обробки невизначених знань.

Трансформуючі ЕС взаємодіють з синтезуючими властивостями, що передбачають можливе перетворення знань підчас прийняття рішення, або розв'язання завдання. ЕС даного класу використовуються різні способи обробки знань:

- генерація і перевірка гіпотез;
- логіка припущень і замовчувань;
- для усунення невизначеності в ситуаціях використовуються метазнання більш загальних закономірностей.

До трансформуючих ЕС відносяться мультиагентні системи. Дані системи – є динамічними та дають можливість інтеграції декількох джерел знань. Інтегровані джерела обмінюються інформацією під час розв'язання поставленого завдання. Системи даного класу мають такі можливості:

- врахування альтернативності варіантів прийняття рішення при застосуванні різнорідних джерел знань, а також можливості визначення протиріч;
- вирішення завдань з можливістю їх розподілення та декомпонуванням, що має на меті розподіл на підзавдання та залучення самостійних джерел знань;

- застосування різних стратегій формування висновків залежно від типу розв'язуваної проблеми;
- обробка великих масивів інформації баз даних;
- використання математичних моделей і зовнішніх процедур імітації розвитку ситуацій.

Висновки

1. Виявлено, що компонента зв'язку із зовнішнім середовищем актуальна для автономних інтелектуальних систем (ІС) (роботів), а також для інтелектуальних систем управління. Зв'язок із зовнішнім середовищем здійснюється через систему датчиків і контролерів (ІТС і ІВС) [5].

2. Управління є функцією організованої системи, що підтримує певний режим її діяльності. ЕС даного типу призначені для управління поведінкою складних систем.

3. Проектування інтелектуальних експертних систем, їх ефективність та формування та прийняття рішень.

4. Ефективність роботи інтелектуальних експертних систем залежать в значній мірі від використаних фізичних та програмний засобів. Більш раціональний ефективний підхід для конкретних експертних систем може об'єднувати в собі комплекс поверхневого, структурного та глибинного підходів.

5. Головною відмінністю ЕС і систем штучного інтелекту від систем обробки даних є використання символного, а не числового способу їх представлення, а тому застосовується процедура логічного висновку і евристичного пошуку рішень як методи обробки інформації.

Література

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Кузик О.В., Тихий А.А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем. монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2020.
2. Chen Xue-Mei, Wei Zhong-Hua. Vehicle management system based on multinode RFID cards. 30th Chinese Control Conference (CCC). 2011. P. 5497-5499.
3. Manikondan P., Yerrapragada A.K., Annasamudram S.S. Intelligent traffic management system. Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology (STUDENT): IEEE Conference. 2011. P. 119-122.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. Питер, 2000. С.159-168
5. Samad T. Perspectives in Control Engineering Technologies, Applications, and New Directions. Intelligent Transportation Systems: Roadway Applications. 2001. P. 348 -369.
6. Schutte J. Recent trends in automatic train controls. IEEE Intelligent Transportation Systems. 2001. P. 813 -819.
7. Ручкин В. Н., Костров Б. В., Колесенков А. Н. Трехуровневый экспресс-мониторинг чрезвычайных ситуаций на базе интеллектуальных КФС. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017.

№ 2. С. 164-172.

8. Кудж С. А., Цветков В. Я. Сетевое управление и киберфизические системы. Образовательные ресурсы и технологии. 2017. № 2 (19). С. 86-92.

9. Bortyakov D.E., Mescheryakov S.V., and Shchemelinin D.A. Integrated Management of big data traffic systems in distributed production environments. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. № 1. С. 105-113.

10. Aulin V., Lyashuk O., Hrynkiv A., Pavlenko O., Velykodnyi D., Lysenko S., Holub D., Vovk Y., Dzyura V., Sokol M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. Communication – Scientific Letters of the University of Zilina. – 2019. Vol.21 (2), P. 5-14.

11. Боровской А.Е., Новиков И.А., Шевцов А.Г. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения. Вестник ХНАДУ. 2013. Вип. 61-62. С. 279-284.

12. Попов Э.В. Искусственный интеллект: в 3-х т. Т. 1. Системы общения и экспертные системы. Москва: Радио и связь, 1990.

13. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Pankov A.O., Zamota T.M., Lyashuk O.L., Tykhyi A.A., Kuzyk A.V. Development of mechatronic module for the seeding control system. INMATEH – Agricultural Engineering, vol. 59, no.3 / 2019. – P. 181-188.

14. Аулін В.В., Солових А.Є., Дігтяр Б. Економіко-математичне модулювання процесів управління підприємством в умовах господарського ризику і невизначеності. Наук. праці КДТУ. Екон. науки. 2000. Вип.8. С.151-156.

15. Петров Е.А., Краус В.А. Уровни управления интеллектуальной транспортной системой. Вестник СибАДИ. 2013. Вип. 3 (31). С 61-66.

16. Капский Д.В., Навой Д.В., Пегин П.А. Управление в интеллектуальной транспортной системе. Наука и техника. 2018. т. 17. №5. С. 401-412.

17. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.В. Рівні завдань та структура функціонування системи технічного сервісу транспортних машин. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали II Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 25-27 березня 2020 р. Рівне : НУВГП, 2020. С. 123-125.