

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ БЛОКА КЕРУВАННЯ БЕЗПЛОТНОГО ПОВІТРЯНОГО СУДНА

М.С. ГРАФ, В.П. КВАСНІКОВ

Анотація. Показано створення експертної системи для оброблення інформації в системі керування безпілотного повітряного судна або дистанційно пілотованих авіаційних системах, її завдання та виконання. Розглянуто алгоритм побудови навчального модуля експертної системи. Наведено склад та основні компоненти експертних систем, на основі яких побудовано структуру та схему взаємодії її компонентів з урахуванням участі людини у структурі під час навчання. Подано взаємодію системи з джерелами вхідних даних та формуванням рішень. Запропоновано подання у вигляді множин, кожна з яких відповідає певному блоку, наведено відношення, що відповідають взаємодії елементів експертної системи в часі.

Ключові слова: оброблення інформації, безпілотне повітряне судно, дистанційно пілотована авіаційна система, експертна система, інформаційні технології.

ВСТУП

Інтелектуальні системи оброблення та аналізу інформації призначені для істотного зменшення часу, що витрачається на проведення випробувань, та, як наслідок, скорочення часу проектування і введення в експлуатацію нових апаратів, зокрема безпілотних повітряних суден (БПС) або дистанційно пілотованих авіаційних систем. Такі системи можна використовувати у сільськогосподарській авіації та авіації спеціального призначення для виконання таких операцій, як пожежогасіння, зондування місцевості та ін.

Згідно із працею [1] система називається інтелектуальною, якщо вона дає змогу реалізовувати такі функції, як нагромадження знань, їх оцінювання та класифікація щодо прагматичної корисності, поповнювати отримані знання за допомогою логічного виведення, уміння формувати пояснення власної діяльності, надавати користувачу допомогу за рахунок тих знань, що зберігаються в пам'яті, і тих логічних суджень, що притаманні системі, тощо.

Означені функції можна назвати функціями подання та оброблення знань, міркувань та узагальнення. Залежно від завдань та галузі застосування в конкретній системі ці функції можуть бути реалізовані різною мірою, що і буде виявляти індивідуальність архітектури.

Одним із класів інтелектуальних систем є експертні системи. Для них характерна акумуляція в системі знань та правил міркувань досвідчених спеціалістів у даній предметній галузі, а також наявність спеціальної системи пояснень.

Мета роботи — створення алгоритму побудови модуля навчання експертної системи для оброблення інформації в системі керування БПС.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Натепер багато наукових праць присвячено інтелектуальним системам оброблення інформації, що використовуються у блоці керування БПС.

У науково-технічній літературі [2–5] пропонуються понятійний апарат, концепції створення та конкретні реалізації інтелектуальних автоматизованих систем оброблення інформації і керування. Становлення і розвиток теорії та практики таких систем значною мірою стимулюються теорією систем та системним аналізом.

Аналіз літератури [2, 6, 7] показує, що немає єдиного підходу до оброблення інформації блока керування БПС для розв'язання різних завдань. Так, у праці [2] розглядається порядок формування маршруту польоту з використанням інтелектуального керування динамічними системами тільки для завдань розвідки. На розв'язання поставленого завдання негативно впливає неможливість вироблення сигналів керування через неточну початкову інформацію, не зважаючи на достатній рівень розв'язання розрахункових задач. У праці [6] розглянуто використання технології «машинного зору» для автоматичного визначення значень поточних координат об'єктів, необхідних для формування сигналів керування рухом БПС. У працях [8, 9] наведено дані, що можуть становити основну інформацію для експертів для формування правил зі створення команд під час керування БПС.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Із розвитком комплексів апаратури з різними інформаційними каналами збільшується завантаженість ліній зв'язку інформацією, потрібною для розпізнавання та прийняття рішень. Зі збільшенням обсягу інформації зростає необхідність її скорочення з огляду на важливість та достовірність. Для зменшення спотворення вихідного сигналу на зіткненні вибірок можна використовувати дискретні лінійні динамічні системи з кінцевою імпульсною характеристикою [10]. Найбільш вживаними методами оброблення інформації, що застосовуються для оброблення даних керування БПС, є нейронні мережі, генетичні алгоритми та нечітка логіка [11].

Для ефективного інформаційного підтримання рішень у системі керування БПС необхідно аналізувати технологічні завдання. Зокрема, під час керування БПС оператором можуть виникати помилки у випадку нештатних ситуацій, коли потрібно за обмежений час оцінити ситуацію та прийняти правильне рішення [12]. Ефективність прийнятого рішення має швидко оцінюватися, що можливо тільки з використанням сучасних інформаційних систем прийняття рішень. Об'єктивна необхідність формування та реалізації таких рішень є основною особливістю інтелектуальної системи.

Нині одними з найчастіше використовуваних компонентів такої системи є проектування та розроблення спеціальних експертних систем. Для розроблення таких систем застосовують математичні моделі, математичні методи та числові методи [13].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Експертна система — це програмний комплекс, що виконує функції експерта для розв’язання задач з певної предметної галузі. Застосування таких систем дозволяє підвищити ефективність роботи спеціалістів. Головна перевага експертних систем — можливість нагромаджувати знання та зберігати їх протягом певного часу. Дані такої системи вибудовуються на об’єктивних закономірностях роботи з інформацією. Вони призначені для моделювання або імітації поведінки досвідчених експертів з метою розв’язання певного типу задач, тобто це своєрідна трансформація досвіду експертів у форму правил та подання правил у вигляді комп’ютерних програм.

Відповідно до опису в джерелах [14–17] експертна система складається з бази знань, підсистеми виведення, підсистеми пояснення, підсистеми нагромадження знань та діалогового процесора.

За наповнення новими даними та їх модифікацію відповідає база знань як основний компонент експертної системи. Тут інформація зображується за допомогою символів, а процес її роботи — послідовністю перетворення цих символів.

Додавання та модифікація нових правил до бази знань здійснюються у підсистемі нагромадження знань. Тут усі правила зводяться до вигляду, що можна використовувати в процесі роботи.

Виконання аналізу факторів з робочої множини та правил з бази знань, додавання нових факторів та визначення порядку їх використання реалізуються у підсистемі виведення. Спираючись на праці [15, 16] та врахувавши участь людини у структурі системи, взаємодію компонентів такої експертної системи можна подати у вигляді, показаному на рис. 1.

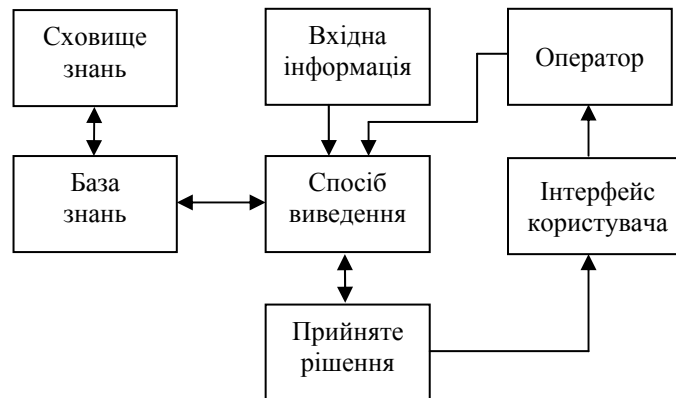


Рис. 1. Схема взаємодії компонентів експертної системи

У такій системі інтерфейс користувача — комплекс програм, за допомогою якого відбувається діалог між користувачем та експертною системою на стадії як уведення, так і отримання результатів. Компонент «Спосіб виведення інформації» можна розділити на правила типу «якщо–то» та блок логічного виведення, що взаємодіють між собою.

Як недоліки експертних систем можна відзначити неможливість їх використання у випадку, якщо інформацію подано в неякісному вигляді або умови виконуються неповністю, або вони не повністю достовірні. Апарат

нечіткої логіки дає змогу формалізувати якісну інформацію, використовуючи її в процесі прийняття рішень для створення системи правил, що дозволяють аналізувати результати роботи системи [18–20].

У праці [21] описано побудову логіко-лінгвістичної моделі експертної системи для вирішення завдань автоматичної фільтрації параметрів сигналу в бортовому комп'ютері БПС, розглянуто можливі керувальні операції для зведення точності та швидкості передаваної інформації до встановленого оптимального рівня. Наведена модель дозволяє приймати управлінські рішення за умови відхилення заданих характеристик від встановленого оптимального значення. Причому оптимальне значення може варіюватися залежно від інших характеристик та задач аналізу інформації.

Спираючись на побудовану логіко-лінгвістичну модель [21], розглянемо алгоритм побудови навчального модуля експертної системи оброблення інформації в системі керування БПС, а саме таких характеристик, як точність, швидкість та достовірність.

Будемо вважати, що експертна система складається з множини E елементів і містить блоки:

- e_1 — бази даних та знань;
- e_2 — блок аналізу та вибору рішень;
- e_3 — блок формування рішень;
- e_4 — блок формування рішень до виконання;
- e_5 — база фактів.

Кожен з указаних блоків реалізується у вигляді відповідних програмних комплексів.

Початкові дані для оброблення інформації надходять до експертної системи з множини $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ датчиків БПС та від множини $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$ інших експертних систем.

За допомогою блока формування рішень до виконання прийняті системою рішення передаються до множини V_1 виконуваних механізмів систем керування БПС.

Використовуючи теорію бінарних відношень дискретних множин [19], опишемо структуру та функціонування такої експертної системи на інтервалі часу $[t_0, t_k]$.

Взаємодію елементів експертної системи та елементів інших множин, зображених на рис. 1, опишемо такими динамічними відношеннями [22]:

$$Q_1(t) \subseteq E \times E, \quad Q_2(t) \subseteq P \times E, \quad Q_3(t) \subseteq I \times E, \quad Q_4(t) \subseteq \{e_5\} \times V_1, \quad t \in [t_0, t_k].$$

Ці відношення описують взаємодію у часі елементів експертної системи. Наприклад, у деякий момент часу з проміжку $t \in [t_0, t_k]$ блок формування рішень до виконання запитує дані у відповідних датчиків про поточне значення кутів відхилення від заданих. Тоді у відношення $Q_4(t)$ входить одноелементна множина, що складається з блока формування рішень до виконання.

Аналітичним поданням таких відношень є матриця $Q = [q_{ij}]$ розміром $a \times b$ з елементами:

$$q_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо пара значень входить у відношення } Q; \\ 0, & \text{в іншому випадку, } i = \overline{(1, x)}, j = \overline{(1, y)}. \end{cases} \quad (1)$$

Відповідно до праці [22] кожне з наведених відношень описується відповідними матричними функціями, елементи яких є функціями часу, що в кожен момент часу задовольняють умови (1).

Розглянемо опис функціонування елементів експертної системи. Припускаємо, що система оперує з двома видами цілей:

- основними, що зумовлені завданням на інтервалі часу $t \in [t_0, t_k]$;
- допоміжними, що виникають в умовах невизначеності.

Будемо вважати, що невизначеність може виникати у випадкові моменти часу з проміжку $t \in [t_0, t_k]$.

Позначимо через O множину цілей і через D множину цілей потенційно можливих ситуацій невизначеності. Уведемо множину часу $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, у якій передбачається оброблення інформації для досягнення конкретної цілі з множини O .

Зв'язок елементів множини O та D відобразимо відношенням

$$Q_5 \subseteq O \times D. \quad (2)$$

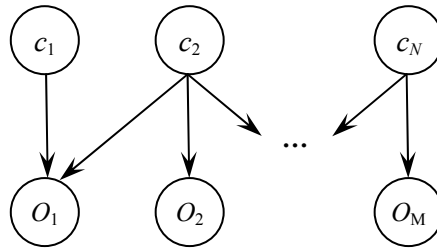


Рис. 2. Графічне зображення відношення (2)

Позначимо досягнуті цілі підмножиною O_d , а недосягнуті — O_{nd} . Обидві підмножини є частиною множини O . Спочатку виділимо в момент часу $c_x \in C$ невиконані цілі $O_y \in O_{nd}$. Використаємо множину продукційних правил [23]:

ЯКЩО < умова >, *ТО* < рішення >, *ІНАКШЕ* < перехід >.

Подамо їх у вигляді

$$R_1 = \{r_{xy}^{(1)} \mid x = \overline{(1, N)}, y = \overline{(1, M)}\}$$

та правил: $r_{xy}^{(1)}$:

$$r_{xy}^{(1)} : \text{ЯКЩО } \{D_y^1(p(c_1)i(c_1)) = 1\}, \text{ ТО } \{O_y \in O_d\}, \text{ ІНАКШЕ } \{O_y \in O_{nd}\}.$$

У правилах для виконання аналізу визначення досягнення кожною запланованою в момент часу $t = c_1$ цілі використовуються відповідні предикати $D_y^{(1)}$, значення яких описують факти виконання умов як «1» або невиконання «0», за яких ціль O_y вважається досягнутою.

Аргументами таких предикатів є значення векторів даних $p(t) = (p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t))$, що надходять в момент часу $t = c_1$ від датчиків та інших експертних систем БПС.

ВИСНОВКИ

У роботі розписано алгоритм побудови модуля навчання експертної системи. Розглянуто її структуру та побудовано схему взаємодії компонентів експертної системи з урахуванням участі людини у структурі. Запропоновано взаємодію системи з джерелами вхідних даних та формуванням рішень за допомогою правил дискретної математики та комп'ютерної логіки. Запропоновано створення експертної системи для оброблення інформації в системі керування БПС, її завдання та виконання.

Аналізуючи досвід створення експертних систем [15, 16] та спираючись на виконану побудову, можна стверджувати, що найбільші складності виникають під час створення бази знань та правил для способу виведення. Застосовуючи таку задачу для оброблення інформації у системі керування БПС створення таких блоків ускладнюється у зв'язку з високим ступенем невизначеності даних, що виникають у разі виникнення нештатних ситуацій та поступового збільшення кількості інформації в умовах часових обмежень [12].

Для забезпечення надійного передавання інформації між бортовим комп'ютером БПС та оператором доцільно будувати базу знань на основі штучних нейронних мереж [24] і застосовувати апарат нечіткої логіки для реалізації умов типу «якщо–то». Штучні нейронні мережі мають здатність до адаптивного навчання. Така їх властивість має перевагу перед традиційними експертними системами: складності, що виникають у міру набуття інформації, зменшуються порівняно з процесом, що значною мірою залежить від людини-експерта, його досвіду та знань.

Створення такої нейромережевої бази знань дозволить підвищити достовірність інформації та трудомісткість, що виникають при адаптації бази.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Поспелов Г.С.* Искусственный интеллект — основа новой информационной технологи / Г.С. Поспелов. — М.: Высш. шк., 1988. — 278 с.
2. *Васильев С.Н.* Интеллектуальное управление динамическими системами / С.Н. Васильев, А.К. Жерлов, Е.А. Федосов, Б.Е. Федунов. — М.: Физматлит, 2000. — 352 с.
3. *Захаров В.Н.* Интеллектуальные системы управления: основные понятия и определения / В.Н. Захаров // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 1997. — № 3. — С. 138–145.
4. *Захаров В.Н.* Современная информационная технология в системах управления / В.Н. Захаров // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 1997. — № 3. — С. 70–78.
5. *Юсупов Р.М.* К 90-летию академика Е.П. Попова / Р.М. Юсупов // Информационно-управляющие системы. — 2005. — № 1. — С. 51–57.
6. *Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий* / Под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 280 с.

7. Кузнецов А.Г. Система ориентации мобильного робота относительно внешних ориентиров на основе обработки изображений / А.Г. Кузнецов, И.Г. Крылов, А.В. Лебедев // Труды 18 МНТС. — Алушта, 2009. — С. 69.
8. Цепляева Т.П. Анализ применения беспилотных комплексов / Т.П. Цепляева, Е.М. Поздышева, А.Г. Поштаренко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. — Х.: НАКУ «ХАИ», 2008. — Вып. 39. — С. 149–154.
9. Сучасний стан і перспективи розвитку розвідувальних безпілотних літальних апаратів тактичної та оперативної-тактичної дії // Вісник військово-наукової інформації. — Суми: НЦ БЗ РВиА, 2013. — 31 с.
10. Граф М.С. Обробка сигналів при передачі інформації в безпілотному повітряному судні за допомогою алгоритму перетворення Фур'є / М.С. Граф // XII міжнар. наук.-практ. конф. «ПРТК» / Збірник тез. — К., 2019. — С.182–183.
11. Граф М.С. Аналіз існуючих методів обробки інформації в блоці керування безпілотного повітряного судна / М.С. Граф. — К.: Вісник інженерної академії України. — 2016. — Вип. 4. — С. 20–22.
12. Граф М.С. Прийняття рішень в системі керування безпілотним повітряним судном / М.С. Граф // XIII Міжнар. наук.-техн. конф. «Авіа-2017» / Збірник тез. — К.: НАУ, 2017. — С. 4.36–4.38.
13. Мокшин В.В. Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / В.В. Мокшин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. — 2009. — № 3. — С. 89–93.
14. Жернаков С.В. Нейросетевая база знаний прецедентов активной экспертной системы для комплексного контроля и диагностики параметров авиационного двигателя / С.В. Жернаков // Информационные технологии. — 2002. — № 5. — С. 45–53.
15. Савушкин С.А. Нейросетевые экспертные системы / С.А. Савушкин // Нейрокомпьютер. — 1992. — №2. — С. 29–36.
16. Сафонов В.О. Экспертные системы – интеллектуальные помощники специалистов / В.О. Сафонов. — СПб: Санкт-Петербургская организация общества «Знания» России, 1992. — 256 с.
17. Тузовский А.Ф. Системы управления знаниями (методы и технологии) / А.Ф. Тузовский, С.В. Чириков, В.З. Ямпольский. — Томск: Изд-во НТЛ, 2005. — 260 с.
18. Bergmann M. An Introduction to Many-Valued and Fuzzy-Logic. Semantics, Algebras and Derivation Systems / M. Bergmann. — Cambridge University Press. — 2008. — P. 126–135.
19. Zadeh L.A. Fuzzy set / L.A. Zadeh // Information and control. — 1965. — N 8. — P. 338.
20. Mamdani E.A. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis / E.A. Mamdani // IEEE Trans. Computers. — 1977. — Vol. C26. — N 12. — P. 1182–1191.
21. Граф М.С. Метод автоматичного підбору способу коригування точності та швидкості передачі інформації в безпілотному повітряному судні / М.С. Граф // VII Міжнар. наук.-техн. конф. «ITSEC» / Збірник тез. — К.: НАУ, 2017. — С. 46–47.
22. Кривий С.Л. Дискретна математика / С.Л. Кривий // Букрек. — 2014. — 568 с.
23. Федунев Б.И. Базовая алгоритмическая оболочка бортовых оперативно-советующих экспертных систем типовых ситуаций функционирования объекта / Б.И. Федунев // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 2009. — № 5. — С. 82–93.
24. Graf M. The Construction of the Algorithm Study Based on the Mathematical Model of Motion / M. Graf, V. Kvasnikov. — In: ICTERI 2018. — P. 235–242.

Надійшла 03.10.2019