

УДК 68.13

В. Ю. Коцюбинський, канд. техн. наук, доц.;**І. В. Богач**, канд. техн. наук, доц.;**Л. М. Кислиця**;**Н. В. Казимірова**, асп.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З АДАПТАЦІЄЮ ДО КОРИСТУВАЧА

Розглянуто проблеми розробки системи підтримки прийняття рішень з адаптацією до користувача. Запропоновано підхід до багатокритеріального управління за наявності системи переваг особи, що приймає рішення, та математичну модель системи переваг особи на основі нечіткої логіки множин, які використовують лінгвістичні змінні, за рахунок чого розширяються функціональні можливості системи.

Вступ та постановка задачі дослідження

З кожним роком щораз більше розширяються сфери використання методів систем штучного інтелекту. Зазвичай системи підтримки прийняття рішення (СППР) створюються для певного класу задач і забезпечують підтримку особи, що приймає рішення (ОПР), під час аналізу проблеми. Такий глибокий аналіз залежить від попередньої підготовки СППР, від введення в неї потрібних даних і знань, використання необхідних методів. Аналіз допомагає ОПР зрозуміти проблему, уточнити свої вимоги і знайти найкращий варіант її рішення. Більшість існуючих СППР орієнтовані на порівняно вузьке коло завдань. В цей час з'являються СППР, які можуть налаштовуватися під стиль мислення людини, імітувати прийоми її роботи, які є ніби продовженням підсвідомості ОПР. Але існують деякі принципові межі — СППР сама по собі не може створити якісно новий варіант рішення, участь людини є необхідним етапом в процесі прийняття рішення [1].

Одним з головних питань під час розробки СППР є вибір математичних моделей і методів прийняття рішень, що становлять основу її функціонування. Останнім часом бурхливий розвиток математичної теорії оптимізації сприяв створенню сукупності методів, що допомагають за комп'ютерної підтримки ефективно приймати рішення з фіксованими і відомими параметрами, які характеризують процес, що досліджується, а також у випадку, коли параметри є випадковими величинами. Наближені, одночасно ефективні способи аналізу складних, погано визначених систем, що не піддаються точному математичному опису, спираються на використання лінгвістичних змінних та нечітких алгоритмів. Однак основні труднощі виникають у тому випадку, коли параметри виявляються не визначеними, але вони сильно впливають на результати вирішення [2].

Розв'язання багатьох складних задач управління та підтримки прийняття рішень не може бути успішним без залучення інформації, яка виражається не кількісно. Невід'ємною властивістю складних систем є невизначеність. Інформація, яка використовується під час розробки та роботи інтелектуальних систем рідко буває повною й абсолютно достовірною. Навіть кількісні дані, отримані шляхом досить точних експериментів, мають статистичні оцінки вірогідності, надійності, значимості тощо. Інформація, якою забезпечуються експертні системи, отримується у результаті опитування експертів, думки яких є суб'єктивними і можуть не збігатися [3]. Поряд із кількісними характеристиками в базах знань інтелектуальних систем мають зберігатися якісні показники, евристичні правила, текстові знання тощо. Під час обробки знань із застосуванням механізмів формальної логіки виникає протиріччя між нечіткими знаннями і чіткими методами логічного виведення. Розв'язати це протиріччя можна шляхом подолання нечіткості знань використанням спеціальних методів подання й обробки нечітких знань.

У загальному випадку можна виділити такі види невизначеності, що найчастіше зустрічаються: невизначеність, викликана нестачею інформації та її достовірності у силу технічних, соціальних та інших причин; невизначеність, пов'язана з обмеженнями у ситуації прийняття рішень (обмеження за часом і елементів простору параметрів, що характеризують фактори прийняття рішень); невизначеність, що викликана поведінкою середовища [4].

Метою роботи є удосконалення математичної моделі, що буде враховувати вимоги ОПР, для

систем підтримки прийняття рішень, які можуть бути ефективно застосовані під час роботи системи в умовах невизначеності. Для цього вирішено застосовувати методи нечіткої логіки. Використання цих методів обумовлено тим, що нечітка логіка має достатні можливості для моделювання людських міркувань, дозволяючи отримати строгий математичний опис нечітких даних і розпливчастих експертних суджень і, таким чином, подолати семантичний бар'єр між людиною, судження й оцінки якої, як правило, наближені й нечіткі, та комп'ютером, здатним виконувати тільки чіткі інструкції [4].

Удосконалення моделі системи переваг особи, що приймає рішення

Сучасні системи багатокритеріального управління будуються таким чином, щоб виключити ОПР з контуру управління. Фактори, що зумовлюють необхідність виключення ОПР з контуру управління такі:

- зовнішній вплив на ОПР;
- нестійкість рішення з кількістю альтернатив більше 5...9;
- вплив тривалості часового інтервалу, протягом якого ОПР має прийняти рішення.

Скорочення часу на прийняття рішення призводить до спотворення оцінок ОПР.

Розглянуті недоліки ОПР зумовлюють необхідність моделювання системи переваг ОПР і включення цієї моделі в контур управління замість реального ОПР. Особлива необхідність в моделюванні систем переваг ОПР виникає за багатокритеріального управління об'єктами в «важких» для ОПР ситуаціях (перешкоди, надлишок інформації, наявність фізичної та соціальної небезпеки тощо), а також під час управління об'єктами, стан яких дуже швидко змінюється в часі.

Побудуємо структурну схему системи багатокритеріального управління за наявності моделі системи переваг ОПР (рис. 1).

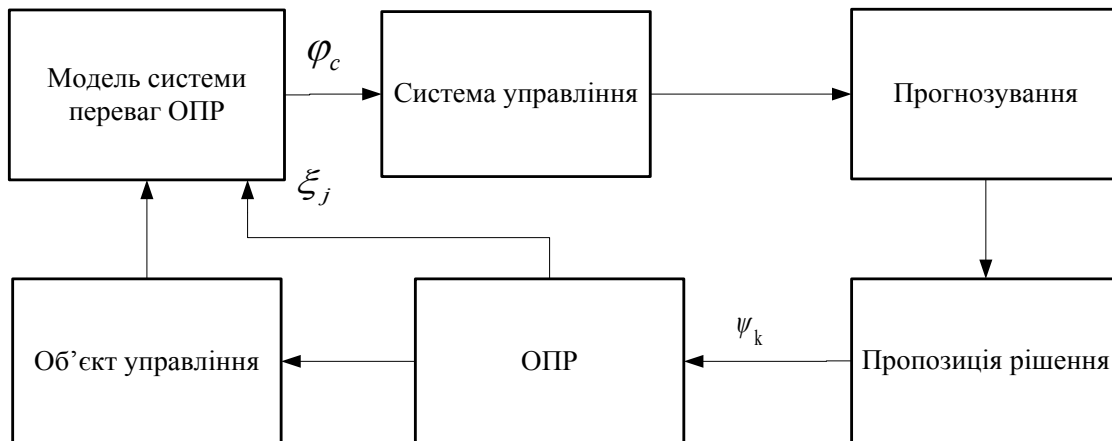


Рис. 1. Структурна схема системи багатокритеріального управління

Багатокритеріальне управління в такій системі здійснюється на двох рівнях: у просторі станів — системою управління і на рівні критеріїв — ОПР.

На основі розробленої структурної схеми системи багатокритеріального управління з моделлю системи переваг ОПР процес прийняття рішення складається з таких етапів:

Етап 1. ОПР виконує аналіз поточного стану вектора критеріїв ξ_j .

Етап 2. На модель системи переваг надходить інформація від об'єкта управління та ОПР. За допомогою моделі системи переваг формується новий, бажаний або цільовий вектор критеріїв ϕ_c , який передається до системи управління.

Етап 3. Система управління створює нове рішення ψ_k , яке пропонується ОПР.

Етап 4. Кінцеве рішення ОПР передається до об'єкта управління.

Необхідність застосування системи управління з ОПР у контурі управління в ряді випадків також пов'язана з неможливістю чіткої формалізації всіх критеріїв.

Виявлення потреб користувачів на початковому етапі розробки програмного забезпечення може заощадити час і зусилля на розробку і не є важким завданням. Однак, визначити вимоги до адаптивності, такі, як індивідуальні особливості роботи та уподобання, не легко. Залучення корис-

тувачів з самого початку може допомогти виявити їх психологічні моделі та очікувані результати, з метою виявлення і аналізу завдань, технології і цілей, і в цілому для перевірки припущень розробників про користувачів. Але неможливо оцінити особливості всіх можливих користувачів системи. Постає задача в розробці моделі системи, яка буде під час роботи користувача адаптуватися під його когнітивні особливості (пізнавальні, емоційно-мотиваційні, особистісні характеристики). Тому це особливо актуально для користувачів адаптивних систем.

Застосування підходів до моделювання системи переваг ОНР, пов'язаних з отриманням традиційних згорток критеріїв, часто не дає відчутних результатів, тому що на практиці складно отримати адекватні згортки внаслідок не адитивності результуючого критерію і не транзитивності системи переваг ОНР. Необхідність застосування систем управління з моделями системи переваги ОНР на практиці висуває низку вимог до цієї моделі. Потрібно передбачити можливість оперативної побудови цієї моделі та її взаємодію з користувачем на природній або близькій до природної мові; адекватність і стійкість цієї моделі для всіх режимів роботи багатоцільової системи планування, можливість врахування якісних критеріїв і здатність до обліку не транзитивних оцінок ОНР під час побудови моделі системи уподобань.

Функції ОНР в системі багатоцільового планування рішень (управління) з моделлю системи переваг зводяться або до формування інтегрального критерію, що характеризує бажану поведінку системи, або до визначення цілі управління системою, а також до виконання функції експерта під час моделювання власної системи переваг. Такий підхід прийняття планових рішень подібний відомому програмно-цільовому управлінню, коли система приводиться до деякого цільового стану. Такий стан можна задавати і визначати нечітко, якісно, на природній мові, шляхом завдання нечітких цілей (нечітких цільових станів) обмежень, або шляхом завдання нечіткого інтегрального критерію за допомогою моделі системи переваг ОНР.

За функціональним призначенням моделі нечітких систем можна умовно розділити на дві групи: моделі процесів (об'єктів) і моделі систем переваг ОНР. Побудова моделей систем переваг ОНР пов'язана із застосуванням методів теорії нечітких систем.

Нечітка система може бути описана за допомогою відображення

$$\Phi : F(X^m) \rightarrow F(X^m), \quad (1)$$

де $F(X^m)$ — множина нечітких збігів.

Нечітке відображення Φ характеризує переходи зі стану в стан і може бути описане за допомогою лінгвологічної моделі [5]. За допомогою лінгвістичних змінних можна наближено описувати явища, які настільки складні або погано визначені, що не піддаються опису в загальноприйнятих кількісних термінах. Аналогічно задається нечітке відображення, що відповідає моделі системи переваг (МСП) ОНР.

Застосування лінгвологічних моделей для опису Φ пов'язане з простотою отримання вихідної інформації про об'єкт в тих випадках, коли процес або занадто складний, або не описується кількісно.

Проаналізувавши методи подання знань, які використовують лінгвістичні змінні для моделювання динамічних процесів [5], можна виділити підхід, згідно з яким з системи багатокритеріального управління виділяється МСП ОНР.

Побудуємо модель системи переваги ОНР. Формально її можна подати таким чином. Нехай задано множину показників $\exists \xi_j, j \in J = \{1, m\}$, в задачах планування рішень ця множина збігається з множиною параметрів, що характеризують стан процесу. Також задано множину значень лінгвістичної змінної $\dot{v}_c \in V_c$, що характеризує утопічну корисність, наприклад «гарна якість процесу», «погана якість» тощо. Поведінку МСП ОНР можна задати лінгвістичним відображенням

$$\Phi_c : \Lambda^m \rightarrow V_c, \quad (2)$$

де $\Lambda^m \equiv \Lambda_1 \times \Lambda_2 \dots \Lambda_m$.

Лінгвістичне відображення Φ_c (2) може бути подане у вигляді схеми нечітких міркувань:

$$\text{якщо } \xi_1 = \dot{b}_{11}^c \text{ і } \xi_2 = \dot{b}_{12}^c \text{ і } \dots \text{ і } \xi_m = \dot{b}_{1m}^c, \text{ то } \phi_c = \dot{v}_1; \quad (3)$$

інакше

якщо $\xi_1 = \dot{b}_{n1}^c$ і $\xi_n = \dot{b}_{n2}^c$ і ... і $\xi_m = \dot{b}_{nm}^c$, то $\phi_c = \dot{v}_n$.

У компактному вигляді відображення (2) може бути записано так:

$$\dot{B}_c \Rightarrow \dot{E}_c, \quad (4)$$

де \Rightarrow — операція імплікації, $\dot{B}_c = [\dot{b}_{ij}^c]$, $\dot{E}_c = [\dot{v}_i]$; $\dot{b}_{ij}^c \in \Lambda$, $\dot{v}_i \in V$.

Лінгвістичному відображенню (2) відповідає нечітке відображення:

$$\dot{\Phi}_c = \bigcup_{i=1}^n \left(\left(\begin{matrix} m \\ \times \\ i=1 \end{matrix} \dot{b}_{ij}^c \right) \Rightarrow v_i \right), \quad (5)$$

де \times — операція декартового множення, $\dot{b}_{ij}^c \Leftrightarrow b_{ij}^c \in F(X_j)$, $\dot{v}_i \Leftrightarrow v_i \in F(W_c)$, W_c — базова множина лінгвістичної змінної ϕ_c .

Аналогічна структура моделі системи переваг може бути використана для прикладу прийняття рішення для роботи на фінансовому ринку. Наприклад, розглядаються три показники: ξ_1 = «акції компанії», ξ_2 = «тип акції», ξ_3 = «цінова модель», ξ_4 = суб'єктивне відношення трейдера». Корисність ϕ_c може приймати чотири значення: \dot{v}_1 = фінансова операція збиткова, \dot{v}_2 = фінансова операція прибуткова, \dot{v}_3 = фінансова операція дуже збиткова, \dot{v}_4 = фінансова операція дуже прибуткова.

Тоді згідно з (3) модель системи переваг матиме такий вигляд:

якщо ξ_1 = акція компанії з малим потенціалом росту і ξ_2 = симетрична модель з наростаючими торговими обсягами, і ξ_3 = незмінна, і ξ_4 = збиткова позиція то $\phi_c = \dot{v}_1$ = фінансова операція збиткова,
інакше

...

якщо ξ_1 = акція компанії з великим потенціалом росту і ξ_2 = несиметрична, і ξ_3 = процентна ставка зросла і ξ_4 = прибуткова позиція, то $\phi_c = \dot{v}_2$ = фінансова операція прибуткова.

У компактному вигляді відображення може бути записано таким чином:

$$\dot{B}_c \Rightarrow \dot{E}_c,$$

де $[\dot{b}_{ij}^c] = \begin{bmatrix} \dot{b}_{11}^c & \dot{b}_{12}^c & \dot{b}_{13}^c & \dot{b}_{14}^c \\ \dot{b}_{21}^c & \dot{b}_{22}^c & \dot{b}_{23}^c & \dot{b}_{24}^c \\ \dot{b}_{31}^c & \dot{b}_{32}^c & \dot{b}_{33}^c & \dot{b}_{34}^c \end{bmatrix}$; \dot{b}_{11}^c — акції компанії з малим потенціалом росту; \dot{b}_{21}^c — акції

компанії з великим потенціалом росту; \dot{b}_{31}^c — акції компанії з малим потенціалом росту і великим дивідендами; \dot{b}_{12}^c — захисний, \dot{b}_{22}^c — зростаючий; \dot{b}_{32}^c — прибутковий, \dot{b}_{13}^c — симетрична модель з наростаючими торговими обсягами; \dot{b}_{23}^c — несиметрична модель з наростаючими торговими обсягами; \dot{b}_{33}^c — несиметрична модель; \dot{b}_{14}^c — збиткова позиція; \dot{b}_{24}^c — прибуткова позиція; \dot{b}_{34}^c — нейтральна позиція.

і $[\dot{v}_i] = \begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{v}_2 \\ \dot{v}_3 \\ \dot{v}_4 \end{bmatrix}$, де \dot{v}_1 — фінансова операція збиткова; \dot{v}_2 = фінансова операція прибуткова; \dot{v}_3

= фінансова операція дуже збиткова; \dot{v}_4 = фінансова операція дуже прибуткова.

Висновок

Запропонована модель системи переваг особи, що приймає рішення, має такі переваги:

— структура моделі системи переваг особи, що приймає рішення, аналогічна структурі моделі

процесу, що полегшує аналітичну задачу їх сполучення;

— дозволяє гнучко використовувати нечітку і точну інформацію;

— оцінювати корисність з урахуванням взаємозалежних показників;

— інваріантний до ситуації, коли окремі показники впливають один на одного складним чином;

— дозволяє враховувати найважливіші або критичні точки області залежності для підсумкової корисності, які можуть бути ідентифіковані шляхом опитування ОПР з метою уточнення МСП ОПР.

Отже, ця модель може бути використана для створення системи багатокритеріального управління з МСП ОПР. З цього приводу плануються подальші дослідження.

Удосконалено модель системи переваг ОПР для систем підтримки прийняття рішень, які можуть бути ефективно застосовані під час роботи системи в умовах невизначеності. Для цього використано методи теорії нечіткої логіки. Ця модель дозволяє вилучити ОПР з системи, але при цьому зберігає основні властивості людського міркування і враховує переваги ОПР.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Блюмин С. Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности / С. Л. Блюмин, И. А. Шуйкова. — Липецк : ЛЭГИ, 2001. — 138 с.
2. Балашов О. В. Система поддержки принятия решений с адаптацией алгоритма вывода / О. В. Балашов, Е. М. Грубник, В. В. Круглов // Электронный математический и медико-биологический журнал «Математическая морфология». — 2006. — № 1. — С. 12—18. — SBN 5-94789-133-6.
3. Adaptive approach to development of expert decision making systems in uncertain conditions / [Р. Н. Кветний, В. Ю. Коцюбинський, Л. М. Кислиця, Н. В. Казимірова] // Датчики, прилади та системи — 2008 : міжнарод. наук.-техн. конф., 19—26 вер. 2009 р.: статті. — Ч., 2009. — С. 32—34.
4. Система поддержки принятия решений в условиях неопределенности / [Р. Н. Кветний, В. Ю. Коцюбинський, Л. М. Кислиця, Н. В. Казимірова] // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. — 2009. — № 21. — С. 100—105.
5. Силов В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке / В. Б. Силов. — М. : ИНПРО-РЕС, 1995. — 228 с.

Рекомендована кафедрою автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки

Стаття надійшла до редакції 23.02.11

Рекомендована до друку 9.03.11

Коцюбинський Володимир Юрійович — доцент, **Богач Ілона Віталіївна** — доцент, **Кислиця Людмила Миколаївна** — асистент, **Казимірова Ніна Володимирівна** — аспірантка.

Кафедра автоматики та інформаційно-вимірювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця