

УДК 519.816

О.В. БАРАБАШ¹, В.А. САВЧЕНКО², А.С. СЛЮНЯЄВ³

¹Військовий інститут Київського національного університету ім. Т. Шевченка, Україна

²Національний університет оборони України, Київ

³Національний авіаційний університет, Київ, Україна

ПОБУДОВА НЕЧІТКОЇ БАЗИ ЗНАТЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНОЮ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ

Запропоновано алгоритм побудови нечіткої бази знань як елемента системи управління складною організаційно-технічною системою. Запропонований підхід може бути ефективно використаний для опису динамічних аспектів проблемної області діяльності оператора, які описуються за допомогою продукційної моделі знань. Такий алгоритм дозволяє користувачу лише задаючи початковий ступінь гранулярності досягати потрібного результату. Разом з тим, за рахунок використання навчальної вибірки, до якої також можуть бути включені дані практичного дослідження системи, такий підхід володіє ознаками самонавчання.

Ключові слова: нечітка база знань, алгоритм побудови, система управління.

Вступ

Поява нових надскладних технічних пристроїв, на жаль, не зменшує імовірності виникнення позаштатних (надзвичайних ситуацій) в організаційно-технічних системах, які об'єднують велику кількість людей, техніки, матеріальних і фінансових ресурсів. У таких умовах значна роль відводиться особі, яка приймає рішення (оператору).

На сьогоднішній день для підвищення ефективності діяльності оператора у різних галузях людської діяльності активно використовуються різноманітні експертні системи, які об'єднують в собі знання та досвід великої кількості експертів, що закладені у відповідні бази знань. Використання для обробки знань експертів теорії нечітких множин дозволяє будувати нечіткі системи управління.

Нечітка система управління (НСУ) – це інтелектуальна система, яка використовує нечіткий опис керованого процесу та системи його управління у вигляді бази нечітких правил для генерації послідовності рішень управління, які забезпечують досягнення мети управління. Основою для побудови НСУ служить схема управління з участю експерта, який на основі досвіду та знань про управління об'єктом формує якісний опис процесу управління. Цей опис перетворюється у базу правил і в подальшому використовується у системі управління вже без участі експерта. Ідея нечіткого управління полягає саме в копіюванні машиною дій досвідченого оператора. Для побудови зазначеної системи будемо використовувати модель знань продукційного типу [1].

Під продукцією будемо розуміти кортеж наступного вигляду

$$\langle i, Q, P, A \rightarrow B, N \rangle,$$

де i – ім'я продукції; Q – параметр, який характеризує сферу застосування продукції; P – умова застосування ядра продукції; $A \rightarrow B$ – ядро продукції (як правило читається “якщо A то B ”); N – дії та процедури, які виконуються після реалізації B .

Нечіткі правила – це нечіткі продукційні правила, які, за фіксованої мети управління (наприклад, збереження значень деякого керованого параметра у деякій області допустимих значень), описують його стратегії на якісному рівні.

Актуальна проблема розробки НСУ – формування бази знань. Різноманітні підходи до вирішення цієї проблеми можна побачити в [2].

Метою даної статті є обґрунтування підходу, який дозволяє враховувати продукційними правилами різний ступінь невизначеності (нечіткості) початкової інформації та регулювати розмірність бази знань.

Основна частина. При створенні нечіткої продукційної моделі системи можуть бути використані як апріорні дані про систему від експертів, так і дані, отримані у результаті вимірювань.

У першому випадку, якщо немає необхідності узгоджувати думки експертів, передбачається, що задача забезпечення повноти та несуперечливості бази нечітких правил вирішена завчасно. У випадку ж, коли відомі лише тільки експериментальні дані, дану задачу можна віднести до задач ідентифікації системи. На практиці може мати місце також змішаний випадок, коли початкова база нечітких правил

будується виходячи з евристичних припущень, а її уточнення проводиться з використанням експериментальних даних.

Кожному з цих підходів відповідають свої алгоритми [3].

Розглянемо основні етапи типового алгоритму формування бази нечітких правил заданої структури у випадку, коли застосовуються лише експериментальні дані (навчальна вибірка).

Припустимо, що існує необхідність створення бази нечітких правил з двома вхідними (x_1, x_2) та однією вихідною (y) змінними. У цьому випадку правила будуть мати вигляд:

П_i: якщо $x_1 = A_{i1} \wedge x_2 = A_{i2}$, то $y = B_i$ ($i = \overline{1, N}$).

Нехай задано навчальну вибірку, яка складається з множини прикладів наступного вигляду

$$(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, y^{(k)}) (k = \overline{1, K}),$$

де $x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, y^{(k)}$ – відповідно значення вхідних та вихідних змінних у k -му прикладі; K – загальна кількість прикладів у навчальній вибірці.

База правил формується на основі наступної процедури.

Етап 1. Розділення просторів вхідних та вихідних змінних. Нехай відомі мінімальні і максимальні значення кожної змінної

$$x_1 \in [x_1^{\min}, x_1^{\max}],$$

$$x_2 \in [x_2^{\min}, x_2^{\max}],$$

$$y \in [y^{\min}, y^{\max}].$$

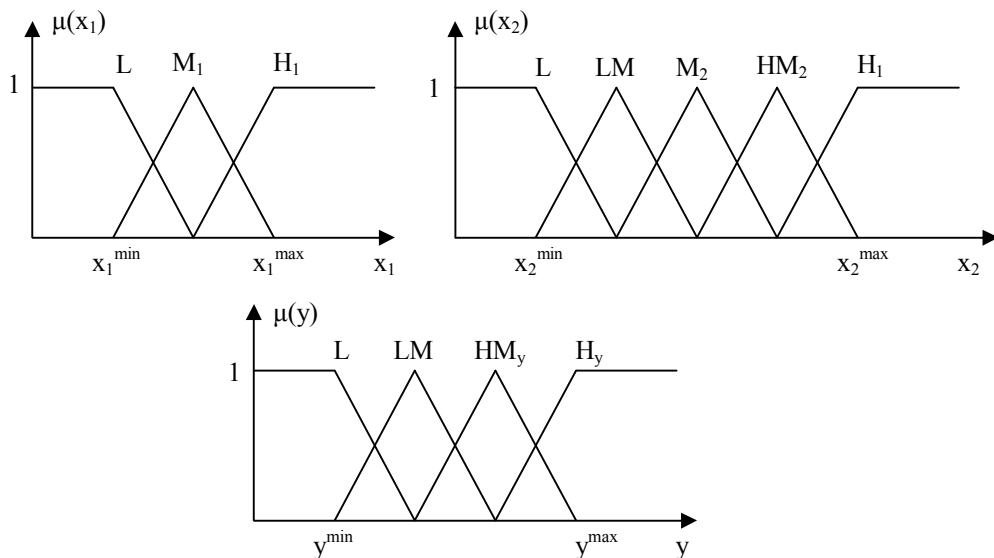


Рис. 1. Приклад розподілу простору змінних

Розіб'ємо області визначення цих змінних на відрізки. Причому число таких відрізків, а також їх довжина для кожної змінної підбираються індивідуально.

На рис. 1 показано приклад такого розподілу, за умови, що число відрізків:

для $[x_1^{\min}, x_1^{\max}]$ дорівнює трьом,

для $[x_2^{\min}, x_2^{\max}]$ – п'яти,

для $[y^{\min}, y^{\max}]$ – чотирьом.

На кожному з відрізків задано функцію належності, наприклад трикутної форми з вершиною у центрі відрізка.

Для x_1 визначено нечіткі множини з лінгвістичними значеннями $\{L_1, M_1, H_1\}$; для x_2 – $\{L_2, LM_2, M_2, HM_2, H_2\}$; для y – $\{L_y, LM_y, HM_y, H_y\}$.

Функції належності обрано таким чином, щоб вони перекривалися на рівні 0,5. Слід відмітити, що як вид функцій належності, так і спосіб розбиття просторів вхідних і вихідних змінних може бути і іншим.

Етап 2. Формування початкової бази правил. Існує два несуперечливі підходи до формування початкової бази правил. Перший підхід засновано на генерації множини правил виходячи з можливих сполучень нечітких висловлювань в передумовах та висновках правил, у відповідності з яким максимальна кількість правил в базі визначається наступним співвідношенням:

$$l = l_1 \cdot l_2 \cdot \dots \cdot l_m \cdot l_y,$$

де l_1, l_2, l_m, l_y – число функцій належності для задання вхідних/вихідних змінних.

Другий підхід до формування початкової бази правил ґрунтується на тому, що з самого початку кожному прикладу з вибірки ставиться у відповідність окреме правило. Для цього для кожного

$$(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, y^{(k)}) (k = \overline{1, K})$$

визначаються ступені належності заданих значень змінних до відповідних нечітких множин. Після цього кожному навчальному прикладу ставляться у відповідність ті нечіткі множини, ступені належності до яких у відповідних значень змінних з цього прикладу є максимальними. Сформована таким чином множина правил і складає початкову базу правил.

Слід відмітити, що використання першого підходу при формуванні початкової бази правил є доцільним при незначній кількості змінних та функцій належності, які використовуються для задання цих змінних. Другий підхід варто використовувати при порівняно незначній кількості прикладів у навчальній вибірці.

Етап 3. Визначення рейтингів правил. Оскільки початково створена база правил є надлишковою – з однаковими передумовами і різними висновками, то набір правил необхідно оптимізувати. Зробити це можна як на основі емпіричних гіпотез (інформації від експертів), так і шляхом адаптації за допомогою наявних експериментальних даних (навчальної вибірки), що призводить до суттєвого зменшення та до ліквідації суперечливості правил, залишених у базі.

Розглянемо один з підходів до скорочення бази нечітких правил на основі експериментальних даних.

Припустимо, що набір експериментальних даних (навчальна вибірка) у повній мірі характеризує особливості системи, яка моделюється.

Усі приклади з навчальної вибірки

$$(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_m^{(k)}, y^{(k)}) (k = \overline{1, K})$$

«співвідносяться» з кожним правилом.

У результаті для кожного правила визначається його рейтинг

$$r_i = \text{Agg} \left(r_i^k \right) (i = \overline{1, n}),$$

$$r_i^k = T \left(\mu_{A_{i1}} \left(x_1^{(k)} \right), \dots, \mu_{A_{im}} \left(x_m^{(k)} \right), \mu_{B_i} \left(y^{(k)} \right) \right), (k = \overline{1, K}),$$

де Agg – оператор агрегування; T – оператор нормування.

Етап 4. Зменшення кількості правил. Після підрахунку рейтингів правил з бази правил виключа-

ються правила з найменшими рейтингами. При цьому в першу чергу проводяться скорочення за групами правил, які мають однакові передумови та різні висновки, тобто різні функції належності змінної виводу.

Такі правила є суперечливими одне одному і з групи подібних правил необхідно залишати лише одне (з найбільшим рейтингом). Таким чином, вирішується проблема суперечливих правил, а також суттєво зменшується їх загальна кількість. Правила, які залишились формують заключну базу правил.

Етап 5. Адаптація параметрів правил, які залишились у базі. База правил може вважатися сформованою, якщо здійснено етап адаптації залишених у ній правил. Цей етап зводиться до знаходження, у відповідності до наявних експериментальних даних та обраним критерієм, оптимальних значень параметрів для залишених у базі правил. Цей етап, по суті, є етапом параметричної оптимізації кінцевого набору правил. Він полягає в такій зміні параметрів функції належності правил, які залишились, при якій забезпечується максимальний ступінь адекватності цих правил за всіма прикладами навчальної вибірки.

Для розглянутого на рис. 1 прикладу, коли всі функції належності нечітких множин є трикутними, налаштуванню підлягає лише один параметр – значення мод.

Очевидно, що у залежності від конкретної постановки задачі формування бази нечітких продукційних правил можуть бути змінені як перелік, так і зміст етапів формування нечітких правил.

Висновки

Запропонований підхід може бути ефективно використаний для опису динамічних аспектів проблемної області діяльності оператора, які описуються за допомогою продукційної моделі знань.

Розглянутий алгоритм дозволяє користувачу лише задаючи початковий ступінь гранулярності досягати потрібного результату. Разом з тим, за рахунок використання навчальної вибірки, до якої також можуть бути включені дані практичного дослідження системи, такий підхід володіє ознаками самонавчання.

У подальшому передбачається дослідити залежності запропонованого алгоритму від розмірності лінгвістичної шкали, функціонального опису нечітких операцій, способів визначення рейтингів правил, способів оптимізації структури бази правил.

Література

1. *Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: Теорія, синтез, ефективність /*

В.О. Тарасов, Б.М. Герасимов, І.О. Левін, В.О. Корнійчук. – К.: МАКНС, 2007. – 336 с.

2. Candell A. Fuzzy Control Systems / A. Candell, G. Langholz // CRC Press LLC, 1993. – P. 187.

3. Сергиенко М.А. Методи проектування не-

четкої бази знань / М.А.Сергиенко // Вестник Воронежского государственного университета. Системный анализ и информационные технологии. – 2008. – № 2. – С. 67-71.

Поступила в редакцію 3.03.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., начальник науково-дослідного центру С.В. Ленков, Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ.

ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

О.В. Барабаш, В.А. Савченко, А.С. Слюняев

Предложен алгоритм построения нечеткой базы знаний как элемента системы управления сложной организационно-технической системой. Предложенный подход может быть эффективно использован для описания динамических аспектов проблемной области деятельности оператора, которые описываются с помощью продукционной модели знаний. Такой алгоритм позволяет пользователю лишь задавая начальную степень гранулярности достигать нужного результата. Вместе с тем, за счет использования учебной выборки, к которой также могут быть включены данные практического исследования системы, такой подход владеет признаками самообучения.

Ключевые слова: нечеткая база знаний, алгоритм построения, система управления.

CONSTRUCTION OF INDISTINCT KNOWLEDGE BASE OF CONTROL SYSTEM OF COMPLICATED MANAGERIAL AND ENGINEERING SYSTEM

О.В. Barabash, V.A. Savchenko, A.S. Sliuniaev

The algorithm of construction of the indistinct knowledge base as element of control system is offered by complicated managerial and engineering system. The offered approach can be effectively used for the description of dynamic aspects of a problem sphere of activity of the operator which are described with the help of models of production knowledge model. Such algorithm allows the user only setting initial degree of granularity effect to reach the necessary result. At the same time, at the expense of use of educational selection to which data of practical research of system also can be included, such approach owns self-training signs.

Keywords: indistinct knowledge base, algorithm of construction, a control system.

Барабаш Олег Володимирович – д-р техн. наук, проф., с.н.с. науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, e-mail: lenkov_s@ukr.net.

Савченко Віталій Анатолійович – кандидат технічних наук, доц. каф. логістики Національного університету оборони України, Київ, Україна.

Слюняєв Артем Сергійович – мол. наук. співробітник Національного авіаційного університету, Київ, Україна.