

УДК 621.326

Володимир Стрембіцький, Михайло Стрембіцький к. т. н. , Михайло Паламар  
д.т.н., проф..

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### АДАПТИВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

У тезах наводяться результати дослідження системи керування мобільним роботом на основі ANFIS моделі. У процесі дослідження отримано характеристики управління мобільним роботом.

Ключові слова: робот, нечітка логіка, самонавчання, нейро – нечітка мережа.

### Volodymyr Strembitskyi, Mykhailo Strembitskyi, Mykhailo Palamar. ADAPTIVE MOBILE ROBOT CONTROL

In theses presents the results of research control system based on mobile robot ANFIS model. During the study characteristics of mobile robot control.

Keywords: robot, fuzzy logic, learning, neuro - fuzzy network.

Система автономного мобільного робота (АМР) повинна забезпечити переміщення по розрахованій траєкторії в невідомому середовищі. Важливим завданням науки - це розробка моделей наближених по структурі до мислення людини [1]. Найважливішою складовою частиною усіх сучасних роботів є система сенсорів. Її завдання полягає у сприйнятті інформації про стан зовнішнього середовища та опрацювання даних. Це забезпечує розпізнавання роботом об'єктів які можна розцінювати як перешкоди. Задачею такої системи є переміщення АМР відповідно до розрахованої траєкторії. Здатність приймати правильні рішення в середовищі неповної та нечіткої інформації є очевидною для людського інтелекту. Одним з головних критеріїв, якому повинен відповідати АМР є прийняття рішень на основі формалізованих даних.

Вирішення поставленої задачі проведено за допомогою нечіткої логіки та нечітких баз знань. Нечітка модель процесу конструюється на базі знань експерта про процес (систему). Даний метод забезпечує математичну формалізацію нечіткої інформації та дозволяє виконати її математичне моделювання [2]. Для роботи використаємо нейро-нечітку систему. Особливістю якої є поєднання нечіткої системи і нейронної мережі [3]. Структура гібридної нейро-нечіткої мережі показана на рис.1.

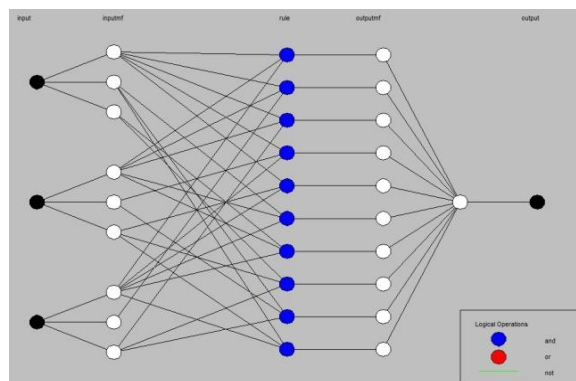


Рис. 1. Структура гібридної нейро-нечіткої мережі

Нечіткі гібридні нейронні мережі є логічно прозорими, тому вони отримують нові знання. Нечіткі нейронні мережі легко адаптуються до навколишнього середовища. Таку систему можна ефективно використовувати для автономних

роботехнічних систем. Опис множини ознак лінгвістичних змінних має наступний вигляд.

Нехай  $Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_p)$  – множина ознак, описуючих стан в якому знаходиться об'єкт керування. Кожна з ознак  $y_i (i \in j = \{1, 2, 3, \dots, p\})$  описується відповідною лінгвістичною змінною  $\langle y_i, T_i, D_i \rangle$  де  $T_i = \langle T_1^i, T_2^i, \dots, T_m^i \rangle$  – терм-множина лінгвістичної змінної  $y_i$  (набір лінгвістичних значень ознаки,  $m_i$  – число значень ознаки);  $D$  – базова множина ознаки  $y_i$ . Для описання термів  $T_j^i (j \in L = \{1, 2, 3, \dots, m_j\})$ , відповідні значення ознаки  $y_i$ , використаємо нечіткі змінні  $\langle T_j^i, D_i, C_j^i \rangle$ , значення  $T_j^i$  описується нечіткою множиною  $C_j^i$  в базовій множині  $D_i$ :  $C_j^i = \{ \langle \mu_{C_j^i}(d)/d \rangle, d \in D_i \}$ .

$$s = \{ \langle \mu_{C_j^i}(y_i)/y_i \rangle \} y_i \in Y, \quad (1)$$

$$\mu_s(y_i) = \{ \mu_{C_j^i}(y_i)(T_j^i)/T_j^i \} \quad (2)$$

Систему реалізовано у вигляді нейроподібної структури, що складається з 5 шарів.

Шари утворюють функціональну структуру, що виконує такі задачі:

- ідентифікація ступенів належності вхідних сигналів нечітким множинам,
- ідентифікація істинності правил,
- нормалізація правил,
- формування вихідної нечіткої множини, формування керуючого рішення.

Дослідження проведено за допомогою моделей ANFIS в якій реалізовані правила Такагі-Сугено.

Процес навчання проводився у два етапи. Спочатку на вхід модуля управління подавали значення сигналу, що входить у навчальну вибірку. На його основі формувалася вихідна (керуюча) дія. Цей сигнал розповсюджується по мережі в прямому напрямку, і послідовно розраховується значення вихідних сигналів проміжних шарів і вихідного сигналу. Другий етап включає зворотнє поширення похибки. При цьому вихідна реакція у порівнюється з еталонним значенням, і за наслідками порівняння модифікує значення ваг. Далі проводиться модифікація ваг зв'язків і параметрів елементів мережі і здійснюється перехід до наступного навчального зразка. Ітерації повторюються до коректного навчання штучної нейро-нечіткої мережі. При навчанні ставиться задача мінімізації похибки нейронної мережі, яка визначається методом найменших квадратів. Для мережі з одним виходом(як в нашому випадку) помилка визначається відношенням:

$$\Sigma = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (y_i - b_i)^2 \quad (3)$$

де  $y_i$  – значення виходу нейромережі для кожного компоненту вихідного вектора, а  $b_i$  – бажане значення виходу нейромережі.

Після завершення навчання нейронна мережа створила ряд додаткових правил (rule) і встановила відповідні додаткові зв'язки. Структура гібридної нейро-нечіткої мережі після навчання

Навчання нейро-нечіткої мережі було здійснено за 2500 циклів. Помилка навчання за такої кількості циклів для заданої послідовності становила 4,3 % (рис. 2).



Рис. 2. Помилка за результатами навчання нейро-нечіткої мережі

Дослідження відбувалося за допомогою порівняння двох методів управління робо-технічною системою за допомогою нечіткої логіки і алгоритму Мандмані та ANFIS моделі де реалізовані правила Такагі-Сугено.

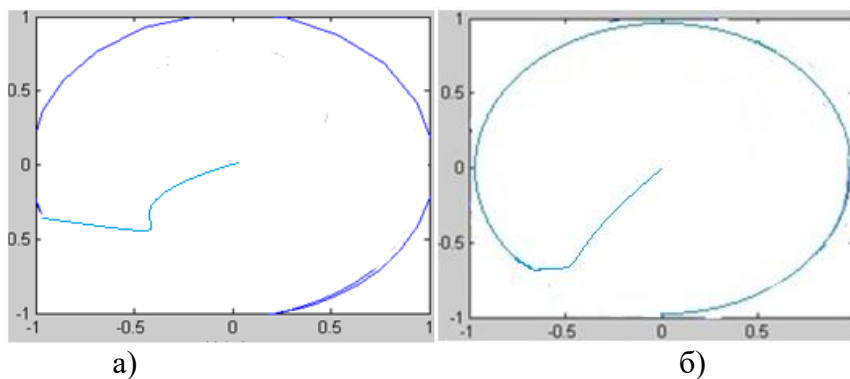


Рис. 3. Змодельована траєкторія руху автономної моделі за допомогою нечіткої логіки на основі алгоритму Мандмані (а), траєкторія руху автономної моделі за допомогою ANFIS моделі де реалізовані правила Такагі-Сугено (б).

Використання ANFIS моделі у побудові системи керування показує кращі якісні характеристики рис.3 про що свідчить мінімальне відхилення від заданої траєкторії руху. Забезпечено зменшений на 40% час виходу моделі на задану траєкторію у порівнянні системи керування реалізованої за допомогою нечіткої логіки на основі алгоритму Мандмані. Середнє відхилення руху моделі від еталонної траєкторії становить 5%, що вдвічі менше відносно класичного алгоритму, який використовує кінцевий автомат для розрахунку керованої дії.

Результатом виконаної роботи є приведений варіант вирішення задачі обминання перешкод (АМР). Розвитком даної роботи є введення додаткових вхідних значень і правил для підвищення точності управління. Таким чином, розглянутий підхід дозволяє побудувати систему управління роботом на основі нейро-нечіткої (гібридної) мережі, яка має адаптивні властивості.

### Література

1. Клебанова Т.С., Чаговец Л.О., Панасенко О.В., Нечітка логіка та нейронні мережі в управлінні підприємством: Монографія.-Х.: ВД «ІНЖЕК», 2011. – 240 с.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / Кофман А. - М.: Радио и связь, 1982. - 432с.
3. Поспелов Д. А. Логико-лингвистические модели в системах управления / Поспелов Д. А. - М.:Энергоиздат, 1981.-232 с.