

ОЦІНЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ РОБОТОТЕХНІЧНОЮ СИСТЕМОЮ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ЗА КІЛЬКІСТЮ ОПЕРАЦІЙ

Здійснено оцінювання складності розробленого методу управління робототехнічною системою на базі нечіткої логіки та лінійної регресії за кількістю операцій.

Ключові слова. Система нечіткого логічного виведення, робототехнічна система, базові операції, фазифікація, лінійна регресія.

Осуществлено оценивания сложности разработанного метода управления робототехнической системой с использованием нечеткой логики и линейной регрессии по количеству операций.

Ключевые слова. Система нечеткого вывода, робототехническая система, базовые операции, физзификация, линейная регрессия.

The complexity evaluation of robotic system control method based on fuzzy logic and linear regression is carried out by number of operations.

Keywords. The fuzzy inference system, robotic system, basic operations, fuzzification, linear regression.

Постановка проблеми

На сьогоднішній день системи нечіткого логічного виведення широко застосовуються в різних сферах життя людини. В основному, системи на базі нечіткої логіки використовуються для здійснення інтелектуального управління, зокрема, при управлінні робототехнічними системами [1-7]. Основними перевагами використання нечіткої логіки є забезпечення ефективного управління при наявності лише якісної інформації; невисока чутливість до змін параметрів об'єкту управління; проста, швидка і недорога розробка; відображення інформації на природній або формальній мові тощо [8,9].

При здійсненні управління робототехнічною системою, основна задача полягає в виборі або розробці методу, який забезпечить виконання вимог, що ставляться до управління робототехнічною системою. До них відносяться [10-14]: забезпечення швидкої реакції, досягнення цілі, прийняття рішень на основі неповних і невизначених вхідних даних, налаштування поведінки відповідно до змінних умов зовнішнього середовища та поставлених цілей, забезпечення високої швидкодії управління та точності переміщення тощо. На даний час для здійснення управління робототехнічною системою з використанням нечіткої логіки існує велика кількість різноманітних методів та алгоритмів. Для вибору найкращого методу управління з можливих необхідно здійснити їх оцінювання та порівняння.

Отже, актуальною задачею є оцінювання складності методів управління робототехнічною системою на базі нечіткої логіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз останніх досліджень та публікацій [1-16] показав, що при розробці системи управління робототехнічною системою на базі нечіткої логіки, в основному не здійснюється оцінювання складності та порівняння різних методів за швидкодією. В [15] здійснено аналіз певних етапів методів нечіткого логічного виведення та обчислено складність цих етапів за кількістю основних базових операцій, до яких відносяться операції додавання, віднімання, множення та ділення.

При цьому, до основних недоліків здійсненого аналізу відносяться: обчислення складності лише окремих етапів і відсутність загальної оцінки найбільш поширених методів управління на базі нечіткої логіки та прийняття при оцінці однакової кількості термів у всіх вхідних лінгвістичних змінних.

Основна складність при здійсненні оцінювання методів управління на базі нечіткої логіки полягає в їх реалізації з використанням різних апаратних або програмних засобів, що здатні виконувати певні операції за різну кількість тактів обробки. Тому запропоновано здійснити оцінювання методів на базі нечіткої логіки за кількістю операцій, до яких відносяться операції додавання, віднімання, множення, ділення та порівняння.

Виклад основного матеріалу

Визначення кількості базових операцій розробленого методу управління на базі нечіткої логіки та лінійної регресії.

В загальному випадку метод нечіткого логічного виведення складається з чотирьох етапів [9]: 1) фазифікації (введення нечіткості), 2) логічного виведення (обчислення значень антецедентів кожного правила), 3) композиції (об'єднання результатів застосування всіх правил), 4) дефазифікації (приведення до чіткості). В деяких джерелах [16] виділяють п'ять етапів методу нечіткого логічного виведення: фазифікації, агрегування, активізації, акумулювання та дефазифікації

Запропоновано розробку вдосконаленого нечіткого методу управління здійснювати за рахунок поєднання нечіткої логіки та лінійної регресії при заміні етапів акумулювання та дефазифікації рівнянням лінійної регресії [17].

База правил запропонованого методу формується у вигляді:

$$R_k(B) : (X_1 \text{ is } A_{1m_j} \text{ and } \dots \text{ and } X_n \text{ is } A_{nm_j}) \text{ or } \dots \text{ or } (X_1 \text{ is } A_{1m_j} \text{ and } \dots \text{ and } X_n \text{ is } A_{nm_j}),$$

де X_i - вхідні змінні, R_k - правило розробленого методу, A_{m_j}, B_k - терми лінгвістичних змінних, n - кількість вхідних лінгвістичних змінних, k - кількість правил в базі правил розробленого методу управління робототехнічною системою.

На етапі фазифікації здійснюється визначення нечітких величин за рахунок співставлення чіткого значення вхідної змінної та значення функції належності відповідного терму вхідної лінгвістичної змінної. Існує велика кількість різноманітних функцій належності, до яких відносяться: трикутні, трапецієвидні, функції належності Гауса, сигмоїдальні тощо. Як приклад,

розглянемо оцінювання складності трикутної функції належності за кількістю базових операцій, формування якої здійснюється за формулою:

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, \text{при } X \leq a \\ \frac{X - a}{b - a}, \text{при } a \leq X \leq b \\ \frac{c - X}{c - b}, \text{при } b \leq X \leq c \\ 0, \text{при } X \geq c \end{cases},$$

де змінні a і c задають основу трикутника, а b – його вершину.

Кількість базових операцій для здійснення фазифікації в найгіршому варіанті буде складати 3 порівняння, 2 віднімання та 1 ділення для кожного терму кожної вхідної лінгвістичної змінної. Загальна кількість базових операцій етапу фазифікації буде залежати від кількості етапів надходження змінних в систему управління робототехнічною системою, кількості вхідних лінгвістичних змінних та кількості термів кожної вхідної лінгвістичної змінної.

Етап агрегування полягає в визначенні степеня істинності умов по кожному з правил системи нечіткого виведення. При цьому залежно від форми представлення правил здійснюється обчислення логічних кон'юнкцій або диз'юнкцій, що є бінарними логічними операціями. В розробленому методі при обчисленні значень істинності нечіткого висловлювання на основі операції логічної кон'юнкції вибрано операцію обчислення мінімуму.

$$\mu(R_{con1}) = \min(\mu(A_{1m_j}), \dots, \mu(A_{1nm_j})),$$

де $\mu(R_{con1})$ - значення істинності першої логічної кон'юнкції першого правила, $\mu(A_{1m_j}), \dots, \mu(A_{1nm_j})$ - значення функцій належності термів вхідних лінгвістичних змінних.

При обчисленні значень істинності нечіткого висловлювання на основі операції логічної диз'юнкції вибрано операцію обчислення максимуму.

$$\mu(R_d) = \max(\mu(R_{con1}), \dots, \mu(R_{conh})),$$

де $\mu(R_d)$ - значення істинності логічної диз'юнкції першого правила, $\mu(R_{con1}), \dots, \mu(R_{conh})$ - значення функцій належності, що одержуються в результаті обчислення логічних кон'юнкцій кожного правила, h – кількість логічних кон'юнкцій в правилі нечіткої логіки.

На етапі агрегування на кількість операцій впливає форма представлення правил в базі правил, тобто кількість аргументів логічних кон'юнкцій та диз'юнкцій в кожному правилі, кількість правил тощо. Кількість операцій порівняння для визначення мінімального або максимального значення з n значень становить $n-1$.

На етапі активізації здійснюється знаходження степенів істинності консеквентів для кожного правила з бази правил. Для кожного правила є заданий певний ваговий коефіцієнт. Якщо він не заданий явно – то

приймається його значення рівним 1. Степінь істинності консеквентів кожного правила визначається алгебраїчним добутком вагового коефіцієнта на степінь істинності антецедентів бази правил, знайденого на етапі агрегування.

В результаті виконання етапів фазифікації, агрегування та активізації в отримуються значення функцій належності кожного з консеквентів Fy_1, \dots, Fy_q для вихідної лінгвістичної змінної.

Етапи акумулювання та дефазифікації замінюються обчисленням значення рівняння лінійної регресії за формулою:

$$y = a_0 + a_1 Fy_1 + \dots + a_q Fy_q,$$

де a_0, a_1, \dots, a_q - коефіцієнти рівняння лінійної регресії.

В такому випадку, кількість операцій додавання та операцій множення на цьому етапі дорівнює кількості термів вихідної лінгвістичної змінної і становить q операцій додавання та q операцій множення.

Оцінювання за кількістю операцій режиму руху об'їзду перешкод з використанням розробленого методу управління робототехнічною системою. Наведем приклад оцінювання одного з режимів руху робототехнічної системи за кількістю базових операцій. Нехай управління робототехнічною системою при реалізації режиму руху об'їзду перешкод здійснюється з використанням трьох вхідних лінгвістичних змінних, що позначають відповідно: L1= "відстань до перешкоди справа від робототехнічної системи", L2= "відстань до перешкоди зліва" та L3= "відстань до перешкоди прямо" та однієї вихідної лінгвістичної змінної Q="кут повороту мобільної платформи". При цьому, кількість термів кожної вхідної та вихідної лінгвістичних змінних буде дорівнювати трьом. Для вхідних лінгвістичних змінних, що позначають віддалі до перешкод такими термами є велика, середня та мала віддалі до перешкоди. Для вихідної лінгвістичної змінної такими термами є поворот направо, прямо та наліво. Визначимо кількість операцій, що необхідно використати для обчислення одного надходження вхідних змінних.

Кількість операцій на етапі фазифікації з трикутними функціями належності в найгіршому випадку буде складати: 3 порівняння, 2 віднімання та 1 ділення для кожного терму кожної вхідної лінгвістичної змінної. Тобто в загальному випадку для 3 вхідних лінгвістичних змінних з 3 термами кількість операцій складає: 27 порівнянь, 18 віднімань та 9 операцій ділення для здійснення етапу фазифікації.

Оскільки кількість правил відповідає кількості термів вихідної лінгвістичної змінної, то відповідно для реалізації режиму руху об'їзду перешкод здійснюється побудова трьох правил.

Кількість логічних кон'юнкцій в першому правилі становить 9, а оскільки вхідних лінгвістичних змінних 3, то відповідно кількість порівнянь для обчислення кількості кон'юнкцій в першому правилі становить 18. Кількість логічних кон'юнкцій в другому правилі – 12, отже кількість порівнянь – 24.

Кількість логічних кон'юнкцій в третьому правилі – 6, отже кількість порівнянь – 12. Кількість операцій порівняння для обчислення значення логічної диз'юнкції першого правила становить – 8, другого правила – 11, третього правила – 5. Етап активізації здійснюється з використанням 3 операцій множення для обчислення степеня істинності консеквентів кожного правила.

Оскільки в даному випадку кількість термів вихідної лінгвістичної змінної – 3, то рівняння лінійної регресії набуває вигляду:

$$y = a_0 + a_1Fy_1 + a_2Fy_2 + a_3Fy_3$$

Отже, кількість операцій для знаходження чіткого значення вихідної змінної кута повороту з рівняння лінійної регресії становить 3 операції додавання та 3 операції множення.

В залежності від обраних засобів реалізації даного режиму руху робототехнічної системи, залежить кількість тактів за яку здійснюється обробка окремих базових операцій.

Висновки

Здійснено оцінювання складності розробленого методу управління робототехнічною системою за кількістю основних базових операцій для оцінювання швидкодії даного методу та показано приклад оцінювання кількості операцій режиму руху об'їзду перешкод при реалізації управління рухом робототехнічної системи.

1. *M. Saifizi, D. Hazry, Rudzuan M.* Nor Vision Based Mobile Robot Navigation System - International Journal of Control Science and Engineering 2012, 2(4): pp.83-87
2. *Бекасов Д.Е.* Применение аппарата нечеткой логики при решении задачи поиска пути в неизвестном окружении//Молодежный научно-технический вестник (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (электронный журнал) №5, - 2012.
3. *E. P. Dadios and O. A. Maravillas Jr.* Cooperative mobile robots with obstacle and collision avoidance using fuzzy logic Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on Intelligent Control, 27-30 Oct. 2002, pp.75 – 80.
4. *M.K Singh, D.R.Parhi* “Intelligent controller for mobile robot: Fuzzy logic approach” IACMAG 2008.
5. *KarimBenbouabdallah and Zhu Qi-dan* A Fuzzy Logic Behavior Architecture Controller for a Mobile Robot Path Planning in Multi-obstacles Environment Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 5(14): - 2013 pp. 3835-3842
6. *Lakhamissi Cherroun, Mohamed Boumehraz* .Designing of Goal Seeking and Obstacle Avoidance Behaviors for a Mobile Robot Using Fuzzy Techniques J. Automation & Systems Engineering 6-4 (2012):pp. 164-171
7. *Leyden M, Toal D, Flanagan C.* (1999). A Fuzzy Logic Based Navigation System for a mobile Robot, Automatisierung symposium Wismar
8. *Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 452с
9. *Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю.* Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
10. *Мионов С.В., Юдин А.В.* Система технического зрения в задачах навигации мобильных объектов//Международный журнал программные продукты и системы №1 – 118

2011р.

11. *Усков А.А., Круглов В.В.* Интеллектуальные системы управления на основе методов нечеткой логики. Смоленск: Смоленская городская типография, 2003.
12. *К. Зиксин, А.В. Тимофеев* Интеллектуальное навигационное управление и диагностика адаптивных мобильных роботов в незнакомой среде: (материалы научно-технич. конф. "Актуальные проблемы информационно-компьютерных технологий, мехатроники и робототехники (ИКТМР-2009))
13. *Бабищ Л.О.* Использование методов нечеткой логики в процессе достижения противоречивых целей интеллектуальным мобильным роботом// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах № 2' 2008 – с.216-221
14. *Dragoicsea, M., Dumitrache, I., Cuculescu, D.S.,* 2003, Multi-behavioral model based autonomous navigation of the mobile robots, International Journal Automation Austria, Vol. 11, Nr.1, pp:1-20, ISSN 1562-2703
15. *Yong Ho Kim, Sang Chul Ahn,* Wook Hyun Kwon Computational complexity of general fuzzy logic control and its simplification for a loop controller// Fuzzy Sets and Systems 111 (2000) pp.215-224
16. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzytech.-спб.:БХВ-Петербург, 2005. – 763с
17. *Цмоць І.Г., Ткаченко Р.О., Ваврук І.Є.* Вдосконалення системи управління мобільною робототехнічною системою// Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІППМЕ ім.Г.Є.Пухова НАН України. - Київ, 2013, Вип. 67. – С.159-162.

Поступила 14.10.2013р.

УДК 631.95:628.516:615.849

О.І. Бондар, д.б.н., професор, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління (ДЕА); О.І. Дутов, к.с.-г.н., доцент, ДЕА; О.А. Машков, д.т.н., професор, ДЕА, м. Київ.

ІННОВАЦІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ РЕГІОНІВ, ЗАБРУДНЕНИХ ВНАСЛІДОК ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

В статті розглянуто особливості визначення критичності сільськогосподарської продукції в формуванні дози опромінення населення. Запропоновано інноваційно-інформаційний підхід до визначення критичності сільськогосподарської продукції. Запропоновано інформаційне-математичне моделювання накопичення радіації.

В статье рассмотрены особенности определения критичности сельскохозяйственной продукции в формировании дозы облучения населения. Предложен инновационно-информационный подход к определению критичности сельскохозяйственной продукции. Предложено информационно-математическое моделирование накопления радиации.