

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ З НЕЧІТКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Постановка проблеми. Проектування систем керування динамічними об'єктами з нечіткими параметрами стало можливим із розвитком сучасних інформаційних технологій та математичних методів, що доповнюються наочними геометричними інтерпретаціями. Традиційні методи теорії систем та теорії керування показали при цьому свої вади. Проблеми розробки систем керування в ускладнених нечіткістю умовах займають особливе місце в інформаційних технологіях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проектування систем керування складними динамічними об'єктами з нечіткими параметрами досі проводилося з використанням традиційних детермінованих методів та алгоритмів [1,2]. На сучасному етапі, перевага віддається створенню модульних систем нечіткого регулювання (fuzzy control system, fuzzy controller), заснованих на положеннях нечіткої логіки (fuzzy-logic) [3].

Постановка задачі. На прикладі проектування системи керування динамічним об'єктом з нечіткими параметрами продемонструвати зв'язок між методами проектування систем керування та сучасними теоріями, заснованими на позиціях геометричної інтерпретації.

Основна частина. З розвитком інформаційних технологій спостерігається новий сплеск інтересу до застосування сучасних математичних методів і моделей до задач керування динамічними об'єктами з нечіткими параметрами. Нечіткість виникає, як у наслідок недостатньої вивченості об'єкту керування, так і через участь у керуванні людей. Раніше її часто не приймали до уваги або замінювали експертними оцінками та середніми значеннями. Сучасний підхід заснований на тому, що компонентами мислення є не числа, а елементи нечітких множин або класів, для яких перехід від "належності" до "неналежності" є плавним. Цей підхід дає наближені, але ефективні засоби описання поведінки систем з нечіткими параметрами. Теоретичні ж його засади цілком точні й суворі і не є джерелом нечіткості.

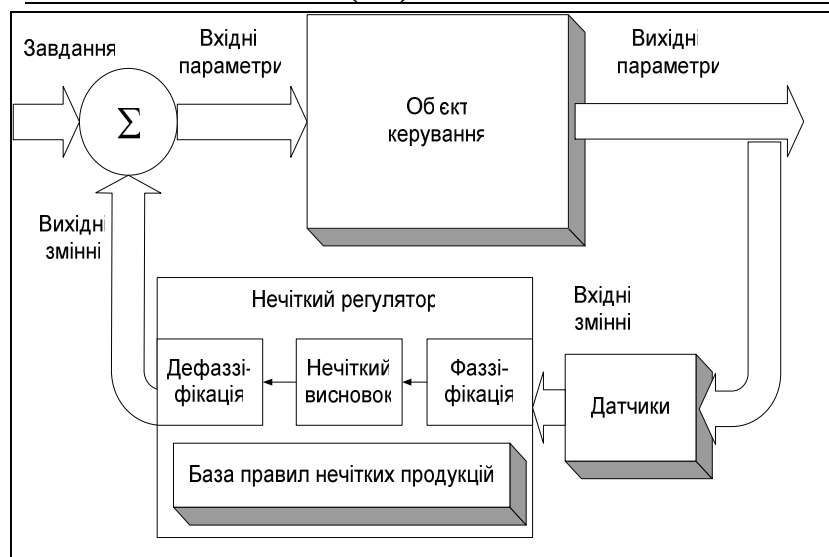


Рисунок 1 - Загальна схема системи нечіткого керування

Базова модель процесу нечіткого керування (рис.1) ґрунтується на представленні об'єкта та нечіткого регулятора як системи, де: об'єкт характеризується кінцевою множиною вхідних та вихідних параметрів; на вхід нечіткого регулятора надходять вхідні змінні з дат-

чиків; на виході, при використанні алгоритму нечіткого висновку, формуються вихідні змінні, що комбінуючись із значеннями вхідних параметрів об'єкта, корегують його поведінку у бажаному напрямку.



Рисунок 2 - Алгоритмічна схема нечіткого висновку

Основні етапи нечіткого висновку [5], а також процес переходу до чіткого рішення, наведені в алгоритмічній формі на рис. 2.

Далі наведемо реалізацію цього алгоритму на прикладі розробки системи керування динамічним об'єктом з нечіткими параметрами. В якості об'єкта керування виберемо систему кондиціонування повітря в приміщенні (рис. 3). Оскільки температура навколишнього середовища змінюється, це дестабілізує температуру повітря в приміщенні та призводить до необхідності регулювання режиму роботи кондиціонера. На систему нечіткого керування приходять із датчиків дві вхідні змінні: температура в приміщенні (T , °C) та швидкість її зміни ($S = dT/dt$, °C/хв). Вихідною змінною нечіт-

кого регулятора є поворот регулятора кондиціонера на відповідний кут відносно деякої точки, в якій кондиціонер є вимкненим: ліворуч

– подача холодного повітря; праворуч – подача теплого повітря. Реалізація задачі виконана у середовищі MATLAB 7.0.1 модулі Simulink із підключенням інструментарію Fuzzy logic.

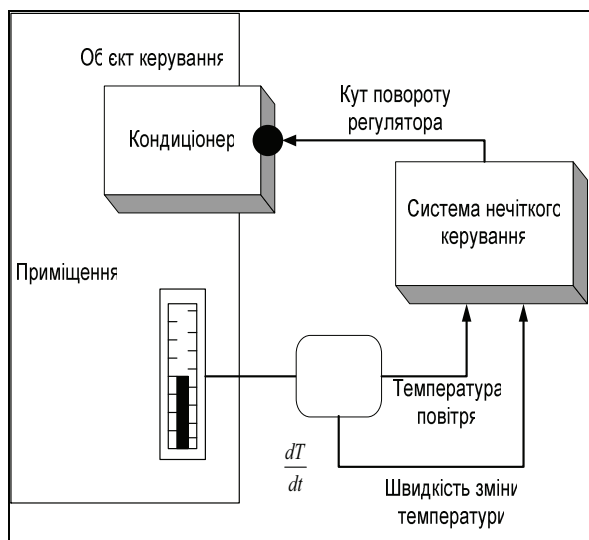


Рисунок 3 - Система нечіткого керування кондиціонером

1. If (T is Hot) and (S is PS) then (Angle is NB) (1)
2. If (T is Hot) and (S is NS) then (Angle is NS) (1)
3. If (T is Warm) and (S is PS) then (Angle is NM) (1)
4. If (T is Warm) and (S is NS) then (Angle is Z) (1)
5. If (T is Cold) and (S is NS) then (Angle is PB) (1)
6. If (T is Cold) and (S is PS) then (Angle is PS) (1)
7. If (T is Cool) and (S is NS) then (Angle is PM) (1)
8. If (T is Cool) and (S is PS) then (Angle is Z) (1)
9. If (T is Hot) and (S is Z) then (Angle is NM) (1)
10. If (T is Warm) and (S is Z) then (Angle is NS) (1)
11. If (T is Cold) and (S is Z) then (Angle is PM) (1)
12. If (T is Cool) and (S is Z) then (Angle is PS) (1)
13. If (T is Normal) and (S is PS) then (Angle is NS) (1)
14. If (T is Normal) and (S is NS) then (Angle is PS) (1)
15. If (T is Normal) and (S is Z) then (Angle is Z) (1)

Рисунок 4 - База правил нечітких продукцій

Спочатку, необхідно ввести лінгвістичні змінні, тобто, для вхідної змінної T задається набір з 5 термів (окремих нечітких значень): Cold – холодно, Cool – прохолодно, Normal – нормально, Warm – тепло та Hot – жарко. Для вхідної змінної S – набір з 3 термів: NS – негативна, Z – нульова, PS – позитивна. Для вихідної змінної Angle – набір з 7 термів: NB – великий негативний, NM – середній негативний, NS – малий негативний, Z – нульовий, PS – малий позитивний, PM – середній позитивний та PB – великий позитивний. Після завдання лінгвістичних змінних переходимо до формування бази нечітких правил, що формалізують емпіричні знання про предметну область. Для нашого прикладу формуємо базу з 15 правил, що формують поведінку нечіткого регулятора (рис. 4).

Згідно з алгоритмом нечіткого висновку, наступним етапом є процес фаззифікації, де встановлюється відповідність між значеннями вхідних змінних регулятора та відповідними термами лінгвістичних змінних. Після завершення цього процесу для всіх вхідних змінних задані конкретні значення функцій належності. Для заданого регулятора вони побудовані на основі базових функцій, запропонованих пакетом MATLAB (трапецеїдальних та трикутних), що мають наочну геометричну інтерпретацію, яку зображено на рис. 5.

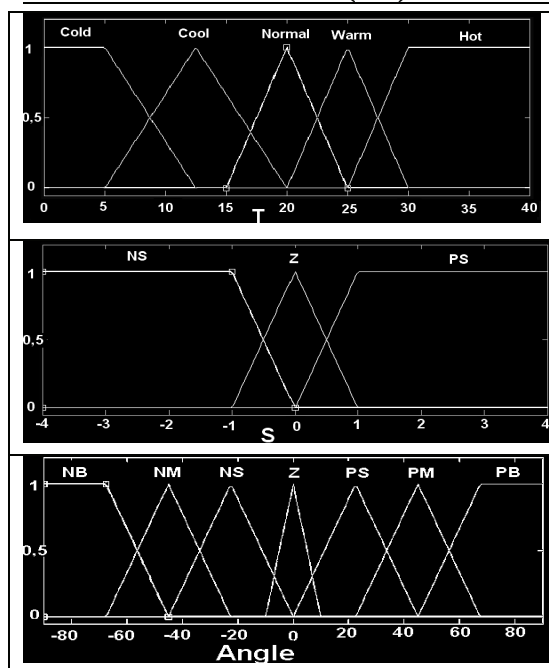


Рисунок 5 - Функції належності вхідних та вихідної змінних

числа 0,5.

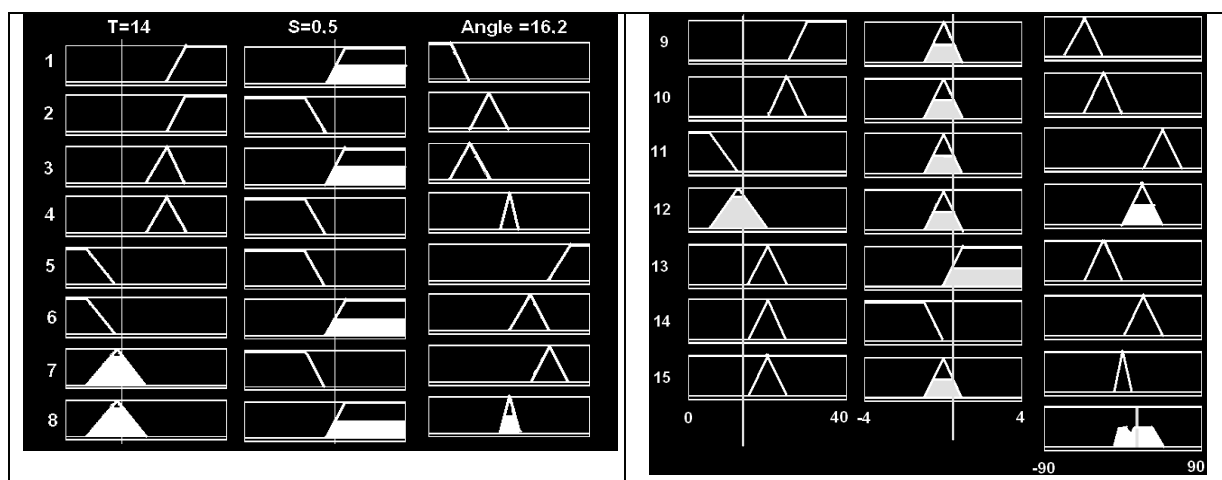


Рисунок 6 - Реалізація нечітких правил при заданих умовах

Проводячи процес активізації підвисновків у нечітких правилах 8 та 12, отримуємо дві нечіткі множини. Акумулявання висновків призводить до результуючої нечіткої множини, рис. 8. Дефаззифікації виявляє найкращу стратегія поведінки регулятора – $Angle = 16,2^\circ$ – подачу тепла. Результати при усіх можливих комбінаціях вхідних змінних, формують поверхню поведінки (рис. 9), за допомогою якої є можливість дослідити поведінку нечіткого регулятора унаочненням векторних полів (рис.10).

Для прикладу, візьмемо температуру в приміщенні $+14^\circ\text{C}$, а швидкість її зміни $+0,5^\circ\text{C}/\text{хв}$. При заданих умовах нечіткі правила починають працювати, (рис. 6). Процес фаззифікації для першої вхідної змінної видає міру істинності 0,8 для терма Cool, а для другої вхідної змінної – 0,5 для терма Z та для терма PS (рис. 7). Відповідні підумови є в правилах нечітких продукцій з номерами 8 та 12 на рис. 4 і 6. Ці правила вважають активними та використовують в процесі агрегування, що визначає міри істинності умов по кожному з активних нечітких правил, та у нашому випадку дає у результаті однакові

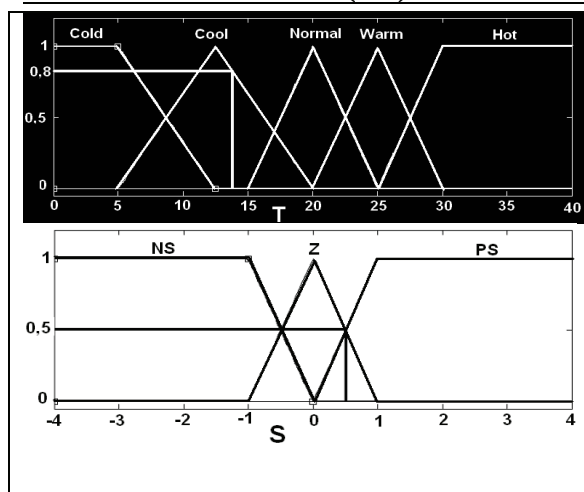


Рисунок 7 - Процес фазифікації
вхідних змінних

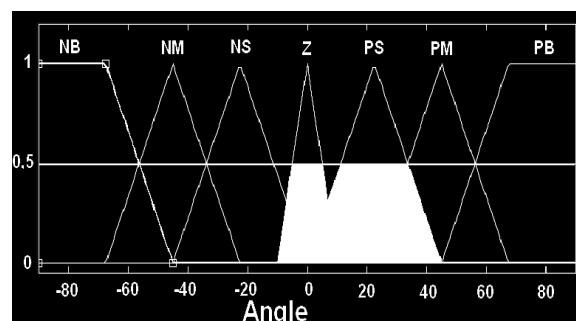


Рисунок 8 – Результат процесу
акумуляції

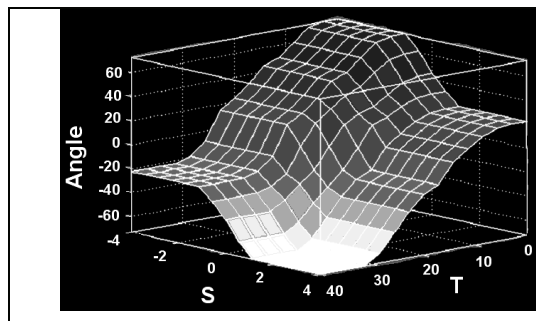


Рисунок 9 - Поверхня поведінки
нечіткого регулятора

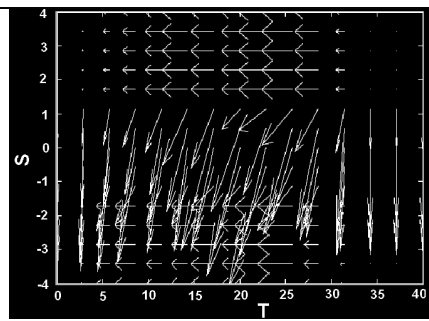


Рисунок 10 - Реалізація поведінки
регулятора на векторному полі

Висновки. Проектування та дослідження систем керування динамічними об'єктами з нечіткими параметрами, доцільно виконувати з використанням методів геометричного моделювання та теорії нечітких множин, супроводжуючи їх наочними геометричними інтерпретаціями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. - М.: "Лаборатория базовых знаний", 2001. – 616 с.
2. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. - М.: "Лаборатория базовых знаний", 2002. – 832 с.
3. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М: Мир, 1976. – 165 с.
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.- СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

Получено 12.03.2006 г.