

ПОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ НЕЧІТКОГО ВИВОДУ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ МАМДАНІ

Пропонується система нечіткого виводу, спроектована у середовищі Matlab з використанням алгоритму Мамдані.

The developed fuzzy logic output system with Mamdani algorithm using in Matlab environment is offered.

1. ВСТУП

Системи штучного інтелекту у недалекому майбутньому відіграватимуть основну роль при розробці нових програмних продуктів, керуванні складними технологічними процесами та прийнятті рішень, що виключають помилку «людського фактору». Для розробки даних систем використовуються дані та знання предметної області для розв'язку прикладних інтелектуальних задач [1, 2].

Знання основані на даних, що отримані емпіричним шляхом, є результатом інтелектуальної діяльності людини, що спрямована на узагальнення його досвіду, отриманого під час практичної діяльності та професійного досвіду [3]. Знання можна формалізувати у вигляді системи нечітких логічних висловлювань. Кожне висловлювання можна оцінити нечітким ступенем істинності. Кожне таке висловлювання можна описати за допомогою відношень множин лінгвістичних нечітких змінних – набору значень $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, де

β – ім'я змінної (наприклад, швидкість руху паперового полотна у друкарській машині);

T – базова множина значень її термів – значень, кожне з яких надається за допомогою нечіткої множини (наприклад, «мала», «середня», «висока», «дуже висока»);

X – множина – носій можливих конкретних значень змінної для всіх термів (наприклад, $X=0..15\text{м/с}$);

G – деяка синтетична процедура генерації нових термів з множини T (наприклад, «дуже мала»);

¹ Українська академія друкарства

M – семантична процедура надання терму певної нечіткої змінної вигляду $\langle X, \mu_i(X) \rangle$, $\mu_i(X)$ - функція належності i -того терму з множини T .

Отже, знання – це добре структурована інформація, що зберігається в системі і містить усі відомості про предметну область та правила виводу, що необхідні для розв'язку безлічі завдань системи штучного інтелекту.

2. МЕТА РОБОТИ

Спроекувати систему нечіткого виводу за допомогою алгоритму Мамдані на основі розробки та використання баз знань правил на прикладі функції залежності натягу паперового полотна від різниці швидкостей паперового полотна та радіусу рулону друкарської рулонної ротативної машини.

3. ОСНОВНІ ЗАЛЕЖНОСТІ

В системі **MATLAB** існує середовище для формування систем знань нечіткого виводу. Побудова системи нечіткого виводу (СНВ), яка оснований на використанні алгоритму Мамдані, має наступні етапи [4]:

1. Проектування бази правил СНВ. Кожне правило представляється у вигляді:

якщо <умова> *тоді* <заключення> [міра вірності правила]

Для алгоритму Мамдані <умова> і <заключення> виглядають як логічні зв'язки наступних записів:

<нечітка змінна> = <значення >

2. Введення цих правил в СНВ.

3. Використання СНВ для обробки вхідної інформації у вигляді конкретних значень вхідних (нечітких) змінних. Цей етап, в свою чергу, розкладається на наступні складові:

3.1 Введення значень вхідних змінних. Тобто, деякий фактів, які вважаються істинними у 100%.

3.2 Фазифікація вхідних змінних – встановлення відповідності між конкретним значенням вхідних змінних і значенням її терму, разом з функцією належності.

3.3 Агрегування складних умов, які стоять в правилах після ключового слова **ЯКЩО**, тобто визначення степені істинності всіх умов в усіх правилах, якщо умови надаються за допомогою складних логічних виразів. Правило активується, якщо істинність його умови більша за нуль.

У базах знань процедура агрегування умов в правилах виконується за допомогою нечітких логічних операцій – нечіткої кон'юнкції, нечіткої диз'юнкції, нечіткої відмови, та ін.

Активіація підзаключень – процес визначення ступеня істинності (належності до відповідних термів) змінних, які стоять в закінченнях активних правил, за формулою:

$$c_k = b_k F_k,$$

де c_k - ступінь істинності закінчення правила k ;

b_k - ступінь істинності його умови;

F_k - ступінь істинності самого правила (ваговий коефіцієнт k -правила).

Після визначення вектору $C = (c_1, \dots, c_q)$ визначаються функції належності для кожного із підзаключень для кожної вихідної лінгвістичної змінної.

Припустимо, що відповідний терм вихідної лінгвістичної змінної визначається функцією належності $\mu(y)$. Тоді після процедури активіації отримуємо поновлену функцію належності відповідного терму (підзаключення) $\mu'(y)$ за одним із методів нечіткої композиції:

$$\text{min-активіація: } \mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\};$$

$$\text{prod-активіація: } \mu'(y) = c_i \mu(y);$$

$$\text{average-активіація: } \mu'(y) = 0.5(c_i + \mu(y)).$$

Відзначимо, що різні правила підзаключень можуть містити однакові терми лінгвістичних змінних. У цьому випадку для кожного терму ми визначаємо множину різних функцій належності, які обчислюються за одним із правил нечіткої композиції по кожному правилу продукції. Остаточна функція належності для цього терму визначається у наступному пункті.

Акумуляція закінчень - визначення значення функцій належності для термів всіх вихідних змінних. Якщо для одного терму визначена множина функцій належності $\mu_1^i(y), \dots, \mu_p^i(y)$, то акумуляція виконується за одним із правил об'єднання нечітких множин:

$$\text{об'єднання: } \mu'(y) = \max\{\mu_1^i(y), \mu_2^i(y)\};$$

$$\text{алгебраїчне об'єднання: } \mu'(y) = \mu_1^i(y) + \mu_2^i(y) - \mu_1^i(y)\mu_2^i(y);$$

$$\text{граничне об'єднання: } \mu'(y) = \max\{\mu_1^i(y) + \mu_2^i(y) - 1, 0\};$$

$$\text{операція } \lambda \text{ - суми: } \mu'(y) = \lambda \mu_1^i(y) + (1 - \lambda) \mu_2^i(y), \quad \lambda \in [0, 1].$$

$$\text{драстичне об'єднання: } \mu'(y) = \begin{cases} \mu_1'(y), & \text{if } \mu_2'(y) = 0, \\ \mu_2'(y), & \text{if } \mu_1'(y) = 0, \\ 1, & \text{else.} \end{cases}$$

Дефазифікація вихідних змінних (визначення конкретних значень за функціями належності термів) розглядається методом центру ваги для неперервних та дискретних нечітких множин за формулами:

$$z = \frac{\int_{y_{\min}}^{y_{\max}} y \mu'(y) dy}{\int_{y_{\min}}^{y_{\max}} \mu'(y) dy}, \quad z = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \mu'(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu'(y_i)}.$$

4. ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ

Розглянемо принципи побудови та роботи системи нечіткого виводу на прикладі задачі візуалізації поверхні, а саме - функції залежності натягу паперового полотна від різниці швидкостей паперового полотна та радіусу рулону:

$$F = \frac{\Delta V}{k_p R^2},$$

де F – натяг паперового полотна біжучої ділянки,

ΔV – різниця швидкостей паперового полотна на біжучій та попередній ділянках,

R – біжуче значення радіусу рулона,

k_p – коефіцієнт рулона.

Проектування системи нечіткого виводу проводимо на основі графічного зображення вказаної залежності.

У середовищі MATLAB складаємо наступну програму:

```
[R,V]=meshgrid(0.8:-0.05:0.1, 0.1:0.1:1.5);
F=V./(0.1*(R^2));
mesh(V,R,F);
fuzzy
```

У результаті виконання програми отримуємо графічне зображення, яке наведено на рис. 1.

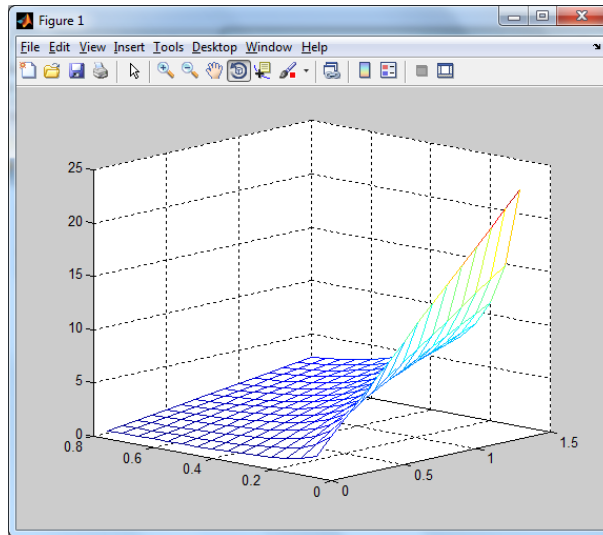


Рис. 1. Зображення поверхні залежності натягу паперового полотна

Проектування СНВ здійснюється згідно наступних дій:

У редакторі нечіткого виводу вносимо нову вхідну змінну. Надаємо назви нашим змінним відповідно до умов: r , V , F .

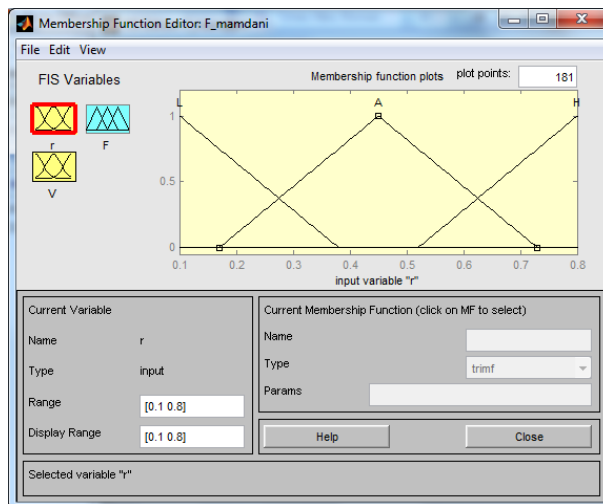


Рис. 2. Функція приналежності змінної r

Переходимо у редактор функцій приналежності та задаємо діапазони змінних $r=(0.1-0.8)m$, $V=(0-15)m/c$, $F=(0-25)H/m$.

Задаємо найменування термів змінної r : L (низький), A (середній), H (високий). В результаті отримуємо графічне вікно, яке зображено на рис. 2.

Задаємо найменування термів змінної V . Для лінгвістичної оцінки цієї змінної будемо використовувати 5 термів з гаусовськими функціями належності: L (низький), LA (нижче середнього), A (середній), HA (вище середнього), H (високий). В результаті отримуємо графічне вікно, яке зображено на рис. 3.

За аналогією задаємо наступні найменування термів змінної V : L (Низький), LA (Нижче середнього), A (Середній), HA (Вище середнього), H (Високий). У результаті отримуємо графічне вікно, яке зображене на рис. 3.

Задамо функції належності змінної u . Для лінгвістичної оцінки цієї змінної будемо використовувати 5 термів з трикутними функціями належності. Задамо наступні найменування термів змінної u : L (Низький), LA (Нижче середнього) A (середній), HA (Вище середнього), H (Високий). Результат - графічне вікно, яке представлено на рис. 4.

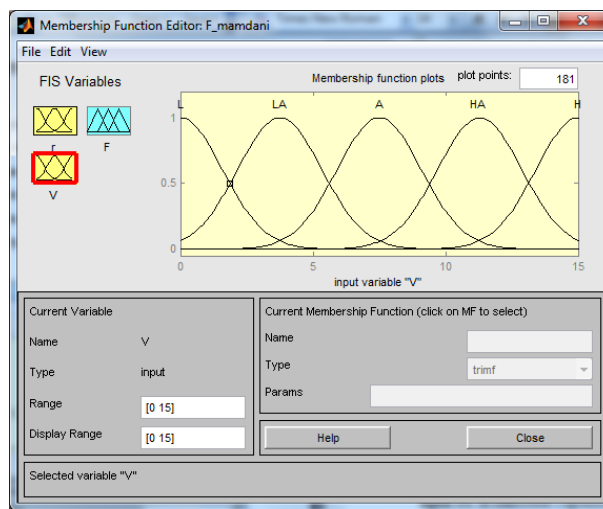


Рис. 3. Функція приналежності змінної V

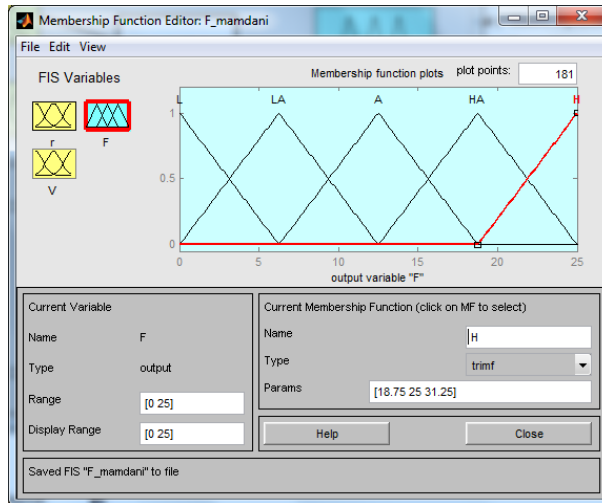


Рис. 4. Функція приналежності змінної F

7. У редакторі бази знань на основі візуального спостереження за графіком, на рис. 1, сформуємо наступні правила:

- Якщо r =Низький і V =Низький, тоді F =Низький;
- Якщо r =Низький і V =Високий, тоді F =Середній;
- Якщо r =Низький і V =Вище середнього, тоді F =Високий;
- Якщо r =Високий і V =Низький, тоді F =Вище середнього;
- Якщо r =Високий і V =Високий, тоді F =Низький;
- Якщо r =Середній і V =Середній, тоді F =Середній;
- Якщо r =Середній і V =Вище середнього, тоді F =Вище середнього;
- Якщо r =Низький і V =Нижче середнього, тоді F =Нижче середньо-

го;

Якщо r =Середній і V =Вище середнього, тоді F =Середній.

На рис. 5 зображено вікно редактора бази знань після введення усіх 9 правил. Число в дужках в кінці кожного правила представляє собою вагові коефіцієнти відповідного правила.

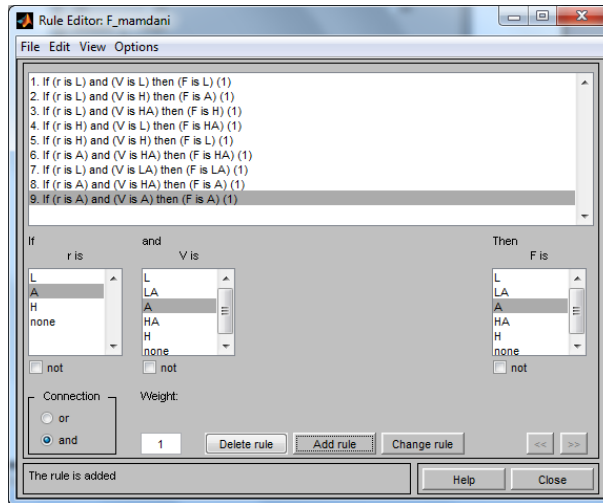


Рис. 5. Вікно правил

На рис. 6 показано вікно візуалізації нечіткого логічного виводу. В полі **Input** вказані значення вхідних змінних, для яких виконується логічний вивід. Тобто, обраховується за алгоритмом Мамдані значення вихідної змінної, яка відповідає натягу стрічки.

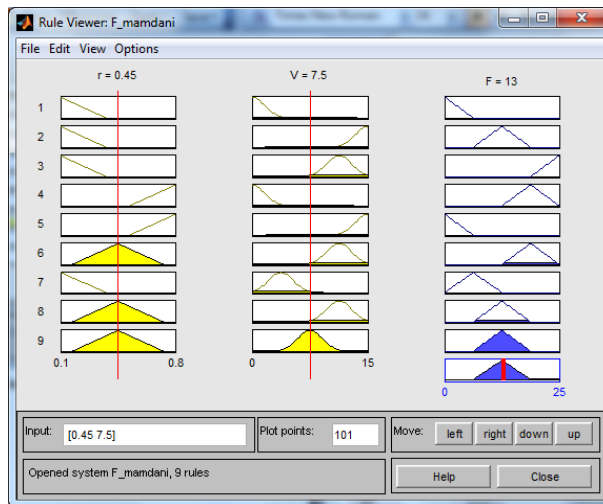


Рис. 6. Візуалізація нечіткого виводу

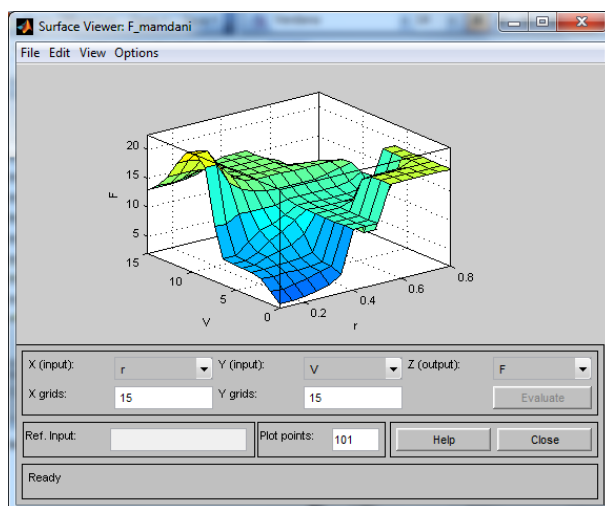


Рис. 7. Поверхня системи «вхід-вихід»

Поверхня “входи-вихід”, яка відповідає синтезованій системі логічного виводу, зображена на рис.7.

5. ВИСНОВКИ

Отримані результати вказують на те, що нечіткі правила якісно описують складну нелінійну залежність натягу від різниці швидкостей рулонної ротаційної друкарської машини і біжучого радіусу рулону, про що свідчать поверхні, зображені на рис.1 та рис.7.

Отже, використання алгоритму Мамдані є доцільним при проектуванні систем нечіткого виводу.

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. - 384 с. 2. Бакан Г.М. Вступ до теорії експертних систем та баз знань. – К.:ВПЦ «Київський університет», 2005.-90с. 3. Р. Дорф, Р. Бишон Современные системы управления: пер. с англ.-М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832с. 4. С.П. Иглин Математические расчеты на базе MATLAB. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005.-640с.