вигляді лінійного випадкового процесу (вектора, поля) дає можливість об'єднати вирішення сформульованих проблем шумоетрії

1. *Бабак В.П., Бабак С.В., Єременко В.С., та ін.* Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем: Підручник / За ред. чл.-кор. НАН України Бабака В.П. / 2-е вид., перероб. І доп. – К.: Ун-т новітніх технологій; НАУ, 2017. – 496с.
2. *Бабак В.П., Бабак С.В., Берегун В.С. та ін.* Інформаційне забезпечення моніторингу об'єктів теплоенергетики: Монографія / За ред.. чл..-кор. НАН України Бабака В.П./ – К., 2015. – 512с.
3. *Бендат Дж.* Теории случайных шумов и их применееия. Пер. с анг. – М., Наука, 1965. – 404с.
4. *Ван-дер-Зил А.* Флуктуации в радиотехнике и физике. Пер. с анг. – М., Энергонздат 1958. – 263с.
5. *Красильников А.И.* Модели шумовых сигналов в системах диагностики теполэнергетического оборудования – К. Ин-тут ТТФ НАНУ, 2014. – 112с.
6. *Леви П.* Стохатические процессы и брауновское движения. Пер. с анг. –М., Наука 1972. – 376с.
7. *Марченко Б.Г.* Метод стохастических интегральных представлений и его приложения в радиотехнике. – К., Наук. думка, 1973. – 192с.
8. *Марченко Б.Г., Щербак Л.Н.* Линейные случайные процессы и их приложения. – К., Наук. думка, 1975. – 144с.
9. *Райс С.С.* Теория шумов. – в кн. «Теория электрических сигналов (под ред. Н.А. Железнова) Пер с анг. – М., ИЛ, 1953. – 288с.

Поступила 27.04.2017р.

УДК 621.396

Г.В. Пилипенко, аспірант, ОНАЗ ім. О.С. Попова

СИНТЕЗ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ БУФЕРА МАРШРУТИЗАТОРА

Для реалізації лінгвістичних правил на ЕОМ дуже важливою є задача вибору виду та параметрів функцій належності за допомогою яких формалізуються нечіткі множини. У режимі слідкування за навантаженням, що змінюється повільно необхідно забезпечити максимальну точність функціонування блока обчислення нечіткої метрики.

Кількість термів нечіткої системи маршрутизації, за допомогою яких здійснюється оцінка лінгвістичних змінних (вхідні та вихідні параметри нечіткої системи, завантаження буфера Y, швидкість зміни (перша похідна) завантаження буфера $\dot{Y}$, прискорення (друга похідна) завантаженості буфера $\ddot{Y}$, рішення m, доцільно прийняти рівною 2.

© Г.В. Пилипенко

Відобразимо діапазони зміни вхідних та вихідних параметрів $[Y_{\min}, Y_{\max}]$, $[\dot{Y}_{\min}, \dot{Y}_{\max}]$, $[\ddot{Y}_{\min}, \ddot{Y}_{\max}]$ і $[m_{\min}, m_{\max}]$ на єдину універсальну множину $U = [0,1]$. Розрахунок фіксованого значення $x^*_i \in [x_{ні}, x_{ві}]$ кожної лінгвістичної змінної x_i, $i = \overline{1,n}$ де n=4,у відповідний елемент $u_i^* \in [0,1]$ виконаємо за формулою

$$u_i^* = \frac{x_i - x_{ні}^*}{x_{ві} - x_{ні}},$$

з якої отримаємо:

$$u_1^* = \frac{\dot{Y} - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}};$$

$$u_2^* = \frac{\dot{Y}^* - \dot{Y}_{\min}}{\dot{Y}_{\max} - \dot{Y}_{\min}};$$

$$u_3^* = \frac{\ddot{Y}^* - \ddot{Y}_{\min}}{\ddot{Y}_{\max} - \ddot{Y}_{\min}};$$

$$u_c^* = \frac{m^* - m_{\min}}{m_{\max} - m_{\min}}.$$

На множині $U = [0,1]$ задамо дві підмножини з лінійними функціями належності наведені на рис. 1.

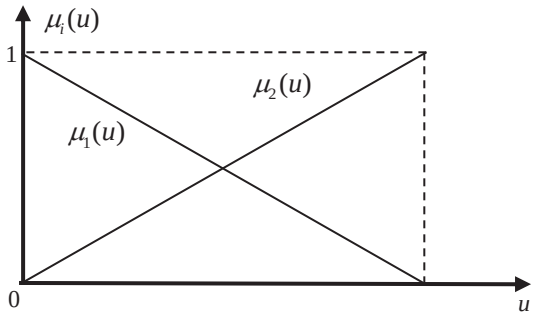

Рис.1 Функції належності нечітких множин.

Сформулюємо лінгвістичне правило (робоче правило) нечіткої системи у вигляді:

$$\text{Якщо } (Y^* = a_1{}^j) \text{ або } (\dot{Y}^* = a_2{}^j) \text{ або } (\ddot{Y}^* = a_3{}^j) \text{ тоді } (m^* = a_c{}^j)$$

де $a_1{}^j, a_2{}^j, a_3{}^j$ - лінгвістичні оцінки ступеня завантаженості, швидкості зміни (першої похідної) завантаженості буфера і другої похідної завантаження буфера, які розглядаються як нечіткі множини, визначені на універсальній множині $J = \overline{1,2}$, лінгвістичні оцінки керуючого впливу (рішення) $a_c{}^j$, що

вибираються з терм-множини змінної m.

Лінгвістичні оцінки вибиратимемо з терм-множини лінгвістичних змінних $Y^*, \dot{Y}^*, \ddot{Y}^*$ та m^*:

$$a_i^{\,j} \in \{\textit{негативна}\ (1), \textit{позитивна}\ (2)\}.$$

Визначені вище лінгвістичні змінні в нечіткій системі маршрутизації будемо характеризувати як негативні ($j = 1$) або позитивні якщо ($j = 2$).

Нехай, $\mu^j(x_i) \in$ функцією належності параметра $x_i \in [x_{ні}, x_{ві}]$ до нечіткого терму $a_i^{\,j}$, $i = \overline{1,3}$; $j = \overline{1,2}$. Тоді $\mu^{m_j}(Y, \dot{Y}, \ddot{Y}) \in$ функцією належності вектора параметрів рішення m_j, $j = \overline{1,2}$ яка залежить від трьох змінних ($x_1 \equiv Y; x_2 \equiv \dot{Y}; x_3 \equiv \ddot{Y}$), визначається із системи нечітких логічних рівнянь:

$$\mu^{m_j}(x_1, x_2, x_3) = \mu^j(x_1) \wedge \mu^j(x_2) \wedge \mu^j(x_3)$$

де $\wedge$ - логічне ТА (I).

Отже, $\mu^{m_1}(x_1, x_2, x_3) \in$ функцією належності рішення до нечіткої множини «*негативна*», а $\mu^{m_2}(x_1, x_2, x_3)$ функція належності рішення до нечіткої множини «*позитивна*».

Результуючу функцію належності для рішення згідно робочих правил керування нечіткої системи маршрутизації запишемо у вигляді:

$$\mu^m(x_1, x_{2,}, x_3) = \mu^{m_1}(x_1, x_2, x_3) \vee \mu^{m_2}(x_1, x_2, x_3)$$

де $\vee$ - логічне АБО.

Згідно лінгвістичних правил, які формалізовано системою нечітких логічних рівнянь, максимальне значення функції належності рішення $\mu_{1c}(u)$ до нечіткої множини «негативна» (N - negative) обмежується значенням

$$N = \min[\mu_1(u_1^*), \mu_1(u_2^*), \mu_1(u_3^*)],$$

а максимальне значення функції належності висновку $\mu_{2c}(u)$ до нечіткої множини «позитивна» (P – positive) величиною

$$P = \min[\mu_2(u_1^*), \mu_2(u_2^*), \mu_2(u_3^*)].$$

Результуюча функція належності висновку нечіткої системи маршрутизації визначається як

$$\mu_c(u) = \mu_{1c}(u) \vee \mu_{2c}(u),$$

тобто, формується максимум.

$$\mu_c(u) = \max[\mu_{1c}(u), \mu_{2c}(u)].$$

У блоці приведення до чіткої величини результуюча функція належності для висновку (керуючого впливу) перетворюється у числову величину, переважно, методом визначення «центра ваги» (Centre of gravity) площини S результуючої фігури обмеженої графіком результуючої функції належності. Абсциса центра ваги $s_c = S(u_c, \mu_c)$ площини обмеженої результуючою

функцією $\mu_c(u)$ у діапазоні варіації змінної u від $u = U_1$ до $u = U_2$, визначається за формулою [2]

$$u_c = \frac{\int_{U_1}^{U_2} u \cdot \mu_c(u) du}{\int_{U_1}^{U_2} \mu_c(u) du}$$

Даний метод приведення до чіткості називається методом центроїду (centroid of area). При застосуванні числового інтегрування за методом трапеції формула приймає вигляд

$$u_c = \frac{\frac{U_1\mu_0}{2} + \sum_{i=1}^{M-1} u_i\mu_i + \frac{U_2\mu_M}{2}}{\frac{\mu_0}{2} + \sum_{i=1}^{M-1} \mu_i + \frac{\mu_M}{2}},$$

де $(U_2 - U_1)/M = u_0$ - крок дискретизації, M – кількість дискет на відрізку $U_2 - U_1$, i = 1, 2, 3, …, M-1.

Для визначення конкретного значення рішення (висновку) m^* формуємо «результуючу фігуру» яка обмежується результуючою функцією належності. Абсцису «центру ваги» результуючої фігури визначаємо з виразу [2]:

$$u_c^* = \frac{\sum_{k=1}^{N} (n_{k+1} - n_k)[(2n_{k+1} + n_k)p_{k+1} + (2n_k + n_{k+1})p_k]}{3\sum_{k=1}^{N} (n_{k+1} - n_k)(p_{k+1} + p_k)}$$

де N – кількість вершин, n_k, p_k - координати вершин результуючої фігури.

Одержані значення u_c^* за формулою

$$u_c^* = \frac{m^* - m_{\min}}{m_{\max} - m_{\min}},$$

Перетворюється у чітке значення висновку

$$m^* = m_{\min} + (m_{\max} - m_{\min})u_c^*.$$

Для спрощення нормування (перерахунку значень змінних у значення елементів єдиної універсальної множини) діапазони зміни вхідних параметрів (параметрів нечіткої системи приймаємо симетричними:

$$Y_{\max} = -Y_{\min}; \dot{Y}_{\max} = -\dot{Y}_{\min}; \ddot{Y}_{\max} = -\ddot{Y}_{\min}.$$

Тоді вирази для нормування запишемо у вигляді:

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= -(Y^* - Y_{\min})/(2Y_{\min}); \\ u_2 &= -(\dot{Y}^* - \dot{Y}_{\min})/(2\dot{Y}_{\min}); \\ u_3 &= -(\ddot{Y}^* - \ddot{Y}_{\min})/(2\ddot{Y}_{\min}). \end{aligned}\right\}$$

Абсциса «центру маси» результуючої фігури при $N \le P$ визначається за формулою

$$u_c = \frac{P/2 + (N^3 - P^3)/6}{P + (N^2 - P^2)/2},$$

Якщо, $N \ge P$ за формулою

$$u_c = \frac{(N - N^2 + P^2)/2 + (N^3 - P^3)/6}{N - (N^2 - P^2)/2}.$$

Одержане значення u_c при симетричних діапазонах зміни вихідних сигналів $(m_{\max} - m_{\min})$ у керуючий вплив

$$m^* = m_{\min}(1 - 2u_c).$$

Якщо P = 0,3 , а N = 0,5 одержимо $u_c = 0,4435$, якщо P = 0,5 , а N = 0,3 одержимо $u_c = 0,634$.

Висновки.

Врахування динаміки завантаженості буферів підвищує ефективність їх використання, що сприяє оптимізації функціонування мережі (зменшення часу розповсюдження пакетів, зменшення частки втрачених пакетів, спрощення вимог до об'єму пам'яті буферів накопичувачів інтерфейсів й т. ін.).

У режимі слідкування за навантаженням, що змінюється повільно необхідно забезпечити максимальну точність функціонування блока обчислення нечіткої метрики.

1. Маршрутизація на основі нечіткої логіки за протоколом RIP/ *І.П. Лісовий, А.Р. Врублевський, Г.В. Пилипенко*//Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2015. - №3.- с.64-69.

2. Системы фуцци-управления /В.И. Архангельский, И.Н. Богаенко, Г.Г.Грабовский, Н.А. Рюмшин. – К.:Техника, 1997.- 208 с.

3. *Штовба С.Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB.– М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

Поступила 2.02.2017р.