УДК 621.39

В.М. Періг, аспір.
Тернопільський національний економічний університет

УРАХУВАННЯ НЕЧІТКО ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРІВ В НЕЙРОМЕРЕЖЕВІЙ ЕКСПЕРТИЗІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

(Представлено д.т.н., проф. Катеринчуком І.С.)

Розглянуто питання адаптації нейромереж до використання нечітко визначеної інформації в задачах експертизи телекомунікаційних систем. Визначені можливі підходи до конвертування нечітких величин.

Вступ. Задача експертизи інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС) може бути зведена до вирішення задачі кластеризації [1, 2]. Однак інформаційно-телекомунікаційні системи характеризуються великою кількість параметрів, окремі з яких можуть визначатися нечітко. Це ускладнює задачу їх експертизи. Для кластерного аналізу складних систем можливим є застосування методів штучного інтелекту і, зокрема, нейронних мереж.

У [2] розглянуто окремі питання застосування нейромереж для кластеризації ІТС. Однак класичні нейронні мережі, що знайшли використання при кластеризації (Кохонена), не повною мірою відповідають вимогам задачі експертизи ІТС. Так для нейромереж Кохонена [3] властива проблема лінійної подільності. Однак, як було показано в [2], при кластеризації можливим є використання нейромереж інших типів [4]. Проте для застосування нейромереж при експертизі ІТС необхідно пристосувати їх до урахування нечітко заданих параметрів.

Все це робить актуальним адаптацію існуючих моделей нейромереж, які орієнтовані на роботу з чітко заданими величинами, до врахування нечітко заданих величин.

Мета статті – визначення підходів до врахування нечітко заданих параметрів ІТС при їх експертизі з використанням для кластеризації нейронних мереж.

Результати дослідження. Одним з можливих підходів до обробки нечіткої інформації з використанням нейромереж є приведення нечітких величин до класичного, чіткого вигляду. Визначене значення буде оброблятися з використанням нейромережі звичайним чином.

Для вирішення даного завдання в загальному вигляді потрібно визначити функціонал $F(\mu(x))$, який буде ставити у відповідність до функції належності одне найбільш доцільне значення. При довільному вигляді функції $\mu(x)$, функціонал можна визначити як пошук максимуму функції:

$$F(\mu(x)) = \max(\mu(x)). \qquad (1)$$

Однак при цьому не враховується характер функціональної залежності і в окремих випадках результуюче значення не буде правильно характеризувати нечітко визначену величину (рис. 1).

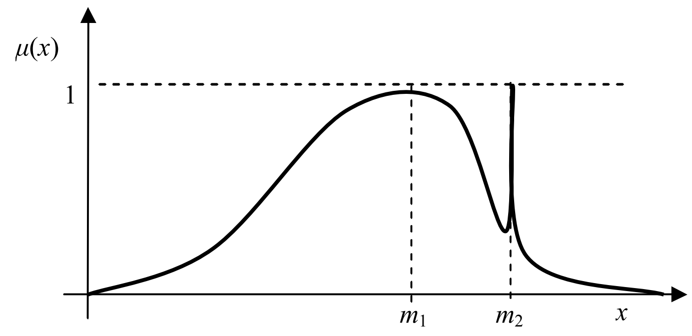

Рис. 1. Приклад функції належності з локальним максимумом

При використанні (1) і функції належності (рис. 1), результуюче значення буде m_2. Однак характер залежності показує, що глобальний максимум є вузько зосереджений і більш точно нечітко задану величину характеризуватиме значення m_1.

Для усунення недоліків, характерних (1), пропонується для пошуку значення величини $F(\mu(x))$ використати наступний підхід. Представимо, що $\mu(x)$ описує густину речовини циліндра з одиничною площею перерізу. Визначимо $F(\mu(x))$ як значення **x**, яке відповідатиме центру мас цього циліндра. При такому підході навіть за наявності вузько зосереджених глобальних максимумів значення функціонала буде більш точно характеризувати нечітко задану величину. Величина функціонала буде обчислюватися за формулою (2):

$$F(\mu(x)) = \frac{1}{M} \cdot \int \mu(x) \cdot x \cdot dx\,, \qquad (2)$$

де $M = \int \mu(x) dx$.

При використанні такого підходу, у випадку аналітичного визначення $\mu(x)$, потрібно або попередньо обчислювати (якщо це можливо) значення (2), або використовувати чисельні методи. При попередньому інтегруванні в (2) з використанням аналітичних методів результуючий вираз буде залежати від параметрів, що використовуються в $\mu(x)$. Однак завчасно це можливо зробити лише для деяких класів функцій належності. Більш універсальним є використання чисельних методів, однак у цьому випадку для реалізації можливості визначення довільних функцій $\mu(x)$ у програмі потрібно реалізувати синтаксичний розбір математичного виразу, що її ускладнить.

Однак в теорії нечітких множин, звичайно, більш широко використовуються певні підкласи $\mu(x)$. Значне поширення отримала трапецієподібна функція належності (рис. 2).

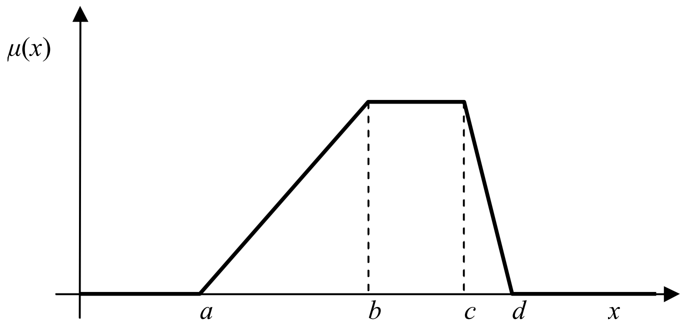

Рис. 2. Трапецієподібна функція належності

У цьому випадку задача суттєво спрощується, оскільки функція належності визначається 4 параметрами (*a, b, c, d*). Тому функціонал $F(\mu(x))$ зводиться до функції $f(a, b, c, d)$. Обчислимо його за (2). Для цього розіб’ємо інтегрування на три інтервали, де функція належності (рис. 2) має лінійний характер і ненульові значення. Перший інтервал $[a, b]$, другий – $[b, c]$ і третій $[c, d]$.

$$F(\mu(x)) = \frac{1}{M} \cdot \int \mu(x) \cdot x \cdot dx = \frac{1}{M} \left(\int_a^b \mu_1(x) \cdot x \cdot dx + \int_b^c \mu_2(x) \cdot x \cdot dx + \int_c^d \mu_3(x) \cdot x \cdot dx \right) \qquad (3)$$

На цих інтервалах функція належності буде мати вигляд:

$$\mu_1(x) = \frac{x-a}{b-a}\,;$$

$$\mu_2(x) = 1\,;$$

$$\mu_3(x) = \frac{d-x}{d-c}\,.$$

Обчислимо інтеграли, що входять до (3).

$$\int_a^b \mu_1(x) \cdot x \cdot dx = \frac{1}{b-a} \cdot \int_a^b (x^2 - a \cdot x) dx = \frac{1}{b-a} \left(\int_a^b x^2 dx - a \cdot \int_a^b x dx \right) =$$

$$= \frac{1}{b-a} \left(\frac{b^3 - a^3}{3} - a \cdot \frac{b^2 - a^2}{2} \right) = \frac{b^2 + a \cdot b + a^2}{3} - \frac{a \cdot (a+b)}{2}\,.$$

$$\int_b^c \mu_2(x) \cdot x \cdot dx = \int_b^c x dx = \frac{c^2 - b^2}{2}\,;$$

$$\int_c^d \mu_3(x) \cdot x \cdot dx = \frac{1}{d-c} \cdot \int_c^d (d-x) \cdot x \cdot dx = \frac{1}{d-c} \left(d \cdot \int_c^d x dx - \int_a^b x^2 dx \right) =$$

$$= \frac{1}{d-c} \left(d \cdot \frac{d^2 - c^2}{2} - \frac{d^3 - c^3}{3} \right) = \frac{d \cdot (d+c)}{2} - \frac{d^2 + d \cdot c + c^2}{3}\,.$$

Використовуючи подібний підхід, обчислимо М:

$$M = \frac{1}{b-a}\int_a^b (x-a)dx + \int_b^c dx + \int_c^d (d-x)dx =$$

$$= \frac{1}{b-a}\left(\frac{b^2-a^2}{2} - a(b-a)\right) + (c-b) + \frac{1}{d-c}\left(d(d-c) - \frac{d^2-c^2}{2}\right) =$$

$$= \left(\frac{b+a}{2} - a\right) + (c-b) + \left(d - \frac{d+c}{2}\right) = \frac{1}{2}\left(-a-b+c+d\right).$$

Підставимо обчислені вирази у (3):

$$F(\mu(x)) = \frac{2b^2+2ab+2a^2-3a^2-3ab+3c^2-3b^2+3d^2+3dc-2d^2-2dc-2c^2}{6\cdot M} =$$

$$= \frac{c^2+d^2-a^2-b^2+dc-ab}{6\cdot M} = \frac{c^2+d^2-a^2-b^2+dc-ab}{3\cdot(c+d-a-b)} =$$

$$= \frac{1}{3}\left(a+b+c+d+\frac{ab-cd}{c+d-a-b}\right).$$

Отже, остаточний вираз для обчислення значення, яке відповідає нечітко заданій величині, має такий вигляд:

$$F(\mu(x)) = \frac{1}{3}\left(a+b+c+d+\frac{ab-cd}{c+d-a-b}\right). \quad (4)$$

При використанні трапецієподібної функції належності можливим є більш простий підхід переходу до чіткого числового представлення – використання зваженої оцінки. Для її формування визначимо числа, які відповідають серединам нижнього і верхнього інтервалів (d_1 і d_2):

$$d_1 = \frac{a+d}{2};$$

$$d_2 = \frac{b+c}{2}.$$

Побудуємо зважену оцінку, в якій верхній інтервал буде враховуватися більшою мірою (з коефіцієнтом 0,7), ніж нижній (з коефіцієнтом 0,3). Вибір таких значень вагових коефіцієнтів обумовлений дослідженнями з використанням методу експертних оцінок. Таким чином функціонал буде дорівнювати:

$$F(\mu(x)) = 0{,}7\cdot\left(\frac{b+c}{2}\right) + 0{,}3\cdot\left(\frac{a+d}{2}\right). \quad (5)$$

Слід зазначити, що використання цих підходів може призводити до отримання результуючого значення поза межами верхнього інтервалу (який являє найбільш імовірні значення величини). Побудуємо ще один підхід до дефазифікації у випадку трапецієподібної функції належності, який буде забезпечувати результат у верхньому інтервалі [*b, c*] і враховувати характер функції належності. Для цього побудуємо криву 3-го порядку через вузли трапеції й визначимо екстремум (рис. 3).

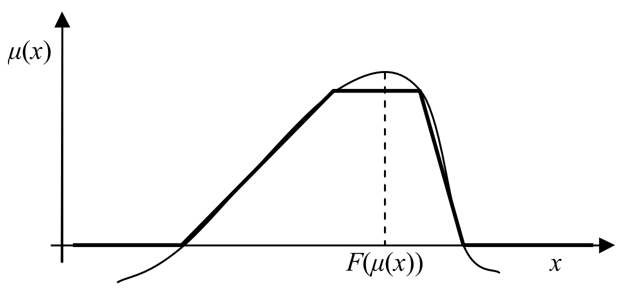

Рис. 3. Інтерполяція функції належності

Використовуючи кубічну інтерполяцію, отримуємо рівняння кривої у вигляді:

$$f(x) = a_3\cdot x^3 + a_2\cdot x^2 + a_1\cdot x + a_0. \quad (6)$$

Визначаємо похідну:

$$\frac{df(x)}{dx} = a_3\cdot x^2 + a_2\cdot x + a_1.$$

Прирівнявши похідну до нуля, знаходимо корені квадратного рівняння за відомою формулою:

$$x_{1,2} = \frac{-a_2 \pm \sqrt{a_2^2 - 4a_3a_1}}{2 \cdot a_3}.$$

Визначивши, який з двох розв'язків знаходиться в інтервалі [*b, c*], отримуємо шукане значення.

Висновок. У дослідженні розглянуто задачу адаптації нейромереж до вирішення складних задач кластеризації з врахуванням нечітко заданої інформації. Визначені можливі підходи до приведення нечітких величин до чіткого вигляду з подальшою їх обробкою в нейромережі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Олдендерфер М.С.* Кластерный анализ : пер. с англ. / *М.С. Олдендерфер, Р.К. Блэшфилд* ; под. ред. *И.С. Енюкова* // Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
2. *Катеринчук І.С.* Концептуальні засади експертизи телекомунікаційних систем / *І.С. Катеринчук, В.М. Періг* // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка ; гол. ред. *С.В. Лєнков.* – № 28. – К. : Видавництво ВІКНУ, 2010. – С. 76–78.
3. *Kohonen T.* Learning Vector Quantization, Neural Networks, 1 (suppl 1), 303. – 1988.
4. Електронний ресурс. – Режим доступу : http://www.victoria.lviv.ua/html/oio/html/theme7.htm.

ПЕРІГ Володимир Михайлович – аспірант Тернопільського національного економічного університету.

– інформаційні технології;
– математичне моделювання;
– інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень.

Подано 15.11.2011