

УДК 004.9

ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ ПРОЦЕСУ СПРИЙНЯТТЯ ТАКТИЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

І. В. Гілета, М. М. Гавенко

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Для розв'язку задачі нечіткого логічного виведення щодо встановлення показника якості сприйняття тактильних зображень стосовно факторів впливу заданих лінгвістичними змінними запропоновано та реалізовано процедуру задання функцій належності.

Ключові слова: лінгвістична змінна, функція належності, фактор процесу, терм-множина.

Постановка проблеми. При оцінюванні процесу створення тактильної продукції для незрячих видавець стикається із необхідністю врахування факторів впливу на якість сприйняття тактильної інформації. Складністю зазначеного завдання є значна кількість факторів і різноманіття їх типів. Вибір значень факторів, що впливають на процес створення тактильного продукту (ТП), передбачає використання попередньо набутого досвіду, дотримання встановлених правил і норм для розроблення найбільш ефективного ТП. Фактори задаються в різних кваліметричних шкалах, причому часто в якісному, словесному виді. Для опрацювання якісних (нечислових) знань, що задаються природною мовою, слугує теорія нечітких множин. Характеристикою нечіткої множини є функція належності. Позначають її $\mu_S(u)$ — ступінь належності до нечіткої множини S , що являє собою узагальнене поняття характеристичної функції звичайної множини. Отже, нечіткою множиною S називають сукупність впорядкованих пар вигляду $S = \{\mu_S(u)/u\}$, $\mu_S(u) \in [0, 1]$. Значення $\mu_S(u) = 0$ означає відсутність належності до множини, 1 — повну належність, а при $0 < \mu_S(u) < 1$ елемент більшою чи меншою мірою належить множині S .

Для опису параметрів нечіткими множинами використовують поняття нечіткої та лінгвістичної змінної. Нечітка змінна може приймати значення понять природної мови та зображати об'єкти предметної області за допомогою нечітких множин. Вона описується набором (N, S, U) , де N — назва змінної, S — універсальна множина (область міркувань), U — нечітка множина на S . Значеннями лінгвістичної змінної (ЛЗ) можуть бути нечіткі змінні. Кожна лінгвістична змінна складається з назви; множини власних значень, яка називається базовою терм-множиною T . Елементи базової терм-множини відтворюють назви нечітких змінних; універсальної множини S ; синтаксичного правила G , на основі якого генеруються нові терми із застосуванням слів природної або формальної мов; семантичного правила P , яке кожному значенню лінгвістичної змінної ставить у відповідність нечітку підмножину множини S .

Мета статті. Нехай S – деякий фактор процесу творення тактильного продукту [1] на основі шрифту Брайля, що розглядається як лінгвістичний терм. Нечітка множина, за допомогою якої формалізується терм S , являє собою сукупність пар

$$S = \left\{ \frac{\mu_S(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_S(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_S(u_n)}{u_n} \right\},$$

де $\{u_1, u_2, \dots, u_n\} = U$ – універсальна множина, на якій задається нечітка множина, $S \subset U$; $\mu_S(u_i)$ – ступінь належності елемента $u_i \in U$ до нечіткої множини S .

Необхідно визначити значення $\mu_S(u_i)$ для всіх $i = \overline{1, n}$. Сукупність цих значень буде утворювати невідому функцію належності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Метод, що пропонується для розв'язання задачі, ґрунтується на ідеї розподілу ступенів належності елементів універсальної множини відповідно до їхніх рангів. У нашому випадку під рангом елемента $u_i \in U$ будемо розуміти число $r_s(u_i)$, що характеризує його важливість (або вагомість) у формуванні властивості, яка описується нечітким термом S . Припустимо також, що має місце правило: *що більший ранг елемента, то більша ступінь його належності*.

Надалі для наочності введемо позначення: $r_s(u_i) = r_i$, $\mu_s(u_i) = \mu_i$, $i = \overline{1, n}$.

Правило розподілу ступенів належності задамо в такому вигляді: відношення рангу елемента u_i до ступеня його належності є сталою величиною; додатково використаємо умову нормування ступенів належності елемента.

$$\begin{cases} \frac{\mu_1}{r_1} = \frac{\mu_2}{r_2} = \dots = \frac{\mu_n}{r_n} \\ \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n = 1 \end{cases} \quad (1)$$

Використавши співвідношення, можна визначити ступінь належності всіх елементів універсальної множини через ступінь належності опорного елемента. Якщо візьмемо за опорний елемент $u_i \in U$ із належністю μ_i , то отримаємо

$$\mu_j = \frac{r_j}{r_i} \cdot \mu_i; \text{ для усіх } i \neq j. \quad (2)$$

З огляду на умови нормування, зі співвідношень (1) знаходимо

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \left(1 + \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_3}{r_1} + \dots + \frac{r_n}{r_1}\right)^{-1}; \\ \mu_2 &= \left(\frac{r_1}{r_2} + 1 + \frac{r_3}{r_2} + \dots + \frac{r_n}{r_2}\right)^{-1}; \\ &\dots\dots\dots \\ \mu_n &= \left(\frac{r_1}{r_n} + \frac{r_2}{r_n} + \frac{r_3}{r_n} + \dots + 1\right)^{-1}. \end{aligned} \quad (3)$$

Одержані вирази забезпечують обчислення ступенів належності $\mu_S(u_i)$ елементів $u_i \in U$ до нечіткого терму S двома незалежними способами:

- на основі абсолютних оцінок рівнів r_i , $i = \overline{1, n}$, що визначаються за методиками, запропонованими у теорії структурного аналізу систем [4]. Для експертних

оцінок рангів можна скористатися дев'ятибальною шкалою (1— найнижчий ранг, 9 — найвищий ранг);

- на основі оцінок рангів $r_i/r_j = a_{ij}$ ($i, j = \overline{1, n}$), що утворюють матрицю

$$A = \begin{bmatrix} 1 & r_2/r_1 & \dots & r_n/r_1 \\ r_1/r_2 & 1 & \dots & r_n/r_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_1/r_n & r_2/r_n & \dots & 1 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Матриця A має такі властивості:

- є діагональною, тобто $a_{ij} = 1$, ($i, j = \overline{1, n}$);
- елементи, симетричні відносно головної діагоналі, пов'язані залежністю $a_{ij} = 1/a_{ji}$;
- матриця A є транзитивною, тобто $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$, оскільки $(r_i/r_k) \cdot (r_k/r_j) = r_i/r_j$.

Зазначені властивості дають можливість через відомі елементи одного рядка матриці A легко знаходити елементи інших рядків. Наприклад, якщо відомий k -ий рядок, тобто елементи a_{kj} , то шуканий елемент a_{ij} знаходять зі співвідношення:

$$a_{ij} = a_{ik} / a_{kj}, \text{ для усіх } i, j, k = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Оскільки матриця (4) може бути інтерпретована як матриця парних порівнянь рангів, то для експертної оцінки елементів цієї матриці можна використати шкалу Сааті [3, 4], яка задається наступним чином:

$$a_{ij} = r_i / r_j = \begin{cases} 1 - \text{відсутність переваги } r_i \text{ над } r_j, \\ 3 - \text{незначна перевага } r_i \text{ над } r_j, \\ 5 - \text{суттєва перевага } r_i \text{ над } r_j, \\ 7 - \text{явна перевага } r_i \text{ над } r_j, \\ 9 - \text{абсолютна перевага } r_i \text{ над } r_j, \\ 2, 4, 6, 8 - \text{проміжні порівняльні оцінки.} \end{cases}$$

Отже, за допомогою отриманих формул (3) експертні знання про ранги елементів або їхні попарні порівняння перетворюються у функцію належності нечіткого терму.

Алгоритм побудови функції належності містить такі дії:

- 1) задати лінгвістичну змінну x ;
- 2) визначити універсальну множину, на якій задається змінна x ;
- 3) задати сукупність нечітких термів S_1, S_2, \dots, S_n , що використовуються для оцінки змінної x ;
- 4) для кожного терму S_j ($j = \overline{1, n}$) сформувати матрицю (4);
- 5) користуючись формулами (3), обчислити елементи функцій належності для кожного терму.

Нормування отриманих функцій здійснюється шляхом ділення на найбільші ступені належності.

Використовуючи наведений алгоритм, будемо функцію належності для всіх нечітких термів, за допомогою яких оцінюються термінальні вершини дерева виведення [3]. Побудову функцій належності необхідно здійснити для всіх рівнів

дерева виведення: якість компонент тактильної поверхні, якість створення тактильної поверхні, якість сприйняття змісту продукту динамічної взаємодії матеріалу з половою. Методику побудови функції належності докладно проілюструємо для одного з фактору заданого лінгвістичною змінною «діаметр крапки».

Фактор p_1 – діаметр крапки шрифту Брайля. Цей фактор визначений на універсальній множині $U(h_1) = [1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6]$ мм. Для лінгвістичної оцінки фактора p_1 використаємо сукупність нечітких термів: $T(h_1) = \langle \text{малий, середній, великий} \rangle$. Для фактора наведемо матрицю, що відображає парні порівняння оцінок кількості колонок верстання матеріалу з огляду близькості до терму «малий».

$$A_{\text{малий}}(h_1) = \begin{bmatrix} 1 & 7/9 & 5/9 & 3/9 & 1/9 \\ 9/7 & 1 & 5/7 & 3/7 & 1/7 \\ 9/5 & 7/5 & 1 & 3/5 & 1/5 \\ 9/3 & 7/3 & 5/3 & 1 & 1/3 \\ 9 & 7 & 5 & 3 & 1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

При утворенні матриці експертним чином визначався лише п'ятий рядок, інші елементи обчислюються, відповідно до таких властивостей:

$$a_{ii} = 1; a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}; a_{ij} = \frac{a_{ki}}{a_{ki}}; i, j, k = \overline{1, n}.$$

Використавши співвідношеннями (4.7), отримаємо ступені належності елементів $u_1 \div u_5$ терму «малий»:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{малий}}(u_1) &= \frac{1}{1 + 7/9 + 5/9 + 3/9 + 1/9} = 0,36; \mu_{\text{малий}}(u_2) = \frac{1}{9/7 + 1 + 5/7 + 3/7 + 1/7} = 0,28; \\ \mu_{\text{малий}}(u_3) &= \frac{1}{9/5 + 7/5 + 1 + 3/5 + 1/5} = 0,20; \mu_{\text{малий}}(u_4) = \frac{1}{9/3 + 7/3 + 5/3 + 1 + 1/3} = 0,12; \\ \mu_{\text{малий}}(u_5) &= \frac{1}{9 + 7 + 5 + 3 + 1} = 0,04. \end{aligned}$$

Для термів «середній», «великий» матриці попарних порівнянь визначаються аналогічно.

$$A_{\text{середній}}(h_1) = \begin{bmatrix} 1 & 7/5 & 9/5 & 7/5 & 1 \\ 5/7 & 1 & 9/7 & 1 & 5/7 \\ 5/9 & 7/9 & 1 & 7/9 & 5/9 \\ 5/7 & 1 & 9/7 & 1 & 5/7 \\ 1 & 7/5 & 9/5 & 7/5 & 1 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

З матриці (7) аналогічно одержимо:

$$\mu_{\text{середній}}(u_1) = 0,15; \mu_{\text{середній}}(u_2) = 0,22; \mu_{\text{середній}}(u_3) = 0,27; \mu_{\text{середній}}(u_4) = 0,22; \mu_{\text{середній}}(u_5) = 0,15.$$

$$A_{\text{великий}}(h_1) = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ 1/3 & 1 & 5/3 & 7/3 & 9/3 \\ 1/5 & 3/5 & 1 & 7/5 & 9/5 \\ 1/7 & 3/7 & 5/7 & 1 & 9/7 \\ 1/9 & 3/9 & 5/9 & 7/9 & 1 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

З матриці (8) одержимо:

$$\mu_{\text{великий}}(u_1) = 0,04; \mu_{\text{великий}}(u_2) = 0,12; \mu_{\text{великий}}(u_3) = 0,20; \mu_{\text{великий}}(u_4) = 0,28; \mu_{\text{великий}}(u_5) = 0,36.$$

Отримані значення функцій належності нормовані способом ділення на найбільший ступінь належності. У підсумку виокремлені рівні діаметра крапки можуть бути подані наступними нечіткими множинами:

$$\text{– діаметр крапки “малий”} = \left(\frac{1}{1,2}; \frac{0,78}{1,3}; \frac{0,56}{1,4}; \frac{0,33}{1,5}; \frac{0,11}{1,6} \right)_{\text{мм}}$$

$$\text{– діаметр крапки “середній”} = \left(\frac{0,56}{1,2}; \frac{0,81}{1,3}; \frac{1}{1,4}; \frac{0,81}{1,5}; \frac{0,56}{1,6} \right)_{\text{мм}}$$

$$\text{– діаметр крапки “великий”} = \left(\frac{0,11}{1,2}; \frac{0,33}{1,3}; \frac{0,56}{1,4}; \frac{0,78}{1,5}; \frac{1}{1,6} \right)_{\text{мм}}$$

Описані нечіткі множини описуються графіками, поданими на рис. 1.

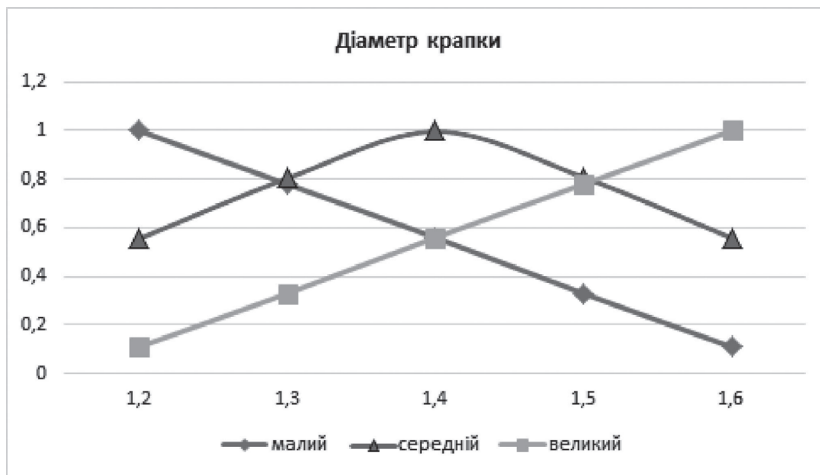


Рис. 1. Функція належності лінгвістичної змінної «діаметр крапки»

Висновки. Для якісно заданих факторів здійснено розрахунок функцій належності заданих лінгвістичними термами факторів впливу на процес сприйняття тактильної поверхні. Методику побудови функцій належності проілюстровано для лінгвістичної змінної «діаметр крапки». Запропонована процедура побудови функцій належності уможливить наступне встановлення показника якості на основі нечітких рівнянь, побудованих із логічних тверджень нечіткої бази знань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гілета І. В., Гавенко М. М. Формалізація факторів процесу сприйняття тактильної продукції. Квалілогія книги. № 1(**). 2017. С. **–**.
2. Сявавко М. С. Інтелектуалізована інформаційна система «Нечіткий експерт». Видавничий центр ЛНУ, 2007. 320 с.
3. Яхьева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети. Москва: Интернет-Университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 316с.

4. Ротштейн О. П., Ларяшкин Є. П., Мітюшкін Ю. І. Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика : монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 144 с.

DETERMINATION OF MEMBERSHIP FUNCTIONS OF LINGUISTIC VARIABLE TO PROCESSES OF TACTICAL INFORMATION PERCEPTION

I. V. Hileta, M. M. Havenko

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine*

The procedure of assigning membership functions has been suggested and implemented for the solution of the problem of fuzzy logic in relation to the establishment of the quality index of perception of tactile images in relation to the factors of influence given by the linguistic variables.

Keywords: *linguistic variable, membership function, process factor, term set.*

Стаття надійшла до редакції 00.00.2018.