УДК 655.3+641.07+681.327

ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ ФАКТОРІВ ШПАЛЬТИ ГАЗЕТНОГО ВИДАННЯ

© І. В. Гілета, ст. викладач, УАД, Львів, Україна

Разработан метод расчета функций принадлежности для заданных лингвистическими термами факторов влияния на размещение публикации на колонке газетного издания.

The method of calculating membership functions for given linguistic terms set of factors influence the placement of newspaper publication into printed editions.

Постановка проблеми

При проектуванні макету шпальти періодичного газетного видання дизайнер-оформлювач зіштовхується з проблемою врахування цілого ряду множини факторів. Складність зазначеного процесу зумовлена значною кількістю факторів та різноманіттям їх типів. Вибір значень факторів передбачає використання попередньо набутого досвіду, дотримання встановлених правил і законів для надання періодичному виданню найбільш цілісного та привабливого вигляду. Фактори розміщення публікації задаються у різних кваліметричних шкалах, причому часто в якісному, словесному виді. Для обробки якісних (нечислових і нечітких) знань, що задаються природною мовою, служить теорія нечітких множин. Математична теорія нечітких множин (fuzzy sets) і нечітка логіка (fuzzy logic) є узагальненнями класичної теорії множин і класичної формальної логіки. Ці поняття були вперше запропоновані американським вченим Лотфі Заде в 1965 р. Основною причиною появи теорії стала наявність нечітких та наближених міркувань при описі людиною процесів, систем, об’єктів.

Характеристикою нечіткої множини є функція належності. Критерієм належності до нечіткої множини S прийнято величину $\mu_S(u)$, яка уособлює собою узагальнене поняття характеристичної функції звичайної множини. Відтак нечіткою множиною S називають множину впорядкованих пар вигляду $S = \{\mu_S(u)/u\}$, $\mu_S(u) \in [0, 1]$. Значення $\mu_S(u) = 0$ означає відсутність приналежності до множини, 1 — повну приналежність, а при $0 < \mu_S(u) < 1$ елемент деяким чином належить множині S.

Для опису нечітких множин вводиться поняття нечіткої і лінгвістичної змінної. Значеннями нечіткою змінної можуть бути поняття (фрази) звичайної мови, які відображають об’єкти і явища навколишнього світу за допомогою нечітких множин. Нечітка змінна описується набором (N, S, U), де N — назва змінної, S — універсальна множина (область міркувань), U — нечітка множина на S. Значеннями лінгвістичної змінної можуть бути нечіткі змінні, тобто лінгвістична змінна знаходиться на більш високому рівні, ніж нечітка змінна. Кожна лінгвістична змінна визначається набором властивостей (X, T(X), U, G, M), у якому:

— X — назва змінної;

— T(X) визначає терм-множину змінної X, тобто множину назв її лінгвістичних значень. Причому кожне з таких значень є нечіткою змінною $\tilde{X}$, що належить універсальній множині U з базовою змінною u;

— G — синтаксичне правило, яке формує назву $\tilde{X}$ значень змінної X;

— M — семантичне правило, яке ставить у відповідність кожній нечіткій змінній $\tilde{X}$ її значення $M(\tilde{X})$. $M(\tilde{X})$ нечітка підмножина універсальної множини S.

Визначена назва $\tilde{X}$, яка сформована синтаксичним правилом G, називається термом. Терм, що складається з одного слова або з декількох слів, завжди фігурують разом один з одним, називаються атомарним термом. Терм, що складається більш як одного атомарного терма, називається складеним термом [2, 8].

Мета роботи

Нехай X — лінгвістична змінна, якою описується фактор макету шпальти газетного видання, визначена на універсальній множині U. Для оцінки змінної X використовується терм S*, який задається нечіткою множиною у вигляді сукупності 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 $u_i \in U$ — універсальна множина, на якій задається нечітка множина, $S^* \subset U$; $\mu_S(u_i)$ — ступінь належності елемента u_i до нечіткої множини S*.

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

Результати проведених досліджень

Метод, що пропонується для розв’язку задачі, ґрунтується на ідеї розподілу ступенів належності елементів універсальної множини відповідно до їх рангів. Ця ідея вже використовувалася раніше в теорії структурного аналізу систем [3], де розглядаються різні способи визначення рангів елементів.

В нашому випадку під рангом елемента u_i будемо розуміти число $r_S(u_i)$, що характеризує важливість (або вагу) цього елемента у формуванні властивості, яка описується нечітким термом S. Припустимо також, що має місце правило: чим більший ранг елемента, тим більша ступінь його належності.

Для наглядності надалі введемо позначення

$$r_S(u_i) = r_i,\ \mu_S(u_i) = \mu_i,\ i = \overline{1,n}.$$

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

$$\begin{cases} \dfrac{\mu_1}{r_1} = \dfrac{\mu_2}{r_2} = \dots = \dfrac{\mu_n}{r_n} \\ \mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n = 1 \end{cases}. \qquad (1)$$

Використавши співвідношення, можна легко 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

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

З огляду на умови нормування, із співвідношень (2) знаходимо

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

Одержана формула дає можливість обчислити ступені належності $\mu_S(u_i)$ елементів $u_i \in U$ до нечіткого терму S двома незалежними шляхами:

1) за абсолютними оцінками рівнів r_i $i = \overline{i,n}$, що визначаються за методиками, запропонованими у теорії структурного аналізу систем [3]. Для експертних оцінок рангів можна скористатися дев'ятибальною шкалою (1 — найнижчий ранг, 9 — найвищий ранг);

2) за відносними оцінками рангів $r_i / r_j = a_{ij}$ $(i, j = \overline{1,n})$, що утворюють матрицю

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{r_2}{r_1} & \frac{r_3}{r_1} & \ldots & \frac{r_n}{r_1} \\ \frac{r_1}{r_{12}} & 1 & \frac{r_3}{r_2} & \ldots & \frac{r_n}{r_2} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \frac{r_1}{r_n} & \frac{r_2}{r_n} & \frac{r_3}{r_n} & \ldots & 1 \end{bmatrix}. \qquad (4)$$

Матриця A володіє наступними властивостями:

а) є діагональною, тобто $a_{ij} = 1$ $(i, j = \overline{1,n})$;

б) елементи, симетричні відносно головної діагоналі, пов'язані залежністю: $a_{ij} = 1 / a_{ji}$;

в) матриця A є транзитивною, іншими словами $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ik}$, 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 знаходити елементи інших рядків. Наприклад, якщо відомий k-ий рядок, тобто елементи a_{kj}, то шуканий елемент a_{ij} знаходять із співвідношення:

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

Оскільки матриця (4) може бути інтерпретована як матриця парних порівнянь рангів, то для експертної оцінки елементів цієї матриці можна використати шкалу Сааті [6, 7]. Тому шкала формулюється наступним чином:

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

Таким чином, за допомогою отриманих формул (4) експертні знання про ранги елементів або їх парні порівняння перетворюються у функцію належності нечіткого терму.

Для реалізації запропонованого методу необхідно виконати такі дії.

1. Задати лінгвістичну змінну Х.

2. Визначити універсальну множину, на якій задається змінна х.

3. Задати сукупність нечітких термів $S_1, S_2, ..., S_n$, що використовуються для оцінки змінної х.

4. Для кожного терму $S_j\,(j=\overline{1,n})$ утворити матрицю А (4).

Користуючись формулами (3), обчислити елементи функцій належності для кожного терму. Нормування отриманих функцій здійснюється шляхом ділення на найбільші ступені належності.

Використовуючи наведений метод побудуємо функцію належності для всіх нечітких термів, за допомогою яких оцінюються термінальні вершини дерева висновку [1]. Побудову функцій належності необхідно здійснити для усіх рівнів дерева висновку: параметрів матеріалу публікації, характеристик шпальти газети параметрів, динамічної взаємодії матеріалу зі шпальтою. Методику побудови функції належності докладно проілюструємо для одного з факторів.

Фактор v_3 — кількість колонок розверстки матеріалу. Цей фактор визначений на універсальній множині $U(v_3)$ = {u_1 — одна колонка; u_2 — дві колонки; u_3 — три колонки; u_4 — чотири колонки; u_5 — п’ять колонок;}.

Для лінгвістичної оцінки фактора v_3 використаємо сукупність нечітких термів: $T(v_3)$ = < мала, нижче середнього, середня, вище середнього, велика >.

Для фактору наведемо матрицю, що відображає парні порівняння оцінок кількості колонок розверстки матеріалу з огляду близькості до терму «мала».

$$A_{мала}(v_3)=\begin{array}{c|ccccc|} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ \hline u_1 & 1 & 7/9 & 5/9 & 3/9 & 1/9 \\ u_2 & 9/7 & 1 & 5/7 & 3/7 & 1/7 \\ u_3 & 9/5 & 7/5 & 1 & 3/5 & 1/5 \\ u_4 & 9/3 & 7/3 & 5/3 & 1 & 1/3 \\ u_5 & 9 & 7 & 5 & 3 & 1 \\ \hline \end{array} \qquad (6)$$

При утворенні матриці експертно визначався лише п’ятий рядок, інші елементи обчислюються, виходячи з таких властивостей:

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

На основі властивості «мала кількість колонок розверстки матеріалу» одна колонка (u_1) абсолютно переважає п’ять колонок (u_5). Звідси елемент a_{51} матриці А низька (v_3) рівняється дев’ять (a_{51} = 9). З тієї ж причини дві колонки (u_2) явно переважає п’ять колонок (u_5), і тому елемент a_{52} рівняється сім (a_{52} = = 7).

Аналогічно отримуємо, що a_{53} = 5, a_{54} = 3, a_{55} = 1. Це засвідчує, що за ознакою «мала кількість колонок» мають місце наступні переваги: три колонки (u_3) істотно переважають п’ять (u_5), чотири (u_4) мінімально переважають п’ять (u_5), а для п’яти колонок немає переваги.

Аналогічно визначаємо, що всі діагональні елементи матриці А рівняються одиниці і має місце рівність $a_{11} = a_{22} = a_{33} = = a_{44} = a_{55} = 1$.

Далі, оскільки відомі елементи п’ятого рядка матриці А, тому довільний елемент a_{ij} перших чотирьох рядків знаходимо із формули

$$a_{ij} = \frac{a_{5j}}{a_{5i}}, \; i, j = \overline{1,5}.$$

Скориставшись цим, для першого рядка отримаємо:

$a_{12} = 7/9$; $a_{13} = 5/9$;

$a_{14} = 3/9$; $a_{15} = 1/9$.

Для другого, третього і четвертого рядка аналогічно одержимо:

$a_{21} = 9/7$; $a_{23} = 5/7$;

$a_{24} = 3/7$; $a_{25} = 1/7$.

$a_{31} = 9/5$; $a_{32} = 7/5$;

$a_{34} = 3/5$; $a_{35} = 1/5$.

$a_{41} = 9/3$; $a_{42} = 7/3$;

$a_{43} = 5/3$; $a_{45} = 1/3$.

Використавши співвідношеннями (4), отримаємо ступені належності елементів $u_1 \div u_5$ терму «мала»:

$$\mu_{мала}(u_1) = \frac{1}{1 + 7/9 + 5/9 + 3/9 + 1/9} = 0{,}36;$$

$$\mu_{мала}(u_2) = \frac{1}{9/7 + 1 + 5/7 + 3/7 + 1/7} = 0{,}28;$$

$$\mu_{мала}(u_3) = \frac{1}{9/5 + 7/5 + 1 + 3/5 + 1/5} = 0{,}20;$$

$$\mu_{мала}(u_4) = \frac{1}{9/3 + 7/3 + 5/3 + 1 + 1/3} = 0{,}12;$$

$$\mu_{мала}(u_4) = \frac{1}{9/3 + 7/3 + 5/3 + 1 + 1/3} = 0{,}12;$$

$$\mu_{мала}(u_5) = \frac{1}{9 + 7 + 5 + 3 + 1} = 0{,}04.$$

Для термів «нижче середнього», «середня», «вище середнього», «велика» матриці парних порівнянь визначаються аналогічно.

$$A_{нижче\ середнього}(v_3) = \begin{array}{c|ccccc} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ \hline u_1 & 1 & 7/5 & 9/5 & 7/5 & 1 \\ u_2 & 5/7 & 1 & 9/7 & 1 & 5/7 \\ u_3 & 5/9 & 7/9 & 1 & 7/9 & 5/9 \\ u_4 & 5/7 & 1 & 9/7 & 1 & 5/7 \\ u_5 & 1 & 7/5 & 9/5 & 7/5 & 1 \end{array} \quad (7)$$

$$A_{середня}(v_3) = \begin{array}{c|ccccc} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ \hline u_1 & 1 & 9/7 & 1 & 5/7 & 3/7 \\ u_2 & 7/9 & 1 & 7/9 & 5/9 & 3/9 \\ u_3 & 1 & 9/7 & 1 & 5/7 & 3/7 \\ u_4 & 7/5 & 9/5 & 7/5 & 1 & 3/5 \\ u_5 & 7/3 & 9/3 & 7/3 & 5/3 & 1 \end{array} \quad (8)$$

$$A_{вище\ середнього}(v_3) = \begin{array}{c|ccccc} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ \hline u_1 & 1 & 5/3 & 7/3 & 9/3 & 7/3 \\ u_2 & 3/5 & 1 & 7/5 & 9/5 & 7/5 \\ u_3 & 3/7 & 5/7 & 1 & 9/7 & 1 \\ u_4 & 3/9 & 5/9 & 7/9 & 1 & 7/9 \\ u_5 & 3/7 & 5/7 & 1 & 9/7 & 1 \end{array} \quad (9)$$

$$A_{велика}(v_3) = \begin{array}{c|ccccc} & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \\ \hline u_1 & 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ u_2 & 1/3 & 1 & 5/3 & 7/3 & 9/3 \\ u_3 & 1/5 & 3/5 & 1 & 7/5 & 9/5 \\ u_4 & 1/7 & 3/7 & 5/7 & 1 & 9/7 \\ u_5 & 1/9 & 3/9 & 5/9 & 7/9 & 1 \end{array} \quad (10)$$

Використавши співвідношення (4) до матриці (7) отримаємо:

$\mu_{нижче\ середнього}(u_1) = 0{,}226$;

$\mu_{нижче\ середнього}(u_2) = 0{,}29$;

$\mu_{нижче\ середнього}(u_3) = 0{,}226$;

$\mu_{нижче\ середнього}(u_4) = 0{,}16$;

$\mu_{нижче\ середнього}(u_5) = 0{,}09$.

З матриці (8) аналогічно одержимо:

$\mu_{середня}(u_1) = 0{,}15$;

$\mu_{середня}(u_2) = 0{,}22$;

$\mu_{середня}(u_3) = 0{,}27$;

$\mu_{середня}(u_4) = 0{,}22$;

$\mu_{середня}(u_5) = 0{,}15$.

З матриці (9) одержимо:

$\mu_{\text{вище середнього}}(u_1) = 0{,}097;$
$\mu_{\text{вище середнього}}(u_2) = 0{,}16;$
$\mu_{\text{вище середнього}}(u_3) = 0{,}023;$
$\mu_{\text{вище середнього}}(u_4) = 0{,}29;$
$\mu_{\text{вище середнього}}(u_5) = 0{,}23.$

З матриці (10) одержимо:

$\mu_{\text{велика}}(u_1) = 0{,}04;$
$\mu_{\text{велика}}(u_2) = 0{,}12;$
$\mu_{\text{велика}}(u_3) = 0{,}20;$
$\mu_{\text{велика}}(u_4) = 0{,}28;$
$\mu_{\text{велика}}(u5) = 0{,}36.$

Отримані значення функцій належності приведені до нормального вигляду діленням на найбільший ступінь належності. У підсумку виокремленні рівні кількості колонок розверстки матеріалу можуть бути подані наступними нечіткими терм-множинами:

— кількість колонок розверстки матеріалу «мала» =

$$= \left(\begin{array}{l} \frac{1}{\text{одна колонка}};\ \frac{0,78}{\text{дві колонки}}; \\ \frac{0,56}{\text{три колонки}};\ \frac{0,33}{\text{чотири колонки}}; \\ \frac{0,11}{\text{п'ять колонок}} \end{array} \right);$$

— кількість колонок розверстки матеріалу «нижче середнього» =

$$= \left(\begin{array}{l} \frac{0,779}{\text{одна колонка}};\ \frac{1}{\text{дві колонки}}; \\ \frac{0,779}{\text{три колонки}};\ \frac{0,551}{\text{чотири колонки}}; \\ \frac{0,31}{\text{п'ять колонок}} \end{array} \right);$$

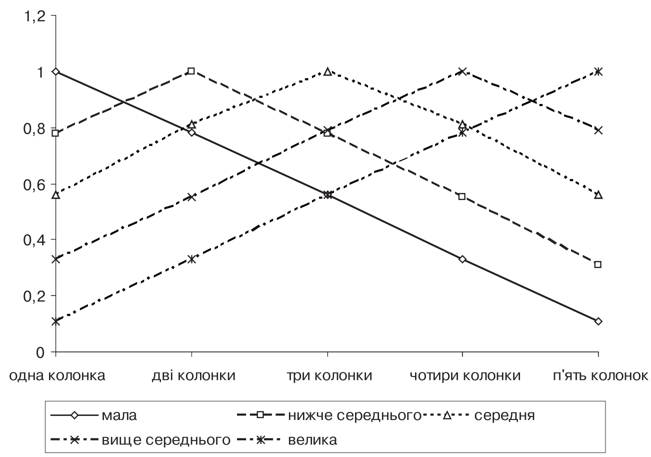
— кількість колонок розверстки матеріалу «середня» =

$$= \left(\begin{array}{l} \frac{0,56}{\text{одна колонка}};\ \frac{0,81}{\text{дві колонки}}; \\ \frac{1}{\text{три колонки}};\ \frac{0,81}{\text{чотири колонки}}; \\ \frac{0,56}{\text{п'ять колонок}} \end{array} \right);$$

— кількість колонок розверстки матеріалу «вище середнього» =

$$= \left(\begin{array}{l} \frac{0,33}{\text{одна колонка}};\ \frac{0,55}{\text{дві колонки}}; \\ \frac{0,79}{\text{три колонки}};\ \frac{1}{\text{чотири колонки}}; \\ \frac{0,79}{\text{п'ять колонок}} \end{array} \right);$$

— кількість колонок розверстки матеріалу «велика» =



Функція належності лінгвістичної змінної «Кількість колонок розверстки матеріалу»

$$= \left\{ \frac{0,11}{\text{одна колонка}}; \frac{0,33}{\text{дві колонки}}; \frac{0,56}{\text{три колонки}}; \frac{0,78}{\text{чотири колонки}}; \frac{1}{\text{п'ять колонок}} \right\}.$$

Наведені нечіткі множини проілюстровано графіками, поданими на рисунку.

Висновки

Для якісно заданих факторів здійснено розрахунок функцій належності для заданих лінгвістичними термами факторів впливу на розміщення публікації на шпальті газетного видання. Методику побудови функцій належності проілюстровано для лінгвістичної змінної «Кількість колонок розверстки матеріалу».

Запропонована процедура побудови функцій належності надасть можливість в подальшому кількісно оцінювати якісні параметри розміщення матеріалу публікації на шпальті газети для автоматизації процесу макетування періодичного видання.

1. Гілета І. В. Формалізація факторів процесу макетування шпальти газети / Гілета І. В., Сеньківський В. М. // Поліграфія і видавнича справа. — 2010. — № 1(51). — С. 61—68. 2. Заде Л. А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решения / Заде Л. А. // Математика сегодня : Пер. с англ. — М. : Знание, 1974. — 45 с. 3. Козак А. А. Анализ надежности информационно-измерительных систем на ранних этапах проектирования / Козак А. А., Кузнецов П. А., Ротштейн А. П. // Стандартизация и измерительная техника. — Красноярск, 1976. — Вып. 2. — С. 128—131. 4. Нечипоренко В. И. Структурный анализ систем (эффективность и надежность) / Нечипоренко В. И. — М. : Сов. радио, 1977. — 216 с. 5. Поспелов Д. А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Поспелов Д. А. — М. : Наука, 1986. — 312 с. 6. Саати Т. Л. Взаимодействие в технических системах / Саати Т. Л. // Техническая кибернетика. — 1979. — № 1. — С. 68—84. 7. Сявавко М. С. Інтелектуалізована інформаційна система «Нечіткий експерт» / Сявавко М. С. // Видавничий центр ЛНУ, 2007. — 320 с. 8. Яхъева Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети / Яхъева Г. Э. — М. : Интернет-Университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 316 с.

Надійшла до редакції 25.11.10