

ти на нейронній мережі прямого розповсюдження за допомогою багат шарового персептрона з одним (максимум двома) скритими шарами.

1. Кульгін М. *Технологии корпоративных сетей: Энциклопедия.* – СПб: Питер, 2000. – 704 с.
2. Боровиков В. *STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере.* – СПб: Питер, 2001. – 656 с.
3. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. *Нейронные сети и их применение в системах управления и связи.* – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 94 с.
4. Пелецишин А.М. *Методи та алгоритми моделювання Web-систем.* – Львів.: НУ ЛП, 2001. – 17 с.
5. Демидович О.В. *Математичні моделі оптимального розподілу інформаційних ресурсів серед вузлів обчислювальних мереж та методи їх реалізації.* – Львів.: НУ ЛП, 2001. – 20 с.
6. Оліфер Н.А., Оліфер В.Г. *Средства анализа и оптимизации локальных сетей.* – М.: ЦИТ, 1998.
7. Клейрок П. *Теория массового обслуживания.* – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
8. Шварц М. *Сети ЭВМ: Анализ и проектирование: Пер. с англ.* – М.: Радио и связь, 1981. – 327 с.
9. Tadashi A., Masafumi Y., Hiroshi M. *A response time estimation of real-time networks // Proc.real-time syst.sym.* – San Jose (Calif). – Dec. 1 – 3, 1987.

УДК621.396.9:519.688

**Іван Лісовий**

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
кафедра ВОЛЗ

## **МЕТОДИКА ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ РАДІОЛІНІЇ**

© Лісовий Іван, 2003

**Запропоновано методику експертної оцінки якості радіозв'язку радіолінії на базі теорії нечітких множин.**

**The procedure of an expert rating of quality of a radiocommunication in a radio link is offered on the basis of the theory of fuzzy sets.**

### **1. Вступ**

Разглядається задача експертної оцінки якості радіозв'язку радіолінії, яка характеризується такими параметрами: потужність випромінювання, швидкість передачі повідомлень, співвідношення сигнал/шум. Задача вирішується на базі теорії нечітких множин.

### **2. Методика оцінки якості радіозв'язку в радіолінії**

Для спрощення завдання вважаємо, що термів, за допомогою яких оцінюються вхідні параметри – лінгвістичні змінні *потужність випромінювання  $P$ , швидкість передачі повідомлень  $V$ , співвідношення сигнал/шум  $C/Ш$* , є два і вони мають такі назви: 1 – *низьке* (-a), 2 – *високе* (-a).

Знання експерта з оцінки якості радіозв'язку в радіолінії подамо у вигляді таких виразів:

1. Якщо потужність випромінювання *велика*, швидкість передачі повідомлень *висока*, співвідношення сигнал/шум *високе*, то якість радіозв'язку *висока*.
2. Якщо потужність випромінювання *мала*, швидкість передачі повідомлень *низька*, співвідношення сигнал/шум *низьке*, то якість радіозв'язку *низька*.

Відобразимо діапазони  $[P_{min}, P_{max}]$ ,  $[V_{min}, V_{max}]$ , та  $[c/\text{ш}_{min}, c/\text{ш}_{max}]$  зміни вхідних параметрів на єдину універсальну множину  $U_i = [0, L_i - 1] = [0, 1]$ , де  $L_i = 2$  – число, що відповідає кількості термів кожної лінгвістичної змінної  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $n = 2$ . При цьому перерахування фіксованого значення параметра  $x_i^* \in [x_{ui}, x_{vi}]$  у відповідний елемент  $u^* \in [0, 1]$  визначається пропорцією [1]

$$(x_{vi} - x_{ui}) / (1 - 0) = (x_i^* - x_{ui}) / (u^* - 0),$$

з якої отримаємо

$$u_i^* = (x_i^* - x_{ui}) / (x_{vi} - x_{ui}). \quad (1)$$

Отже, на підставі виразу (1) знаходимо

$$u_1^* = (P^* - P_{min}) / (P_{max} - P_{min}). \quad (2)$$

$$u_2^* = (V^* - V_{min}) / (V_{max} - V_{min}); \quad (3)$$

$$u_3^* = (c/\text{ш}^* - c/\text{ш}_{min}) / (c/\text{ш}_{max} - c/\text{ш}_{min}). \quad (4)$$

На універсальній множині  $U = [0, 1]$  задамо дві нечіткі підмножини, функції належностей (ФН) яких трикутної форми (1 і 2) наведено на рис. 1.

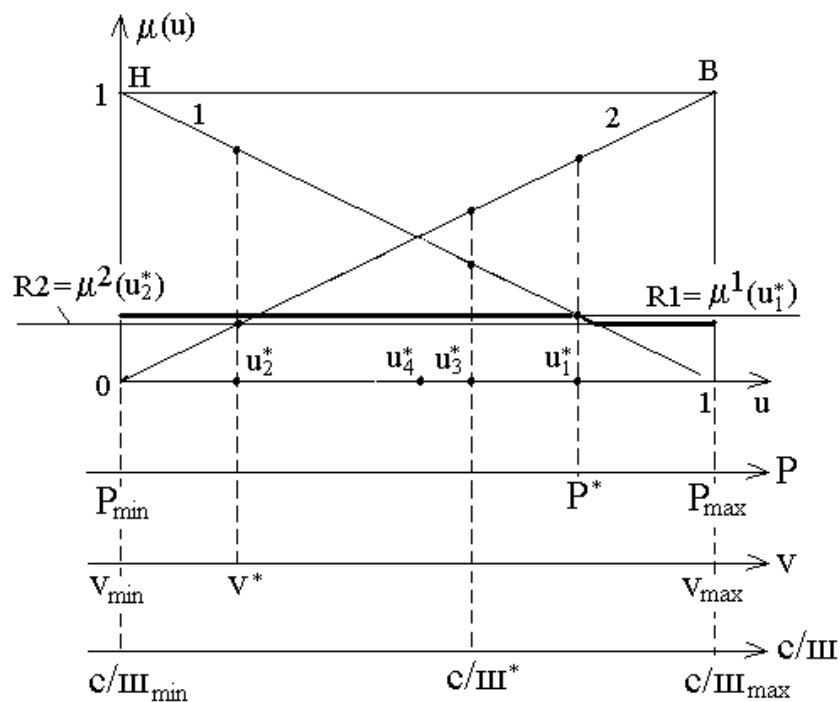


Рис. 1

Для виведення аналітичних виразів запропонованих ФН скористуємось рівнянням прямої, яка проходить через точки с координатами  $(u_1, \mu_1)$  та  $(u_2, \mu_2)$ , яке має вигляд:

$$\mu(u) = [(\mu_2 - \mu_1)u + \mu_1 u_2 - \mu_2 u_1] / (u_2 - u_1). \quad (5)$$

Тоді, відповідно до рис. 1, отримаємо такі ФН для кожної лінгвістичної величини [1]:

$$\mu^1(u) = 1 - u; \quad \mu^2(u) = u, \quad u \in [0, 1]. \quad (6)$$

Для оцінки якості радіозв'язку в радіолінії отримані конкретні значення вхідних змінних *потужність випромінювання*  $P^*$ , *швидкість передачі повідомлень*  $V^*$ , *співвідно-*

шення сигнал/шум  $C/Ш^*$  перераховуємо у значення  $u_1^*$ ,  $u_2^*$  та  $u_3^*$  за формулами (2) – (4) і розраховуємо значення ФН  $\mu^j(u^*)$ ,  $j = \overline{1,2}$  (рис. 1) за формулами (6).

Сформулюємо лінгвістичне правило оцінки якості **Я** (робоче правило) в такому вигляді:

$$\text{Якщо } (P^* = a_1^j) \text{ та } (V^* = a_2^j) \text{ і } (c/ш^* = a_3^j), \text{ тоді } (K^* = a_4^j), \quad (7)$$

де  $a_1^j$ ,  $a_2^j$ ,  $a_3^j$  – лінгвістичні оцінки потужності випромінювання, швидкості передачі повідомлень, співвідношення сигнал/шум, які розглядаються як нечіткі множини, визначені на універсальній множині,  $j = \overline{1,2}$ ;  $a_4^j$  – лінгвістична оцінка якості змінної Я. Лінгвістичні оцінки вибираються з терм-множин:

$$a_i^j \in \{1 - \text{низьке}(-a), 2 - \text{високе}(-a)\}.$$

Нехай  $\mu^j(x_i)$  функція належності вхідного параметра  $x_i \in [x_{li}, x_{si}]$  нечіткому терму  $a_i^j$ ,  $i = \overline{1,3}$ ;  $j = \overline{1,2}$ . Тоді  $\mu^{mj}(P, V, c/ш)$  – залежна від трьох змінних ( $x_1 \equiv P$ ;  $x_2 \equiv V$ ;  $x_3 \equiv c/ш$ ) функція належності вектора параметрів рішенню (вибраній якості каналу  $K_j = a_4^j$ ),  $j = \overline{1,2}$ , визначається з системи нечітких логічних рівнянь:

$$\mu^{mj}(x_1, x_2, x_3) = \mu^j(x_1) \wedge \mu^j(x_2) \wedge \mu^j(x_3). \quad (8)$$

Отже,  $\mu^{m1}(x_1, x_2, x_3)$  – функція належності якості каналу нечіткій множині “низьке”,  $\mu^{m2}(x_1, x_2, x_3)$  – функція належності якості каналу нечіткій множині “високе”. Результуюча функція належності для якості каналу відповідно до робочого правила записується у вигляді

$$\mu^m(x_1, x_2, x_3) = \mu^{m1}(x_1, x_2, x_3) \vee \mu^{m2}(x_1, x_2, x_3). \quad (9)$$

У виразах (8) та (9)  $\wedge$  – логічне **та**,  $\vee$  – логічне **або**.

Вибираємо “мінімаксний” метод логічного вирішення.

Відповідно до лінгвістичних правил, формалізованих системою нечітких логічних рівнянь (8), функція належності якості каналу нечіткій множині “низька” обмежена зверху значенням

$$R1 = \min[\mu^1(u_1^*), \mu^1(u_2^*), \mu^1(u_3^*)], \quad (10)$$

функція належності якості каналу нечіткій множині “висока” обмежена зверху значенням:

$$R2 = \min[\mu^2(u_1^*), \mu^2(u_2^*), \mu^2(u_3^*)]. \quad (11)$$

Результуюча функція належності для якості каналу на підставі виразу (9) обмежується максимальним значенням істинності, яка визначається як

$$\max[R1, R2]. \quad (12)$$

Можна дати кількісну оцінку якості каналу радіозв’язку, якщо задати діапазон якості радіолнії, наприклад, {0 %, 100 %}. Для кількісної оцінки необхідно провести пошук абсциси “центра ваги” результуючої фігури, обмеженої функцією належності, за формулою [2, 3]

$$u_4^* = \frac{\sum_{k=1}^N (a_{k+1} - a_k) [(2a_{k+1} - a_k)b_{k+1} + (2a_k - a_{k+1})b_k]}{3 \sum_{k=1}^N (a_{k+1} - a_k) (b_{k+1} + b_k)}, \quad (13)$$

де  $N$  – кількість вершин,  $a_k, b_k$  – координати вершин результуючої фігури, тобто знайти значення  $u_4^*$ . Потім з графіка (рис. 2) визначити значення  $Y^*$ .

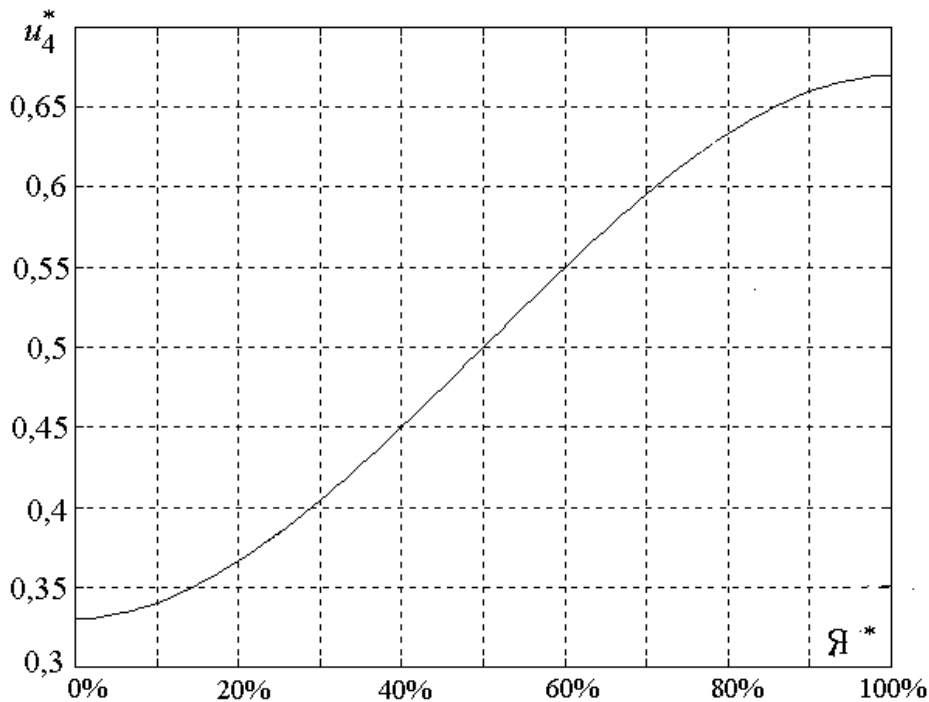


Рис. 2

*Приклад.* Нехай перераховані на універсальну множину значення вхідних параметрів дорівнюють:  $u_1^* = 0,75$ ,  $u_2^* = 0,2$  та  $u_3^* = 0,6$ , а діапазон  $[K_{min}, K_{max}]$  прийнятий рівним  $[0\%, 100\%]$ . При заданих параметрах якість каналу радіозв'язку  $K^* \approx 48,2\%$  ( $u_4^* = 0,482$ ).

### Висновки

1. Запропоновано методику експертної оцінки якості радіозв'язку в радіолінії за трьома основними параметрами: потужності випромінювання, швидкості передачі повідомлень, співвідношенню сигнал/завада.
2. Методика дозволяє визначити якість радіозв'язку у відсотках.
3. Методика дає можливість порівнювати за якістю радіозв'язку різноманітні радіолінії за умови задання однакових для розглядуваних радіоліній діапазонів основних параметрів.
4. Кількість вхідних параметрів може бути розширена.

1. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: "УНІВЕРСУМ-Вінниця", 1999. – 320 с. 2. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмиин Н.А. Системы фуцци-управления. – К.: Техника, 1997. – 208 с. 3. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмиин Н.А. Досвід розвитку і застосування систем фуцци-управління // Автоматизація виробничих процесів. – 1997. – № 2(5). – С. 1 – 10.