

УДК 621.39

## МЕТОДИКА УРАХУВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПІД ЧАС ЗНАХОДЖЕННЯ ЕКСПЕРТНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

У. С. Катеринчук, д-р техн. наук, проф.; В. М. Періг  
Тернопільський національний економічний університет  
int2080@ukr.net

*Проаналізовано математичні методи для врахування умов невизначеності. Як основний інструмент для врахування невизначеності доцільно вибрати методи теорії нечітких множин.*

**Ключові слова:** телекомунікаційна система, експертні показники якості, невизначеність.

*The article analyzed the mathematical methods to account for conditions of uncertainty. As the main tool to account for uncertainty should choose the methods of the theory of fuzzy sets.*

**Keywords:** telecommunication system, expert quality, uncertainty.

### Актуальність теми

Неврахування умов невизначеності при знаходженні експертних показників якості функціонування телекомунікаційних систем (ТКС) призводить до спрощення (ідеалізації) отриманих результатів, які, у свою чергу, не повною мірою відповідають вимогам до ефективності проведеної експертизи ТКС, що проектується.

Як показує аналіз робіт з даної тематики [1; 3; 5; 7 та ін.], характер невизначеності по-різному впливає на загальну невизначеність процесу моделювання.

Найбільший вплив на результат моделювання має невизначеність вихідних даних (близько 82–84 %), відповідно вплив невизначеності математичної моделі (або чисельного методу) оцінюється як 16–18 %.

Ця обставина надає підстави пропонувати до врахування в розроблюваній методиці вплив невизначеності вихідних даних. Таким чином, проведений аналіз свідчить про необхідність узагальнення та вибору єдиного підходу до врахування невизначеності в процедурі експертизи ТКС.

**Мета** статті — формулювання підходів до врахування об'єктивно існуючої невизначеності на етапі розрахунку експертних показників якості функціонування ТКС та відпрацювання методики такого врахування.

Аналіз математичних методів, придатних для врахування характеру невизначеності вихідних даних, дає можливість ці методи розділити на дві

основні групи: методи зменшення впливу неточної інформації з подальшим використанням звичайних детермінованих алгоритмів; методи переходу (за наявності неточної інформації) до спеціальних алгоритмів (стохастичних, нечітких, інтервальних).

Для першого напрямку характерним є застосування різних методів фільтрації й згладжування вихідної інформації, усереднення й порівняння даних. Застосовуються також методи відновлення відсутніх даних, інтерполяції й екстраполювання [10].

Під час використання стохастичних моделей виникає цілий ряд труднощів, пов'язаних зі складністю одержання розподілу щільностей імовірностей для параметрів, нерегулярними явищами при розв'язанні стохастичних диференціальних рівнянь.

Таким чином, спроби застосування якогонебудь конкретного математичного апарату (інтервального аналізу, статистичних методів, теорії ігор, детермінованих моделей тощо) для прийняття рішень в умовах невизначеності дозволяє адекватно відтворити в моделі лише окремі види даних і призводить до безповоротної втрати інформації інших типів.

За браком інформації для суворого застосування імовірнісних моделей і труднощів оперування випадковими величинами, а також у зв'язку з тим, що з інтервальними величинами можна працювати в рамках теорії нечітких множин, остання набуває важливого значення.

Таким чином як основний інструмент для врахування невизначеності доцільно вибрати методи теорії нечітких множин.

Наступним етапом методики слід вважати формалізацію вихідних даних у вигляді нечітких величин.

Відомо, що як базове поняття теорії нечітких множин використовується «нечітка множина», основною та єдиною можливою характеристикою якої є функція належності.

Враховуючи характер невизначеності та переваги методів теорії нечітких множин для її формалізації оберемо як основний спосіб формалізації вихідних даних використання апарату нечітких чисел.

Нечітке число  $\tilde{x} = (a, \gamma, \delta)$  являє собою нечітку множину з функцією належності вигляду [5; 7–9]:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{a-x}{\gamma}, & \text{для } a - \gamma \leq x \leq a; \\ 1 - \frac{x-a}{\delta}, & \text{для } a \leq x \leq a + \delta; \\ 0, & \text{інакше;} \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{a-x}{\gamma}, & \text{для } a - \gamma \leq x \leq a; \\ 1, & \text{для } a \leq x \leq b; \\ 1 - \frac{x-b}{\delta}, & \text{для } b \leq x \leq b + \delta; \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases} \quad (2)$$

Графічну інтерпретацію функції належності показано на рис. 1.

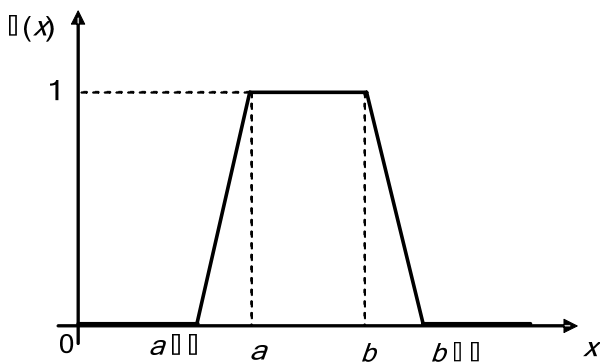


Рис. 1. Графік функції належності нечіткого числа  $\tilde{x}$

Таким чином, аналіз вигляду нечіткої функції та наведені вище правила виконання арифметичних операцій дають можливість знайти мінімальне та максимальне значення нечіткої функції від нечітких аргументів за кожним з  $\alpha$ -рівнів.

Правила виконання арифметичних операцій з нечіткими числами для деяких арифметичних виразів подано в табл. 1.

Таблиця 1

**Правила виконання арифметичних операцій**

Арифметичний вираз	$\underline{y}$	$\bar{y}$
$\tilde{y} = \tilde{x}_1 + \tilde{x}_2$	$\underline{x}_1 + \underline{x}_2$	$\bar{x}_1 + \bar{x}_2$
$\tilde{y} = \tilde{x}_1 - \tilde{x}_2$	$\underline{x}_1 - \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 - \underline{x}_2$
$\tilde{y} = \tilde{x}_1 \tilde{x}_2$	$\underline{x}_1 \underline{x}_2$	$\bar{x}_1 \bar{x}_2$
$\tilde{y} = \frac{\tilde{x}_1}{\tilde{x}_2}$	$\frac{\underline{x}_1}{\underline{x}_2}$	$\frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2}$
$\tilde{y} = \frac{1}{\tilde{x}_1 + \tilde{x}_2}$	$\frac{1}{\underline{x}_1 + \underline{x}_2}$	$\frac{1}{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}$
$\tilde{y} = \frac{1}{\tilde{x}_1 \tilde{x}_2}$	$\frac{1}{\underline{x}_1 \underline{x}_2}$	$\frac{1}{\bar{x}_1 \bar{x}_2}$

Використання того чи іншого принципу узагальнення приведе до знаходження функції належності нечіткого результату множини всіх можливих та множини найбільш імовірних значень параметра, який моделюється.

Певну цікавість своєю неординарністю викликає вираз вигляду:  $\tilde{y} = \frac{1}{\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2}$ .

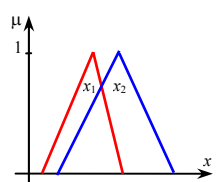
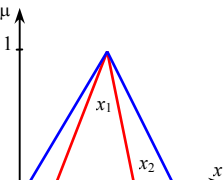
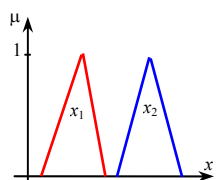
Результати дослідження цього виразу наведені в табл. 2. Як видно з цієї таблиці, вигляд результату знаходження мінімального та максимального значень функції  $\tilde{y}$  залежить від характеру нечітких чисел (функцій належності нечітких чисел).

Таблиця 2

**Верхні та нижні оцінки функції вигляду  $\tilde{y} = \frac{1}{\tilde{x}_1 - \tilde{x}_2}$  від нечітких аргументів**

Графіки функцій належності нечітких чисел $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2$	$\underline{y}$	$\bar{y}$
	$\left  \frac{1}{\underline{x}_1 - \underline{x}_2} \right $	$\left  \frac{1}{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} \right $
	$\left  \frac{1}{\underline{x}_1 - \underline{x}_2} \right $	$\left  \frac{1}{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} \right $

Закінчення табл. 2

Графіки функцій належності нечітких чисел $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2$	$\underline{y}$	$\overline{y}$
	$\left  \frac{1}{\underline{x}_1 - \underline{x}_2} \right $	$\left  \frac{1}{\overline{x}_1 - \overline{x}_2} \right $
	$\left  \frac{1}{\underline{x}_1 - \underline{x}_2} \right $	$\left  \frac{1}{\overline{x}_1 - \overline{x}_2} \right $
	$\left  \frac{1}{\underline{x}_1 - \underline{x}_2} \right $	$\left  \frac{1}{\overline{x}_1 - \overline{x}_2} \right $

Структура методики врахування невизначеності вихідних даних при знаходженні експертних показників якості функціонування ТКС наведена на рис. 2.

Розроблена методика реалізована у вигляді програмного продукту «Нечіткі розрахунки», написаного в системі програмування Borland Delphi7.0.

Цей програмний продукт дає можливість розраховувати нижні та верхні оцінки нечітких функцій від будь-якої кількості нечітких аргументів та будувати графіки функції належності нечіткої функції та графіки функцій належності нечітких вихідних даних.

### Висновки

Вигляд нечіткої функції та вихідні дані для розрахунків задаються в текстовому файлі.

Таким чином, експертиза телекомунікаційних проектів є важливим етапом у процесі розробки ТКС, який значною мірою впливає на якість телекомунікаційних систем, що розробляються.

Експертиза проводиться практично на кожному етапі розробки ТКС і являє собою складну процедуру, яка здійснюється в умовах об'єктивно існуючої невизначеності.

Аналіз процедури експертизи телекомунікаційних проектів засвідчив наявність умов невизначеності при визначенні показників якості функціонування ТКС. Тому, врахування умов невизначеності повинно забезпечити підвищення адекватності та достовірності експертизи ТКС.

Урахування невизначеності пропонується проводити на двох рівнях: на рівні визначення часткових показників якості функціонування ТКС та на рівні визначення ваги кожного часткового показника для загальної оцінки ефективності ТКС. У статті проаналізовано математичні методи для врахування умов невизначеності.

Як основний інструмент для врахування невизначеності доцільно вибрати методи теорії нечітких множин.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Рачок Р. В. Використання апарату нечітких чисел для врахування невизначеності вихідних даних в оперативно-тактичних розрахунках / Р. В. Рачок, Д. А. Мул // Зб. наук. праць № 35. Ч. II. — Хмельницький : Вид-во НАДПСУ. — 2006. — С. 241–245.

2. Мул Д. А. Обґрунтування методу теорії нечітких множин у задачах прийняття рішень / Д. А. Мул // Вісник Хмельницького національного університету. — № 4. Ч. 1, Т. 2. — Хмельницький : Вид-во ХНУ. — 2005. — С. 81–85.

3. Рачок Р. В., Мул Д. А. Методика врахування невизначеності при моделюванні оперативно-службових дій органу охорони кордону в системі підтримки прийняття рішень / Р. В. Рачок, Д. А. Мул // Труды III науково-практичної конференції «Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем спеціального призначення». — К. : ВІНІ НТУУ «КПІ», 2006. — С. 81–85.

4. Усовершенствование методики оперативнотактических расчетов планирования и оценки эффективности огневого поражения противника в условиях неопределенности. Отчет о НИР/АПВУ. — №098-0048И. — Хмельницький, 1999. — 139 с.

5. Герасимов Б. М. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка состояния / Б. М. Герасимов, М. М. Дивизинюк, И. Ю. Субач. — Севастополь : Издательский центр СНИЯЭиП, 2004. — 320 с.

6. Ларичев О. И. Качественные методы принятия решений / О. И. Ларичев, Е. М. Мошкович. — М. : Наука, 1996. — 212 с.

7. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. — М. : Наука, 1981. — 203 с.

8. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д. А. Поспелова. — М. : Наука, 1986. — 396 с.

9. Борисов А. Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева. — М. : Радио и связь. 1989. — 304 с.

10. Аленфельд Г. Введение в интервальные вычисления / Г.А. Аленфельд, Ю. Херцбергер. — М. : Мир, 1987. — 360 с.

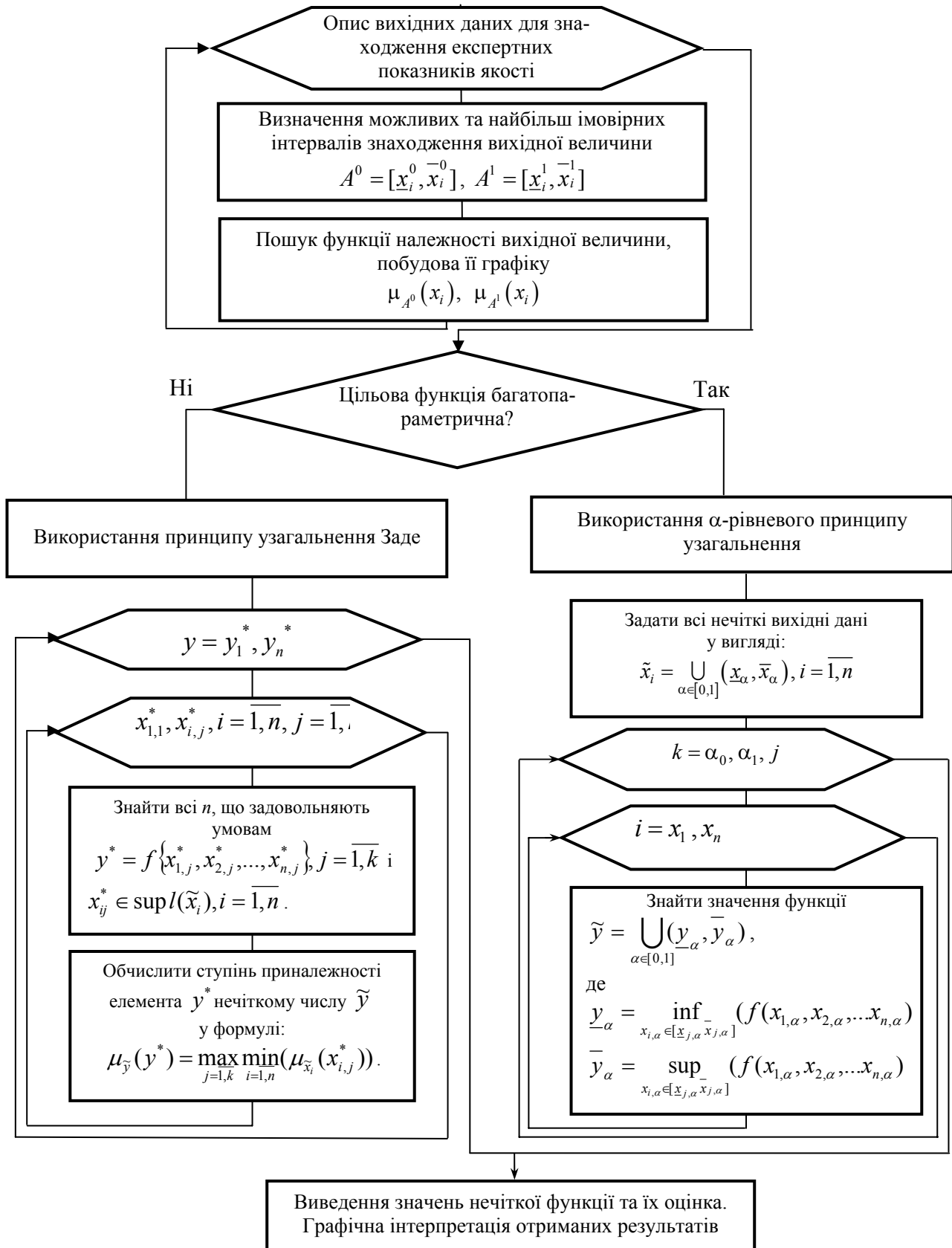


Рис. 2. Структура методики врахування невизначеності вихідних даних при визначенні експертних показників якості функціонування ТКС