

**Заруба В. Я.**  
д.е.н., професор  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

## МОДЕЛІ ЙМОВІРНІСНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ НЕЧІТКОЇ ВЕЛИЧИНИ ПОПИТУ

Підприємства планують обсяги випуску продукції виходячи з оперативного прогнозу попиту і узгодження об'ємно-номенклатурного плану виробництва з виробничими потужностями підрозділів підприємства, його фінансовими ресурсами та умовами поставки покупних виробів. В умовах, коли попит не є повністю визначеним, виникають ризики втрат через можливу невідповідність обсягу  $y$  готової продукції і величини  $x$  наявного попиту на неї. План виробництва повинен забезпечувати максимізацію оперативного ефекту  $E = E(y)$ , який являє собою різницю між прибутком, отриманого від виробництва і реалізації продукції, і величиною втрат з урахуванням упущеної вигоди. В існуючих технологіях планування виробництва використовують задані рівні попиту. Актуальним завданням є розробка моделей не повністю визначеного попиту, які нададуть можливість для оптимізації обсягів виробництва [1].

Для математичного опису не повністю визначеної величини попиту можуть бути використані уявлення про неї як про нечітку або як про випадкову величину. Визначення нечіткої величини передбачає відшукування експертним шляхом функції  $\mu_a(x)$ , значення якої знаходяться на інтервалі  $[0;1]$  і виражають ступінь приналежності до нечіткої множини  $A = \{(x, \mu_a(x)) | x \in U\}$ , що описує нечітку величину попиту  $a$ , її можливих значень  $x$ . Область  $U$  визначення функції приналежності  $\mu_a(x)$  називається універсумом, а множина  $X = \{x | \mu_a(x) > 0, x \in U\}$  — носієм нечіткої множини  $A$  [2].

Наведеної формальної схеми визначення нечіткої величини виявляється недостатньо для постановки і рішення задач оптимізації обсягів виробництва. Виникає необхідність в конкретній інтерпретації сенсу значень функції  $\mu_a(x)$ , що забезпечить можливість її надання експертами, а також в математичному апараті опису оперативного ефекту  $E(y)$  при нечіткої величині попиту.

Уявлення про випадкову величину в теорії ймовірностей засновані на статистичній інтерпретації ймовірності, що дозволяє давати статистичні оцінки наслідків різноманітних рішень. Однак

більшість ситуацій, що зустрічаються на практиці, є унікальними, і в них особи, які приймають рішення, використовують поняття ймовірності як зручний інструмент для оцінки можливості подій на основі наявних у них знань і своєї інтуїції. В цьому випадку реалізується суб'єктивна інтерпретація ймовірності, заснована не на об'єктивних статистичних закономірностях, а на припущеннях і очікуваннях особи, що оцінює ситуацію. Таке трактування випадкової величини не суперечить уявленню про неї як про нечітку величину. Під моделлю імовірнісного представлення нечіткої величини будемо розуміти такий її математичний опис, який відповідає її визначенню як нечіткої величини і допускає її інтерпретацію як випадкової величини у відповідності з аксіомами теорії ймовірностей.

У теорії ймовірностей будь-яку випадкову величину  $a$  описує функція розподілу  $F(x)$ , значеннями якої є ймовірності того, що реалізації величини  $a$  не приймають значень більших, ніж задані величини  $x$ ,  $F(x) = P\{a \leq x\}$ . Випадкова величина  $a$  попиту може бути представлена як нечітка, якщо функцію  $\Phi(x) = 1 - F(x)$  розглядати як функцію приналежності  $\mu_a(x)$ , піввісь невід'ємних чисел — як універсум  $U$ , а множину  $X = [0, \delta^{\max}]$  можливих значень величини  $a$  попиту — як носій нечіткої величини  $A = \{(x, \mu_a(x)) \mid x \in U\}$ .

Зручною формою вираження початкового нечіткого знання експертів про майбутній попит є його опис в розрізі окремих замовлень  $m = 1, 2, \dots, M$  з оцінками для кожного замовлення його обсягу  $\nu_m$  та ймовірності його надходження. На основі цієї інформації за формулою Бейеса може бути знайдена очікувана

величина попиту  $V = \sum_{m=1}^M P_m \nu_m$ . Однак для оцінки прийнятності

втрат у випадку зменшення реальної величини попиту відносно очікуваної — виникає необхідність у отриманні функції  $F(x)$  розподілу ймовірності за значеннями  $x$  загального попиту.

Уведемо такі позначення та визначення:  $s = (s_m, m = 1, 2, \dots, M)$  — вектор реалізації заказів, складений з  $M$  булевих змінних  $s_m$  ( $m = 1, 2, \dots, M$ );  $s_m = 1$ , якщо заказ  $m$  поступив на підприємство;  $s_m = 0$ , якщо надходження заказу  $m$  не відбулося;  $R^+(s)$ ,  $R^-(s)$  — множини таких заказів, що поступили та не поступили на підприємство у відповідності з вектором  $s$ ,  $R^+(s) = \{m \mid s_m = 1\}$ ,  $R^-(s) = \{m \mid s_m = 0\}$ ;  $\nu(s)$  — величина попиту, що відповідає векто-

ру  $s$ ,  $v(s) = \sum_{m \in R^+} v_m$ ;  $P(s)$  — ймовірність реалізації вектора  $s$ ,  
 $P(s) = \prod_{m \in R^+} P_m \times \prod_{m \in R^-} (1 - P_m)$ . Надамо кожному вектору  $s$  такий номер  
 $n \in \{0, 1, \dots, 2^M - 1\}$ , що  $v(s(n_1)) \leq v(s(n_2))$ , якщо  $n_1 < n_2$ . У результаті  
такої нумерації інтервал  $X = [0, \delta^{\max}]$  можливих значень попиту  
буде поділений на  $2^M - 1$  підінтервалів  $[v(s(n-1)), v(s(n))]$   
 $(n = 1, 2, \dots, 2^M - 1)$ , причому  $v(s(0)) = 0$ ,  $v(s(2^M - 1)) = \delta^{\max}$ . Тоді  

$$F(x) = F(v(s(n-1))) = \sum_{k=0}^{n-1} P(s(k)), \quad \text{якщо} \quad x \in [v(s(n-1)), v(s(n))]$$

$$(n = 1, 2, \dots, 2^M - 1). \quad \text{При} \quad \text{цьому} \quad F(\delta^{\max}) = \sum_{s \in S} P(s) = 1,$$

$$V = \sum_{s \in S} P(s)v(s) = \sum_{m=1}^M P_m v_m.$$

### **Список використаних джерел**

1. *Заруба В. Я.* Многоуровневые модели планирования производства в условиях интервального прогноза спроса // Актуальні проблеми прогнозування поведінки складних соціально-економічних систем: Монографія / За ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченка. — Бердянськ : Видавець Ткачук О. В., 2016. — 512 с. С. 86–98.

2. *Раскин Л. Г., Серая О. В.* Нечёткая математика. Основы теории. Приложения. — Х.: Парус, 2008. — 352 с.

**Захарченко П. В.**  
д.е.н., професор

**Жваненко С. А.**  
Бердянський державний педагогічний університет

## **МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ КУРОРТНО-РЕКРЕАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Цілісне сприйняття складних і неоднозначних явищ сучасної економіки, формування комплексної системної концепції економічного розвитку курортно-рекреаційних систем, її закономірностей значною мірою обумовлено осмисленням економічного середовища