

В сучасних умовах науково-технічного розвитку чітко простежується тенденція швидкого старіння знань і досвіду управлінського персоналу, суть якого виражається у відставанні професійних знань керівника від сучасних вимог, що пред'являються ринком. Особливо актуальним стає оновлення якостей керівника: вміння створити організацію, забезпечити механізм її функціонування, проявити енергійність, контактність, лідерські навички, цілеспрямованість у розвитку бізнесу, сформувати конкурентоспроможну систему оплати праці тощо.

**Висновки.** Таким чином, професіоналізм, інтелектуальні й лідерські здібності, творчий та інноваційний потенціал керівника суттєво впливають на оплату праці, стимулювання і розподіл праці в межах керованої системи, ефективність мотиваційного механізму, конкурентоспроможність системи оплати праці, продукції, підприємства, національної економіки в цілому.

### Література

1. Дослідження проблем оплати праці: порівняльний аналіз (Україна та країни ЄС) : монографія / [А.М. Колот, Г.Т. Куліков, О.М. Поплавська та ін. ; за заг. ред. А.М. Колота, Г.Т. Кулікова]. – К. : КНЕУ, 2008. – 274 с.
2. Праця України 2009 : статистичний збірник / Державний комітет статистики України: №09/3-32/20.07.2010. – 170. – 413 с.
3. Колот А.М. Зарубіжний досвід матеріального стимулювання персоналу / А.М. Колот // Україна: аспекти праці. – 1998. – № 1. – С. 16–21.
4. Тимофеев А.В. Принципы политики оплаты труда персонала крупного промышленного холдинга / А.В. Тимофеев // Менеджмент в России и за рубежом. – № 4. – 2004. – С. 15–26.

Надійшла 24.02.2011

УДК 330.4:331.103.3

К. В. ГОРБАТЮК

Хмельницький національний університет

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКИХ МЕТОДІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ ХРОНОМЕТРАЖНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

*У статті розглянуто проблему врахування невизначеності у показниках тривалості трудових операцій на робочому місці за допомогою методів теорії нечітких множин. Наведено приклад нечіткого оцінювання тривалості трудових операцій за даними хронометражних рядів для встановлення нечітких норм тривалості.*

*The problem of uncertainty account in the indexes of labour operations duration in the workplace by means of fuzzy sets theory methods is considered in the article. An example of fuzzy evaluation of labour operations duration is made from time-study rows data for establishment of fuzzy norms of duration.*

*Ключові слова: нормування праці, теорія нечітких множин, нечіткі числа, норми тривалості.*

### Вступ

Для багатьох підприємств ефективне використання ресурсів пов'язане з розвитком технології і організації виробництва. Проте, для підвищення загальної ефективності виробництва є важливим людський чинник, оскільки продуктивність праці є тим показником, в якому поєднуються кваліфікація й інтереси людини, технології, управління, соціальне та ділове навколишнє середовище.

У досягненні цієї мети важлива роль належить нормуванню праці і, перш за все, дослідженням з розробки й вдосконаленню нормативно-інформаційної бази, яка є основою для регламентації, оцінки витрат праці, ступеня її кваліфікації та призначена для поліпшення організації праці, підвищення її ефективності, а також, для забезпечення соціальної захищеності робітників, запобігання надмірним психофізіологічним навантаженням і збереження нормальної працездатності протягом всього періоду трудової діяльності робітника. В нових умовах господарювання застосування прогресивної організації праці і відповідних їй норм стає життєво необхідним для нормального функціонування підприємств.

Створення автоматизованих систем нормування праці вимагає використання економіко-математичних методів та нових інформаційних технологій, що дасть можливість зменшити трудомісткість і складність встановлення норм і нормативів та дозволять застосовувати відповідну нормативну базу для всіх типів виробництва в умовах трансформаційної економіки України. Зокрема, існуюча невизначеність в процесах праці зумовлює необхідність застосування відповідного математичного апарату для її врахування.

### Постановка завдання

Серед існуючих математичних підходів до врахування невизначеності в кількісних економічних показниках можна виділити нечітко-множинний підхід, який продовжує завойовувати все більшу прихильність економістів. Теорія нечітких множин і нечітка логіка дозволяють моделювати гнучкі та неточні обмеження, частковий прояв властивостей, описувати плавний перехід з однієї ситуації в іншу.

Зокрема, в теорії нечітких множин існує поняття нечіткого числа (величини), що являє собою нечітку множину спеціалізованого виду. Визначення набору арифметичних операцій над нечіткими числами та правил їх виконання [1; 3; 4] робить можливим оцінювання результуючих значень економічних показників за відомими співвідношеннями з врахуванням присутньої невизначеності.

У нормуванні праці використовуються методи, що вимагають проведення хронометражних спостережень на робочому місці за тривалістю виконання окремих технологічних операцій [2]. В результаті статистичного аналізу даних, отриманих на основі проведених спостережень, можливе нечітке оцінювання необхідних норм праці.

### Результати дослідження

Нечіткі множини у спеціальній літературі задають як пару  $\bar{A} = \{x \in X, \mu_{\bar{A}}(x)\}$ , де  $\mu_{\bar{A}}(x)$  – функція, що визначає ступінь належності  $x$  до  $\bar{A}$ . Формально, функція належності є відображенням:  $\mu_{\bar{A}}(x): X \rightarrow [0, 1]$ , де  $X$  називається носієм нечіткої множини та за умови  $\sup_{x \in X} \mu_{\bar{A}}(x) = 1$  – відповідна нечітка множина називається нормальною. Також у теорії нечітких множин часто використовують метод опису нечітких множин за допомогою  $\alpha$ -рівневих множин, які є підмножинами базової множини  $X$  та описуються так:  $\bar{A}[\alpha] = \{x | \mu_{\bar{A}}(x) \geq \alpha\}$  для всіх значень  $\alpha \in [0, 1]$ . Функція належності, у загальному випадку, є формалізованим описом ступеня присутньої нечіткості на деякій множині, яка, у свою чергу, являє собою носій нечіткої величини.

Конкретний вид функцій належності визначається на основі різних додаткових припущень про властивості цих функцій (симетричність, монотонність, неперервність першої похідної тощо) з урахуванням специфіки наявної невизначеності та реальної ситуації [1; 3]. Зокрема, нечіткі числа з трикутною функцією належності  $\mu(t)$  називаються трикутними нечіткими числами і позначаються  $\bar{t} = (t_{\min} / t_c / t_{\max})$ , де  $t_{\min}, t_{\max}, t_c$  – відповідно мінімальне, максимальне значення і деяка оцінка центрального значення (математичного сподівання, моди, медіани тощо) окремого параметра та мають функцію належності:

$$\mu(t) = \begin{cases} \frac{t - t_{\min}}{t_c - t_{\min}}, & \text{для } t_{\min} \leq t \leq t_c, \\ \frac{t - t_{\max}}{t_c - t_{\max}}, & \text{для } t_c \leq t \leq t_{\max}. \end{cases} \quad (1)$$

А нечіткі числа з трапецієподібною функцією належності  $\mu(t)$  окремого параметра, де  $a, c, d, b$  – відповідно вершини трапеції, мають функцію належності:

$$\mu(t) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t \leq a; \\ \frac{t - a}{c - a}, & \text{якщо } a < t < c; \\ 1, & \text{якщо } c \leq t \leq d; \\ \frac{b - t}{b - d}, & \text{якщо } d < t < b; \\ 0, & \text{якщо } t \geq b. \end{cases} \quad (2)$$

Функція належності для нечіткої величини, що є результатом алгебраїчної операції над двома нечіткими числами  $A = \{x \in [a_1; a_2], \mu_A(x)\}$  і  $B = \{x \in [b_1; b_2], \mu_B(x)\}$ , заданими на відповідних носіях  $[a_1; a_2]$  та  $[b_1; b_2]$ , визначається таким чином [1]:

$$\mu_{A \circ B}(z) = \sup_U \{ \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) \}, \quad (3)$$

де  $U = \{(x, y) \in \sigma(A \times B) | x \circ y = z\}$ ,  $\{\circ\}$  – деяка операція з набору  $\{+, -, *, /\}$ .

Застосуємо методи теорії нечітких множин до процедури аналізу даних хронометражних спостережень, а саме: спробуємо використати процедури виконання алгебраїчних операцій над нечіткими числами для встановлення окремих норм праці.

Розглянемо приклад проведених хронометражних спостережень за тривалістю елементів операцій

на одному робочому місці за одну робочу зміну (табл. 1) [2]. Існує можливість для побудови нечітких значень кожної тривалості у вигляді як трикутного нечіткого числа, так і у вигляді трапецієподібного нечіткого числа. Так, для побудови трикутного числа можна взяти мінімальне, середнє та максимальне значення тривалості кожного елемента, а для побудови трапецієподібної функції належності – мінімальне, максимальне значення і межі ентропійного інтервалу для середнього.

Дані хронометражних спостережень визнаються сталими, оскільки коефіцієнти сталості  $K_{ст} = \max/\min$  не перевищують допустимі значення для даного типу виробництва.

Таблиця 1

## Дані спостережень за тривалістю трудових операцій

| Номер спостереження | Тривалість елемента операції, с          |  |                                |                                      |                              |
|---------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
|                     | Взяти заготовку, установити та закріпити | Увімкнути верстат, відвести інструмент | Обточити деталь на один прохід | Відвести інструмент, зупинити оберти | Розкріпити, зняти, відкласти |
| 1                   | 9  | 3                                      | 103                            | 4                                    | 5                            |
| 2                   | 10                                       | 5                                      | 102                            | 3                                    | 6                            |
| 3                   | 7  | 4                                      | 115                            | 5                                    | 7                            |
| 4                   | 11                                       | 3                                      | 118                            | 4                                    | 5                            |
| 5                   | 14                                       | 4                                      | 121                            | 6                                    | 9                            |
| 6                   | 8  | 5                                      | 136                            | 4                                    | 7                            |
| 7                   | 12                                       | 7                                      | 139                            | 6                                    | 6                            |
| 8                   | 11                                       | 6                                      | 110                            | 5                                    | 10                           |
| 9                   | 13                                       | 4                                      | 128                            | 4                                    | 8                            |
| 10                  | 8  | 5                                      | 125                            | 6                                    | 6                            |
| $K_{ст}$            | 2  | 2,33                                   | 1,36                           | 2                                    | 2                            |

Статистичні показники, розраховані за кожним хронорядом, дають параметри для нечіткого опису кожного елемента операції (табл. 2).

Таблиця 2

## Статистичні оцінки за даними хронорядів

| Елемент операції                   | Взяти заготовку, установити та закріпити | Увімкнути верстат, відвести інструмент | Обточити деталь на один прохід | Відвести інструмент, зупинити оберти | Розкріпити, зняти, відкласти |
|------------------------------------|--|--|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Позначення тривалості елемента     | $T_1$                                    | $T_2$                                  | $T_3$                          | $T_4$                                | $T_5$                        |
| Мінімальне значення                | 7  | 3                                      | 102                            | 3                                    | 5                            |
| Середнє значення                   | 10,47                                    | 4,74                                   | 121,61                         | 4,78                                 | 7,05                         |
| Максимальне значення               | 14                                       | 7                                      | 139                            | 6                                    | 10                           |
| Нижня межа ентропійного інтервалу  | 8,89                                     | 3,97                                   | 113,97                         | 4,00                                 | 5,97                         |
| Верхня межа ентропійного інтервалу | 12,03                                    | 5,51                                   | 129,21                         | 5,45                                 | 8,14                         |

Застосувавши розроблені автором процедури бутстрепізації, побудови ентропійного інтервалу та пошуку середнього значення за вибірками малого обсягу, оскільки обсяг отриманих хронорядів за кожним елементом операції є малим, можна будувати нечіткі оцінки характеристик трудових процесів.

Для опису тривалості елементів операцій через трикутні нечіткі числа можна скористатись записом  $\alpha$ -рівневих множин для кожного елемента і для рівнів  $\alpha$  (табл. 3): 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1.

Також отримуємо запис  $\alpha$ -рівневих множин для тривалості кожного елемента технологічної операції, якщо нечіткі числа мають трапецієподібний вигляд (табл. 4).

Таблиця 3

## Трикутні нечіткі числа, що характеризують тривалості елементів операції

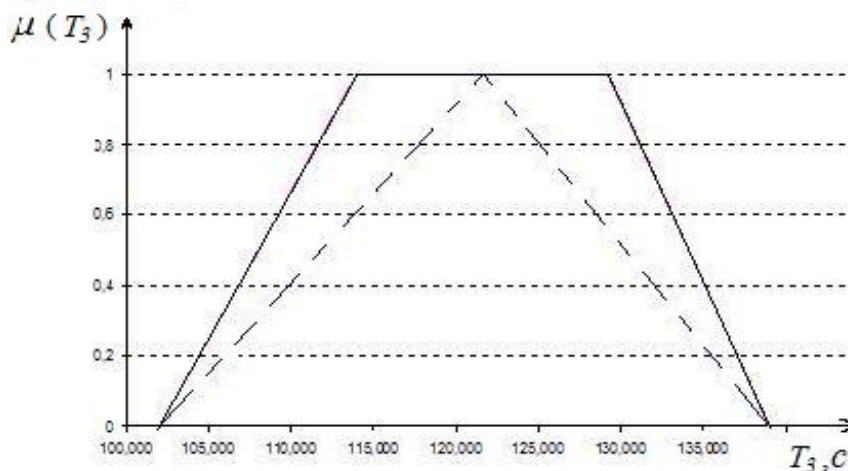
| Значення $\alpha$ -рівня | Позначення тривалості елементу операції, с |        |       |       |         |         |       |       |       |        |
|--------------------------|--|--------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|--------|
|                          | $T_1$                                      |        | $T_2$ |       | $T_3$   |         | $T_4$ |       | $T_5$ |        |
| 0                        | 7,000                                      | 14,000 | 3,000 | 7,000 | 102,000 | 139,000 | 3,000 | 6,000 | 5,000 | 10,000 |
| 0,25                     | 7,868                                      | 13,118 | 3,435 | 6,435 | 106,903 | 134,653 | 3,445 | 5,695 | 5,513 | 9,263  |
| 0,5                      | 8,735                                      | 12,235 | 3,870 | 5,870 | 111,805 | 130,305 | 3,890 | 5,390 | 6,025 | 8,525  |
| 0,75                     | 9,603                                      | 11,353 | 4,305 | 5,305 | 116,708 | 125,958 | 4,335 | 5,085 | 6,538 | 7,788  |
| 1                        | 10,470                                     | 10,470 | 4,740 | 4,740 | 121,610 | 121,610 | 4,780 | 4,780 | 7,050 | 7,050  |

Таблиця 4

## Трапецієподібні нечіткі числа, що характеризують тривалості елементів операції

| Значення $\alpha$ -рівня | Позначення тривалості елементу операції, с |       |       |      |        |        |       |      |       |      |
|--------------------------|--|-------|-------|------|--------|--------|-------|------|-------|------|
|                          | $T_1$                                      |       | $T_2$ |      | $T_3$  |        | $T_4$ |      | $T_5$ |      |
| 0                        | 7,00                                       | 13,51 | 3,00  | 6,63 | 102,00 | 136,55 | 3,00  | 5,86 | 5,00  | 9,54 |
| 0,25                     | 7,47                                       | 13,02 | 3,24  | 6,26 | 104,99 | 134,11 | 3,25  | 5,73 | 5,24  | 9,07 |
| 0,5                      | 7,95                                       | 12,52 | 3,49  | 5,88 | 107,99 | 131,66 | 3,50  | 5,59 | 5,49  | 8,61 |
| 0,75                     | 8,42                                       | 12,03 | 3,73  | 5,51 | 110,98 | 129,21 | 3,75  | 5,45 | 5,73  | 8,14 |
| 1                        | 8,89                                       | 8,89  | 3,97  | 3,97 | 113,97 | 113,97 | 4,00  | 4,00 | 5,97  | 5,97 |

Для нечіткої тривалості елементу «Обточити деталь на один прохід» графічно зобразимо відповідні функції належності (рис. 1).

Рис. 1. Функції належності тривалості елементу  $T_3$ 

Використовуючи отримані нечіткі тривалості кожного елементу даної операції, визначимо за допомогою операцій над нечіткими числами нечітке значення тривалості виконання всієї операції  $T$ . Послідовно знайдемо суми описаних вище нечітких чисел, спочатку для трикутних функцій належності, а також для трапецієподібних функцій. Результати нечітких розрахунків узагальнимо в табл. 5, 6 та надамо графічне зображення результуючої функції належності для функцій належності двох згаданих форм: трикутної і трапеції (рис. 2).

З графіків функцій належності результуючих показників видно, що при виконанні операції додавання форма результуючої функції належності співпадає з формою функції належності доданків, а інтервал носія нечіткого числа, що визначає тривалість всієї технологічної операції, не залежить від форми функції належності.

Різниця між отриманими результатами полягає в їх інтерпретації в кожному конкретному випадку. Так, для трапецієподібних функцій певний інтервал усередині носія має більший ступінь можливості, функція належності в ньому є максимальною.

Таблиця 5

**Результати розрахунку тривалості виконання всієї операції за трикутними функціями належності**

| Значення $\alpha$ -рівня | Позначення тривалості елементу операції, с |       |           |        |                   |        |                           |        |
|--------------------------|--|-------|-----------|--------|-------------------|--------|---------------------------|--------|
|                          | $T_1+T_2$                                  |       | $T_3+T_4$ |        | $T_1+T_2+T_3+T_4$ |        | $T = T_1+T_2+T_3+T_4+T_5$ |        |
| 0                        | 10,00                                      | 21,00 | 105,00    | 145,00 | 115,00            | 166,00 | 120,00                    | 176,00 |
| 0,25                     | 11,30                                      | 19,55 | 110,35    | 140,35 | 121,65            | 159,90 | 127,16                    | 169,16 |
| 0,5                      | 12,61                                      | 18,11 | 115,70    | 135,70 | 128,30            | 153,80 | 134,33                    | 162,33 |
| 0,75                     | 13,91                                      | 16,66 | 121,04    | 131,04 | 134,95            | 147,70 | 141,49                    | 155,49 |
| 1                        | 15,21                                      | 15,21 | 126,39    | 126,39 | 141,60            | 141,60 | 148,65                    | 148,65 |

Таблиця 6

**Результати розрахунку тривалості виконання всієї операції за трапецієподібними функціями належності**

| Значення $\alpha$ -рівня | Позначення тривалості елементу операції, с |       |           |        |                   |        |                           |        |
|--------------------------|--|-------|-----------|--------|-------------------|--------|---------------------------|--------|
|                          | $T_1+T_2$                                  |       | $T_3+T_4$ |        | $T_1+T_2+T_3+T_4$ |        | $T = T_1+T_2+T_3+T_4+T_5$ |        |
| 0                        | 10,00                                      | 21,00 | 105,00    | 145,00 | 115,00            | 166,00 | 120,00                    | 176,00 |
| 0,25                     | 10,72                                      | 20,14 | 108,24    | 142,42 | 118,96            | 162,55 | 124,20                    | 172,09 |
| 0,5                      | 11,43                                      | 19,27 | 111,49    | 139,83 | 122,92            | 159,10 | 128,40                    | 168,17 |
| 0,75                     | 12,15                                      | 18,41 | 114,73    | 137,25 | 126,87            | 155,65 | 132,60                    | 164,26 |
| 1                        | 12,86                                      | 17,54 | 117,97    | 134,66 | 130,83            | 152,20 | 136,80                    | 160,34 |

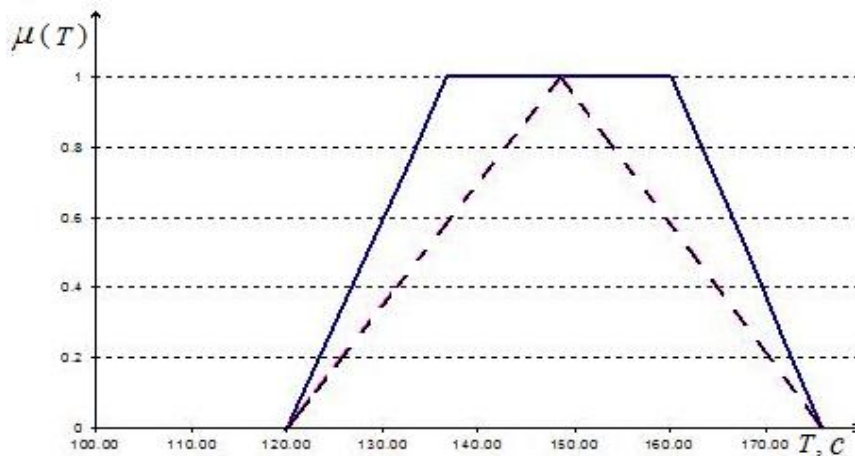


Рис. 2. Функції належності тривалості всієї операції

Отже, отримаємо нечітку тривалість виконання всієї операції відповідно у вигляді трикутного та трапецієподібного числа:

$$\bar{t}_{on} = (120/148,65/176) \text{ або } \bar{t}_{on} = (120/136,8/160,34/176) \text{ с.}$$

Нечітка норма штучного часу обчислюється за формулою:

$$\bar{t}_{шт} = \bar{t}_{on} \left( 1 + \frac{K}{100} \right), \text{ де } K = 8\%.$$

Тоді  $\bar{t}_{шт} = (120/148,65/176) \cdot 1,08 = (129/160,54/190,08) \text{ с}$  або

$$\bar{t}_{шт} = (120/136,8/160,34/176) \cdot 1,08 = (129,6/147,74/173,17/190,08) \text{ с.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу обчислюється за формулою:

$$t_{\text{шт.к.}} = t_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n},$$

де у даному прикладі  $T_{\text{пз}} = 5$  хв, а кількість операцій  $n = 10$ . А нечітка норма штучно-калькуляційного часу може бути отримана таким чином:

$$\begin{aligned} \bar{t}_{\text{шт.к.}} &= \bar{t}_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = (159,6/190,54/220,08) \text{ с} \\ \text{або } \bar{t}_{\text{шт.к.}} &= \bar{t}_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = (159,6/177,74/203,17/220,08) \text{ с.} \end{aligned}$$

Обчислимо також нечітку норму виробітку за восьмигодинну зміну:

$$\bar{H}_{\text{вир}} = \frac{T_{\text{зм}}}{\bar{t}_{\text{шт.к.}}} = \frac{28800}{(159,6/190,54/220,08)} = (130,86/151,15/180,45) \text{ шт.}$$

Отже, ми отримали нечітке значення норми виробітку, у межах якого фактичний виробіток за робочу зміну можна вважати задовільним.

### Висновки

На основі результатів проведеного дослідження стає можливим більш повне використання наявної у виробничо-економічній системі інформації про трудові процеси в основному та обслуговуючому виробництвах, а також суттєво зменшити обсяги нової необхідної статистичної інформації, що дає можливість удосконалити методики встановлення норм праці та забезпечити їх реалізацію в автоматизованих системах нормування праці на підприємствах. Зокрема, запропонований концептуальний підхід, створені на його підґрунті методики й економіко-математичні моделі можуть використовуватись на підприємствах для підвищення обґрунтованості норм та нормативів і вдосконалення нормативної бази з праці.

### Література

1. Алтунин А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях : монография / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин. – Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
2. Капінос Г. І. Системи нормування в управлінні виробничою діяльністю : [навч. посібник] / Г. І. Капінос, І. В. Бабій. – Хмельницький : ХДУ, 2004. – 163 с.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман ; [пер. с франц.]. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
4. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / [под ред. Р. Р. Ягера ; пер. с англ.]. – М. : Радио и связь. 1986. – 408 с.

Надійшла 24.02.2011