

УДК 005.954

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ВИБОРУ ВИКОНАВЦЯ З РЕМОНТУ Й ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

**Цимбалюк О.В.**

*Національна металургійна академія України  
м. Дніпропетровськ*

Стаття присвячена питанням застосування методів нечіткої логіки при виборі виконавця з ремонту й технічного обслуговування обладнання на металургійному підприємстві. Розглядаються переваги та недоліки ТОіР-аутсорсингу. Обґрунтовані критерії оцінки і виконаний розрахунок узагальнюючого показника для вибору найкращої альтернативи виконавця (аутсорсеру) ремонтних послуг з ремонту й обслуговування металургійного обладнання.

**Ключові слова:** завдання вибору, технічне обслуговування та ремонт, нечітка логіка, аутсорсинг, металургійне підприємство.

Article is devoted to application of fuzzy logic when selecting an executive in repair and equipment maintenance in the steel plant. The advantages and disadvantages of TOiR outsourcing are considered. The article includes the substantiated criteria of evaluation and estimated generalizing parameter for selecting the best alternative of repair services executive (outsourcer) for repair and maintenance of metallurgical equipment was estimated.

**Keywords:** target Selection, maintenance and repair, fuzzy logic, outsourcing, metallurgical enterprise.

**Актуальність проблеми** та її зв'язок із важливими науково-практичними завданнями. Експлуатація виробничих фондів у металургії сьогодні породжує низку проблем, вирішення яких потребує значних капітальних вкладень і створення сучасного нормативно-методичного забезпечення, що регламентує галузеві правила технічного і ремонтного обслуговування обладнання. Це обумовлено спрацьованістю технологічного обладнання (більше 60%), збільшенням витрат на технічне обслуговування та ремонти, значною кількістю застарілого обладнання та відсутністю стандартних комплектуючих.

В умовах ринкової економіки існуюча схема ТОіР не забезпечує конкурентоспроможність продукції на світових ринках. На зміну

© Цимбалюк О.В., 2012

радянській системі прийшла тактика мінімальних витрат: робота обладнання «до відказу», мінімізація запасів та ресурсів для ТОiP.

Прискорюючи процеси застаріlosti обладнання в галузі не дозволяють продовжити скорочення витрат на ТОiP за аналогічною схемою. Сформована система керування ТОiP приводить до неефективної витрати коштів, а саме, не дозволяє трансформувати затрати у виробничі показники з випуску продукції.

Зазначені ознаки свідчать про необхідність удосконалення технічного та ремонтного обслуговування (ТОiP).

**Аналіз останніх наукових досліджень.** Останнім часом з'явилася значна кількість публікацій про необхідність пошуку обґрунтованих підходів щодо вдосконалення технічного обслуговування та ремонту обладнання промислових підприємств. [1,2] У теорії та практиці зарубіжних і вітчизняних спеціалістів розглядаються різні варіанти переходу від усталеної і застарілої системи ТОiP до більш ефективних форм організації обслуговування обладнання: застосування аутсорсингу, створення внутрішньокорпоративних універсальних та спеціалізованих ремонтних організацій, оптимізація внутрішньозаводської структури, використання фірмового сервісу и т. ін. Особливо ця проблема актуальна для крупних промислових підприємств, і, зокрема, для металургійних комбінатів і заводів. Основні проблеми містять у собі як економічні (неефективні витрати ресурсів), так і виробничі аспекти (збільшення простоїв устаткування). Спеціалістами розглядаються можливості скорочення обсягів робіт, що виконуються власними силами, до мінімально можливого рівня і передача робіт із ТОiP спеціалізованим ремонтним організаціям [1,2]. Причини, що стримують впровадження нових підходів, мають організаційний і методологічний характер.

В економіці достатньо розвинені та застосовуються такі економіко-математичні методи дослідження: математична теорія нечітких множин та апарат нечіткої логіки, які висвітлені у роботах В. Круглова, Б. Літвака, Є. Мулена, Т. Сааті та ін [3]. Сьогодні одним з найбільш перспективних напрямів наукових досліджень в області аналізу, прогнозування і моделювання економічних явищ і процесів є нечітка логіка. Спектр можливих застосувань цієї теорії є широким – від оцінки ефективності інвестицій до кадрових рішень і замін обладнання. [4]

Використання інноваційних підходів до розробки та впровадження комплексних систем управління обслуговуванням обладнання у металургії дозволить підвищити конкурентоспроможність як підприємств, так і галузі в цілому в умовах фінансової кризи.

**Мета роботи.** Обґрунтування методики вибору підрядника з ремонту та технічного обслуговування обладнання із використанням методу нечіткої логіки.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Інфраструктура підприємств чорної металургії традиційно має потужне ремонтне господарство. Завдання ремонтного господарства на металургійному заводі зводиться до забезпечення безперебійної роботи, надійної та продуктивної роботи обладнання при мінімальних витратах ресурсів.

До складу ремонтного господарства заводу (комбінату) належать цехи з ремонту обладнання (металургійного, прокатного, агломераційного), з виготовлення ремонтно-експлуатаційного металу та запасних частин (ливарні, ковальські, металоконструкцій, механічні та ін.), склад запасних частин, склад напівфабрикатів. А також ремонтні цехи енергетичного господарства, цех ремонту металургійних печей, ремонтно-будівельний, вальцювальнотокарний цех або майстерні та ін.

Діюча система ТОіР призначена для вирішення таких завдань:

- внутрішньозмінне технічне обслуговування та проведення профілактичних оглядів обладнання експлуатаційним та черговим персоналом механослужби виробничих цехів;

- технічне обслуговування обладнання (налагоджування, регулювання, усування дефектів та неполадок, дрібний ремонт) ремонтним та експлуатаційним персоналом у міжремонтні періоди і підготовка планових ремонтів;

- виконання планових ремонтів та випробування обладнання;

- систематичне удосконалення та модернізація обладнання.

Ремонтами механічного обладнання та виготовленням деталей і вузлів зайнято більше 20% загальної чисельності промислово-виробничого персоналу чорної металургії. Прагнення нових власників до оптимізації масштабів діяльності й чисельності персоналу металургійних підприємств призвело до значного послаблення їхньої ремонтної служби.

Ремонтні роботи можуть проводитися спеціалізованими ремонтними

заводами, заводами-виробниками обладнання і виробничими об'єктами, які експлуатують обладнання.

Основними типами спеціалізованих ремонтних підприємств є:

- ремонтні підприємства, спеціалізовані на ремонті однотипного обладнання;
- ремонтні підприємства універсального типу;
- ремонтні підприємства змішаного типу;
- фірмові ремонтні бази.

Найчастіше спеціалізовані ремонтні підприємства створюються шляхом виділення ремонтних підрозділів зі складу металургійних підприємств в окремі юридичні особи, взаємодія з якими будується на основі механізму «замовник-підрядник».

Найбільш поширеною нині є модель взаємодії між замовником та виконавцем на підставі принципів аутсорсингу.

Аутсорсинг – це виконання сторонньою організацією певних завдань або деяких бізнес-процесів, які не є профільними для бізнесу компанії, але, принаймні, необхідних для повноцінного функціонування бізнесу. Це спосіб оптимізації діяльності підприємств за рахунок зосередження зусиль на головному предметі діяльності і передачі непрофільних функцій та корпоративних ролей зовнішнім спеціалізованим компаніям.

Розрізняють три види аутсорсингу: функціональний, операційний, ресурсний. Послуги з технічного та ремонтного обслуговування реалізуються у формі функціонального і ресурсного аутсорсингу.

Робота за принципом аутсорсингу різних непрофільних напрямків діяльності компанії є звичною і зрозумілою для розвинених країн світу. На території країн СНД звичайним є формат роботи по аутсорсингу в сферах документообігу і технічної діяльності: бухгалтерський облік, юридична сфера, ІТ, маркетинг.

Головними відмінними рисами аутсорсингу від інших видів співпраці є [6]:

1) жорстка залежність аутсорсеру від потреб замовника і зворотного процесу, який заснований на спеціалізації аутсорсеру; він є найкращим виконавцем необхідних для замовника функцій на ринку. На ринку представлені відносини співробітництва, які мають на увазі будь-які форми взаємовигідного співробітництва;

2) відносини чітко обмежені рамками виконуючого бізнес-процесу, що дозволяє говорити про зниження ризику, ризика втрати конфіденційності комерційної інформації, притаманної іншим видам співпраці;

3) головним критерієм міцності взаємного співробітництва стає удосконалення лише одного бізнес-процесу, тоді, коли розвиток більшості відносин співпраці полягає в обміні досвіду і удосконаленні усіх напрямків розвитку підприємницьких структур.

Переваги і недоліки аутсорсингу процесів ТОіР відображено в таблиці 1.

Вибір постачальника послуг ТОіР є складною проблемою для менеджменту крупних підприємств, у зв'язку з їхньою високою фондоємністю та відсутністю системи риск-менеджменту.

*Таблиця 1. Переваги і недоліки ТОіР-аутсорсингу*

Переваги	Недоліки
Оцінка ефективності	
- Професіоналізм при виконання робіт спеціалізованою організацією, що обумовлено наявністю висококваліфікованих спеціалістів; - Можливість застосування альтернативних підходів до організації ремонтних процесів на підставі досвіду альтернативних попередніх проектів.	Можливість завищення вартості послуг та погіршення якості робіт за відсутності контролю при виконанні покладених на аутсорсинг послуг.
Роль у системі ризик-менеджменту підприємства	
Розподіл технічних ризиків між виробником-аутсорсером і замовником.	Небезпека втрати інформації
Взаємодія з іншими напрямками діяльності підприємства	
Координація взаємодії замовника і виконавця в організації виробництва праці, що призведе до скорочення простоїв суміжного обладнання і оптимізації завантаженості працівників	Необхідність оцінки професійної компетентності аутсорсеру і ризиків, пов'язаних із їхнім залученням

Зазвичай, при виборі аутсорсеру менеджерами використовується суб'єктивний підхід. Водночас теорія прийняття рішень має безліч різних методів для вирішення різних локальних завдань: евристичних (експертне опитування, мозковий штурм), математичних (кореляційний та регресійний аналізи, сценарні методи, теорія ігор, нечітка логіка тощо).

Найбільш вдале поєднання можливостей евристичних та математичних методів досягається при застосування методів нечіткої логіки в експертно-аналітичних системах управління підприємствами.

Нечітка логіка дозволяє будувати моделі, які найбільш адекватно відображають різні аспекти невизначеності, що постійно присутня в навколишньому середовищі.

Пример практичного застосування методу нечіткої логіки при вирішенні завдання вибору постачальника (аутсорсеру) ремонтних послуг.

Керівництво підприємства розглядає низку альтернатив щодо виконання послуг (ремонт та технічне обслуговування, транспортування, проектування деталей і вузлів, та ін.). Завдання полягає в тому, щоб, використовуючи метод нечіткого логічного висновку, виявити найкращого постачальника послуг. Обговорення серед топ-менеджерів дозволило сформулювати такі характеристики можливих виконавців ремонтних робіт:

$d_1$ : «Якщо виконавець є спеціалізованою фірмою й має позитивну репутацію на ринку послуг, то він — задовольняє вимогам»;

$d_2$ : «Якщо виконавець крім вищеписаних вимог має високий рівень технологій, то він — більш ніж задовольняє вимогам»;

$d_3$ : «Якщо він додатково до умов  $d_2$  є інноваційною фірмою та має кваліфікований персонал, то він — бездоганний»;

$d_4$ : «Якщо він має все обговорене в  $d_3$ , крім використання інновацій, то він — дуже задовольняє вимогам»;

$d_5$ : «Якщо виконавець є спеціалізованою фірмою, має високий рівень технологій, є інноваційною фірмою, але не має позитивної репутації, він все-таки буде задовольняти вимогам»;

$d_6$ : «Якщо спеціалізація виконавця не відповідає вимогам, рівень технологій незадовільний, то він — не задовольняє вимогам».

Аналіз наведених інформаційних фрагментів дозволяє виявити шість критеріїв, які можна використовувати для ухвалення рішення:

$X_1$  — спеціалізація виконавця;  $X_2$  — репутація;  $X_3$  — рівень технологій;  $X_4$  — кваліфікація персоналу;  $X_5$  — інноваційність,  $Y$  — задовільність.

Для формулювання правил слід визначити можливі значення лінгвістичних змінних  $X_i$  та  $Y$ , які будуть використовуватися для оцінки виконавців:

$d_1$ : «Якщо  $X_1 =$  ПІДХОДИТЬ й  $X_2 =$  ПОЗИТИВНА, і  $X_3 =$  ДОСТАТНІЙ, то  $Y =$  ЗАДОВОЛЬНЯЄ»;

$d_2$ : «Якщо  $X_1 =$  ПІДХОДИТЬ й  $X_2 =$  ПОЗИТИВНА, і  $X_3 =$  ДОСТАТНІЙ, і  $X_4 =$  ВИСОКА, то  $Y =$  БІЛЬШ НІЖ ЗАДОВОЛЬНЯЄ»;

$d_3$ : «Якщо  $X_1 =$  ПІДХОДИТЬ й  $X_2 =$  ПОЗИТИВНА, і  $X_3 =$  ДОСТАТНІЙ, і  $X_4 =$  ВИСОКА, і  $X_5 =$  ПРИСУТНЯ, то  $Y =$  БЕЗДОГАННИЙ»;

$d_4$ : «Якщо  $X_1 =$  ПІДХОДИТЬ й  $X_2 =$  ПОЗИТИВНА, і  $X_3 =$  ДОСТАТНІЙ, і  $X_5 =$  ПРТИСУТНЯ, то  $Y =$  ДУЖЕ ЗАДОВОЛЬНЯЄ»;

$d_5$ : «Якщо  $X_1 =$  ПІДХОДИТЬ й  $X_2 =$  НЕГАТИВНА, і  $X_3 =$  ДОСТАТНІЙ,  $X_5 =$  ПРТИСУТНЯ, то  $Y =$  ЗАДОВОЛЬНЯЄ»;

$d_6$ : «Якщо  $X_1 =$  НЕ ПІДХОДИТЬ й  $X_3 =$  НЕДОСТАТНІЙ, то  $Y =$  НЕ ЗАДОВОЛЬНЯЄ «.

Змінна  $Y$  задана на множенні  $J = \{0;0,1;0,2;\dots;1\}$ .

Значення змінної  $Y$  задано за допомогою наступних функцій приналежності:

$S =$  ЗАДОВОЛЬНЯЄ визначено як  $\mu_S(x) = x, x \in J$

$MS =$  БІЛЬШ НІЖ ЗАДОВОЛЬНЯЄ – як  $\mu_{MS}(x) = \sqrt{x}, x \in J$

$P =$  БЕЗДОГАННИЙ – як  $\mu_P(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x = 1 \\ 0, & \text{якщо } x < 1 \end{cases}, x \in J$

$VS =$  ДУЖЕ ЗАДОВОЛЬНЯЄ – як  $\mu_{VS}(x) = x^2, x \in J$

$US =$  НЕ ЗАДОВОЛЬНЯЄ – як  $\mu_{US}(x) = 1 - x, x \in J$

Вибір здійснюється з п'яти виконавців на множенні  $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$

$U$  нашому випадку оцінки виконавців задано наступною нечіткою множиною:

СПЕЦІАЛІЗОВАНА (спеціалізація)

$A = \{0,7/u_1, 0,8/u_2, 0,6/u_3, 0,1/u_4, 0,3/u_5, 0,5/u_6\}$  ;

ПОЗИТИВНА (репутація)  $B = \{0,6/u_1, 0,8/u_2, 0/u_3, 0,5/u_4, 1/u_5, 0,3/u_6\}$  ;

ДОСТАТНІЙ (рівень технології)

$C = \{0,4/u_1, 1/u_2, 0,9/u_3, 0,7/u_4, 1/u_5, 0,8/u_6\}$ ;

ВИСОКА (кваліфікація персоналу)

$D = \{1/u_1, 0,8/u_2, 1/u_3, 0/u_4, 0/u_5, 0,6/u_6\}$ ;

Є ІННОВАЦІЙНОЮ (інноваційність)

$E = \{0,3/u_1, 0,6/u_2, 1/u_3, 0,8/u_4, 1/u_5, 0,2/u_6\}$  .

З урахуванням введених позначень правила  $d_1 \dots d_6$  набувають вигляд:

$d_1$ : «Якщо  $X=A$  та  $B$ , та  $C$ , то  $Y=S$ »

$d_2$ : «Якщо  $X=A$  та  $B$ , та  $C$ , то  $Y=MS$ »

$d_3$ : «Якщо  $X=A$  та  $B$ , та  $C$ , то  $Y=P$ »

$d_4$ : «Якщо  $X=A$  та  $B$ , та  $C$ , то  $Y=VS$ »

$d_5$ : «Якщо  $X=A$  та  $B$ , та  $C$ , то  $Y=S$ »

$d_6$ : «Якщо  $X=A$  та  $B$ , та  $C$ , то  $Y=US$ »

Обчислимо функції приналежності  $\mu_{M_i}$  для лівих частин наведених

правил:

$$\text{для } d_1 : \mu_{M_1}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u));$$

$$M_1 = \{0,4/u_1, 0,8/u_2, 0/u_3, 0,1/u_4, 0,3/u_5, 0,3/u_6\};$$

$$\text{для } d_2 : \mu_{M_2}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u));$$

$$M_2 = \{0,4/u_1, 0,8/u_2, 0/u_3, 0/u_4, 0/u_5, 0,3/u_6\};$$

$$\text{для } d_3 : \mu_{M_3}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u), \mu_E(u));$$

$$M_3 = \{0,3/u_1, 0,6/u_2, 0/u_3, 0/u_4, 0/u_5, 0,2/u_6\};$$

$$\text{для } d_4 : \mu_{M_4}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_E(u));$$

$$M_4 = \{0,3/u_1, 0,6/u_2, 0/u_3, 0,1/u_4, 0,3/u_5, 0,2/u_6\};$$

$$\text{для } d_5 : \mu_{M_5}(u) = \min(\mu_A(u), 1 - \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_E(u));$$

$$M_5 = \{0,3/u_1, 0,2/u_2, 0,6/u_3, 0,1/u_4, 0/u_5, 0,2/u_6\};$$

$$\text{для } d_6 : \mu_{M_6}(u) = \min(1 - \mu_A(u), 1 - \mu_C(u));$$

$$M_6 = \{0,3/u_1, 0/u_2, 0,1/u_3, 0,3/u_4, 0/u_5, 0,2/u_6\}.$$

Тепер правила можна записати у вигляді:

$$d_1 : \text{Якщо } X = M_1, \text{ то } Y = S;$$

$$d_2 : \text{Якщо } X = M_2, \text{ то } Y = MS;$$

$$d_3 : \text{Якщо } X = M_3, \text{ то } Y = P;$$

$$d_4 : \text{Якщо } X = M_4, \text{ то } Y = VS;$$

$$d_5 : \text{Якщо } X = M_5, \text{ то } Y = S;$$

$$d_6 : \text{Якщо } X = M_6, \text{ то } Y = US.$$

Використовуючи для перетворення правил «Якщо  $X=M$ , то  $Y=Q$ » імплікацію Лукасевича  $\mu_D(u, j) = \min(1, 1 - \mu_M / u + \mu_Y(j))$ , для кожної пари  $(u, j) \in U \times J$  отримуємо наступні нечіткі відношення на  $U \times J$ :

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1	1	1
$u_2$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1
$u_3$		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$u_4$	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$u_5$	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1
$u_6$	0,7	0,8	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1



	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,6	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
$u_2$	0,2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1	1,1	1,1	1,2
$D_2 = u_3$	1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2
$u_4$	1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2
$u_5$	1	1,3	1,4	1,3	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2
$u_6$	0,7	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,7
$u_2$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,4
$D_3 = u_3$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
$u_4$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
$u_5$	1	1,3	1,4	1,3	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2
$u_6$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,8

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1	1	1,3	1,5	1,7
$u_2$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4
$D_4 = u_3$	1	1	1	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2
$u_4$	0,9	0,9	0,9	1	1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9
$u_5$	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,5	1,7
$u_6$	0,8	0,8	0,8	0,9	1	1	1	1,3	1,4	1,6	1,8

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
$u_2$	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$D_5 = u_3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,8	1,4
$u_4$	0,9	1	1,1	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$u_5$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$u_6$	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_1$	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
$u_2$	1,9	1,8	1,7	0,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9
$D_6 = u_3$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1
$u_4$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$u_5$	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8
$u_6$	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9

У результаті перетину відносин  $D_1, \dots, D_6$  отримуємо загальне функціональне рішення:

$$D = \begin{matrix} & 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 \\ \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \end{matrix} & \left\| \begin{matrix} 0,6 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,8 \\ 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,4 & 0,9 \\ 1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 1,7 & 0,8 & 0,9 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 & 0,6 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 & 1 \\ 0,7 & 0,7 & 0,7 & 0,8 & 0,9 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0,9 & 0,8 & 0,8 \\ 0,7 & 0,8 & 0,8 & 0,8 & 0,8 & 0,8 & 0,8 & 0,8 & 0,8 & 0,8 & 0,8 & 0,9 \end{matrix} \right\| \end{matrix}$$

Для обчислення задовільності кожної з альтернатив застосуємо правило композиційного виведення в нечіткому середовищі за формулою 1:

$$E_k = G \times D \quad (1)$$

де  $E_k$  – ступінь задоволення альтернативи  $k$ ;

$G_k$  – відображення альтернативи  $k$  до  $u$  вигляді нечіткої підмножини на  $U$ ;

$D$  – загальне функціональне рішення. Тоді:

$$\mu_{E_k}(i) = \max_{u \in U} (\min(\mu_{G_k}(u), \mu_{D_k}(u))) \quad (2)$$

Крім того, в цьому випадку  $\mu_{G_k}(u) = 0, u \neq u_k, \mu_{G_k}(u) = 1, u = u_k$ . Звідси  $\mu_{E_k}(i) = \mu_{D_k}(u_k, i)$ . Іншими словами,  $E_k$  є  $k$ -й рядок у матриці  $D$ . Тепер застосуємо описану вище процедуру для порівняння нечітких підмножин в одиничному інтервалі для отримання найкращого рішення на основі точкових оцінок.

Для першої альтернативи обчислюємо рівневі множини  $E_{ja}$  і потужність такої множини  $M(E_{ja})$  за формулою 3.

$$M(E_{ja}) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (3)$$

$$E_1 = \{0,6/0; 0,7/0,1; 0,7/0,2; 0,7/0,3; 0,4/0,4; 0,7/0,5; 0,7/0,6; 0,7/0,7; 0,7/0,8; 0,7/0,9; 0,8/1\}$$

$$\text{для } 0 < a < 0,4; d_{1,1} = 0,4 \quad E_{1,1} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\} = 0,5$$

$$\text{для } 0,4 < a < 0,6; d_{1,2} = 0,2 \quad E_{1,2} = \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\} = 0,51$$

$$\text{для } 0,6 < a < 0,7; d_{1,3} = 0,1 \quad E_{1,3} = \{0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\} = 0,64$$

$$\text{для } 0,7 < a < 0,8; d_{1,4} = 0,1 \quad E_{1,4} = \{1\} = 1$$

находимо точкову оцінку  $E_1$  за формулою 4

$$M(E_1) = \frac{1}{a_{\max}} \int_0^{a_{\max}} M(E_{1a}) da = \frac{1}{1} \int_0^1 M(E_{1a}) da \quad (4)$$

$$M(E_1) = \frac{1}{a_{\max}} \int_0^{a_{\max}} M(E_{1a}) da = \frac{1}{0,8} (0,4 \times 0,5 + 0,2 \times 0,5 + 0,1 \times 0,6 + 0,1 \times 0,1) = 0,58$$

Аналогічно знаходимо точкові оцінки для інших альтернатив:

для другої альтернативи  $M(E_2) = 0,53$ ;

для третьої альтернативи  $M(E_3) = 0,73$ ;

для четвертої альтернативи  $M(E_4) = 0,77$ ;

для п'ятої альтернативи  $M(E_5) = 0,55$ ;

для шостої альтернативи  $M(E_6) = 0,56$ .

Як кращою обираємо альтернативу, яка має найбільшу точкову оцінку. У нашому прикладі це альтернатива  $u_4$ , отже, вона і буде найкращою. Друге місце займає альтернатива  $u_3$ , третє –  $u_1$ , четверте –  $u_6$ , а найгіршою з альтернатив є  $u_2$ .

**Висновки** та перспективи подальших наукових розробок у даному напрямі. Розроблена методика може бути використана для ПР у різних сферах управління підприємством. Наприклад, вибір претендентів, експертів, формування резервів на заміщення вакантних посад, вибір партнерів по бізнесу (банки, страхові компанії тощо). Метод нечіткого логічного висновку – це зручний механізм розв'язання завдань прийняття рішень, який забезпечує прозорість алгоритму прийняття рішень, легкість його коригування, дозволяє враховувати кількісні значення та якісні характеристики систем, які моделюють.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Изменения в ремонтных структурах металлургических предприятий / В.Я. Седуш, В.А. Сидоров // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2009. – №6. – С. 76-78.
2. Организация сбора данных для выбора оптимальной стратегии управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования / И.Н. Евстафьев // Металлург. – 2009. – № 3.
3. Литвак Б. Г. Разработка управленческого решения / Б. Г. Литвак. – М.: Дело, 2003. – 392 с.
4. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями, Минск: Высшая школа, 1992
5. Бочарников В. П. Fuzzy-технология: Математические основы. Практика моделирования в экономике / В. П. Бочарников. – Санкт-Петербург: Наука РАН, 2001. – 328 с.
6. Аутсорсинг: создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций / Под ред. Б.А. Аникина. — М.: ИНФРА-М, 2003. — 187 с.