

Я.Б. Волянська, О.М. Мазур, Т.С. Обнявко, О.А. Онищенко

МЕТОД ВІДБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ БАГАТОЦІЛЬОВИХ СУДЕН ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Запропоновано метод відбору організацій для технічного обслуговування і ремонту багатоцільових суден подвійного призначення, відмінність якого полягає в удосконаленні процедури розрахунку різнорідних показників. Метод засновано на адитивному використанні методів кваліметрії, експертних оцінок і нечіткої логіки. Наведено приклад інтегрованої оцінки виконавців послуг технічного обслуговування і ремонту морського транспортного засобу подвійного призначення. Рис. 1, табл. 5, дж. 14.

Ключові слова: нечітка логіка, експертна оцінка, морський транспортний засіб, подвійне призначення, якість.

JEL C45

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. На основному етапі життєвого циклу [1, 2] будь-якої складної технічної системи (СТС) [2, 3], а саме – на етапі її експлуатації [4, 5], завжди виникає проблема забезпечення цієї системи кваліфікованим і якісним технічним обслуговуванням і ремонтом (ТОіР) [6–8]. Ця проблема суттєво ускладнюється для особливих СТС, наприклад, систем, обладнання та устаткування подвійного і спеціального призначення.

Існує великий клас устаткування і СТС [9, 10], які повинні обслуговуватися і ремонтуватися з дотриманням особливих вимог не тільки до технічної складової забезпечення ТОіР, а і до особового складу ремонтно-обслуговуючого персоналу (кваліфікація, допуск до державної таємниці тощо), до підприємства, яке забезпечує ТОіР (до спроможності підприємства виконати спеціальні вимоги, до його розташування, тощо).

На прикладі необхідності забезпечення якісним ТОіР багатоцільового судна подвійного призначення (БСПП) типу «ріка-море» льодового класу [9] розглянемо проблемні особливості аргументованого обрання такого підприємства, яке задовольнить ряду основних та спеціальних вимог до проведення ТОіР.

Складність обрання такого підприємства полягає, в першу чергу, у тому, що багатоцільові судна подвійного призначення найчастіше не можуть обслуговуватися на цивільних судноремонтних заводах і верфях (через необхідність забезпечення особливих допусків, ліцензій і сертифікатів, наявності та можливості необхідного доступу до інформації, наявності спеціального обладнання, кваліфікованих кадрів вузького фаху, спеціалізованих запчастин, вимірювальних інструментів, матеріалів тощо). Але у зв'язку із: а) швидкими змінами зовнішньополітичної ситуації для України; б) появою і розвитком ринкових пропозицій з ТОіР, у тому числі й закордонних судноремонтних заводів, які мають необхідні технології і гарантії; в) зростаючою кількістю вітчизняних приватних і державних організацій і підприємств, готових проводити ТОіР на особливих умовах, постає неоднозначна проблема «найкращого» вибору такої обслуговуючої організації, яка б задовольняла низці умов.

Саме аргументований вибір найкращої за багатьма критеріями такої обслуговуючої організації і є важливим, актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого забезпечує, у кінцевому підсумку, найкращу якість

проведення ТОiP. Саме це означає і найвищу (у даному контексті – найкращу), з можливих варіантів, ефективність використання фінансових і інших ресурсів, усуває корупційні ризики [10, 11] і суб'єктивний розподіл ресурсів, забезпечуючи гарантовану надійність функціонування і виконання технологічних функцій та спеціальних завдань СТС – багатоцільового судна подвійного призначення [9].

Аналіз останніх досліджень, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, і виділення невирішених раніше частин. Під час аргументованого прийняття рішення (з низки можливих варіантів), виникають додаткові складнощі у зв'язку із тим, що судноремонтні організації і підприємства характеризуються різномірними, інколи суперечливими, властивостями та параметрами [6-8, 11-13]. Часто, за низкою параметрів і характеристик, одна з передбачуваних організацій забезпечення ТОiP, може суттєво відрізнятись у найкращий бік, а за іншими параметрами – бути найгіршою. Але при цьому коректно обґрунтувати і аргументувати зіставлення різномірних параметрів і характеристик не завжди вдається. Саме тому завдання відбору «оптимального» постачальника послуг ТОiP повинне вирішуватись на основі одночасного, аргументованого й зіставленого обліку всіх обраних для аналізу параметрів і характеристик, і є до цього часу є невирішеним.

Зрозуміло, що під час відбору «оптимальної» організації виникають труднощі порівняння обраних параметрів і характеристик, що пов'язано з несумісністю значень окремих параметрів і характеристик, вимірюваних різнотипними шкалами, лінгвістичними оцінками, якісними й кількісними характеристиками. Але при формальному використанні методів кваліметрії [14] часто виникають і логічні помилки. Наприклад, після бального ранжирування параметрів і характеристик СТС проводяться математичні операції з балами, так само, як і з числовими значеннями цих параметрів і характеристик. Зрозуміло, що некоректно використовувати математичні операції зі значенням параметра «Особливості оплати», вимірюваного лінгвістичними характеристиками {«Передоплата», «Кредит», «Оплата за результатом»}, у той час коли, наприклад, параметр «Ціна», вимірюється кількісно, дозволяє однозначне порівняння і допускає проведення математичних дій.

Таким чином, рішення проблеми «оптимального» відбору організації з проведення ТОiP є актуальним науковим завданням, яке включає в себе також і перехід до єдиної шкали вимірювання з необхідністю збереження смислового навантаження аналізованих параметрів і характеристик.

Для оцінки та співставлення різних технічних рішень існують різні методи, наприклад [3, 11, 12, 14, 15]. Проте, для вирішення завдання вибору організації (наприклад – постачальника послуг, проектувальника, забезпечення ТОiP, тощо) для оцінювання якості пропонованих пропозицій (наприклад – у тендерних процедурах [11]) можуть застосовуватись різні автоматизовані системи підтримки прийняття рішень (СППР). Наприклад, такі, як *CMMS*, (*Computerised Maintenance Management Systems*), *CVSS* (*Computerised Vendor Selection System*), інструменти *BI* і *BA* (*Business Intelligence, Business Analytics*) і ін. Але для українського законодавства та за особливих умов проведення, наприклад, ТОiP спецобладнання (спеціальних СТС, тендерних закупівель продукції подвійного призначення, проектування, експлуатації тощо) такі СППР найчастіше є непридатними або вимагають додаткової адаптації і сертифікації, і тому вони не дістали широкого розповсюдження. Крім того, під час функціонування таких СППР відсутні гарантії несанкціонованого доступу (хакінг, кібератаки) та неможливості витоку інформації призначеної для службового користування або з грифом обмеженого доступу (секретності).

Метою статті є розробка методу для проектування СППР, які будуть використовуватись при ТОiP, експлуатації, тендерних процедурах на замовлення

проектів та створення СТС спеціального (подвійного) призначення, що забезпечить підвищення ефективності СТС на основних етапах її життєвого циклу.

Основний матеріал дослідження. Пропонується застосування методів теорії нечітких множин (фазі-логіки) [16] при обранні «найкращого» підприємства, на прикладі вирішення проблеми забезпечення ТОВ БСПП.

Відомо, що нечіткі системи підтримки прийняття рішень (НС ППР) [12, 16] – це такі системи, що базуються на використанні нечіткої логіки й нечітких множин.

Основними перевагами використання НС ППР є:

а) можливість ефективного функціонування в умовах невизначеності з одночасним оперуванням якісними і кількісними характеристиками;

б) ефективне використання експертних знань з урахуванням наближених розмірковувань експертів;

в) стійкість рішень в умовах дій на НС ППР різноманітних збурень організаційно-технічного характеру, суб'єктивізму.

Підкреслимо, що зараз відсутні типові принципи побудови НС ППР, що не уможлиблює використання відомих існуючих методів аналізу [3, 14].

Формалізуємо пропонований метод. Припустимо, що для аналізу за попередніми критеріями, відібрані деякі організації (підприємства, судноверфі тощо) які пропонують послуги ТОВ для БСПП. Кожна організація, з розглянутої їх кінцевої кількості (n -організацій), характеризується низкою параметрів (m -параметрів, характеристик, можливостей), які представлено й описано у різних шкалах, термінах та розмірностях. Завдання полягає у тому, щоб відібрати з усіх аналізованих організацій найкращу, у деякому «інтегрально» оцінюючому сенсі.

Введемо наступні позначення. Нехай:

а) $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ – множина n -організацій, з яких потрібно відібрати одну з найкращими параметрами на основі інтегральної оцінки можливостей забезпечення організації ТОВ СТС;

б) $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ – множина характерних m -параметрів, що описують характеристики й можливості здійснення виробничої діяльності (ТОВ) n -організацій з множини O .

Таким чином, необхідно ранжувати елементи універсальної множини O у порядку інтегральної переваги. Це ранжирування здійснюється шляхом порівняння значень множини P обраних для аналізу характерних параметрів. Зрозуміло, що параметри, характеристики та можливості всіх обраних організацій представлені у множині P і мають різні способи оцінки – як однозначні числові OD , так і лінгвістичні нечітки HC . Тому, з метою забезпечення можливості їх об'єктивного порівняння і зіставлення, необхідно здійснити перехід від різнотипних оцінок параметрів до параметрів, що вимірюються у одній шкалі розмірностей [12, 14].

Шкалу розмірностей встановимо на інтервалі дійсних чисел від нуля до одиниці: $[0, 1]$. Для кожної організації постачальника послуг з ТОВ суден вважаємо, що $o_i \in O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ (при $i = 1, n$), за значенням кожного параметра $p_j \in P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ (при $j = 1, m$), встановлює числову оцінку $\mu_j(o_i) \in [0, 1]$. Така оцінка визначає, наскільки організація з множини O вище або нижче найкращої за j -м параметром на основі мінімаксного принципу порівняння. Врахуємо, що у фазі-логіці під нечіткою множиною A розуміється сукупність упорядкованих пар, складених з елементів x універсальної множини X і відповідних ступенів належності $\mu_A(x)$ [16]. Отже, кожна з організацій o_i , з універсальної множини O , може бути описана не різнорідними значеннями характеристик і параметрів, а низкою відповідних ним числових оцінок $\{\mu_1(o_i),$

$\mu_2(o_i), \dots, \mu_m(o_i)$, при цьому вимірюваних на одному загальному інтервалі $[0, 1]$, тобто у відповідних ступенях приналежності.

Зрозуміло, що у такій постановці легко, для будь-якого параметра $p_j \in P$, знайти характерне значення (наприклад, мінімальне або максимальне) усередині ступенів належності $\{\mu_1(o_i), \mu_2(o_i), \dots, \mu_m(o_i)\}$, що дозволяє об'єктивно порівнювати й оцінювати кожну з організацій за цим параметром.

У операціях з нечіткими множинами, за множини приналежностей, які лежать у діапазоні $[0, 1]$, перетин \cap нечіткої множини дає нечітку підмножину з функцією приналежності, що є мінімумом функцій приналежності:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad (1)$$

а поєднання \cup нечітких множин дає нечітку підмножину з функцією приналежності, що є максимумом функцій приналежності:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)). \quad (2)$$

Для використання зазначених властивостей нечітких множин у результуючих інтегральних оцінках, уявімо нечітку множину, що задана на універсальній множині організацій O :

$$p_j = \left\{ \frac{\mu_j(o_1)}{o_1}, \frac{\mu_j(o_2)}{o_2}, \dots, \frac{\mu_j(o_n)}{o_n} \right\}, \quad (3)$$

де функція приналежності $\mu_j(o_i)$, характеризує i -організацію на універсальній множині $o \in O$.

Зрозуміло, що ранжирування повинно відбуватися з урахуванням вагових коефіцієнтів g_j , визначених експертами або за способом «найгіршого значення», який буде описаний далі. Тоді

$$\mu_{p_j}(o_i) = \sum_{j=1}^m g_j \cdot \mu_j(o_i), \quad (4)$$

де сума всіх (позитивних) вагових коефіцієнтів ($g_1 + g_2 + \dots + g_m = 1$).

Вагові коефіцієнти g_1, g_2, \dots, g_m характеризують вагу, тобто, відносну важливість, кожного з параметрів $p_j \in P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ у значенні функції приналежності $\mu_j(o_i)$ у діапазоні значень від нуля до одиниці для кожної організації з множини $o_i \in O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$.

Запишемо:

а) транспоновану матрицю

$$G = [g_1, g_2, \dots, g_m]^T,$$

яка є матрицею вагових коефіцієнтів, що характеризують відносну значущість кожного з параметрів;

б) матрицю значень функції приналежності

$$M = \begin{bmatrix} \mu_1(o_1) & \dots & \mu_m(o_1) \\ \dots & \dots & \dots \\ \mu_1(o_n) & \dots & \mu_m(o_n) \end{bmatrix}.$$

Тепер, використовуючи теорію матриць, можна записати добуток:

$$M_{\dot{P}} = M \cdot G, \quad (5)$$

який є матрицею з елементів множини $M_{\dot{P}} = \{\mu_{\dot{P}}(o_i), \dots, \mu_{\dot{P}}(o_n)\}$, що визначає інтегральну перевагу організації одної перед іншою. Зрозуміло, що організацією з найвищим інтегральним показником буде та, у якій найбільше (максимальне) значення функції приналежності:

$$\mu_{\dot{P}}(o_{opt}) = \max_{o_i \in O} \mu_{\dot{P}}(o_i). \quad (6)$$

Щоб використовувати таку методику визначення найкращої (у інтегральному значенні) з усіх можливих організацій, які надають послуги ТОіР для конкретної СТС, необхідно встановити коефіцієнти важливості (вагові коефіцієнти) параметрів, характеристик і можливостей цих організацій [17].

Розглянемо експертну методику ідентифікації вагових коефіцієнтів g_j на основі методу «найгіршого значення», що використовує методологію системного аналізу СТС.

Визначаємо, що сума всіх вагових коефіцієнтів ($g_1 + g_2 + \dots + g_m = 1$) і коефіцієнти g_j будуть розподілятися між організаціями відповідно до встановлених для них рангів.

Позначимо ранг R_i , де $i=(1, n)$, як ранг організації з множини $o_i \in O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ відносно параметрів p_j з множини $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$, при $j=(1, m)$. Зрозуміло, чим вище ваговий коефіцієнт організації, яка надає послуги ТОіР для СТС, тим вище її ранг. Така залежність може бути представлена у найпростішому випадку лінією регресії першого порядку.

Припустимо, що:

$$g_1 \cdot R_1^{-1} = g_2 \cdot R_2^{-1} = g_3 \cdot R_3^{-1} = \dots = g_l \cdot R_l^{-1} = \dots = g_n \cdot R_n^{-1}, \quad (7)$$

где o_i – найгірша i -та організація з множини за O за деяким j -м параметром з множини P , з рангом R_i та ваговим коефіцієнтом g_j . Використав ранг виділеної найгіршої організації за параметром p_j та за допомогою (7), визначимо інші вагові коефіцієнти – через ранги організацій з множини $o_i \in \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$:

$$g_1 = R_l \cdot g_l \cdot R_l^{-1} = g_l; \quad g_2 = R_2 \cdot g_l \cdot R_l^{-1}; \quad \dots; \quad g_n = R_n \cdot g_l \cdot R_l^{-1}. \quad (8)$$

Таким чином, за допомогою отриманих виразів можна визначити вагові коефіцієнти всіх організацій, використовуючи їхню відносність до рангу найгіршої за даним параметром з конкуруючих організацій забезпечення ТОіР (див. табл. 1, [11, 12, 14]).

Для ілюстрації можливостей методики, розглянемо найпростіший приклад.

Нехай є шість конкуруючих організацій, що описані множиною $\{o_1, o_2, \dots, o_6\}$ і які пропонують послуги ТОіР для БСПП [9]. Встановимо дев'ять параметрів і характеристик, за якими проводиться оцінка реальних можливостей організацій: $\{p_1, p_2, \dots, p_9\}$. Фактичний опис параметрів представлений у табл. 2.

Таблиця 1

Визначення рангу організації для кожного i -го параметра щодо найгіршого значення (l)

Нечітке значення	Ранг для відношення R/R_l
Якщо p_i дорівнює p_l	1 і менше
Проміжне значення	2
Якщо p_i незначно краще, ніж p_l	3
Проміжне значення	4
Якщо p_i краще, ніж p_l	5
Проміжне значення	6
Якщо p_i значно краще, ніж p_l	7
Проміжне значення	8
Якщо p_i абсолютно краще, чем p_l	9 і більше

Таблиця 2

Визначені параметри оцінювання організацій забезпечення ТОіР

Параметр	Опис параметра, характеристики	Шкала, одиниця виміру
p_1	Якість дефектації БСПП	{Дуже Низька; Низька; Середня; Висока; Дуже Висока}
p_2	Строки дефектації БСПП	{0, ∞ }, днів
p_3	Розрахункова вартість ТОіР БСПП	{0, ∞ }, тис. грн.
p_4	Розрахункові строки ТОіР БСПП	{0, ∞ }, днів
p_5	Імідж організації	{Дуже Низька; Низька; Середня; Висока; Дуже Висока}
p_6	Умови сплати за послуги дефектації, ТОіР БСПП	{Передоплата; Кредит; За фактом}
p_7	Сервісне й гарантійне обслуговування БСПП	{Дуже Низька; Низька; Середня; Висока; Дуже Висока}
p_8	Віддаленість організації, інфраструктура	{Дуже Далеко; Далеко; Недалеко; Дуже Близько}
p_9	Матеріально-технічний і фінансовий стан організації	{Дуже Поганий; Низький; Середній; Високий; Дуже Гарний}

Слід ще раз підкреслити, що під час аналізу даних табл. 2 необхідно спільно обробляти дані кількісної шкали відносин (наприклад, «Строки» і «Вартість») і дані якісних шкал порядку (наприклад, «Якість», «Фінансовий стан», «Віддаленість» й ін.). Тобто, якщо для кількісної шкали допустимі логіко-арифметичні операції і порівняння, то для якісної шкали і шкали найменувань застосовувати арифметичні операції принципово неможливо. Наприклад, для параметрів, виражених у шкалі найменувань допустимо тільки порівняння («Так»

чи «Ні»), а для якісної шкали – тільки експертні висловлювання термінами нечіткої логіки. Так, встановлені експертами значення параметрів (див. табл. 1 та табл. 2) для конкуруючих організацій наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Параметри оцінки організації щодо забезпечення ТОіР

Параметр	Організації					
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6
	Експертна оцінка можливостей організацій з забезпечення ТОіР					
p_1	Середній	Високий	Середній	Дуже високий	Високий	Дуже високий
p_2	13	13	12	18	17	13
p_3	1100	1115	1120	1220	1180	1300
p_4	31	31	32	37	33	38
p_5	Середній	Середній	Високий	Дуже високий	Дуже високий	Середній
p_6	За фактом	Кредит	За фактом	Передоплата	Передоплата	За фактом
p_7	Середній	Середній	Середній	Високий	Середній	Дуже високий
p_8	Дуже близько	Недалеко	Недалеко	Дуже далеко	Недалеко	Далеко
p_9	Середній	Високий	Середнє	Дуже гарне	Високий	Середній

У табл. 4, за кожним з оцінюваних параметрів, виділений найгірший параметр (НП) з множини P і встановлений відповідний ранг (табл. 1, [11, 12]).

Таблиця 4

Найгірший параметр і відповідний ранг

Параметр	Організації					
	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6
	Ранг організацій з забезпечення ТОіР					
p_1	НП, 4	7	5	9	8	10
p_2	7	7	8	НП, 5	6	7
p_3	9	8	8	7	7	НП, 6
p_4	9	9	8	5	7	НП, 4
p_5	8	НП, 7	9	10	10	8
p_6	10	7	10	НП, 2	3	10
p_7	8	НП, 7	8	9	8	10
p_8	10	9	9	НП, 2	9	4
p_9	НП, 6	10	7	9	10	7

За допомогою виразів (4)–(8) можна визначити вагові коефіцієнти всіх організацій, використовуючи їхню відносність до рангу найгіршої, за даним параметром, з множин конкуруючих організацій забезпечення ТОіР БСПП.

Параметр p_1 . Найгірше його значення (4) у організації O_1 . Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром p_1 організації O_1 :

$$g_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{4}{4 + 7 + 5 + 9 + 8 + 10} \right) = 0,093.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 4 \cdot 0,093 / 4 = 4 \cdot 0,0232 = 0,093;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 7 \cdot 0,0232 = 0,162; \quad g_3 = R_3 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 5 \cdot 0,0232 = 0,116;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 9 \cdot 0,0232 = 0,208; \quad g_5 = R_5 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 8 \cdot 0,0232 = 0,186;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 10 \cdot 0,0232 = 0,232.$$

Параметр p_2 . Найгірше його значення (5) у організації о₄. Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром p_2 організації о₄:

$$g_4 = \left(\frac{R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{5}{7 + 7 + 8 + 5 + 6 + 7} \right) = 0,125.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 7 \cdot 0,125 / 5 = 7 \cdot 0,025 = 0,175;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 7 \cdot 0,025 = 0,175; \quad g_3 = R_3 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 8 \cdot 0,025 = 0,2;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 5 \cdot 0,025 = 0,125; \quad g_5 = R_5 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 6 \cdot 0,025 = 0,15;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 7 \cdot 0,025 = 0,175.$$

Параметр p_3 . Найгірше його значення (6) у організації о₆. Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром p_3 організації о₆:

$$g_6 = \left(\frac{R_6}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{6}{9 + 8 + 8 + 7 + 7 + 6} \right) = 0,133.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 9 \cdot 0,133 / 6 = 9 \cdot 0,022 = 0,2;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 8 \cdot 0,022 = 0,177; \quad g_3 = R_3 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 8 \cdot 0,022 = 0,177;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 7 \cdot 0,022 = 0,155; \quad g_5 = R_5 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 7 \cdot 0,022 = 0,155;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 6 \cdot 0,022 = 0,133.$$

Параметр p_4 . Найгірше його значення (4) у організації o_6 . Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром p_4 організації o_6 :

$$g_6 = \left(\frac{R_6}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{4}{9 + 9 + 8 + 5 + 7 + 4} \right) = 0,095.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 9 \cdot 0,095 / 4 = 9 \cdot 0,024 = 0,214;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 9 \cdot 0,024 = 0,214; \quad g_3 = R_3 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 8 \cdot 0,024 = 0,192;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 5 \cdot 0,024 = 0,12; \quad g_5 = R_5 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 7 \cdot 0,024 = 0,168;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_6 \cdot R_6^{-1} = 4 \cdot 0,024 = 0,095.$$

Параметр p_5 . Найгірше його значення (7) у організації o_2 . Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром p_5 організації o_2 :

$$g_2 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{7}{8 + 7 + 9 + 10 + 10 + 8} \right) = 0,135.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 8 \cdot 0,135 / 7 = 8 \cdot 0,019 = 0,153;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 7 \cdot 0,019 = 0,135; \quad g_3 = R_3 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 9 \cdot 0,019 = 0,171;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 10 \cdot 0,019 = 0,19; \quad g_5 = R_5 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 10 \cdot 0,019 = 0,19;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 8 \cdot 0,019 = 0,153.$$

Параметр p_6 . Найгірше його значення (2) у організації o_4 . Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром p_6 організації o_4 :

$$g_4 = \left(\frac{R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{2}{10 + 7 + 10 + 2 + 3 + 10} \right) = 0,048.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 10 \cdot 0,048 / 2 = 10 \cdot 0,024 = 0,24;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 7 \cdot 0,024 = 0,168; \quad g_3 = R_3 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 10 \cdot 0,024 = 0,24;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 2 \cdot 0,024 = 0,048; \quad g_5 = R_5 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 3 \cdot 0,024 = 0,072;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 10 \cdot 0,024 = 0,24.$$

Параметр p_7 . Найгірше його значення (2) у організації o_2 . Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром p_7 організації o_2 :

$$g_2 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{7}{8 + 7 + 8 + 9 + 8 + 10} \right) = 0,140.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 8 \cdot 0,14 / 7 = 8 \cdot 0,02 = 0,16;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 7 \cdot 0,02 = 0,14; \quad g_3 = R_3 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 8 \cdot 0,02 = 0,16;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 9 \cdot 0,02 = 0,18; \quad g_5 = R_5 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 8 \cdot 0,02 = 0,16;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_2 \cdot R_2^{-1} = 10 \cdot 0,02 = 0,2.$$

Параметр p_8 . Найгірше його значення (2) у організації o_4 . Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром p_8 організації o_4 :

$$g_4 = \left(\frac{R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{2}{10 + 9 + 9 + 2 + 9 + 4} \right) = 0,046.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 10 \cdot 0,046 / 2 = 10 \cdot 0,023 = 0,23;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 9 \cdot 0,023 = 0,207; \quad g_3 = R_3 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 9 \cdot 0,023 = 0,207;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 2 \cdot 0,023 = 0,046; \quad g_5 = R_5 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 9 \cdot 0,023 = 0,207;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_4 \cdot R_4^{-1} = 4 \cdot 0,023 = 0,092.$$

Параметр ρ_9 . Найгірше його значення (6) у організації o_1 . Найгірший ваговий коефіцієнт за параметром ρ_9 організації o_1 :

$$g_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} \right) = \left(\frac{6}{6+10+7+9+10+7} \right) = 0,122.$$

Згідно з (8) вагові коефіцієнти інших організацій:

$$g_1 = R_1 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 6 \cdot 0,122 / 6 = 6 \cdot 0,0203 = 0,122;$$

$$g_2 = R_2 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 10 \cdot 0,0203 = 0,203; \quad g_3 = R_3 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 7 \cdot 0,0203 = 0,142;$$

$$g_4 = R_4 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 9 \cdot 0,0203 = 0,183; \quad g_5 = R_5 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 10 \cdot 0,0203 = 0,203;$$

$$g_6 = R_6 \cdot g_1 \cdot R_1^{-1} = 7 \cdot 0,0203 = 0,142;$$

За допомогою (5), (6) та визначених коефіцієнтів ваги для всіх організацій і всіх прийнятих параметрів оцінювання, записуємо нечіткі множини, що інтегрально характеризують універсальні нечіткі множини організацій, які забезпечують ТОiP БСПП:

$$\dot{p}_1 = \left\{ \frac{0,093}{o_1}, \frac{0,162}{o_2}, \frac{0,116}{o_3}, \frac{0,208}{o_4}, \frac{0,186}{o_5}, \frac{0,232}{o_6} \right\};$$

$$\dot{p}_2 = \left\{ \frac{0,175}{o_1}, \frac{0,175}{o_2}, \frac{0,2}{o_3}, \frac{0,125}{o_4}, \frac{0,15}{o_5}, \frac{0,175}{o_6} \right\};$$

$$\dot{p}_3 = \left\{ \frac{0,2}{o_1}, \frac{0,177}{o_2}, \frac{0,177}{o_3}, \frac{0,155}{o_4}, \frac{0,155}{o_5}, \frac{0,133}{o_6} \right\};$$

$$\dot{p}_4 = \left\{ \frac{0,214}{o_1}, \frac{0,214}{o_2}, \frac{0,192}{o_3}, \frac{0,12}{o_4}, \frac{0,168}{o_5}, \frac{0,095}{o_6} \right\};$$

$$\dot{p}_5 = \left\{ \frac{0,153}{o_1}, \frac{0,135}{o_2}, \frac{0,171}{o_3}, \frac{0,19}{o_4}, \frac{0,19}{o_5}, \frac{0,153}{o_6} \right\};$$

$$\dot{p}_6 = \left\{ \frac{0,24}{o_1}, \frac{0,168}{o_2}, \frac{0,24}{o_3}, \frac{0,048}{o_4}, \frac{0,072}{o_5}, \frac{0,24}{o_6} \right\};$$

$$\dot{p}_7 = \left\{ \frac{0,16}{o_1}, \frac{0,14}{o_2}, \frac{0,16}{o_3}, \frac{0,18}{o_4}, \frac{0,16}{o_5}, \frac{0,20}{o_6} \right\};$$

$$\dot{p}_8 = \left\{ \frac{0,23}{o_1}, \frac{0,207}{o_2}, \frac{0,207}{o_3}, \frac{0,046}{o_4}, \frac{0,207}{o_5}, \frac{0,092}{o_6} \right\};$$

$$\dot{p}_9 = \left\{ \frac{0,122}{o_1}, \frac{0,203}{o_2}, \frac{0,142}{o_3}, \frac{0,183}{o_4}, \frac{0,203}{o_5}, \frac{0,142}{o_6} \right\}.$$

Результатом перетину [16] нечітких множин

$$\cap P = \{ \dot{p}_1 \cap \dot{p}_2 \cap \dot{p}_3 \cap \dot{p}_4 \cap \dot{p}_5 \cap \dot{p}_6 \cap \dot{p}_7 \cap \dot{p}_8 \cap \dot{p}_9 \},$$

відповідно до виразів (1), (2) та (3) є нечітка множина

$$\cap P = \left\{ \frac{0,093}{o_1}, \frac{0,135}{o_2}, \frac{0,116}{o_3}, \frac{0,046}{o_4}, \frac{0,072}{o_5}, \frac{0,092}{o_6} \right\}.$$

Останній вираз містить значення ступенів приналежності організацій до найкращого інтегрального значення. Згідно (6), рейтинги організацій, що забезпечують ТОіР БСПП розподілені наступним чином (табл. 5, рис. 1).

Таблиця 5

Результуючі рейтинги організацій щодо забезпечення ТОіР

Організація	Інтегральний показник	Рейтинг	Відносний інтегральний показник
o_2	0,135	1	1
o_3	0,116	2	0,86
o_1	0,093	3	0,69
o_6	0,092	4	0,68
o_5	0,072	5	0,53
o_4	0,046	6	0,34

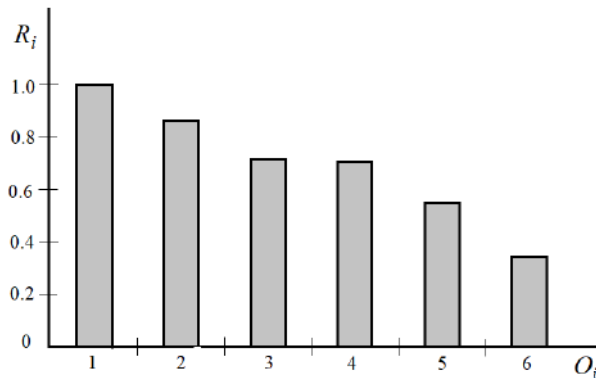


Рис. 1. Діаграма розподілу результуючих рейтингів організацій щодо забезпечення ТОіР БСПП

Зрозуміло, що у реальному інтегрованому оцінюванні організацій, які пропонують на конкурентних умовах послуги ТОіР для СТС подвійного призначення, наприклад БСПП, слід використовувати набагато більшу кількість

(більше 30) параметрів, факторів, характеристик і можливостей цих організацій, які необхідно об'єктивно урахувати.

Висновки. Проведене дослідження дозволяє зробити такі основні висновки.

1.3 метою підвищення ефективності процесів експлуатації, ремонту та технічного обслуговування СТС спеціального призначення показана можливість застосування у СППР різнорідних, сформульованих експертами, інтегрованих показників. Передбачається застосування описаного методу у таких СППР, де використовуються специфічні оцінки технічних, технологічних, еколого-економічних проектів, показників, продукції подвійного призначення, спеціальних транспортних засобів, а також під час проведення тендерних закупівель, під час вирішення завдань забезпечення ТОiP, організації еколого-економічних експертиз тощо.

2. Наведено приклад інтегрованої оцінки організацій, які пропонують послуги ТОiP. Відмінність представленого методу від відомих є в удосконаленні процедури розрахунку різнорідних інтегрованих показників, які оцінюють якість проектів, продукції, обладнання, тендерних пропозицій тощо. Метод засновано на адитивному використанні методів кваліметрії, експертних оцінок і лінгвістичних висловлювань – методах нечіткої логіки.

3. Пропонований метод показав можливість: а) формулювання цілеспрямованих вказівок розробникам, проектувальникам та ремонтно-експлуатаційним службам і організаціям з метою подальшого покращення окремих показників запропонованих рішень; б) доказового і аргументованого відбору найкращих, із декількох можливих, варіантів закупівель обладнання, комплектуючих, матеріалів, відбору виконавців проектування, створення, ТОiP СТС.

4. Представлений метод добре формалізований і реалізовано у середовищі Microsoft Excel. Метод апробовано низкою тестових прикладів та використаний під час аван-проекування суден подвійного призначення у Національному університеті «Одеська морська академія», Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова та Військовій академії (м. Одеса).

ЛІТЕРАТУРА

1. Дресвянников, В. А. Особенности жизненных циклов различных экономических систем / В. А. Дресвянников // Издательская группа «Дело и сервис». – 2008. – Режим доступу: <https://dis.ru/library/557/26780>.
2. Батоврин, В. К. Управление жизненным циклом технических систем: серия докладов / В. К. Батоврин, Д. А. Бахтурин, И. С. Мацкевич, М. С. Липецкая. – СПб.: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2012. – Вып. 1. – 59 с.
3. Романов, В. Н. Техника анализа сложных систем / В. Н. Романов. – СПб.: СЗТУ, 2011. – 287 с.
4. Голиков, В. А. Развитие современной теории и практики технической эксплуатации морского и речного флота: концепції, методи, технології / В. А. Голиков, О. А. Онищенко // Суднові енергетичні установки. – 2017. – № 37. – С. 13–27. Режим доступу: <http://old.onma.edu.ua/content/nauka/seu/37.pdf>.
5. Логишев, И. В. Управление технической эксплуатацией флота / И. В. Логишев, О. А. Онищенко. – Одесса: «Феникс», 2016. – 232 с.
6. Caridis, Piero Inspection, Repair and Maintenance of Ship Structures (2nd Edition) / Piero Caridis. – eBook, Product Code: 4394, 2009 – 326 p.
7. Matthews, Ch. Ship and Boat Building and Repair, Chapter 92. / Chester Matthews, James R. Thornton, Eileen Mirsch, Judi Baldwin, Caroline Kiehner, Frank H. Thorn, Page Ayres, Logan C. // Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4th Edition. – 2015. Режим доступу: <http://www.ilocis.org/documents/chpt92e.htm>.
8. Mobley, R. Maintenance Engineering Handbook. Seventh Edition / R. Moble. – The McGraw-Hill Companies. – 2008. – 457 p.
9. Голиков, В. В. Особенности проектирования многоцелевого судна двойного назначения ледового класса / В. В. Голиков, О. Н. Мазур, О. А. Онищенко // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2016. – № 42 (1214). – С. 29–37.

10. Волянский, С. М. Повышение качества управления электроприводами движительно-рулевого комплекса подводных аппаратов / С. М., Волянский, Я. Б. Волянская // Электротехнические и компьютерные системы. – 2014. – Вып. 15(91). – С. 224–227.
11. Обнявко, Т. С. Визначення ефективності тендерних проектів у військовій економіці методами економетрики / Т. С. Обнявко, О. А. Онищенко // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». – 2014. – № 9. – С. 212–218.
12. Обнявко, Т. С. Методика підтримки прийняття рішень при закупівлях і проектуванні спеціальних засобів та обладнання / Т. С. Обнявко // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. – 2016. – № 8 (2). – С. 33–39.
13. Мазур, О. М. Підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту багатопільових суден подвійного призначення / О. М. Мазур, Т. С. Обнявко // Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація: матеріали конф. з міжнар. участю. – Одеса, 2017. – С. 45–47.
14. Недбай, А. А. Основы квалиметрии. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / А. А. Недбай, Н. В. Мерзликина. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 126 с. Режим доступа: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/104/u_course.pdf.
15. Левин, М. И. Лекции по экономике коррупции: учеб. пособие / М. И. Левин, Е. А. Левина, Е. В. Покатович // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. ВШЭ, 2011. – 356 с.
16. Бідюк, П. І. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень / П. І. Бідюк, Л. О. Коршевич. – Київ: ННК «ІПСА», 2010. – 340 с.
17. Шибаева, Н. О. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений по управлению логистическими транспортными процессами / Н. О. Шибаева, В. В. Вычужанин, Н. Д. Рудниченко, Д. С. Шибаев // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса. – 2018. – С. 168–175. УДК 005.8.

Рецензент статті
к.т.н., проф. Морозов В.В.

Стаття рекомендована до
публікації 07.05.2018 р.

УДК 005.53

Л.А. Горошкова, В.П. Волков, Р.О. Карбівничий

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ КЛАСТЕРНОГО ТИПУ

Досліджено умови забезпечення ефективності процесу децентралізації та стабільного розвитку об'єднаних територіальних громад. Запропоновано з метою запобігання виникненню кризових явищ в процесі реформування територіального управління в Україні використати кластерно-логістичний підхід. Доведено, що на етапі формування ОТГ нового типу спостерігається новий організаційно-економічний рівень взаємозв'язків, побудований на принципах кооперації. Математично такі взаємозв'язки можливо описати балансовою моделлю ОТГ. Показано, що такий підхід дозволяє оцінити ефективність ОТГ як складної системи за рахунок двох факторів: доцільності створення виробничих структур та ефективності взаємозв'язків між сферами економічної діяльності в межах ОТГ. Запропонований підхід можливо використовувати у процесі прогнозування структурних перетворень ОТГ. Дж. 19.

Ключові слова: об'єднана територіальна громада, територія, територіальний устрій, стійкість системи, ефективність.

Постановка проблеми. З 2014 року в Україні розпочато реформування адміністративно-територіального устрою в Україні. На державному рівні проголошено, що новий адміністративно-територіальний устрій повинен стати основою побудови нової моделі територіального управління, заснованої на засадах децентралізації, субсидіарності, балансу загальнодержавних інтересів