

## ОЦІНКА ВПЛИВІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

УДК 504.064

DOI: 10.31471/2415-3184-2018-2(18)-83-93

*Я. О. Адаменко**Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу*

### МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИБОРІ АЛЬТЕРНАТИВ У ПРОЦЕДУРІ ОЦІНКИ ВПЛИВІВ НА ДОВКІЛЛЯ

У роботі розглянуто проблему прийняття рішень щодо вибору альтернатив у процедурі оцінки впливу на довкілля. Вирішення цієї проблеми пропонується за допомогою системного підходу до управлінських рішень, а саме використовувати: багатокритеріальну теорію корисності; підхід аналітичної ієрархії; ранжирування багатокритеріальних альтернатив; ухвалення рішень в умовах невизначеності. Запропоновані методи прийняття рішення призначені в основному для порівняння альтернатив і вибору кращої з них. Досить часто критерії, по яких оцінюються альтернативи, суперечливі, для них використовуються різні методи і шкали оцінок. Саме це і є головною проблемою при рішенні багатокритеріальних задач. Також у статті розглядається методологія генерації та генералізації альтернатив, для цього пропонується використовувати певний алгоритм.

Досвід робіт автора показує, що при виборі альтернативи експерти не завжди знаходять єдину альтернативу, яка б задовольняла всім умовам багатокритеріального аналізу. Тому необхідно повернутися на попередню стадію процесу оцінки впливу на довкілля – стадію зменшення негативних впливів. А це означає, що необхідне наукове обґрунтування нового комплексу природоохоронних заходів для всіх альтернатив та запровадження процедури вибору єдиної альтернативи спочатку. У випадку, коли компромісне рішення знайдено (експертами обрана єдина альтернатива, що відповідає умовам охорони навколишнього середовища), проводять комплексну оцінку запропонованої діяльності за обраною альтернативою.

Запропонована автором методологія прийняття рішення щодо вибору найкращої альтернативи з боку експертів оцінки впливу на довкілля базується на методиках, для яких є свої позитивні сторони й недоліки які досить критично автором подано у статті.

**Ключові слова:** альтернатива, прийняття рішення, експертна оцінка, оцінки впливу на довкілля, багатокритеріальна теорія корисності, багатокритеріальне ранжирування, метод аналітичної ієрархії, метод Делфі.

**Постановка проблеми.** Прийняття рішення щодо вибору альтернативи є критичним пунктом, в якому відбувається організація комплексу аферентних збуджень, здатного дати цілком певну дію. За будь-яких умов необхідно вибрати одну з запропонованих альтернатив і аргументовано виключити всі решта. Ухвалення рішення переводить один системний процес – аферентний синтез – в інший системний процес – програму дій. Цей процес є перехідним моментом, після якого всі комбінації набувають виконавчого характеру.

Ухвалення рішення є центральним процесом на всіх рівнях обробки інформації людиною, групами людей, системами “людина-машина”. Ця комплексна задача містить різні аспекти: фізіологічний, психологічний, кібернетичний і інші. При цьому в процесі ухвалення рішення виділяються два основні етапи: інформаційної підготовки рішення і власне процедури ухвалення рішення.

В грудні 2017 року в Україні увійшов в дію Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» (від 23.05.2017 № 2059-VIII) [1], в якому вимагається обов’язковий розгляд та порівняння альтернатив щодо планованої діяльності. Аналізуючи вже розроблені звіти з оцінки впливу на довкілля (ОВД), які офіційно оприлюднені у «Єдиному реєстрі ОВД» на сайті Міністерства екології та природних ресурсів України [2], автори звітів як правило пропонують дві-три технічних та/або територіальних альтернатив та не оцінюючи і не порівнюючи запропоновані

альтернативи відмовляються від їх подальшого розгляду, а оцінюють лише запропоновані проекти дії. Саме це спонукало нас запропонувати декілька підходів до вирішення цієї проблеми.

У даний час дуже широко використовуються математичні методи вибору альтернатив. Вони використовуються в основному для задач, при рішенні яких будуються моделі суб'єктивного характеру, тобто моделі бажань, переваг, політики особи, що ухвалює рішення.

**Метою статті** є теоретичне обґрунтування методів та методик щодо прийняття рішень при виборі альтернатив для процедури ОВД в Україні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні роки дослідження в галузі прийняття управлінських рішень проводили такі науковці, як І. Б. Гевко [3], І. Є. Давидович [4], Ю. В. Поканевич [5], М. П. Здобувач [6], О. Ф. Грищенко [7], Н. Т. Мала [8], Н. А. Хрущ [9] та ін. Зазначені науковці надають досить ґрунтовний перелік класифікаційних ознак, але в той же час в їх роботах ми зустрічаємо колізії та суперечності, що зумовлені відсутністю системного підходу до аналізу класифікації управлінських рішень.

**Викладення основного матеріалу досліджень.** Базуючись на власному досвіді найбільш доцільно для ОВД застосовувати методи побудови таких моделей:

- 1) багатокритеріальна теорія корисності;
- 2) підхід аналітичної ієрархії;
- 3) ранжирування багатокритеріальних альтернатив;
- 4) ухвалення рішень в умовах невизначеності.

Запропоновані методи прийняття рішення призначені в основному для порівняння альтернатив і вибору кращої з них. Досить часто критерії, по яких оцінюються альтернативи, суперечливі, для них використовуються різні методи і шкали оцінок. Саме це і є головною проблемою при рішенні багатокритеріальних задач. Кращим варіантом рішення подібної задачі буде той, в якому досягається переважний компроміс між критеріями з погляду експертів, або осіб, що приймають рішення (ОПР). При великій кількості альтернатив і критеріїв ОПР достатньо важко зорієнтуватися і ухвалити якнайкраще рішення.

*Багатокритеріальна теорія корисності* (БКТК) використовується, як математичний засіб для прийняття рішення з набору множини критеріїв [10-12].

Основними етапами підходу БКТК є:

- 1) розробка переліку критеріїв;
- 2) побудова функції корисності по кожному з критеріїв;
- 3) побудова багатокритеріальної функції корисності;
- 4) оцінка наявних альтернатив і вибір якнайкращої з них.

У БКТК використовують аксіоми, яким повинна задовольняти функція корисності. Аксіоми поділяються на дві групи. Перша група – аксіоми загального характеру [11, 12]:

1. Аксіома зв'язаності – між корисністю будь-яких альтернатив може бути встановлено відношення: або одна з них перевершує іншу, або вони рівні.

2. Аксіома транзитивності – з переваги корисності альтернативи  $A$  над корисністю альтернативи  $B$  і переваги корисності  $B$  над корисністю  $C$  слідує переваги корисності альтернативи  $A$  над корисністю альтернативи  $C$ .

3. Аксіома співвідношення між корисністю альтернатив  $A, B, C$ , які мають вигляд:

$$U(A) > U(B) > U(C), \quad (1)$$

можна знайти такі числа  $\alpha, \beta$ , які менше одиниці і більше нуля, так що:

$$\alpha U(A) + (1 - \alpha)U(C) = U(B), \quad (2)$$

$$U(A)(1 - \beta) + \beta U(C) > U(B). \quad (3)$$

Друга група аксіом, що є специфічною для БКТК відповідає умовами незалежності.

1. Аксіома незалежності по різниці – переваги між двома альтернативами, які відрізняються лише за оцінками по одному критерію  $C1$ , не залежать від однакових (фіксованих) оцінок по інших критеріях  $C2, \dots, Cn$ .

2. Аксіома незалежності по корисності – критерій  $C1$  називається незалежним по корисності від критеріїв  $C2, \dots, Cn$ , якщо порядок переваг змінюється лише на рівні критерію  $C1$  і не залежить від фіксованих значень по інших критеріях.

3. Аксіома незалежності по перевазі – два критерії  $C1$  і  $C2$  незалежні по перевазі від інших критеріїв  $C3, \dots, Cn$ , якщо переваги між альтернативами, що розрізняються лише оцінками по  $C1$  і  $C2$ , не залежать від фіксованих значень по інших критеріях.

При виконанні цих аксіом виходить існування багатокритеріальної функції корисності в певному вигляді. Наприклад, якщо виконуються дві останні умови незалежності, то функція корисності є адитивною:

$$U(x) = \sum wU(x), \text{ при } \sum w = 1, \quad (4)$$

або мультиплікативною:

$$1 + kU(x) = \prod [1 + kwU(x)] \text{ при } \sum w = 1, \quad (5)$$

де  $U(x)$  – функції корисності, що змінюються від 0 до 1;  
 $w$  – вагові коефіцієнти критеріїв,  $0 < w < 1$ ; коефіцієнт  $k > -1$ .

Враховуючи аксіоми першої та другої груп та умови (4) і (5) стає можливим побудувати однокритеріальні функції корисності та визначити переважну альтернативу. Покажемо це для прикладу спорудження свердловин:

1. Встановлюються критерії відбору (табл. 1):

- вартість будівництва ( $C1$ );
- час будівництва свердловини ( $C2$ );
- кількість людей, що піддаються шумовому впливу ( $C3$ ).

Знаючи діапазон зміни оцінок по кожному критерію, можна побудувати функцію, що визначає корисність для ОПР кожної оцінки з цього діапазону для альтернатив  $A$  і  $B$ .

Таблиця 1

**Матриця оцінок за альтернативами спорудження свердловини**

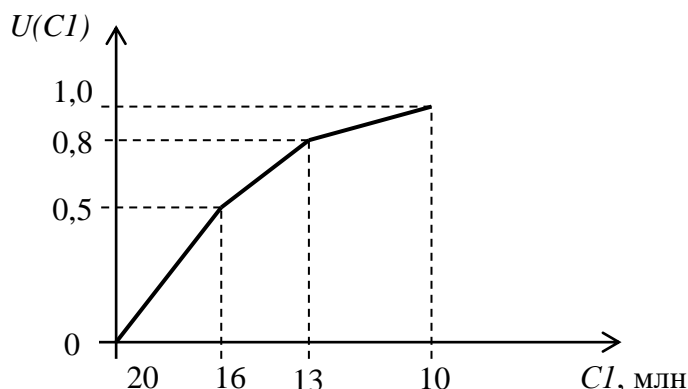
Критерії відбору	Альтернатива $A$ – «Максимальний вплив»	Альтернатива $B$ – «Мінімальний вплив»
Вартість будівництва ( $C1$ ), млн грн.	20	10
Час будівництва свердловини ( $C2$ ), діб	90	40
Кількість людей, що піддаються шумовому впливу ( $C3$ ), тис. чол.	10	5

2. Будуються функції корисності для критеріїв  $C1, \dots, Cn$  (рис. 1):

- для критерію  $C1$  відомо дві точки функції корисності:

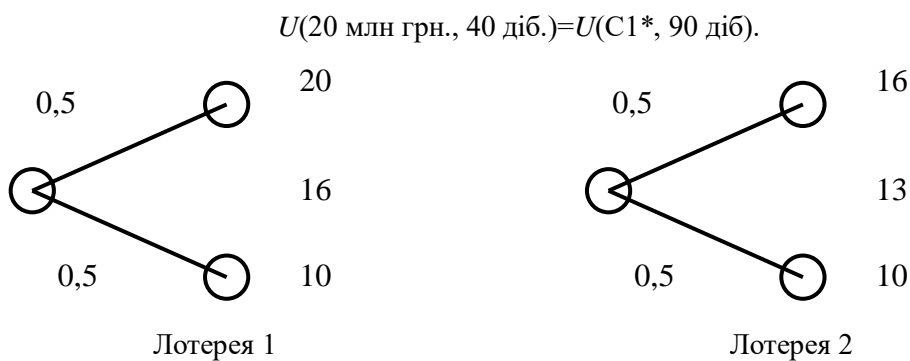
$$U(10 \text{ млн грн.})=1, U(20 \text{ млн грн.})=0;$$

– для знаходження проміжних значень використовуються типові «лотереї» (рис. 2). В «лотереї 1» ОПР просять визначити еквівалент визначеності. Припустимо, що ОПР зупинився на значенні 16 млн грн., як нова альтернатива  $B$ . Тоді приймаємо  $U(16 \text{ млн грн.})=0,5$ . В подальшому, визначаються інші значення функції корисності (наприклад, права лотерея на рис. 2 дозволяє визначити точку  $U(13 \text{ млн грн.})=0,85$ ). Аналогічно будуються функції корисності для кожного з критеріїв.



**Рис. 1. Функції корисності для критеріїв  $C1$**

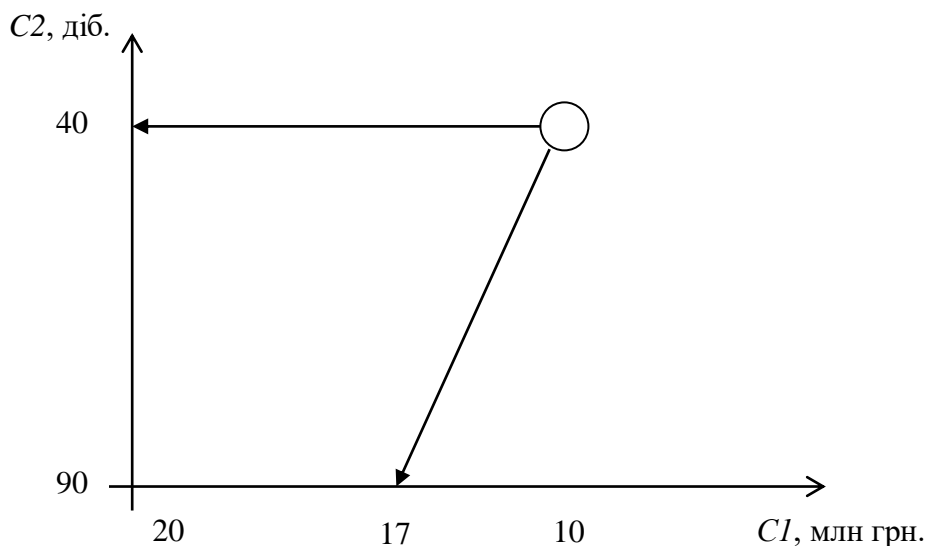
3. Визначаються вагові коефіцієнти – відносини між вагою критеріїв встановлюються пошуком точок індивігентності на площинах двох критеріїв (рис. 3). На шкалі  $C1$  визначається така точка  $C1^*$ , щоб альтернативи  $A$  і  $B$  були однаково переважні для ОПР, тобто щоб виконувалася рівність:



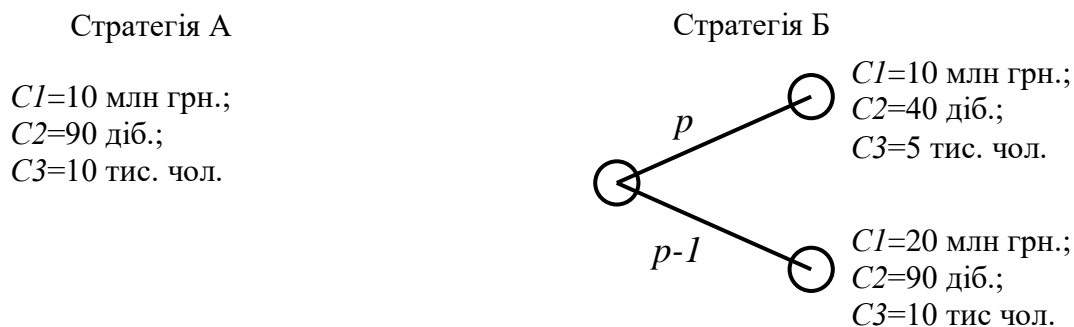
**Рис. 2. Приклад типових лотерей за критерієм C1**

4. Встановлена допустима точка рівноваги  $C1^* = 17$  млн грн. Звідси, використовуючи одержані раніше однокритеріальні функції корисності (4), (5), знаходимо, що  $w2 = 0,4w1$ . Визначаємо співвідношення між вагою критеріїв C1 і C3. Для прикладу, припустимо, що  $w3 = 0,6w1$ .

5. Знаходимо чисельне значення ваги критерію C1. Для цього, ОПР пропонується порівняти дві стратегії (рис. 4) і визначити імовірність  $p$ , при якій обидві стратегії рівноцінні.



**Рис. 3. Визначення співвідношення між вагою критеріїв C1 і C2**



**Рис. 4. Приклад визначення коефіцієнту  $w1$**

Припустимо, що таке  $p$  визначено, тоді  $w1 = p$ . Для прикладу,  $w1 = 0,55$ , відповідно  $w2 = 0,22$ ;  $w3 = 0,33$ .

6. Визначаємо корисності альтернатив – у результаті ОПР залишилося визначити вид функції корисності. Для цього прикладу сума коефіцієнтів важливості критеріїв рівна 1,1. Вважаючи це значення близьким до одиниці, вибираємо адитивну форму представлення функції

корисності (4).

7. Знаючи оцінки альтернатив, можна підставити їх в цю формулу, обчислити корисність кожної альтернативи і вибрати якнайкращу з них (найвагомішу).

*Вибір альтернативи за підходом аналітичної ієрархії.* Метод БКТК можна застосовувати незалежно від того, задані альтернативи чи ні. Але при невеликому числі конкретно сформульованих альтернатив розумно спрямувати зусилля тільки на їх порівняння і вибір однієї. Саме така концепція лежить в основі методу підхід аналітичної ієрархії (ПАІ).

Вибір альтернатив проводять за наступною методикою (для ілюстрації використаємо приведенний вище приклад будівництва свердловини):

1. Структуризація задачі у вигляді ієрархії з декількома рівнями:

Мета  $\implies$  критерії  $\implies$  альтернативи.

Припустимо, що для будівництва свердловини були відібрано три майданчики: *A*, *B*, *V*. Тоді структура задачі виглядатиме таким чином:

- мета – видобування максимальної кількості вуглеводнів;
- критерії – вартість будівництва; час будівництва; кількість людей, що піддаються шумовому впливу;
- альтернативи – майданчик *A*; майданчик *B*; майданчик *V*.

2. Парне порівняння елементів кожного рівня (в числовому вигляді).

Для ОПР надається шкала визначень рівня важливості, в якій кожному визначенню ставиться у відповідність число (табл. 2). При порівнянні елементів, що належать одному рівню ієрархії, ОПР складає матрицю порівнянь (табл. 3). На нижньому рівні ієрархічної схеми порівнюються задані альтернативи по кожному критерію (табл. 4).

Таблиця 2

**Шкала відносної важливості**

Рівень важливості	Кількісне значення
Рівноважлива	1
Помірна перевага	3
Істотна або сильна перевага	5
Значна (велика) перевага	7
Дуже велика перевага	9

Таблиця 3

**Матриця порівнянь для критеріїв**

Критерії	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	Власний вектор	Вага
<i>C1</i>	1	5	3	2,47	0,65
<i>C2</i>	1/5	1	3	0,848	0,22
<i>C3</i>	1/3	1/3	1	0,48	0,13

Таблиця 4

**Відносна важливість альтернатив по окремих критеріях**

Альтернативи	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>V</i>	Власний вектор	Вага
за критерієм <i>C1</i> – вартість будівництва					
<i>A</i>	1	7	3	2,76	0,69
<i>B</i>	1/7	1	3	0,755	0,19
<i>V</i>	1/3	1/3	1	0,48	0,12
за критерієм <i>C2</i> – час будівництва					
<i>A</i>	1	1/7	1/5	0,31	0,07
<i>B</i>	7	1	3	2,76	0,65
<i>V</i>	5	1/3	1	1,18	0,28
за критерієм <i>C3</i> – кількість людей, що піддаються шумовому впливу					
<i>A</i>	1	5	5	2,93	0,69
<i>B</i>	1/5	1	1/5	0,34	0,08
<i>V</i>	1/5	5	1	1	0,23

3. Обчислення коефіцієнтів важливості для елементів кожного рівня.

Таблиці 3 і 4 дозволяють розрахувати коефіцієнти важливості відповідних елементів ієрархічного рівня – розраховуються власні вектори матриці з подальшим їх нормуванням. Власний вектор обчислюється як:

$$\bar{t} = \sqrt[n]{P(a_i/b_j)}, \quad (6)$$

де  $t$  – власний вектор альтернативи;  $a_i$  –  $i$ -тий стовпчик матриці;  $b_j$  –  $j$ -тий рядок матриці;  $n$  – розмірність матриці.

Нормування:

$$w = \frac{t_i}{\sum t}, \quad (7)$$

де  $w$  – нормування ваги альтернативи;  $t_i$  – власний вектор  $i$ -тої альтернативи.

4. Підрахунок кількісного індикатора якості кожної альтернативи і визначення кращої з них.

Синтез одержаних коефіцієнтів важливості здійснюється за формулою:

$$S = \sum wV, \quad (8)$$

де  $S$  – показник якості  $j$ -ї альтернативи;  $w$  – вага  $i$ -ого критерію;  $V$  – важливість  $j$ -ї альтернативи по  $i$ -му критерію.

Для нашого прикладу – спорудження свердловин – розраховуючи переважну альтернативу одержуємо, що альтернатива  $A$  є кращою:

$$S(A) = 0,65 \times 0,69 + 0,22 \times 0,07 + 0,13 \times 0,69 = 0,5536;$$

$$S(B) = 0,65 \times 0,19 + 0,22 \times 0,65 + 0,13 \times 0,08 = 0,2769;$$

$$S(B) = 0,65 \times 0,12 + 0,22 \times 0,28 + 0,13 \times 0,23 = 0,1695.$$

*Вибір альтернативи за багатокритеріальним ранжируванням.* Метод ранжирування багатокритеріальних альтернатив (РБКА) базується на попарному порівнянні альтернатив без врахування теорії корисності. Оцінка кожної альтернативи є не абсолютною, а відносною (в порівнянні з іншою альтернативою).

Основні етапи методу РБКА полягають у наступному:

1. Підрахунок індексів погодження і непогодження – ці індекси визначають погодження або непогодження експерта або ОПР з гіпотезою, що альтернатива  $A$  перевершує альтернативу  $B$ . Більшість критеріїв ( $K$ ) поділяються на три підмножини:

$K$ – критерії, по яких  $A$  перевершує  $B$ ;

$K$  – критерії, по яких  $A$  рівноцінно  $B$ ;

$K$  – критерії, по яких  $B$  перевершує  $A$ .

Індекс погодження розраховується на основі ваги критеріїв за формулою:

$$c = \sum w \sum w, \quad (9)$$

де  $c$  – індекс погодження;  $w$  – вага  $i$ -ого критерію.

Індекс непогодження обчислюється за формулою:

$$d = \max \frac{(l_i^A - l_i^B)}{L}, \quad (10)$$

де  $l_i^A, l_i^B$  – оцінки альтернатив  $A$  і  $B$  по  $i$ -му критерію;  $L$  – довжина шкали  $i$ -го критерію.

2. Встановлення рівнів погодження і непогодження, з якими порівнюються підраховані індекси для кожної пари альтернатив – якщо індекс погодження вище заданого рівня, а індекс непогодження – нижче, то одна з альтернатив перевершує іншу.

3. Виключення домінуючих альтернатив і формування з залишених – першого ядра. Для цього задаються рівні погодження і непогодження ( $cl$  і  $dI$  відповідно). Якщо  $c \geq cl$  і  $d \leq dI$ , то альтернатива  $A$  краще за альтернативу  $B$ , якщо нерівність не виконується, тоді приймається, що альтернативи не порівнюються.

4. Встановлення меншого рівня погодження і більшого рівня непогодження з виділенням ядра з меншою кількістю альтернатив.

5. У останнє ядро входять кращі альтернативи – при вдалій постановці завдання іноді вдається виділити ядро, що містить одну найкращу альтернативу.

*Вибір альтернативи в умовах невизначеності.* Метод вибору альтернативи в умовах невизначеності (УНВ) дуже складний математично, але не вимагає від ОПР практично ніяких

зусиль. В його основі знаходиться не функція корисності, а залучення для оцінки альтернатив групи експертів. Моделювання узгодження оцінок експертів базується на методі Делфі.

Метод Делфі (узгодження експертних думок) – базується на виробленні консенсусу експертних висновків при узгодженні індивідуальних думок експертів та в результаті формалізованого обміну оціненою інформацією, експерти інтерактивно коректують свої оцінки.

За методом Делфі передбачається, що оцінка  $x_i$  альтернативи  $i$ -того експерта, залежить як від її характеристики по аспектах, в яких він не є фахівцем:

$$x_i = X(x_1, x_2, x_i, x_{i+1}, x_n), \quad (11)$$

В первинній думці експерта, ці додаткові характеристики передбачалися “в межах стандарту”. Але при відкритому обговоренні альтернативи та обміну інформацією групою експертів, подальше твердження  $i$ -того експерта про заплановану діяльність в межах запропонованої альтернативи, дає йому можливість скоректувати свою думку. Це і є схема консенсусу за методом Делфі, яку можна розглянути у наступній найпростішій моделі:

Припустимо, що  $x, y, z$  – це, три ресурси, наявність яких в потрібній кількості забезпечують виконання запропонованого проекту. Якби експерт  $A$  точно знав, яку кількість ресурсів у і  $z$  можна мобілізувати для забезпечення проекту, то його знання визначили б потребу у цьому ресурсі латентною лінійною моделлю:

$$x = a_1 y + a_2 z, \quad (12)$$

У зв'язку з тим, що знання про ресурси  $y$  і  $z$  не входять в сферу компетенції цього експерта, то він з готовністю скоректує своє рішення при їх груповому уточненні.

Але при груповому обговоренні альтернативи, точно в такому ж положенні знаходяться експерти  $B$  і  $C$ , які є фахівцями по ресурсах  $y$  і  $z$ . Їх знання визначили б потребу у цьому ресурсі наступною латентною лінійною моделлю:

$$y = b_1 z + b_2 x, \quad (13)$$

$$z = c_1 x + c_2 y. \quad (14)$$

Якщо запропонований проект принципово можливо забезпечити будь-яким з ресурсів  $x, y$  або  $z$ , то знання експертів (вектори  $a = (0, a_1, a_2)$ ,  $b = (b_2, 0, b_1)$  і  $c = (c_1, c_2, 0)$ ) взаємозв'язані жорсткою функціональною (консensusною) залежністю, яка дозволяє виключити за непотрібністю одного експерта, тобто обчислити його думки.

Позначимо через  $P$  матрицю з векторів  $a, b, c$ . Рішення  $u = (x, y, z)$  про ресурси повинне задовольняти умові:

$$Pu = u. \quad (15)$$

Тобто існує власний вектор матриці  $P$  з одиничним власним значенням, і, отже, вектори  $a = (-1, a_1, a_2)$ ,  $b = (b_1, -1, b_2)$  і  $c = (c_1, c_2, -1)$  – лінійно залежні.

Але й в цьому випадку рішення може бути неоднозначне, для цього потрібна ще умова нормування, наприклад,  $x+y+z=const$ . Дійсно, виділяючи  $z$  в другому рівнянні і порівнюючи результат з третім рівнянням, одержимо:

$$c_1 = \frac{1}{b_1}, \quad (16)$$

$$c_2 = \frac{b_2}{b_1}. \quad (17)$$

Власний вектор можна знайти з точністю до “масштабного” параметра  $t$ , тобто визначити в шкалі відносин:

$$x = (a_2 + a_1 b_1) \times t, \quad (18)$$

$$y = (b_1 + a_2 b_2) \times t, \quad (19)$$

$$z = (1 - a_1 b_2) \times t. \quad (20)$$

В подальшому, питання про збіжність процедури зводиться до дослідження  $P^N u_0$ , де  $N$  – число ітерацій,  $u_0$  – початкові оцінки експертів. Але це за умови, що при кожній наступній ітерації експерт одержує відомості від всіх експертів. Навіть, якщо процедура сходиться швидко, можливі навмисні маніпуляції за допомогою затримки відомостей від частини експертів.

Таким чином, метод Делфі базується у визначенні експертами запропонованих питань, які пов'язані з рішенням проблеми, думка меншості експертів доводиться до більшості. Більшість

повинна або погодитися з цим рішенням, або його спростувати. Якщо більшість незгідна, то їхні аргументи передаються меншості і там аналізуються. Цей процес повторюється доти, поки експерти не прийдуть до спільної думки, або перейдуть до того, що виділиться група, яка не змінює свого рішення. Цей метод використовується для досягнення найвищої ефективності.

Узагальнюючи вище наведене та власний досвід автора цієї статті щодо процедур генерації та генералізації альтернатив – первинного формування та подальшої оцінки усіх реальних альтернатив пропонується використовувати наступний алгоритм для цього етапу ОВД (рис. 5):

1. Формування всіма учасниками процесу ОВД (суб'єкт господарської діяльності, громадськість, уповноваженні центральні та територіальні органи з питань охорони довкілля, проєктанти) всієї можливої множини альтернатив, для досягнення мети планованої діяльності.

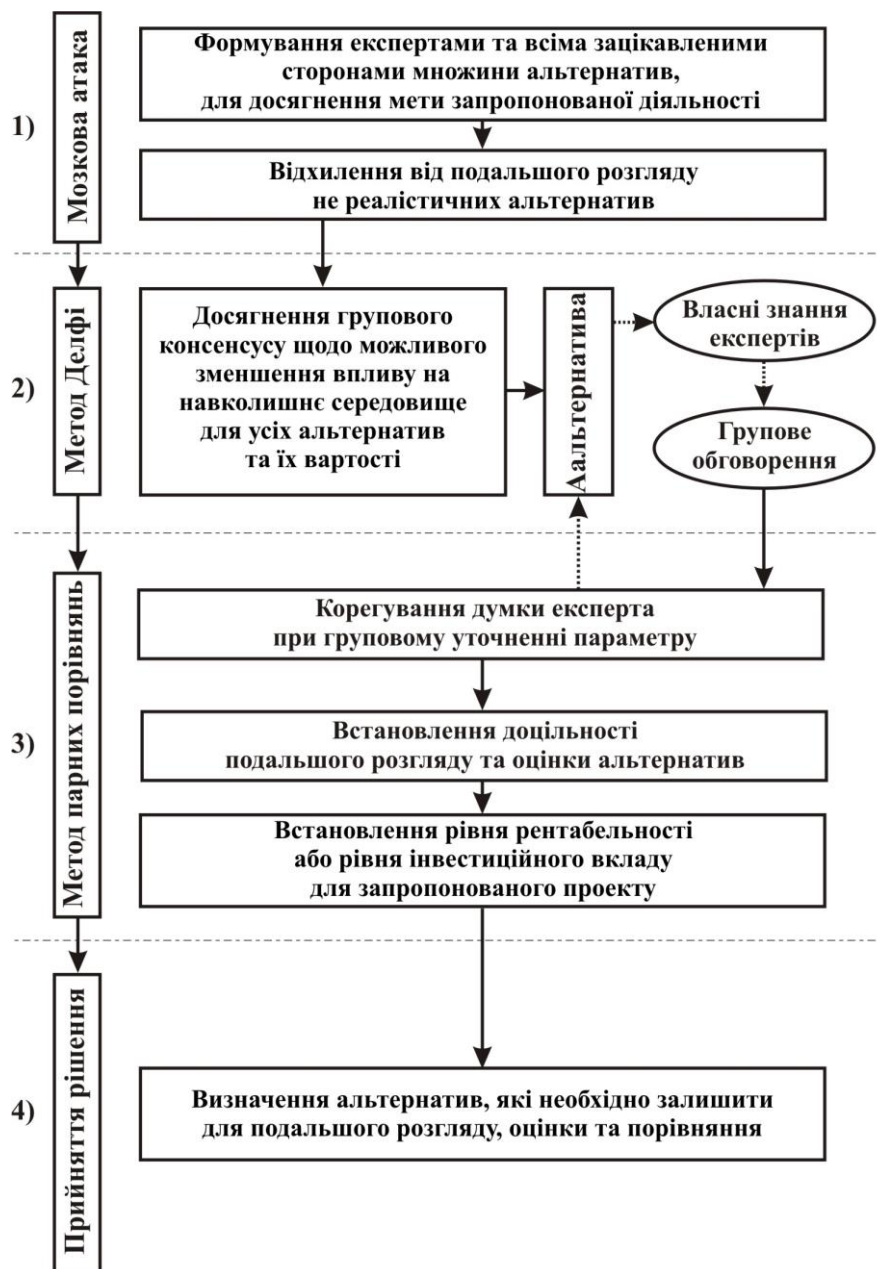


Рис. 5. Алгоритм генералізації альтернатив для ОВД

2. Відхилення від подальшого розгляду нереалістичних альтернатив.

3. Шляхом обговорення та досягнення групового консенсусу (метод Делфі) встановлення для усіх альтернатив їх можливої вартості (суми інвестицій) та бальної оцінки зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

4. Встановлення функції:

$$B_i = F(S_i), \quad (21)$$



де  $B_i$  – орієнтовна вартість реалізації  $i$ -тої альтернативи;  $S_i$  – орієнтовне зменшення негативних впливів при реалізації  $i$ -тої альтернативи.

5. Встановлення рівня рентабельності або рівня інвестиційного вкладу для запропонованого проекту ( $R$ ).

6. Визначення альтернатив, які необхідно залишити для подальшого розгляду, оцінки та порівняння (виконується умова  $B=R \rightarrow 0$ ).

Досвід виконаних автором проектів з оцінки екологічних впливів показує, що в більшості випадків, в процесі генералізації альтернатив як правило формують наступні їх типи:

1) Відмова від діяльності – розгляд цієї альтернативи припускає опис сучасного стану навколишнього середовища у випадку повної відмови від діяльності, що планується. Необхідність розгляду цієї альтернативи викликається такими факторами, як наявність «базової лінії», з якою можна порівняти інші запропоновані альтернативи, а також у звітних матеріалах з ОВД залишиться ретельний опис навколишнього середовища до початку впровадження діяльності.

2) Принципові підходи до досягнення мети запропонованої діяльності.

3) Географічне місце розташування проектного майданчика для здійснення діяльності, що планується.

4) Масштаб ймовірного впливу від запропонованої діяльності.

5) Тип виробничого процесу, техніко-технологічного устаткування.

6) Планування виробничого майданчика, розміщення об'єктів, дизайн.

7) Режим функціонування об'єкту запропонованої діяльності.

**Висновки та перспективи.** Таким чином, запропонована методологія прийняття рішення щодо вибору найкращої альтернативи з боку експертів ОВД базується на методиках, для яких є свої позитивні сторони й недоліки, а саме:

1. Метод багатокритеріальної теорії корисності ґрунтується на єдиній математичній теорії, яка дозволяє одержати конкретну функцію корисності залежно від переваг експерта, а одержані результати дозволяють оцінювати будь-які альтернативи, зокрема і ті, що знов виникають. Недолік цього методу полягає в тому, що побудова функції корисності вимагає багато часу і зусиль від експертів.

2. Метод вибору альтернативи за підходом аналітичної ієрархії простіший в реалізації, і він спрямований на порівняння конкретних альтернатив. Але він також має недоліки. Наприклад, введення нової, не домінуючої альтернативи може привести до зміни переваг між двома раніше заданими альтернативами.

3. За методом багатокритеріального ранжируванням стає можливим поетапно встановлювати переваги експертів, але труднощі виникають при призначенні у експертів важливості погодження і непогодження та подальшого виділення циклів ядер.

Автором запропоновано використовувати БКТК для об'єктів та видів діяльності, що спричиняють масштабні впливи, а для малих інвестиційних проектів, що мають локальний вплив – технологію Делфі, яка моделює узгодження експертних оцінок.

Досвід робіт автора показує, що при виборі альтернативи експерти не завжди знаходять єдину альтернативу, яка б задовольняла всім умовам багатокритеріального аналізу. Тому необхідно повернутися на попередню стадію процесу ОВД – стадію зменшення негативних впливів. А це означає, що необхідне наукове обґрунтування нового комплексу природоохоронних заходів для всіх альтернатив та запровадження процедури вибору єдиної альтернативи спочатку. У випадку, коли компромісне рішення знайдено (експертами обрана єдина альтернатива, що відповідає умовам охорони навколишнього середовища), проводять комплексну оцінку запропонованої діяльності за обраною альтернативою.

### Література

1 Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII – Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 29 – с.315.

2 Єдиний реєстр ОВД Міністерства екології та природних ресурсів України – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://eia.menr.gov.ua/>

3 Гевко І. Б. Методи прийняття управлінських рішень : підруч. / І. Б. Гевко. – К. : Кондор, 2009. – 187 с

4 Давидович І.Є. Контролінг : навч. посіб. / І. Є. Давидович. – К. : Центр учбової літератури, 2008. – 552 с.

5 Поканевич Ю. В. Особливості поняття «управлінське рішення» в системі менеджменту торговельного підприємства / Ю. В. Поканевич // Наукові праці МАУП. – 2010. – №1(24). – С.14–19.

6 Здобувач М. П. Управлінські рішення щодо забезпечення позитивного впливу кооперування на рівень інноваційного розвитку підприємств / М. П. Здобувач // Науковий вісник НЛТУ : зб. наук.-техн. пр. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2010. – Вип.20.13. – 364 с. – С.209–214.

7 Грищенко О. Ф. Інноваційне рішення – ключовий фактор забезпечення сталого розвитку сучасного підприємства / О. Ф. Грищенко // Маркетинг і менеджмент інновацій. – 2011. – №1. – С.120–126.

8 Мала Н. Т. Управлінські рішення: класифікація та процес прийняття / Н. Т. Мала // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2007. – №605. – С.20–24.

9 Хрущ Н.А. Проблеми прийняття управлінських рішень в системі стратегічного управління підприємствами/ Н.А.Хрущ, О. С. Корпан, М. В. Желіховська // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. – 2010. – №1. – С.41–45.

10 Батищев Д.И. Многокритериальный выбор с учетом индивидуальных предпочтений / РАН, Ин-т прикл. физики. – Н.Новгород: ИПФ, 1994. – 250 с.

11 Кузьмин В.Б. Построение групповых решений в пространствах четких и нечетких бинарных отношений. – М: Наука, 1982. – 315 с.

12 Макаров И.М. Теория выбора и принятия решений. – М.: Наука, 1987. – 421 с.

*Надійшла до редакції 29 листопада 2018 р.*

*Ya. O. Adamenko*

*Ivano-Frankivsk National  
Technical University of Oil and Gas*

## **ALTERNATIVES ANALYSIS IN ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT: METHODS OF DECISION MAKING**

The paper discusses decision-making methods for the comparative assessment of alternatives in environmental impact assessment. The suggested framework for a systematic approach to the comparative assessment of alternatives in decision-making management involves multi-criteria utility theory; analytical hierarchy approach; multi-criteria alternatives ranking; and choice under uncertainty. The proposed decision-making methods mainly concern comparing alternatives and selecting the best one. Considerably often, criteria for evaluating alternatives are contradictory or use different methods and rating scales, which is the main problem for solving multi-criteria problems. The article also considers the steps for generation and analysis of alternatives and suggests the alternatives analysis procedure.

The author's experience proves that experts sometimes fail to provide a preferred alternative that would meet all conditions of multi-criteria analysis; therefore, it is necessary to return to the previous stage of the environmental impact assessment process, i.e. reducing negative impacts. All this brings out the need to develop a new scientific basis, to generate a new set of alternative environmental protection proposals, and to carry out the procedure for selecting the preferred alternative from the outset. After the preferred alternative, in compliance with all environmental protection needs, is selected, and the agreement on the best alternative is reached, experts can undertake a comprehensive environmental impact assessing.

The author suggests methods for the comparative assessment of the preferred alternative in environmental impact assessment, each having its merits and demerits and critically examines them in the article. The suggested procedure provides experts' with decision-making methods of the comparative assessing alternatives in environmental impact assessment.

**Key words:** alternative, decision making, expert assessment, environmental impact assessment, multi-criteria utility theory, multi-criteria ranking, analytical hierarchy method, Delphi method.

### **References**

1 Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII – Vidomosti Verhovnoi Radi (VVR), 2017, № 29 – s.315.

- 2 Єдиний реєстр ОВД Міністерства екології та природних ресурсів України – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://eia.menr.gov.ua/>
- 3 Gevko I. B. Metodi priynyattya upravlins'kih rishen' : pidruch . / I. B. Gevko. – K. : Kondor, 2009. – 187 s
- 4 Davidovich I.Є. Kontroling : navch. posib. / I. Є. Davidovich. – K. : Centr uchbovoï literaturi, 2008. – 552 s.
- 5 Pokanevich Yu. V. Osoblivosti ponyattya «upravlins'ke rishennya» v sistemi menedzhmentu torgovel'nogo pidpriemstva / Yu. V. Pokanevich // Naukovi praci MAUP. – 2010. – №1(24). – S.14–19.
- 6 Zdobuvach M. P. Upravlins'ki rishennya shchodo zabezpechennya pozitivnogo vplivu kooperuvannya na riven' innovacijnogo rozvitku pidpriemstv / M. P. Zdobuvach // Naukovij visnik NLTU : zb. nauk.-tekhn. pr. – L'viv : RVV NLTU Ukraïni. – 2010. – Vip.20.13. – 364 s. – S.209–214.
- 7 Grishchenko O. F. Innovacijne rishennya – klyuchovij faktor zabezpechennya stalogo rozvitku suchasnogo pidpriemstva / O. F. Grishchenko // Marketing i menedzhment innovacij. – 2011. – №1. – S.120–126.
- 8 Mala N. T. Upravlins'ki rishennya: klasifikaciya ta proces priynyattya / N. T. Mala // Visnik Nac. un-tu «L'vivs'ka politehnika». – 2007. – №605. – S.20–24.
- 9 Hrushch N.A. Problemi priynyattya upravlins'kih rishen' v sistemi strategichnogo upravlinnya pidpriemstvami/ N.A.Hrushch, O. S. Korpan, M. V. Zhelihovs'ka // Visnik Hmel'nic'kogo nac. un-tu. – 2010. – №1. – S.41–45.
- 10 Batishchev D.I. Mnogokriterial'nyj vybor s uchetom individual'nyh predpochtenij / RAN, In-t prikl. fiziki. – N.Novgorod: IPF, 1994. – 250 s.
- 11 Kuz'min V.B. Postroenie gruppovyh reshenij v prostranstvah chetkih i nechetkih binarnyh otnoshenij. – M: Nauka, 1982. – 315 s.
- 12 Makarov I.M. Teoriya vybora i prinyatiya reshenij. – M.: Nauka, 1987. – 421 s.