

ГЕОДЕЗІЯ

УДК 332.3.003.12

Міхно П.Б.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

АПРІОРНЕ РАНЖУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

Розглянуто порядок експертного оцінювання порушених земель. Встановлено, що планувати раціональне використання порушених земель із застосуванням експертного підходу можна або безпосередньо оцінюючи можливі альтернативні варіанти використання, або оцінюючи зв'язки між факторами проблеми. Запропоновано формувати елементи матриць парних порівнянь як відношення абсолютних оцінок факторів. Запропоновано механізм кількісного оцінювання узгодженості суджень експертів. Для обробки результатів експертного опитування і визначення ступеня узгодженості експертних суджень застосовано метод апріорного ранжування, коефіцієнт конкордації і критерій Пірсона.

Ключові слова: експертні оцінки, апріорне ранжування, ранг, порушені землі, коефіцієнт конкордації, критерій Пірсона.

Постановка проблеми. Одним із результатів промислового освоєння природних та природно-антропогенних ландшафтів є утворення порушених земель. Зокрема, в процесі експлуатації родовищ корисних копалин формуються техногенні форми рельєфу зі штучно зміненою геологічною будовою та гідрологічним режимом території. Після вичерпання корисної промислової функції порушені землі потребують відновлення своїх втрачених властивостей або набуття нових, що забезпечить їх придатність до господарського використання [1, с. 115].

З точки зору територіального планування однією із важливих проблем рекультивациі є вибір найкращого напрямку. Можливі напрями рекультивациі визначаються категоріями земель за цільовим призначенням відповідно до Земельного кодексу України [2, ст. 19]. Вибір напрямку рекультивациі у проектах рекультивациі переважно визначається одним або декількома факторами без урахування можливого впливу інших факторів. Наприклад, фактор правосуб'єктності зумовлює необхідність повернення земель землевласнику після рекультивациі у тому стані та виді використання, що передували порушенню. Управлінський фактор планування землекористувань переважаючого типу на територіях масштабних гірничих розробок визначає вибір напрямку рекультивациі, аналогічного для порушених земель, подібних за характеристиками та зональними умовами. За переважання технологічного фактору напрям рекультивациі визна-

чається особливостями гірничодобувних робіт, формами, параметрами утвореного техногенного рельєфу, складом гірських порід.

Подібний підхід, що передбачає вибір напряму рекультивациі на підставі врахування впливу лише одного фактору, що вважається проектувальником найбільш суттєвим і визначальним за наявних умов, хоча і є простим і зручним для проектування, проте не дозволяє приймати всебічно обґрунтовані рішення. Важливість таких рішень зумовлюється тим, що напрям рекультивациі і вид після-промислового використання порушених земель своєю чергою визначають обсяги та ефективність інших рішень, прийнятих у проекті землеустрою щодо рекультивациі порушених земель. Тому для зменшення ваги суб'єктивного складника та особистих уподобань у рішеннях проектувальника в умовах неповної, неточної і невизначеної інформації доцільно науковими методами оцінювати можливі альтернативи, фактори впливу та критерії оптимальності.

Закони України «Про стратегічну екологічну оцінку» [3, ст. 2] та «Про оцінку впливу на довкілля» [4, ст. 3] передбачають обов'язковість виконання екологічної оцінки документів державного планування, містобудівної, землевпорядної документації (у т. ч. проектів рекультивациі) стосовно можливого впливу на навколишнє середовище від реалізації відповідних проектів і програм. В контексті положень нового екологічного законодавства для оцінювання доцільності різних

видів і напрямів відновлення порушених земель за різних регіональних і локальних умов доцільним є залучення експертів. Таке оцінювання можуть здійснювати експерти, залучені до стратегічної екологічної оцінки проекту. При цьому для прийняття більш обґрунтованого і зваженого рішення доцільно оцінювати взаємодію факторів, що впливають на прийняття рішень, а не лише порівнювати альтернативні варіанти використання. Це дозволить отримувати більш обґрунтовані судження експертів стосовно кожного із можливих видів і напрямів подальшого використання порушених земель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню застосування експертних методів аналізу для розв'язання проблем вибору та розподілу ресурсів присвячені наукові дослідження у різних сферах діяльності. При оцінюванні досліджуваної проблеми для прийняття рішення надійні результати надають методи, що базуються на математичній обробці експертних суджень з аналізу проблеми. Це методи експертних оцінок (індивідуальні, колективні), апріорного ранжування, парних порівнянь, аналізу ієрархій, нечіткого логічного висновку та інші, які пропонують різні механізми прийняття рішення на підставі оцінки відносної важливості критеріїв вибору та переваг альтернатив.

Методи експертних оцінок полягають у прийнятті рішень на підставі проведення експертами логічного аналізу проблеми та формалізованої обробки експертних оцінок [5, с. 19].

Ранжування передбачає [6] впорядкування факторів, показників, параметрів за значимістю в розвитку досліджуваного процесу або об'єктів за їх рейтингом і здійснюється шляхом розташування у порядку убуття значимості, внеску або зменшення рейтингу. Значимість або рейтинг кожного фактору оцінюється за величиною рангу. Зазвичай ранжування здійснюють з метою видалення некомпетентних, несуттєвих або неважливих експертних оцінок або зменшення їх впливу у прийнятті рішення.

Метод парних порівнянь часто використовують для підвищення достовірності і точності експертного опитування. В результаті обробки матриць парних порівнянь отримують агреговані оцінки альтернатив. Методами агрегування експертних оцінок [7, с. 86] є методи: сум елементів рядків матриць, середнього геометричного, нормалізації елементів стовпців, комбінаторний метод, власного вектора та інші.

Порівняльна оцінка методів багатокритеріального аналізу за певними ознаками, позитивними

і негативними особливостями виконана у статті [8, с. 117]. Виділено велику суб'єктивність результатів усіх таких методів. У цій роботі також запропоновано алгоритми врахування компетентностей експертів за відповідним коефіцієнтом, агрегування експертних оцінок експертів різних експертних груп та визначення їх узгодженості при розв'язанні завдань раціонального вибору.

Ефективність методів комплексно визначається інтуїцією, обізнаністю експертів щодо сутності досліджуваної проблеми, закономірностей прояву явищ та процесів за різних умов, фаховістю, теоретичним та практичним досвідом роботи у відповідній сфері, відсутністю персональної зацікавленості експертів у альтернативних варіантах, взаємною незалежністю експертів, узгодженістю суджень усіх експертів.

Постановка завдання. Метою статті є розробка алгоритму встановлення узгодженості результатів оцінювання відносної доцільності різних напрямів і видів подальшого використання порушених земель на загальнодержавному і регіональному рівнях.

Виклад основного матеріалу дослідження. Узагальнено застосування експертних методів передбачає змістовне формулювання мети дослідження, кількісного та якісного складу групи експертів (однієї або декількох), складання анкети, проведення опитування, узагальнення, статистичний аналіз і математичну обробку експертних даних.

Методика планування раціонального використання порушених земель [9, с. 10] включає розроблення загальної ієрархічної моделі проблеми (рис. 1) та її аналіз у інваріантній та спеціальній частинах.

Така модель структурно складається з ієрархічних рівнів та зв'язків між ними. Вона містить цілі та розташовані на відповідних рівнях фактори впливу, які зумовлюють прийняття рішень для досягнення цілі. Зв'язки між факторами ієрархічних рівнів відображені лініями. Фактори певного рівня ієрархії r знаходяться під впливом факторів нижчого рівня $r+1$. При цьому фактори, що розташовані на одному рівні, є відносно незалежними.

На кожному рівні r моделі шляхом незалежного анкетування групи експертів виконується порівняльне оцінювання впливу факторів цього рівня на фактори суміжного вищого рівня $r-1$. Перелік питань у анкетах формується з орієнтацією на отримання цільової відповіді анкетування та подальшу статистичну обробку його результа-

тів за алгоритмом методу аналізу ієрархій (МАІ) [10, с. 49].

Очевидно, що результативність такого анкетування залежить від професійного рівня експертів та психологічних аспектів сприйняття ними поставлених в анкетуванні питань [11, с. 115]. У разі значної розбіжності позицій експертів отримані результати анкетування є непридатними для подальшої статистичної обробки.

Збільшення кількості експертів дозволить зменшити вплив помилкових або необгрунтованих експертних суджень на адекватність середніх експертних оцінок реальному стану досліджуваної проблеми.

Незважаючи на широке застосування МАІ та його переваги у вирішенні слабоструктурованих проблем, цей метод має недолік, що полягає у складності для експертів попарного порівняння значної кількості факторів, статистична узгодженість якого встановлюється лише після завершення математичної обробки експертних суджень в МАІ.

Аналіз ієрархії (рис. 1) за алгоритмом МАІ потребує виконання експертами 492 попарних порівнянь, зведених до 16 квадратних обернено симетричних матриць. Така кількість не лише досить обтяжлива для експертів, але і не усуває

можливої наявності похибок несумісності в експертних оцінках. При цьому узгодженість попарних порівнянь за алгоритмом МАІ встановлюється лише після завершення їх аналізу і отримання пріоритетів факторів. Можливий недопустимий ступінь узгодженості в такому разі зведе всю виконану експертами роботу нанівець. Якщо перед експертами формулювати завдання встановлення лише власної ваги (оцінки) кожного фактору, тоді попарні порівняння факторів формуються у матриці як відношення оцінок цих факторів.

Кількість оцінок у такому разі становить 156, що зменшує трудомісткість роботи експертів більше ніж у 3 рази.

Тому зазначений недолік МАІ пропонується усунути шляхом встановлення власної ваги (абсолютної оцінки) кожного фактора і виконання перевірки узгодженості експертних суджень безпосередньо після опитування експертів за допомогою апріорного ранжування (трансформування оцінок у ранги). Ступінь збігу думок експертів та статистичну значущість анкетування доцільно оцінювати за коефіцієнтом конкордації і χ -критерієм Пірсона.

Враховуючи можливу невідповідність кількості оцінюваних факторів і кількості оцінок, кожна оцінка експерта виражається числом нату-



Рис. 1. Загальна ієрархічна модель факторів планування раціонального використання порушених земель

рального ряду $1, \dots, n$. Найвищій оцінці відповідає число 1, найменшій – число n . Якщо всі оцінки різні, то відповідні числа натурального ряду є рангами оцінок експерта. Якщо серед оцінок експерта є однакові, то таким оцінкам призначається однаковий ранг, рівний середньому арифметичному серед відповідних чисел натурального ряду.

Коефіцієнт конкордації визначається за формулою [6]:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot l^2 \cdot (n^3 - n) - \frac{1}{12} l \sum_{j=1}^l T_j}, \quad (1)$$

де l – кількість експертів у анкетуванні; n – кількість ранжованих величин; T_j – поправка на співпадіння рангів у j -того експерта.

Поправка на співпадіння рангів визначається за формулою:

$$T_j = \sum_{p=1}^z (t_{jp}^3 - t_{jp}), \quad (2)$$

де z – кількість груп з однаковими рангами у j -того експерта; t_{jp} – кількість факторів у групі p .

Сума квадратів відхилень загальних рангів S обчислюється за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2, \quad (3)$$

$$\text{де } \Delta_i = \sum_{j=1}^l c_{ij} - R_c, \quad c_{ij}$$

– ранг i -го фактора у j -го експерта; R_c – середній сумарний ранг,

$$R_c = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l c_{ij}}{n}.$$

Статистична значимість отриманого коефіцієнту конкордації перевіряється критерієм Пірсона, який обчислюється за формулою:

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} l \cdot n(n+1) - \frac{1}{12} \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^l T_j}. \quad (4)$$

Якщо отримане значення критерію Пірсона перевищує його табличне значення $\chi_{табл.}^2$ для бажаного рівня вірогідності: $\chi^2 \geq \chi_{табл.}^2$, то це свідчить про збіг думок експертів стосовно визначених у анкетуванні питань.

У якості шкали оцінювання застосована 9-ти бальна шкала [10, с. 53]. За такою шкалою фактори оцінюються цілими числами від «0» до «9», що виражають їх пріоритетність. Оцінка «0» позначає відсутність впливу, а оцінки від «1» до «9» – ступені поступового збільшення впливу від слабкої переваги до повної (абсолютної) переваги за вербальною шкалою.

Приклад анкети, за якою експерти оцінюють усі зв'язки ієрархічної моделі (рис. 1), наведено у табл. 1.

Експертами є компетентні спеціалісти у сфері землеустрою, управління земельними ресурсами та містобудування, які мають достатній науково-практичний досвід у розв'язанні питань, пов'язаних із досліджуваною проблемою, компетентність яких сумнівів не викликає і судження яких можна вважати рівнозначними.

Для кожної із груп заходів землеустрою експертами оцінюється її відносна важливість при плануванні освоєння порушених земель.

Більша відносна важливість певної категорії рекультивованих земель, враховуючи потенційну ефективність використання при впровадженні відповідних заходів землеустрою, зумовлює більшу оцінку цієї категорії.

Більшу оцінку під час порівняння груп угідь одержує та група, використання якої у складі певної категорії земель може забезпечити досягнення більшого економічного, екологічного чи соціального ефекту. Окремі угіддя при оцінюванні можна вважати рівнозначними у складі відповідних груп. Враховуючи малу ймовірність і доцільність природоохоронного призначення при відновленні порушених земель у землі без рослинного покриву, землі під забудовою або сільськогосподарські землі (відповідно до складу земель за Земельним кодексом України [2, ст. 44]), такі групи угідь відносно зазначеної категорії земель отримали оцінки «0». Наслідком аналогічних міркувань експертів є оцінки інших факторів на інших рівнях моделі (табл. 1).

Приклад оформлення результатів ранжування експертних оцінок наведено у табл. 2.

Значення критерію Пірсона перевищують його табличні значення (для кількості ступенів свободи $f = k - 1$ (k – кількість ранжованих величин на відповідному ієрархічному рівні) і рівня значущості 5%), а значення коефіцієнту конкордації значно більші ніж 0 і близькі до 1 (табл. 2). Це свідчить про достатньо високий ступінь узгодженості експертних суджень.

Висновки. Узагальнено прийняття рішення являє собою вибір найкращого варіанту рішення із множини можливих альтернатив. У плануванні раціонального використання порушених земель для усунення суб'єктивності особистих уподобань проектувальника вибір раціонального напрямку рекультивації і виду подальшого використання порушених земель доцільно здійснювати на підставі математичної обробки експертних оцінок альтернатив і критеріїв вибору. У зв'язку із цим запропоновано алгоритм експертного оцінювання та узгодження експертних суджень.

Встановлено недолік МАІ, який полягає у складності для експертів попарного порівняння значної кількості факторів, статична узгодженість якого встановлюється лише після завершення математичної обробки експертних суджень за алгоритмом МАІ. Уникнути цього недоліку дозволить формування елементів матриць парних порівнянь як відношень абсолютних оцінок факторів. Встановлено, що таке

формування матриць парних порівнянь відносно традиційного оцінювання факторів ієрархічної моделі дозволить зменшити роботу експертів приблизно у три рази.

Таким чином, застосування апіорного ранжування дає можливість перевіряти узгодженість експертних суджень одразу після анкетування, а не лише після математичної обробки експертних оцінок за МАІ.

Таблиця 1

Бланк анкети експертного опитування

Рівень	Питання	Оцінки факторів								
2	Оцініть групи заходів землеустрою за ступенем відносної важливості для раціонального використання порушених земель	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.1 Технічні	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.2 Організаційно-правові	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.3 Соціально-економічні	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.4 Естетичні	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.5 Екологічні	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.6 Інформативні	2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Оцініть цільове призначення рекультивації відносно важливості застосування заходів землеустрою	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	-	-	-
	3.1 Сільськогосподарського призначення	9	9	9	0	6	9	-	-	-
	3.2 Житлової та громадської забудови	3	4	4	0	3	5	-	-	-
	3.3 Природно-заповідного фонду та ін. призначення природоохоронного	3	3	2	6	8	3	-	-	-
	3.4 Оздоровчого призначення	2	2	2	4	4	3	-	-	-
	3.5 Рекреаційного призначення	3	2	3	8	4	3	-	-	-
	3.6 Історико-культурного призначення	2	1	1	3	1	1	-	-	-
	3.7 Лісогосподарського призначення	7	7	8	0	7	6	-	-	-
	3.8 Водного фонду	5	6	6	0	7	6	-	-	-
	3.9 Промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та ін. призначення	2	4	2	0	5	4	-	-	-
4	Оцініть рекультивовані угіддя за доцільністю відновлення порушених земель із визначеним цільовим призначенням	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9
	4.1 Сільськогосподарські землі	9	2	0	0	0	0	2	2	1
	4.2 Ліси та інші лісовкриті землі	1	0	9	9	8	0	9	0	2
	4.3 Землі під забудовою	0	9	0	2	2	6	1	1	8
	4.4 Болота	0	0	2	0	0	0	2	2	1
	4.5 Землі без рослинного покриву	1	0	0	0	3	4	1	3	1
	4.6 Землі під водами	1	0	7	6	5	0	2	9	4
5	Оцініть параметри порушених земель за ступенем впливу на вибір виду рекультивованих угідь	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	-	-	-
	5.1 Ґрунти	9	8	2	9	4	4	-	-	-
	5.2 Геологічна будова і гідрогеологія	6	7	8	7	3	4	-	-	-
	5.3 Рельєф	5	6	7	3	2	3	-	-	-
	5.4 Планувальні параметри	4	4	3	2	7	3	-	-	-
	5.5 Дорожня інфраструктура	1	3	3	2	6	3	-	-	-
	5.6 Енергетична інфраструктура	1	1	5	1	1	1	-	-	-
	5.7 Інфраструктура водопостачання і водовідведення	4	3	5	4	1	9	-	-	-

**Результати ранжування рекультивованих угідь за доцільністю
відновлення порушених земель у землі водного фонду**

Групи угідь	Експерти										Результати ранжування				
	1		2		3		4		5		$\sum_{j=1}^m c_{ij}$	Δ_i	Δ_i^2	Середня оцінка	Середній ранг
	Експертні оцінки та їх ранги														
	оцінка a_{ij}	ранг c_{ij}	оцінка a_{ij}	ранг c_{ij}	оцінка a_{ij}	ранг c_{ij}	оцінка a_{ij}	ранг c_{ij}	оцінка a_{ij}	ранг c_{ij}					
СгЗем	2	3,5	2	3,5	3	3	1	4,5	3	2,5	17	2	4	2	3,5
ЛЗем	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	–	–	–	0	–
ЗемЗ	1	5	1	5	1	5	1	4,5	1	4,5	24	9	81	1	4,8
Б	2	3,5	2	3,5	2	4	2	3	1	4,5	18,5	3,5	12,25	1,8	3,6
ЗемБРП	3	2	3	2	4	2	3	2	3	2,5	10,5	-4,5	20,25	3,2	2,1
ЗемПВ	9	1	9	1	9	1	9	1	9	1	5	-10	100	9	1
<i>Результати</i>	$R_c = 15, \sum T_j = 30, S = 217,5, W = 0,916, \chi^2 = 18,32, \chi^2_{\text{табл}} = 11,09$														

Примітка: СгЗем – сільськогосподарські землі; ЛЗем – ліси та інші лісовкриті землі; ЗемЗ – землі під забудовою; Б – болота; ЗемБРП – землі без рослинного покриття; ЗемПВ – землі під водами.

Список літератури:

1. Терехов Є.В. Управління цільовим призначенням порушених відкритими гірничими розробками земель в аспекті сталого розвитку техногенних місцевостей. *Economics Bulletin*. 2014. № 1. С. 114–126.
2. Земельний кодекс України. Закон від 25.10.2001 № 2768-III // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (дата звернення 15.01.2019).
3. Закон України «Про стратегічну екологічну оцінку» від 20.03.2018 № 2354-VIII. База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19> (дата звернення 15.01.2019).
4. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення 15.01.2019).
5. Блюмин С.Л., Шуйкова І.А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк : ЛЭГИ, 2001. 138 с.
6. Тарасов Р.В., Макарова Л.В., Бахтулова К.М. Оценка значимости факторов методом априорного ранжирования. Современные научные исследования и инновации. 2014. № 4. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/04/33181> (дата звернення 15.01.2019).
7. Циганок В.В. Визначення ефективності методів агрегації експертних оцінок при використанні парних порівнянь. Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2009. Т. 11. № 2. С. 83–89.
8. Калініна І.О., Гожий О.П., Мусенко Г.О. Врахування компетентності експертів у методах багатокритеріального аналізу в задачах раціонального вибору. *Наукові праці. Комп'ютерні технології*. Випуск 179. Том 191. 2012. С. 116–123.
9. Міхно П.Б. Методичні засади планування раціонального використання порушених земель : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.24.04 «Кадастр і моніторинг земель». Київ, 2017. 21 с.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва : Радио и связь, 1993. 320 с.
11. Міхно П.Б. Особливості експертного підходу до проблеми планування раціонального відновлення порушених земель. International Multidisciplinary Conference «Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland» Wolomin, Republic of Poland. 2018. Vol. 6. Pp. 114–116.

АПРИОРНОЕ РАНЖИРОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Рассмотрен порядок экспертного оценивания нарушенных земель. Установлено, что планировать рациональное использование нарушенных земель можно или непосредственно оценивая возможные альтернативные варианты использования, или оценивая связи между факторами проблемы. Предложено формировать элементы матриц парных сравнений как отношения абсолютных оценок факторов. Предложен механизм количественной оценки согласованности суждений экспертов. Для обработки результатов экспертного опроса и определения степени согласованности экспертных суждений применены метод априорного ранжирования, коэффициент конкордации и критерий Пирсона.

Ключевые слова: экспертные оценки, априорное ранжирование, ранг, нарушенные земли, коэффициент конкордации, критерий Пирсона.

APRIORI RANKING FOR ASSESSMENT OF DISTURBED LANDS

The grounds and procedure for expert assessment of disturbed lands are considered. It has been established that can be planed rational use of disturbed lands either directly by assessing possible alternative uses, or by assessing the connections between the factors of the problem. It is proposed to form the elements of the matrix of pairwise comparisons as a attitude of absolute assessments of factors. A mechanism for quantifying the degree of consistency of expert judgments is proposed. To process the results of the expert survey and determine the degree of consistency of expert judgments, a priori ranking method, a concordance factor and Pearson's criterion are applied.

Key words: *expert assessments, priori ranking, rank, disturbed lands, concordance factor, Pearson's criterion.*