

# ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 528.4:711

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Винарчик Л.В., Хавар Ю.С., Губар Ю.П.

Національний університет «Львівська політехніка»

Цінність земель населених пунктів полягає у їх здатності приносити додатковий прибуток. Прибуток в основному утворюється завдяки місцезосташуванню земельної ділянки та інфраструктурному облаштуванню території. У статті проведено дослідження застосування економіко-математичного підходу до оцінки земельних ділянок. Наведемо приклад застосування економіко-математичних розробок у визначенні найзначнішого фактору, який впливає на вартість земельних ділянок у середніх та малих містах. Застосуємо метод множинного коефіцієнта рангової кореляції.

**Ключові слова:** землі населених пунктів, оцінка земель, формування вартості земельних ділянок, коефіцієнт конкордації, локальні фактори.

**Постановка проблеми.** З кожним роком щільність забудови міст зростає, і залишається все менше вільних від забудови територій, що призводить до збільшення вартості земельних ділянок. А тому постає все більша потреба в оцінці земельних ділянок, при цьому є необхідним встановлення достовірності та об'єктивності результатів оцінки та окремих експертних висновків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розвиток міста нерозривно пов'язаний з територією, на якій воно знаходиться. Територіальні аспекти діяльності вже давно стали центром особливої уваги спеціалістів різних галузей. Важливим елементом стратегічного управління розвитком міста з одного боку повинно стати планування використання його території та впровадження в оцінку землі економіко-математичних розробок, а з іншого – вплив уже сформованої функціонально-планувальної структури населеного пункту на ціну земельних ділянок. Ці питання висвітлені у праці [1]. Також автори досліджують проблеми та визначають перспективи розвитку функціонально-планувальної структури міста. Проводять дослідження на основі економіко-математичних розробок.

Теоретико-методологічні питання експертних методів в контексті науково-технічних досліджень і управління розглядаються в монографії [3].

У статті [7] проведено дослідження впливу локальних факторів на вартість земельних ділянок при нормативній та експертній грошовій оцінці земель. Розглядається відношення ціни земельних ділянок до їх віддаленості від центру міста на основі їх парних якісних порівнянь між собою з урахуванням різних факторів.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Дослідженням впливу різних факторів на вартість земельних ділянок населених пунктів займаються багато дослідників. В умовах сучасності це надзвичайно актуальне питання. Проте залишається невирішеним частина питання щодо достовірності використання у малих та середніх містах факторів впливу на вартість земельних ділянок. Розглянемо дане

питання з точки зору економіко-математичного підходу.

**Мета статті.** За допомогою досліджень показати, як за допомогою економіко-математичного підходу можна встановити пріоритетність факторів в оцінці земельних ділянок населених пунктів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вирішення даних питань повинно базуватись на врахуванні впливу локальних факторів. Наведемо приклад застосування економіко-математичних розробок у визначенні найзначнішого фактору, який впливає на вартість земельних ділянок у середніх та малих містах. Застосуємо метод множинного коефіцієнта рангової кореляції – коефіцієнт конкордації та перевіримо значущість коефіцієнта конкордації за критерієм Пірсона. Для цього використаємо статичні дані по продажу земельних ділянок, в яких запропонуємо десятьом експертам проранжувати п'ять факторів за ступенем їх впливу на вартість земельних ділянок. Розглянемо наступні фактори: 1 – земельна ділянка прилягає до дороги з твердим покриттям; 2 – земельна ділянка прилягає до вулиці із каналізацією; 3 – земельна ділянка розташована в зоні пішохідної доступності до громадських центрів; 4 – земельна ділянка розташована в зоні пішохідної доступності до парків та лісопарків; 5 – земельна ділянка прилягає до вулиці із тепломережею. Дані фактори є основою опитувальної анкети, яка надавалась експертам для оцінки відносної важливості кожного фактора за 10-бальною шкалою. В інтервалі від 1 до 10 балів експерт мав визначити певну кількість балів, зокрема однакова кількість балів могла надаватись двом і більше факторам, якщо експерт вважав ці фактори рівнозначними.

За даними анкетування формується матриця балів, на основі якої складається матриця рангів. Ранг – це порядковий номер, що визначає місце кожного фактора в загальній сукупності. Ранги зазвичай відповідають числам натурального ряду 1, 2, 3 ...,  $n$  де  $n$  – кількість ранжованих показників. Ранг, що дорівнює одиниці присвоюється найважливішому фактору. Якщо експерт надав

однакову кількість балів декільком факторам, то їм присвоюються стандартизовані ранги, які обчислюються як частка від ділення суми місць, зайнятих факторами з однаковими рангами до загальної кількості таких альтернатив.

Для оцінки узагальненої міри узгодженості думок за всіма напрямками (факторами, параметрами) використовуємо коефіцієнт конкордації

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^n d_j^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (1)$$

де  $m$  – кількість експертів;

$n$  – кількість факторів;

$d_j$  – відхилення суми рангів окремого  $j$  фактору від середнього значення всіх факторів.

Значення  $d_j$  обчислюємо за формулою:

$$d_j = S_j - \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n}, \quad (2)$$

де  $S_j$  – сума рангів  $j$  фактору.

Проаналізувавши результати вищенаведеної таблиці, можемо зробити висновок про найбільшу значущість у формуванні ціноутворення територій малих та середніх міст третього та першого факторів, тобто впливу віддаленості громадських центрів від оцінюваної земельної ділянки та її прилягання до дороги з твердим покриттям. Найменш значу-

щим фактором прилягання ділянки до вулиці із каналізацією та тепломережею. Сформуємо матрицю рангів з метою встановлення рангів експертів.

Представлені результати дозволяють зробити висновок, що найвищий ранг мають відразу чотири експерта – 4-ий, 5-ий, 7-ий, 9-ий, найнижчий ранг має 1-ий експерт.

Для визначення тісноти зв'язку між довільним числом ранжованих ознак застосовується множинний коефіцієнт рангової кореляції (коефіцієнт конкордації), але оскільки існують зв'язні ранги то спершу обчислимо поправку  $T$  на зв'язні ранги за формулою:

$$\sum_{i=1}^m T_i = \sum_{i=1}^e (t_e^3 - t_e), \quad (3)$$

де  $e$  – кількість груп зв'язаних (однакових факторів);

$t_e$  – кількість рангів зв'язаних рангів кожної групи.

Отже, коефіцієнт конкордації рівний

$$W = \frac{12 \times 945,2}{10^2 \times (5^3 - 5) - 10 \times 58} = 0,993$$

Коефіцієнт конкордації може приймати значення від 0 до 1. Чим більше значення коефіцієнта конкордації, тим вища ступінь узгодженості думок експертів. При  $W=1$  є повна узгодженість думок експертів; якщо  $W=0$ , то узгодженість практично відсутня.

Таблиця 1

Ранги оцінки факторів

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	6	5	7	7	6	4	5	7	61	10,6	112,36
2	4	4	2	3	4	5	3	5	4	3	37	-13,4	179,56
3	9	6	5	7	7	7	8	7	8	6	70	19,6	384,16
4	7	7	4	5	3	6	5	4	4	5	50	-0,4	0,16
5	5	3	2	4	3	5	2	3	3	4	34	-16,4	268,96
Σ	31	28	19	24	24	30	24	23	24	22	252		945,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 2

Визначення рангів експертів

Назва рангів експертів	Експерти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сума	31	28	19	24	24	30	24	23	24	22
Середнє значення	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9	24,9
Відхилення	6,1	3,1	-5,9	-0,9	-0,9	5,1	-0,9	-1,9	-0,9	-2,9
Ранг експерта	7	4	6	1	1	5	1	2	1	3

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 3

Визначення рангів експертів (виключено 1-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	-	8	6	5	7	7	6	4	5	7	55	10,8	116,64
2	-	4	2	3	4	5	3	5	4	3	33	-11,2	125,44
3	-	6	5	7	7	7	8	7	8	6	61	16,8	282,24
4	-	7	4	5	3	6	5	4	4	5	43	-1,2	1,44
5	-	3	2	4	3	5	2	3	3	4	29	-15,2	231,04
Σ											221		756,8

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 4

## Визначення рангів експертів (виключено 2-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	-	6	5	7	7	6	4	5	7	53	8,4	70,56
2	4	-	2	3	4	5	3	5	4	3	33	-11,6	134,56
3	9	-	5	7	7	7	8	7	8	6	53	18,4	338,56
4	7	-	4	5	3	6	5	4	4	5	43	-1,6	2,56
5	5	-	2	4	3	5	2	3	3	4	31	-13,6	184,96
Σ											223		731,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 5

## Визначення рангів експертів (виключено 3-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	-	5	7	7	6	4	5	7	55	8,4	70,56
2	4	4	-	3	4	5	3	5	4	3	35	-11,6	134,56
3	9	6	-	7	7	7	8	7	8	6	65	18,4	338,56
4	7	7	-	5	3	6	5	4	4	5	46	-0,6	0,36
5	5	3	-	4	3	5	2	3	3	4	32	14,6	213,16
Σ											233		757,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 6

## Визначення рангів експертів (виключено 4-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	6	-	7	7	6	4	5	7	56	10,4	108,16
2	4	4	2	-	4	5	3	5	4	3	34	-11,6	134,56
3	9	6	5	-	7	7	8	7	8	6	63	17,4	302,76
4	7	7	4	-	3	6	5	4	4	5	45	-0,6	0,36
5	5	3	2	-	3	5	2	3	3	4	30	-15,6	243,36
Σ											228		789,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 7

## Визначення рангів експертів (виключено 5-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	6	5	-	7	6	4	5	7	54	8,4	70,56
2	4	4	2	3	-	5	3	5	4	3	33	-12,6	158,76
3	9	6	5	7	-	7	8	7	8	6	63	17,4	302,76
4	7	7	4	5	-	6	5	4	4	5	47	1,4	1,96
5	5	3	2	4	-	5	2	3	3	4	31	-14,6	213,16
Σ											228		747,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 8

## Визначення рангів експертів (виключено 6-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	6	5	7	-	6	4	5	7	54	9,6	92,16
2	4	4	2	3	4	-	3	5	4	3	32	-12,4	153,76
3	9	6	5	7	7	-	8	7	8	6	63	18,6	345,96
4	7	7	4	5	3	-	5	4	4	5	44	-0,4	0,16
5	5	3	2	4	3	-	2	3	3	4	29	-15,4	237,16
Σ											222		829,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Статистичне значення коефіцієнта конкордації перевіряється за критерієм Пірсона ( $\chi_p^2$ )

$$\chi_p^2 = \frac{\sum_{j=1}^n d^2}{\frac{1}{12} \left[ mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m T_i \right]} \quad (4)$$

На основі раніше розрахованих даних отримаємо

$$\chi_p^2 = \frac{945,2}{\frac{1}{12} \left[ 10 \times 5 \times (5+1) - \frac{1}{5-1} \times 58 \right]} = 39,728$$

Розраховане значення  $\chi_p^2$  співставимо з табличним значенням  $\chi_i^2$  для  $n-1$  ступенів свободи

та довірчої ймовірності ( $P=0,95$  або  $P=0,99$ ). Якщо  $\chi_p^2 > \chi_i^2$ , то коефіцієнт конкордації істотний, якщо ж  $\chi_p^2 < \chi_i^2$ , то необхідно збільшити кількість експертів. Для наведеного прикладу при 5-1 ступенів свободи та  $P=0,95$ ,  $\chi_i^2 = 9,488$ , а для  $P=0,99$ ,  $\chi_i^2 = 13,278$ . Оскільки  $\chi_p^2 > \chi_i^2$ , то коефіцієнт конкордації статистично істотний. Отже, з ймовірністю 0,95 можна стверджувати, що існує певна узгодженість думок експертів відносно факторів, які впливають на ціноутворення земельних ділянок у малих та середніх містах.

При оцінці узгодженості думок експертів важливо визначити, в якій мірі кожний експерт впливає на узагальнену узгодженість групи. Для цього

Таблиця 9

Визначення рангів експертів (виключено 7-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	6	5	7	7	-	4	5	7	55	9,4	88,36
2	4	4	2	3	4	5	-	5	4	3	34	-11,6	134,56
3	9	6	5	7	7	7	-	7	8	6	62	16,4	268,96
4	7	7	4	5	3	6	-	4	4	5	45	-0,6	0,36
5	5	3	2	4	3	5	-	3	3	4	32	-13,6	184,96
Σ											228		677,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 10

Визначення рангів експертів (виключено 8-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	6	5	7	7	6	-	5	7	57	11,2	125,44
2	4	4	2	3	4	5	3	-	4	3	32	-13,8	190,44
3	9	6	5	7	7	7	8	-	8	6	63	17,2	295,84
4	7	7	4	5	3	6	5	-	4	5	46	0,2	0,4
5	5	3	2	4	3	5	2	-	3	4	31	-14,8	219,04
Σ											229		831,16

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 11

Визначення рангів експертів (виключено 9-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	6	5	7	7	6	4	-	7	56	10,4	108,16
2	4	4	2	3	4	5	3	5	-	3	33	-12,6	158,76
3	9	6	5	7	7	7	8	7	-	6	62	16,4	268,96
4	7	7	4	5	3	6	5	4	-	5	46	0,4	0,16
5	5	3	2	4	3	5	2	3	-	4	31	-14,6	213,16
Σ											228		749,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

Таблиця 12

Визначення рангів експертів (виключено 10-го експерта)

Фактори	Експерти										Σ рангів	d <sub>j</sub>	d <sub>j</sub> <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	6	8	6	5	7	7	6	4	5	-	54	8,6	73,96
2	4	4	2	3	4	5	3	5	4	-	34	-11,4	129,96
3	9	6	5	7	7	7	8	7	8	-	64	18,6	345,96
4	7	7	4	5	3	6	5	4	4	-	45	-0,4	0,16
5	5	3	2	4	3	5	2	3	3	-	30	-15,4	237,16
Σ											227		787,2

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3]

го послідовно з розрахунків виключається один експерт та проводяться обчислення. У таблицях 3-12 приведемо визначення рангів експертів без врахування думок виключеного експерта.

На наступному етапі визначимо експертів, оцінка яких негативно вплинула на ступінь узгодженості думок експертів, і тих, думка яких позитивно вплинула на загальну узгодженість. Для цього необхідно обчислити коефіцієнти конкордації користуючись даними таблиць 3-12.

Таблиця 13

#### Коефіцієнт конкордації, обчислений шляхом послідовного виключення одного з експертів

Виключається експерт	Коефіцієнт конкордації, W	Коефіцієнт Пірсона, $\chi$
1	2	3
0	0,993	39,728
1	0,987	35,544
2	0,954	34,342
3	0,988	35,563
4	1,004	36,147
5	0,951	34,223
6	1,041	37,478
7	0,852	31,805
8	1,042	37,495
9	0,977	35,187
10	0,994	35,782

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 3, 5]

Якщо при виключенні певного експерта коефіцієнт конкордації зростає, то такі експерти негативно впливають на ступінь узгодженості всієї групи експертів. І, навпаки, якщо коефіцієнт конкордації знижувався, то виключені із групи експерти позитивно впливали на загальну узгодженість думок. Враховуючи що коефіцієнт конкордації за участі всієї групи експертів становить 0,993, то до експертів які негативно впливають на ступінь узгодженості всієї групи відносяться: 4-ий, 6-ий, 8-ий; найпозитивніше

на ступінь узгодженості думок впливають: 2-ий, 5-ий, 7-ий та 9-ий експерти. Варто зазначити, що відсутність будь-якого із експертів суттєво не вплинуло на загальний рівень узгодженості думок експертів.

У таблиці 14 наведемо результати розрахунків статистичних показників.

Таблиця 14

#### Статистична оцінка порівняльної важливості факторів

Фактори	Середнє значення балів	Середнє значення рангів	Коефіцієнт активності експертів	Середня вага показника
1	6,1	1,7	1,0	0,242
2	3,7	3,6	1,0	0,147
3	7,0	1,4	1,0	0,278
4	5,0	2,6	1,0	0,198
5	3,4	3,9	1,0	0,135

Джерело: розроблено авторами за даними [3, 5]

Найважливішим вважається фактор, який характеризується найбільшим значенням середнього балу, мінімальним розміром середнього рангу, максимальним значенням середньої ваги показника. Дані таблиці 14 свідчать про те, що експерти надали перевагу третьому фактору, тобто найбільш значущим фактором що впливає на вартість земельних ділянок населених пунктів є знаходження земельної ділянки в зоні пішохідної доступності до громадських центрів, натомість прилягання земельної ділянки до вулиці з тепломережею має незначний вплив на вартість земельної ділянки.

**Висновки з даного дослідження та перспективи.** В результаті виконаних досліджень показано, як за допомогою економіко-математичного підходу можемо встановити пріоритетність факторів в оцінці земельних ділянок малих та середніх міст, визначити ступінь узгодженості думок експертів та ступінь достовірності оцінки кожним експертом зокрема.

#### Список літератури:

1. Перович І. Л. Економіко-математичний підхід до оцінки землі населених пунктів на основі їх функціонально-планувальної структури / І. Л. Перович, Л. В. Винарчик // Геодезія, картографія і аерофотознімання: міжвідомчий науково-технічний збірник – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – Випуск 78. – С. 241-247.
2. Оцінка ступеня узгодженості думок експертів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://buklib.net/books/32686/>.
3. Грабовецький Б. С. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання / Монографія – Вінниця: ВНТУ, 2000. – 171 с.
4. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні: [навч.-метод. посібник] / Ю. Ф. Дехтяренко, М. Г. Лихогруд, Ю. М. Манцевич, Ю. М. Палеха. – К.: Профі, 2007. – 624 с.
5. Економіко-математичне моделювання [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://visnik.knteu.kiev.ua/files/2011/06/12.pdf>.
6. Таблиці функцій та критичних точок розподілів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://univer.nuczu.edu.ua/tmp\\_metod/184/Tablici.pdf](http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/184/Tablici.pdf).
7. Бавровська Н. М. Аналіз світового досвіду оцінки міських земель / Н. М. Бавровська // Ефективна економіка. – 2011. – № 12.
8. Сай В. М. Функціонально-планувальні аспекти формування вартості земельних ділянок населених пунктів / В. М. Сай, Л. В. Винарчик // Молодий вчений. – 2016. – № 5. – С. 253-257.

**Вынарчык Л.В., Хавар Ю.С., Губар Ю.П.**

Национальный университет «Львовская политехника»

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

### **Аннотация**

Ценность земель населенных пунктов заключается в их способности приносить дополнительную прибыль. Прибыль в основном образуется благодаря месторасположению земельного участка и инфраструктурному обустройству территории. В статье проведено исследование применения экономико-математического подхода к оценке земельных участков. Приведем пример применения экономико-математических разработок в определении значительного фактора, который влияет на стоимость земельных участков в средних и малых городах. Применим метод множественного коэффициента ранговой корреляции.

**Ключевые слова:** земли населенных пунктов, оценка земель, формирование стоимости земельных участков, коэффициент конкордации, локальные факторы.

**Vynarchyk L.V., Khavar Yu.S., Hubar Yu.P.**

National University «Lviv Polytechnic»

## **APPLICATION OF ECONOMIC-MATHEMATICAL APPROACH TO EVALUATION OF THE LAND OF SETTLEMENTS**

### **Summary**

The value of land settlements is their ability to generate additional revenue. Profits are mainly formed due to the location of the land and the construction of infrastructure areas. The article deals with the application of the economic-mathematical approach to the evaluation of land plots. Here is an example of applying economic and mathematical developments to determine the most significant factor affecting the value of land in medium and small cities. Apply the method of a plural coefficient of rank correlation.

**Keywords:** land settlements, land valuation, formation value of land, coefficient of concordance, local factors.