
ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНАТОРИКИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ОБМІНУ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК В МАСИВАХ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М.А. МАЛАШЕВСЬКИЙ,

Інститут землекористування НААН України

e-mail: mykola.malashevskiy@gmail.com

О.А. МАЛАШЕВСЬКА,

Національний університет біоресурсів та природокористування України

e-mail: olenamalashevaska@gmail.com

Анотація. У статті розглядається питання моделювання перерозподілу земель в масивах земель сільськогосподарського призначення з метою консолідації земель. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю оптимізації структури землекористування в межах масивів земель сільськогосподарського призначення, впровадження заходів щодо консолідації земель. Дослідження має на меті обґрунтування застосування комбінаторики з метою вдосконалення обміну земельних ділянок, а саме підбору альтернативних варіантів земельних ділянок в межах масивів земель сільськогосподарського призначення. Розрахунки базуються на виборі обмінюваних земельних ділянок таким чином, щоб забезпечити оптимальні для сільськогосподарської діяльності просторові характеристики земельних ділянок. Запропоновано розрахунок варіантів формування консолідованого землекористування землевласником, який має право володіння переважною частиною типового масиву земель сільськогосподарського призначення. Отримані результати можуть бути використані в при реалізації проектів комплексної та індивідуальної консолідації земель; при оптимізації землекористувань шляхом суборенди земельних ділянок; як матеріали для підтримки прийняття рішень територіальними громадами щодо оптимізації землекористування; в наступних наукових дослідженнях, які стосуються просторового впорядкування землеволодінь і землекористувань.

Ключові слова: комбінаторика, консолідація земель, обмін земельних ділянок, перерозподіл земель, математичне моделювання.

Актуальність.

Закордонний досвід підтверджує, що консолідація земель – один із найбільш дієвих заходів вдосконалення просторових характеристик земельних ділянок з метою формування сталого землекористування. Серед значної кількості методів і механізмів консолідації земель вагоме місце посідає обмін земельних ділянок [1]. Зважаючи на структуру сільськогосподарських земель та проблему формування черезсмужних земельних ділянок значна увага в Україні надається оптимізації землекористування в масивах земель сільськогосподарського призначення. Зокрема, здійснено спробу унормувати це питання положеннями Закону України № 2498-VIII «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вирішення питання колективної власності на землю, удосконалення правил землекористування у масивах земель сільськогосподарського призначення, запобігання рейдерству та стимулювання зрошення в Україні» [2].

Проте, питання удосконалення механізмів обміну (суборенди - як обміну правами користування) залишається відкритим питанням, особливо у контексті вдосконалення технічної складової процесу

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій.

Питання оптимізації консолідації земель широко розглядається у дослідженнях А. Hendricks, А. Vitikainen, D. Demetriou, R. Giovarelli, D. Bledsoe, M. Hartvigsen, J. Thomas та інших. У працях Ja. Janus, E. Ertunc, Ya. Inceyol, T. Cay та інших досліджується проблематика моделювання обміну у

складі консолідації земель та як окремого заходу. Проте, питання математичного моделювання обміну земель в умовах України не знайшло вичерпного відображення у наукових джерелах. Як правило існуючі дослідження акцентують увагу на правових та інституційних аспектах обміну та консолідації земель. Широкі можливості впровадження математичного апарату для автоматизації та оптимізації обміну земель не використані.

Мета дослідження – обґрунтувати застосування комбінаторики з метою вдосконалення обміну земельних ділянок.

Матеріали і методи наукового дослідження.

Консолідація земель має на меті формування земельних ділянок з оптимальними просторовими характеристиками серед можливих варіантів. Питання обміну земельних ділянок в межах масивів земель сільськогосподарського призначення передбачає пошук оптимальних варіантів перерозподілу [3]. Пропонується при проведенні рівноцінного обміну земельних ділянок в межах масиву земель сільськогосподарського призначення варіанти перерозподілу розраховувати застосовуючи комбінаторику [4].

При обґрунтуванні розміщення земельних ділянок враховується, що консолідоване землеволодіння повинне бути компактним, за формою наближене до прямокутника із співвідношенням сторін не більше, ніж 1:4 [5].

Розглянемо земельний масив, який включає n земельних ділянок. Кількість варіантів розміщення m консолідованих земельних ділянок за умови, що $n > m$ становить:

$$N = \frac{n!}{(n-m)!} \quad (1)$$

За умови, що масив включає земельних ділянок кількість варіантів N формування консолідованого землеволодіння $d \times p$ земельних ділянок із можливістю залучення всіх земельних ділянок масиву становить:

$$N = (n_l - p + 1) \times C_{n_l - d + 1}^1 \times P_{p \times d}, \quad (2)$$

$$N = (n_l - p + 1) \times \left(\frac{(n_h - d + 1)!}{(n_h - d + 1 - 1)!} \times (d \times p)! \right), \quad (3)$$

$$N = (n_l - p + 1) \times (n_h - d + 1) \times (d \times p)!. \quad (4)$$

Для цілей усунення черезсмужжя розглянемо розміщення консолідованих земельних ділянок на межі земельного масиву.

Кількість варіантів розміщення окремої земельної ділянки на межі земельного масиву складає:

$$N = 2C_{n_h}^1 + 2C_{n_l - 2}^1, \quad (5)$$

$$N = 2 \left(\frac{n_h!}{(n_h - 1)!} \right) + 2 \left(\frac{(n_l - 2)!}{(n_l - 3)!} \right), \quad (6)$$

тоді

$$N = 2(n_h + n_l - 2). \quad (7)$$

Розглянемо розміщення m земельних ділянок на межі земельного масиву із n земельних ділянок розміром земельних ділянок.

Початкова умова розрахунку варіантів перерозподілу:

$$\begin{cases} 1 < m \leq n_h, \\ 1 < m \leq n_l. \end{cases} \quad (8)$$

Кількість варіантів розміщення m консолідованих земельних ділянок на межі земельного масиву становить:

$$N = 2(C_{n_h - m + 1}^1 \times P_m) + 2(C_{n_l - m + 1}^1 \times P_m). \quad (9)$$

Тобто,

$$N = 2m! \left(\frac{(n_h - m + 1)!}{(n_h - m)!} + \frac{(n_l - m + 1)!}{(n_l - m)!} \right), \quad (10)$$

$$N = 2m!(n_h + n_l - 2m + 2). \quad (11)$$

Визначена за формулою (11) кількість перестановок у межах консолідованого земельного масиву визначає можливість оптимального підбору рівноцінних земельних ділянок при обміні.

Розглянемо розміщення консолідованих земельних ділянок на межі земельного масиву, у формі прямокутника розмірами $d \times p$ земельних ділянок:

$$d \times p = m, \quad (12)$$

де m - загальна кількість перерозподілених земельних ділянок.

Розглядається випадок, коли виконуються умови:

$$\begin{cases} n_h \geq d, \\ n_l \geq p, \\ d \neq p. \end{cases} \quad (13)$$

Загальна кількість варіантів перерозподілу земельних ділянок за заданими умовами:

$$N = 2(C_{n_h - d + 1}^1 \times P_m) + 2(C_{n_l - d + 1}^1 \times P_m) \quad (14)$$

Тоді:

$$N = 2 \left(\frac{(n_h - d + 1)!}{(n_h - d + 1 - 1)!} \times (d \times p)! \right) + 2 \left(\frac{(n_l - d + 1)!}{(n_l - d + 1 - 1)!} \times (d \times p)! \right), \quad (15)$$

$$N = 2(n_h - d + 1)(d \times p)! + 2(n_l - d + 1)(d \times p)!, \quad (16)$$

$$N = 2(d \times p)!(n_h - d + 1 + n_l - d + 1), \quad (17)$$

$$N = 2(d \times p)!(n_h + n_l - 2d + 2). \quad (18)$$

Якщо $p=1$, тоді $d = m$, отже, з формули (18) отримаємо формулу (11).

Розглянемо випадок, коли масив має форму, n -кутника, на i -й стороні якого розміщується n земельних ділянок.

Тоді за умови:

$$1 < m \leq n_i \quad (19)$$

кількість варіантів розміщення m земельних ділянок на межі такого земельного масиву становить:

$$N = \sum_{i=3}^n (C_{n_i-m+1}^1 \times P_m) \quad (20)$$

Тобто:

$$N = m! \sum_{i=3}^n \frac{(n_i - m + 1)!}{(n_i - m)!}, \quad (21)$$

$$N = m! \sum_{i=3}^n n_i - m + 1. \quad (22)$$

Загальна кількість варіантів обміну при виконанні умов:

$$\begin{cases} n_h \geq d, \\ n_l \geq p \end{cases} \quad (23)$$

становить:

$$N = 2(C_{n_h-d+1}^1 \times P_m) + 2(C_{n_l-p-1}^1 \times P_m), \quad (24)$$

$$N = 2 \left(\frac{(n_h - d + 1)!}{(n_h - d + 1 - 1)!} \times (d \times p)! \right) + 2 \left(\frac{(n_l - p - 1)!}{(n_l - p - 1 - 1)!} \times (d \times p)! \right), \quad (25)$$

$$N = 2(n_h - d + 1)(d \times p)! + 2(n_l - p - 1)(d \times p)!, \quad (26)$$

$$N = 2(d \times p)!(n_h - d + 1 + n_l - p - 1), \quad (27)$$

$$N = 2(d \times p)!(n_h + n_l - d - p). \quad (28)$$

Формула (28) може застосовуватися, коли $d=p$. Якщо $d=p=1$, тоді з формули (28) отримуємо формулу (7).

Як доводить формула (28), розміщення консолідованих земельних ділянок $d \times p$ має однакову кількість варіантів, незалежно від розміщення вздовж певної із сторін земельного масиву.

Результати дослідження та їх обговорення.

Розглянемо пошук альтернативних варіантів обміну земельних ділянок в межах масивів, зображених на рис.1.

Для земельного масиву на рис. 1 «а», який включає 162 земельні ділянки, кількість варіантів розміщення 5 консолідованих земельних ділянок на межі земельного масиву відповідно до формули (9) становлять:

$$N=5!500=6000.$$

Для земельного масиву на рис. 1 «б», який включає 197 земельних ділянок, кількість варіантів розміщення 5 консолідованих земельних ділянок на межі земельного масиву відповідно до формули становлять $5!45=5400$.

Розглянемо формування в межах земельного масиву на рис.1 «б» консолідованого землекористування особою, якій належить право користування істотною частиною масиву земель сільськогосподарського призначення (далі - консолідоване землекористування). Для даного масиву виходячи з положень Земельного кодексу України таке консолідоване землекористування включатиме не менше, ніж 122 земельні ділянки.

Мінімальна кількість варіантів формування консолідованого землекористування буде розрахована із застосуванням формул (9) і становить:

$$N = P_{40} \times C_{27}^1$$

$$N = 40! 27 = 8,16 \cdot 10^{47} *$$



Рис. 1. Масиви земель сільськогосподарського призначення, в межах яких здійснюється обґрунтування альтернативних варіантів обміну земельних ділянок

При цьому враховується умова, що черезсмужні земельні ділянки розміщуються на межі земельного масиву. У цьому випадку консолідоване землекористування сформоване таким чином, що кожна земельна ділянка, яка в нього входить (крім кутових) межує щонайменше з двома земельними ділянками, які теж входять в таке землекористування. Якщо така умова не встановлена, то кількість варіантів формування консолідованого землекористування становить:

$$N = C_{66}^{40} = 135 \cdot 10^{66} *$$

Кількість варіантів формування консолідованого землекористування землевласником, який має право володіння переважною частиною земельного масиву, вказує на доцільність автоматизації та моделювання обміну земельних ділянок з метою консолідації в межах масивів земель сільськогосподарського призначення.

Моделювання обміну земельних ділянок на основі комбінаторики було включено до моделей консолідації та перерозподілу земель, представлених у роботах [6-9], які базуються на евристичному [6], оптимізаційному методах [7, 8] та їх поєднанні [9].

Висновки і перспективи.

Зважаючи на структуру сільськогосподарських земель, доцільно визначати можливі варіанти обміну земельних ділянок із застосуванням комбінаторики. В основі обґрунтування покладено формування землеволодіння з оптимальними для сільськогосподарської діяльності конфігурацією та розміщенням. Обґрунтовано як пошук варіантів обміну для окремої черезсмужної земельної ділянки, так і для формування консолідованого землекористування землевласником, який має право володіння переважною частиною земельного масиву.

Визначення варіантів обміну земельних ділянок використано при моделюванні з використанням евристичного та оптимізаційного методів, зокрема, при побудові оптимізаційної моделі. Запропоновані підходи можуть бути використані для оцінки перерозподілу за оптимізаційним методом.

Список літератури

1. Teijeiro D. Optimizing parcel exchange among landowners: A soft alternative to land consolidation. *Computers / D. Teijeiro, E. C. Rico, J. Porta, J. Parapar, R. Doallo // Environment and Urban Systems. - 2020. - № 79.*
2. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вирішення питання колективної власності на землю, удосконалення правил землекористування у масивах земель сільськогосподарського призначення, запобігання рейдерству та стимулювання зрошення в Україні: Закон України / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. – 2018. – № 37. – ст. 277.
3. Mihajlovic R. Optimization of Land Distribution in Land Consolidation / R. Mihajlovic, M. Miladinovic, M. Šoškić // *Geodetski list.* – 2011. – № 2. – P. 109-121.
4. Malashevskiy M. The theory of combinations for land plot exchange modelling in the course of land consolidation/ M. Malashevskiy, O. Malashevskaya // *Geodesy and Cartography.* – 2022. – 48 (1). – P. 11–19.
5. Malashevskiy M. The Aims and Trends of the Sustainable Land Tenure Formation in Ukraine: The Spatial Aspect / M. Malashevskiy, O. Malashevskaya // *Geodesy and Cartography.* – 2021. – №47 (3). – P. 131–138.
6. Malashevskiy M. The swapping approach in the course of land consolidation: case study of Ukraine / M. Malashevskiy, O. Malashevskaya // *Geodesy and Cartography.* – 2021. – №47 (4). – P. 200-211.
7. Bugaienko O. The land reallocation model in the course of agricultural land consolidation in Ukraine / O. Bugaienko // *Geodesy and Cartography.* –2018. – №44 (3). – P. 106–112.
8. Malashevskiy M. Reallotment over the Course of the Development of a Rural Settlement in Ukraine / M. Malashevskiy, I. Kovalchuk, O. Malashevskaya // *Geomatics and Environmental Engineering.* – 2021. – vol. 14 (3), 2021. – pp. 115-127.
9. Malashevskiy M. Land Consolidation Considering Natural Afforestation / M. Malashevskiy, O. Malashevskaya // *Geomatics and Environmental Engineering.* – 2022. – № 16 (2). – pp. 5-19.

References

1. Teijeiro D., Rico E. C., Porta J., Parapar J., Doallo R. (2020). Optimizing parcel exchange among landowners: A soft alternative to land consolidation. *Computers. Environment and Urban Systems*, 79, 101422.
2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2018). On the Alteration of some legislative acts of Ukraine concerning the issue of the collective ownership of land, the improvement of the rules of land use in agricultural land masses, preventing raidership and stimulating the irrigation in Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/2498-19#Text>.
3. Mihajlovic R., Miladinovic M., Šoškić M. (2011). Optimization of Land Distribution in Land Consolidation. *Geodetski list*, 2, 109-121.
4. Malashevskiy M., Malashevskaya O. (2022). The theory of combinations for land plot exchange modelling in the course of land consolidation. *Geodesy and Cartography*, 48 (1), 11–19.
5. Malashevskiy M., Malashevskaya O. (2021). The Aims and Trends of the Sustainable

- Land Tenure Formation in Ukraine: The Spatial Aspect. *Geodesy and Cartography*, 47 (3), 131–138.
6. Malashevskiy, M., Malashevskaya, O. (2021). The swapping approach in the course of land consolidation: case study of Ukraine. *Geodesy and Cartography*, 47 (4), 200-211.
 7. Bugaienko, O. (2018). The land reallocation model in the course of agricultural land consolidation in Ukraine. *Geodesy and Cartography*, 44 (3), 106–112.
 8. Malashevskiy, M., Kovalchuk, I., Malashevskaya, O. (2021). Reallotment over the Course of the Development of a Rural Settlement in Ukraine. *Geomatics and Environmental Engineering*, 14(3), 115-127.
 9. Malashevskiy, M., Malashevskaya, O. (2022). Land Consolidation Considering Natural Afforestation. *Geomatics and Environmental Engineering*, 16 (2), 5-19.
-

Malashevskiy M., Malashevskaya O.

USING THE THEORY OF COMBINATIONS AT THE MODELING OF LAND PLOTS EXCHANGE IN AGRICULTURAL LAND MASSES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'22: 95-101.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.10>

Abstract. *The problem of land reallocation modeling in agricultural land masses aiming at land consolidation is scrutinized in the article. The topicality of the research is predefined by the need for the optimization of the structure of land tenure within an agricultural land mass, the implementation of measures on land consolidation. The research is aimed at the substantiation of the theory of combinations aiming at the improvement of the exchange of land plots, i.e. the choosing of alternative land plots within an agricultural land mass. The calculations are based on choosing the land plots to be exchanged to provide the optimal for agricultural activities spatial characteristics of land plots. The calculation of the variants of the formation of the consolidated land tenure by a land owner who has the right to own the prevailing share of a typical agricultural land mass has been suggested. The results of the research can be used at the realization of complex and individual land consolidation projects; at the optimization of land tenure by the sublease of land plots; as a material for the substantiation of the decision making on the land tenure optimization by territorial communities; in the following research on spatial land tenure and land ownership spatial improvement.*

Key words: *combinations theory, land consolidation, land plots exchange, land reallocation, mathematical modeling.*
