

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ  
ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІРІВ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ****Т. Мовчан, В. Артемов, Д. Булишева***Одеський державний аграрний університет*

*Робота присвячена прогнозним моделям управління в галузі використання й охорони земельних ресурсів, які рекомендується реалізувати шляхом застосування методів лінійного програмування для оптимізації розмірів фермерських господарств, землі яких розташовані в різних природно-економічних зонах. Аналіз та оцінка використання земель природно-економічних зон являє собою вид управлінської діяльності по осмисленню і глибокому розумінню діалектики розвитку керованого об'єкту, вірної оцінки його рухомих сил. Це дає можливість змодельовати ситуацію, що склалась у використанні земель, намітити конкретну мету, вибрати засоби для її досягнення та отримати найкращий оптимальний результат. Реалізація запропонованих прогнозних моделей оптимального розміру фермерських господарств здійснена методом лінійного програмування трьома способами*

(північно-західного кута, мінімальної вартості і використання процедури «Пошук рішення» програми Microsoft Office Excel).

**Ключові слова:** природно-економічні зони, земельні ресурси, фермерські господарства, оптимізація, лінійне програмування, управління.

**Вступ.** Актуальність економіко-математичного моделювання як методу наукових досліджень у землевпорядкуванні полягає в тому, що при вирішенні питань організації використання і впорядкування земель фермерських господарств, недостатньо використовуються прогнозні методи отримання моделей для визначення оптимальних розмірів фермерських господарств.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій** свідчить, що проблеми управління в галузі використання й охорони земельних ресурсів стали темою публікацій в наукових журналах, періодичних виданнях, виступах в засобах масової інформації, їм присвячені різні науково-практичні конференції і семінари. Ці питання висвітлені, обґрунтовані, глибоко досліджені в наукових роботах вчених І. Бистрякова, М. Володіна, Д. Добряка, О. Дорош, Т. Мовчан, Л. Новаковського, А. Сохнич, А. Третьяка та інших [1-6].

**Метою дослідження** є розробка прогнозних моделей оптимального розміру фермерських господарств, що володіють і користуються земельними ресурсами різних природно-економічних зон для мінімізації виробничих витрат.

**Результати досліджень.** Нами була поставлена задача: спрогнозувати оптимальний розмір фермерських господарств, що володіють і користуються земельними ресурсами різних природно-економічних зон для мінімізації виробничих витрат.

Економіко-математична модель (ЕММ) складається з трьох складових частин (рис. 1).



**Рис. 1** Складові частини економіко-математичної моделі

Розглянемо кожну з наведених складових. Перша складова частина економіко-математичної моделі - цільова функція, яка має такий вигляд:

$$Z = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + \dots + C_{ij}X_{ij} + \dots + C_{mm}X_{mm} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $C_{ij}$  (грн/га) – витрати на одиницю сільськогосподарської продукції і-го фермерського господарства в j-й природно-економічній зоні;  $X_{ij}$  – площа землеволодіння, землекористування, для виробництва і-м фермерським господарством в j-й природно-економічній зоні.

Друга складова частина економіко-математичної моделі - система обмежень, яка має також свої складові частини (рис. 2).



**Рис. 2.** Складові системи обмежень

Сутність обмеження по рядках така: сума площ земель  $X_{ij}$   $i$ -го фермерського господарства, розподіленого по  $n$  природно-економічним зонам, дорівнює прогнозній площі земельного фонду  $A_i$  даного господарства.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = A_i \quad (i = 1, \dots, m) \quad (2)$$

Сутність обмеження по стовпцях наступна: сума площ земель  $X_{ij}$ , що знаходяться у власності чи користуванні  $m$  фермерських господарств в  $j$ -й природно-економічній зоні повинна дорівнювати площі земель  $B_j$  в даній природно-економічній зоні.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = B_j \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

Сутність балансової умови для моделі закритої задачі полягає в наступному: розмір землеволодінь, землекористувань фермерських господарств, що розподіляються за природно-економічними зонами і сума площ у природно-економічних зонах повинні бути рівні:

$$A_1 + A_2 + \dots + A_m = B_1 + B_2 + \dots + B_n$$

Третя складова частина економіко-математичної моделі - умова невід'ємності змінних  $X_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ .

Прогнозне рішення задачі, що розглядається, складається з різних методів (рис. 3).



**Рис. 3.** Прогнозні методи складання програми рішення задачі

Рішення виконується в програмі Microsoft Office Excel на основі прикладу вихідних даних (рис. 4), де матриця тарифів C2:G5 - це витрати на виробництво одиниці сільськогосподарської продукції  $i$ -го фермерського господарства в  $j$ -й

природно-економічній зоні  $C_{ij}$ , грн/га;  $A_i$  C7:F7 - прогнознi площi земельного фонду фермерських господарств;  $B_i$  C8:F8 - площi земельного фонду в природно-економічних зонах.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<i>Матриця тарифів</i>							
2			9	6	9	10	17	
3			9	10	10	3	9	
4			7	9	17	11	4	
5			11	6	6	11	17	
6	<i>Площі земельних ресурсів</i>							
7	$A_i$		285	215	220	90		
8	$B_j$		250	70	190	100	200	
9								

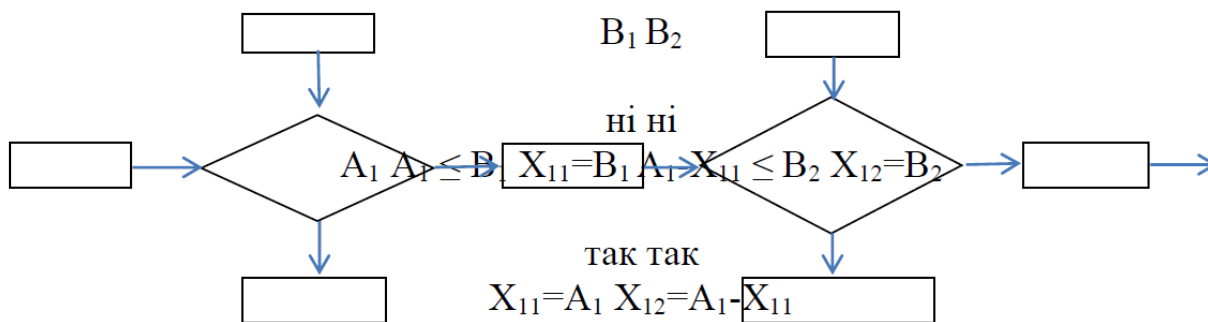
Рис. 4. Приклад вихідних даних

Метод північно-західного кута. На основі даних (рис.4), будуємо таблицю розподілу земельного фонду рис. 5. На рисунку 5 у рядку 12 (C12:G12) - розташовані позначення  $B_i$ , а в рядку 13 (C13:G13) - значення  $B_i$ . У стовпці A (A14:A17) - знаходяться позначення  $A_i$ , а в стовпці B (B14:B17) - значення  $A_i$ . В стовпці H (H14:H17) внесені ліві частини формули (2), а у нижньому рядку внесені ліві частини формули (3). У всіх комірках таблиці (рис.5) розміщені від C14 до G17 формули, які вираховують оптимальну площу, починаючи від комірки C14 і, зміщуючись вправо і вниз до комірки G17. У комірці H18 - формула (1). Фрагмент алгоритму цієї задачі у вигляді блок-схеми з використанням операторів «Якщо» представлений на (рис. 6). Оператор «Якщо» перевіряє певну умову і, якщо його умова виконується, то видається значення першого параметра умови, якщо ні - значення другого параметра. Значення параметрів визначається умовами задачі.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
11									
12			$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Sigma B_i$	
13			230	130	170	230	120	880	
14	$A_1$	225	225	0	0	0	0	225	СУММ(C14:G14)
15	$A_2$	205	5	130	70	0	0	205	СУММ(C15:G15)
16	$A_3$	240	0	0	100	140	0	240	СУММ(C16:G16)
17	$A_4$	210	0	0	0	90	120	210	СУММ(C17:G17)
18	$\Sigma A_i$	880	230	130	170	230	120	6820	
19			$\Sigma(C14:C17)$	$\Sigma(D14:D17)$	$\Sigma(E14:E17)$	$\Sigma(F14:F17)$	$\Sigma(G14:G17)$	$\Sigma(H14:H17)$	$\Sigma(I14:I17)$

Рис. 5. Таблиця розподілу земельного фонду методом північно-західного кута

Мінімальні витрати по використанню прогнозних оптимальних розмірів землеволодінь, землекористувань розраховуємо за допомогою формули (1). Використання методу північно-західного кута дуже просте. Змінюючи дані в таблиці (рис.4) можна моделювати різні випадки розподілу земель за умови мінімізації виробничих затрат.



**Рис. 6.** Фрагмент блок-схеми алгоритму вирішення задачі методом північно-західного кута

Метод мінімальної вартості. Рішення виконується також за допомогою Microsoft Office Excel на основі вихідних даних (рис. 4), знаходимо результат розподілу земельного фонду, представлений на (рис. 7).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
22			$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Sigma B_i$	
23			230	130	170	230	120	880	
24	$A_1$	225	200			25		225	СУММ(C24:G24)
25	$A_2$	205				205		205	СУММ(C25:G25)
26	$A_3$	240		130			110	240	СУММ(C26:G26)
27	$A_4$	210	30		170		10	210	СУММ(C27:G27)
28	$\Sigma A_i$	880	230	130	170	230	120	4065	
29			$\Sigma(C14:C17)$	$\Sigma(D14:D17)$	$\Sigma(E14:E17)$	$\Sigma(F14:F17)$	$\Sigma(G14:G17)$	СУММПРОИЗВ(\$C\$2:\$G\$5;	
30									

**Рис. 7.** Результат обчислення методом мінімальної вартості

У рядку 22 (C22:G22) розміщено позначення  $B_i$ , а в рядку 23 (C23:G23) - значення  $B_i$ . У стовпці A (A24:A27) - позначення  $A_i$ , а в стовпці B (B24:B27) - значення  $A_i$ . В стовпці H (H24:H27) записані ліві частини формули (2), а у нижньому рядку 28 (C28:G28) внесені ліві частини формули (3). У комірках C24:G27 таблиці (рис. 7) показані результати оптимального розподілу земель за умови мінімізації виробничих затрат. У комірці H28 розміщена формула (1). Перейдемо до алгоритму методу мінімальної вартості, який складається з наступних кроків:

1. З усіх оцінок матриці тарифів (рис.4) вибирається найменша оцінка (в даному випадку F3).

2. У відповідну комірку з найменшим значенням оцінки  $C_{ij}$  ставиться максимально можливий розмір землеволодіння, землекористування  $A_i$ , що відповідає природно-економічній зоні  $B_j$ , тобто комірці F25 таблиці (рис. 7). Зі значень землеволодіння, землекористування  $A_i$  і природно-економічної зони  $B_j$  вже розподілена площа  $X_{ij}$ , в даному випадку F25 віднімається.

3. Вибирається наступне найменше значення оцінки  $C_{ij}$  і повторюється крок 2 до тих пір, поки весь земельний фонд не буде розподілений між господарствами і природно-економічними зонами.

Порівнюючи методи, можна зробити висновки, що метод мінімальної вартості в даному випадку дає кращі результати ніж метод північно-західного

кута. Розглянемо метод розв'язання задачі за допомогою використання процедури Microsoft Office Excel «Пошук рішення». На основі вихідних даних (рис. 4) будемо таблицю результатів обчислення задачі за допомогою використання процедури Microsoft Office Excel «Пошук рішення» (рис. 8).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
32			$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$\Sigma B_i$	
33			230	130	170	230	120	880	
34	$A_1$	225	30	0	170	25	0	225	СУММ(C34:G34)
35	$A_2$	205	0	0	0	205	0	205	СУММ(C35:G35)
36	$A_3$	240	0	130	0	0	110	240	СУММ(C36:G36)
37	$A_4$	210	200	0	0	0	10	210	СУММ(C37:G37)
38	$\Sigma A_i$	880	230	130	170	230	120	4065	
39			$\Sigma(C14:C17)$	$\Sigma(D14:D17)$	$\Sigma(E14:E17)$	$\Sigma(F14:F17)$	$\Sigma(G14:G17)$	СУММПРОИЗВ(\$C\$2:\$G\$5;	

**Рис. 8.** Результат обчислення задачі за допомогою використання процедури Microsoft Office Excel «Пошук рішення»

У рядку 32 (C32:G32) записані позначення  $B_i$ , а в рядку 33 (C33:G33) - значення  $B_i$ . У стовпці A (A34:A37) - позначення  $A_i$ , а в стовпці B (B34:B37) - значення  $A_i$ . В стовпці H (H34:H37) внесені ліві частини формули (2), а у нижньому рядку 38 (C38:G38) - ліві частини формули (3). У комірках C34:G37 таблиці (рис.8) показані результати оптимального розподілу земель за умови мінімізації виробничих затрат. У комірці H38 розміщена формула (1). В зв'язку з тим, що ця задача достатньо відома користувачам Microsoft Office Excel, опис даної процедури не наводимо. Отже, якщо порівняти результати обчислень, то найкращий результат дає «Пошук рішення», найгірший, але найпростіший - метод північно-західного кута. Метод мінімальної вартості в даному випадку збігається з методом «Пошук рішення», але не завжди, так як залежить від кваліфікації дослідника. Підхід, що пропонується до методу північно-західного кута за допомогою вищенаведеної програми, дозволяє його удосконалювати, за рахунок варіації параметрів вихідних даних.

**Висновки.** Порівнюючи результати обчислень видно, що найкращий результат дає «Пошук рішення», найгірший, щоправда найпростіший, - метод північно-західного кута, але є можливість поліпшити результат, змінюючи вихідні дані, що змодельює прогноз розподілу земель фермерських господарств в природно-економічних зонах, за умови мінімізації виробничих затрат. Метод мінімальної вартості залежить від кваліфікації дослідника і рідко збігається з результатом, отриманим методом «Пошук рішення». У випадку відсутності доступу до комп'ютерів, рішення, отримані методом північно-західного кута і мінімальної вартості, можна поліпшити методом потенціалів. Напрямок подальших досліджень – удосконалення програмного забезпечення, наведеного в даній роботі з вдосконаленням використання перелічених підходів для подальшої автоматизації запропонованих розрахунків.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Володін М.О. Теоретичні основи формування кадастрового забезпечення базових процесів використання земельних ресурсів : дис...д-ра техн. наук: 05.24.04 / Київський національний ун-т будівництва і архітектури. Київ, 2004.
2. Мовчан Т.В. Оптимізація управління земельними ресурсами при формуванні та плануванні фермерських господарств. *Вісник Львівського державного аграрного університету*. Львів, 2008. №15. С. 665–672.
3. Мовчан Т.В. Вдосконалення прогностичних моделей управління земельними ресурсами. *Вісник Львівського державного аграрного університету*. Львів, 2008. №11. С. 231–237.
4. Мовчан Т.В./ Особливості моделювання в управлінні земельними ресурсами в сучасних умовах. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Землевпорядкування і земельний кадастр*. Львів, 2007. №10. С. 53-58.
5. Мовчан Т.В. Прогностичні моделі управління в галузі використання та охорони земельних ресурсів на регіональному рівні : дис. канд. екон. наук : 08.00.06 / Національний ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ, 2010. 250С.
6. Сохнич А., Солярчук Ю., Смолярчук М. Актуальні аспекти оптимізації землекористування. *Вісник Львівського державного аграрного університету. Землевпорядкування і земельний кадастр*. Львів, 2006. №9. С. 3-7.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕРОВ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Мовчан Т., Артемов В., Булышева Д.

*Работа посвящена прогностичным моделям управления в области использования и охраны земельных ресурсов, которые рекомендуется реализовать путем применения методов линейного программирования для оптимизации размеров фермерских хозяйств, земли которых расположены в различных природно-экономических зонах. Анализ и оценка использования земель природно-экономических зон представляет собой вид управленческой деятельности по осмыслению и глубокому пониманию диалектики развития управляемого объекта, верной оценки его движущих сил. Это дает возможность смоделировать ситуацию, которая сложилась в использовании земель, наметить конкретную цель, выбрать средства для ее достижения и получить лучший оптимальный результат. Реализация предложенных прогностичных моделей оптимального размера фермерских хозяйств осуществлена методом линейного программирования тремя способами (северо-западного угла, минимальной стоимости и использования процедуры «Поиск решения» программы Microsoft Office Excel).*

**Ключевые слова:** *природно-экономические зоны, земельные ресурсы, фермерские хозяйства, оптимизация, линейное программирование, управление.*

## THE USE OF LINEAR PROGRAMMING TECHNIQUES TO OPTIMIZE FARM SIZE

Movchan T., Artemov V., Bulysheva D.

*It is recommended to implement forecasting management models in the area of land use and protection by applying linear programming methods to optimize the size of farms, which land is located in different natural and economic zones. Analysis and assessment of land use in natural-economic zones is a type of management activity for deep understanding of the dialectic of a managed object development and true assessment of its moving forces. This enables to simulate the situation of land use, to identify a specific goal, to choose the means to achieve it and to obtain the optimum result. The implementation of the proposed forecast models of the optimal farm size is carried out by linear programming in three ways (northwest corner method, minimum cost method and What-If analysis method, that uses Solver, a Microsoft Excel add-in program). The implementation of the above approaches is based on the example of four farms and five natural-economic zones. The obtained solutions show that the best result is attained by using Solver for What-If analysis method, a Microsoft Excel add-in program. The northwest corner method gives the worst result, but this is the simplest solution. The minimum cost method depends on the researcher qualification and produces the result that is most often found between the results obtained by the northwest corner method and the "Solver" procedure. When using the method of the northwest corner a program of consideration of different options for the distribution of land resources and the choice of the optimal solution was developed. This allows to find an optimal result of land allocation according to the result, which is similar to the result of the procedure "Solver", but it is more adapted for the direct participation of the researcher in the process of solving problems. There is an opportunity to improve the result by changing the original data, which simulates the forecast of the distribution of farm land in natural-economic zones, while minimizing production costs. In the absence of access to computers, the solutions obtained by the northwest corner and the minimum cost methods can be improved by the potential method.*

**Keywords:** *natural and economic zones, land resources, farms, optimization, linear programming, management.*