

УДК 332.334

ПОМАЗАН М. В.

Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ

Запропонована нова структура використання земельних ресурсів Новоархангельського району Кіровоградської області. Розроблені економіко-математичні моделі проектної трансформації угідь. Проведена оптимізація структури сільськогосподарських земель за критеріями – максимальний вихід валової продукції і мінімальні витрати на проведення трансформації.

Ключові слова: оптимізація структури, економіко-математичне моделювання, лінійне програмування, симплексний метод.

POMAZAN M.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

USE OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING FOR OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL LAND STRUCTURE

The structure of agricultural land of Novoarkhangelsk district of Kirovograd region is investigated and the economic-mathematical modeling of the problem of its optimization is performed. Certain practical aspects of implementation of measures on ecological and economic improvement of land use are based on the analysis of existing land legislation. During the agricultural survey, the possibility of transferring unproductive lands to more valuable lands was established in order to intensify the use of land, as well as degraded lands for conservation, fertility and provision of livestock industry with the necessary areas of hayfields and pastures. To accomplish this task, the economic-mathematical method of linear programming was used. For this purpose, an economic-mathematical model of the task was compiled, a reference plan for solving the problem was compiled and an optimization of the reference plan was performed by the simplex method. As a result of calculations, a new (projected) structure of the use of the lands of the Novoarkhangelsk district was obtained. Optimization of the reference plan was carried out according to the economic criterion - the maximum yield of gross output from the projected lands in the monetary equivalent. In such a warehouse, the value of the target function (gross output) is equal to the maximum. It is determined that optimization of changes in the structure of land is a prerequisite for its ecological and economic improvement and providing a favorable territorial environment for conducting highly productive agricultural production in compliance with ecological requirements.

Keywords: optimization of structure, economic-mathematical modeling, linear programming, simplex method.

Трансформація земельних угідь, що свідомо здійснюється господарюючими суб'єктами, спрямована на оптимізацію землекористування, а саме на зростання ефективності використання земельних ресурсів, забезпечення їх екологічної стійкості і здатності до самовідновлення. Як і будь-яка інша управлінська дія, така трансформація потребує оцінки витрат та результатів. Значна частина рекомендацій щодо земельних трансформацій стосується регіонального рівня землекористування та збереження стійкості агроландшафтів, що є цілком виправданим з точки зору комплексного вирішення проблеми [1]. Проте, визначення оптимальних напрямів трансформації земельних угідь як для отримання додаткового економічного ефекту, так і для збереження агроландшафту потребує окремого дослідження.

Питанням оптимізації використання земель присвячені праці вітчизняних дослідників: Д. І. Бабміндрі, С. Ю. Булигіна, Д. С. Добряка, О. П. Канаша, Н. В. Козлова, В. О. Леонця, В. Л. Любчика, В. В. Медведева, Л. Я. Новаковського, Н. В. Палали, Б. І. Пархуця, І. А. Розумного, В. Ф. Сайка, А. Я. Сохничя, А. М. Третяка та інших.

Застосуванню методів економіко-математичного моделювання при використанні земельних ресурсів присвячені роботи С. Н. Волкова [2], В. Д. Кірюхіна, А. А. Варламова, К. М. Кірюхіної, А. В. Купчиненко, Л. С. Твердовської, І. М. Статівки, А. Г. Мартина [3].

До останнього часу, на теренах України, в недостатній мірі розглядалася наукова проблема комплексного підходу до екологічної та економічної оптимізації землекористування. Досить ґрунтовному аналізу піддається сучасний стан землекористування (особливо, сільськогосподарського), відзначаються його нинішні недоліки, але при цьому не окреслюються науково-методичні підходи до удосконалення структури земельних угідь. Недостатня увага приділяється застосуванню методів економіко- та еколого-математичного моделювання при спробах оптимізації структури земельних угідь.

Підхід до моделювання напрямків оптимізації використання земельних угідь можна розглянути та проаналізувати на прикладі економіко-математичної моделі визначення напрямків удосконалення ресурсного потенціалу адміністративного району.

Її задачею є знайти таке сполучення запроєктованих угідь, щоб при заданих ресурсах і накладених обмеженнях одержати максимальний вихід валової продукції у грошовому еквіваленті. Таким чином, сформульована задача лінійного програмування вирішується на максимум цільової функції. Критерієм оптимальності рішення є максимальний вихід валової продукції із запроєктованих угідь у грошовому виразі.

Для визначення заходів з оптимізації структури використання угідь, на території Новоархангельського району було проведене комплексне землепорядне обстеження.

При землепорядному обстеженні була встановлена можливість переведення малопродуктивних угідь у більш цінні угіддя з метою інтенсифікації використання земель, а також деградованих земель для збереження, підвищення родючості і забезпечення тваринницької галузі необхідними площами сіножатей і пасовищ.

За результатами обстеження виявлені наступні сільськогосподарські угіддя, які можуть бути трансформовані:

- рілля змита, площею 7200,8 га, може бути трансформована в сади, сади інтенсивного типу, сіножаті, пасовища;
- рілля зрошувана, площею 684,0 га, може бути трансформована в рілля богарну, сади, сади інтенсивного типу, сіножаті, пасовища;
- сади (через не плодоносіння за віком), площею 397,3 га, можуть бути трансформовані в рілля богарну, сіножаті, пасовища;
- пасовища, площею 1711,1 га, можуть бути трансформовані в культурні зрошені пасовища, сади, сади інтенсивного типу;
- перелogi, площею 1156,0 га, можуть бути трансформовані в рілля богарну, сади, сади інтенсивного типу, сіножаті, пасовища.

За умов господарської доцільності накладаються обмеження на площі наступних видів угідь:

- мінімально допустима площа рілля богарної – 735,0 га.
- площа садів повинна бути не менше 1019,0 га.
- площа садів інтенсивного типу повинна бути не менше 300,0 га.
- площа сіножатей повинна бути не менше 1031,0 га.
- площа пасовищ повинна бути не більше 10049,0 га.
- мінімально допустима площа культурних зрошуваних пасовищ складає 150,0 га.

Для проведення заходів з трансформації угідь виділяється 9000000 грн. Враховувався вихід валової продукції з одного гектара запроєктованих угідь у грошовому еквіваленті.

Порядок моделювання економіко-математичної задачі:

- невідомими в задачі позначимо площі угідь, які підлягають трансформації ($X_1 \dots X_{20}$);
- ресурси (площі угідь, які можуть бути трансформовані ($b_1 \dots b_5$) та максимальними допусками трансформації ($b_6 \dots b_{12}$):
- техніко-економічні показники: одиниці вимірювання площі угідь, що трансформуються (вони дорівнюють 1), витрати грошових ресурсів на трансформацію;
- коефіцієнти при невідомих цільової функції (вихід валової продукції з 1 га запроєктованих угідь ($c_1 \dots c_6$), грн./га.

У загальному вигляді економіко-математична модель задачі записується:

Знайти $F_{\max} = \sum_1^n c_i X_j$, при умовах:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_1^n a_{ij} X_j \leq (\geq) b_i \quad (i=1) \\ \sum_1^n a_{ij} X_j \leq (\geq) b_i \quad (i=2) \\ \dots \\ \sum_1^n a_{ij} X_j \leq (\geq) b_i \quad (i=n) \\ X_j \geq 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

Економіко-математична модель задачі у розгорнутому вигляді з використанням прийнятих умовних позначень має вигляд:

$$F_{\max} = c_1 X_1 + c_2 X_2 + c_3 X_3 + c_4 X_4 + c_5 X_5 + c_6 X_{13} + c_1 X_6 + c_1 X_{14} + c_1 X_{17} + c_2 X_7 + c_2 X_{15} + c_2 X_{18} + c_3 X_8 + c_3 X_{11} + c_3 X_{19} + c_4 X_9 + c_4 X_{12} + c_4 X_{20} + c_5 X_{10} + c_5 X_{16}. \quad (2)$$

При умовах (нерівності, які входять у систему обмежень):

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + a_{14}X_4 = \theta_1 \quad (3)$$

$$a_{21}X_5 + a_{22}X_6 + a_{23}X_7 + a_{24}X_8 + a_{25}X_9 = \theta_2 \quad (4)$$

$$a_{31}X_{10} + a_{32}X_{11} + a_{33}X_{12} \leq \theta_3 \quad (5)$$

$$a_{41}X_{13} + a_{42}X_{14} + a_{43}X_{15} \leq \theta_4 \quad (6)$$

$$a_{51}X_{16} + a_{52}X_{17} + a_{53}X_{18} + a_{54}X_{19} + a_{55}X_{20} = \theta_5 \quad (7)$$

$$a_{21}X_5 + a_{31}X_{10} + a_{51}X_{16} \geq \theta_6 \quad (8)$$

$$a_{11}X_1 + a_{22}X_6 + a_{42}X_{14} + a_{52}X_{17} \geq \theta_7 \quad (9)$$

$$a_{12}X_2 + a_{23}X_7 + a_{43}X_{15} + a_{53}X_{18} \geq \theta_8 \quad (10)$$

$$a_{13}X_3 + a_{24}X_8 + a_{32}X_{11} + a_{54}X_{19} \leq \theta_9 \quad (11)$$

$$a_{14}X_4 + a_{25}X_9 + a_{34}X_{12} + a_{55}X_{20} \leq \theta_{10} \quad (12)$$

$$a_{41}X_{13} \geq \theta_{11} \quad (13)$$

$$a_{61}X_1 + a_{62}X_2 + a_{63}X_3 + a_{64}X_4 + a_{65}X_5 + a_{66}X_6 + a_{67}X_7 + a_{68}X_8 + a_{69}X_9 + a_{610}X_{10} + \\ + a_{611}X_{11} + a_{612}X_{12} + a_{613}X_{13} + a_{614}X_{14} + a_{615}X_{15} + a_{616}X_{16} + a_{617}X_{17} + a_{618}X_{18} + \\ + a_{619}X_{19} + a_{620}X_{20} \leq \theta_{12} \quad (14)$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0, X_6 \geq 0, X_7 \geq 0, X_8 \geq 0, X_9 \geq 0, X_{10} \geq 0, X_{11} \geq 0, X_{12} \geq 0, X_{13} \geq 0, X_{14} \geq 0, X_{15} \geq 0, X_{16} \geq 0, X_{17} \geq 0, \\ X_{18} \geq 0, X_{19} \geq 0, X_{20} \geq 0 \quad (15)$$

Нерівності (15) мають назву – умова невід’ємності рішень.

У розгорнутий запис економіко-математичної моделі задачі підставляємо значення техніко-економічних коефіцієнтів і ресурсів:

$$F_{max} = 3852,0 \times X_1 + 6570,0 \times X_2 + 522,0 \times X_3 + 378,0 \times X_4 + 1128,6 \times X_5 + 3852,0 \times X_6 + 6570,0 \times X_7 + 522,0 \times X_8 + \\ 378,0 \times X_9 + 1128,6 \times X_{10} + 522,0 \times X_{11} + 378,0 \times X_{12} + 864,0 \times X_{13} + 3852,0 \times X_{14} + 6570,0 \times X_{15} + 1128,6 \times X_{16} + \\ 3852,0 \times X_{17} + 6570,0 \times X_{18} + 522,0 \times X_{19} + 378,0 \times X_{20}$$

При умовах (нерівності, які входять у систему обмежень):

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 7200,8 \quad (16)$$

$$X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 = 684,0 \quad (17)$$

$$X_{10} + X_{11} + X_{12} \leq 397,3 \quad (18)$$

$$X_{13} + X_{14} + X_{15} \leq 1711,1 \quad (19)$$

$$X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} = 1156,0 \quad (20)$$

$$X_5 + X_{10} + X_{16} \geq 735,0 \quad (21)$$

$$X_1 + X_6 + X_{14} + X_{17} \geq 1019,0 \quad (22)$$

$$X_2 + X_7 + X_{15} + X_{18} \geq 300,0 \quad (23)$$

$$X_3 + X_8 + X_{11} + X_{19} \leq 1031,0 \quad (24)$$

$$X_4 + X_9 + X_{12} + X_{20} \geq 10049,0 \quad (25)$$

$$X_{13} \leq 150,0 \quad (26)$$

$$2970,0 \times X_1 + 3780,0 \times X_2 + 133,2 \times X_3 + 54,0 \times X_4 + 305,3 \times X_5 + \\ + 2564,3 \times X_6 + 3589,4 \times X_7 + 102,8 \times X_8 + 48,748,7 \times X_9 + 378 \times X_{10} + \\ + 486 \times X_{11} + 576 \times X_{12} + 174,6 \times X_{13} + 2830,3 \times X_{14} + 3996 \times X_{15} + 287,2 \times X_{16} + \\ 2830,3 \times X_{17} + 3996 \times X_{18} + 324 \times X_{19} + 48 \times X_{20} \leq 9000000 \quad (27)$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0, X_6 \geq 0, X_7 \geq 0, X_8 \geq 0, X_9 \geq 0, X_{10} \geq 0, X_{11} \geq 0, X_{12} \geq 0, X_{13} \geq 0, X_{14} \geq 0, X_{15} \geq 0, X_{16} \geq 0, X_{17} \geq 0, \\ X_{18} \geq 0, X_{19} \geq 0, X_{20} \geq 0 \quad (28)$$

Щоб знайти економічний оптимум, необхідно вирішити систему нерівностей (5.16)–(5.27). Умова (5.27) залишається без змін. Для цього необхідно привести її до канонічного вигляду, де всі умови подаються у вигляді рівнянь. Щоб отримати рівняння, до лівих частин нерівностей додаються додатні змінні X_{n+1} , які мають назву додаткові невідомі. В цільову функцію додаткові невідомі вводяться з нульовими коефіцієнтами.

До складу додаткових невідомих включені: площі угідь, які не можуть бути трансформовані, які перебільшують мінімально допустимі та яких не вистачає до максимально допустимих ($X_{21} \dots X_{31}$).

Таким чином, утворюється система з наступних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_{21} = 7200,8 \quad (29) \\ X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{22} = 684,0 \quad (30) \\ X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{23} = 397,3 \quad (31) \\ X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{24} = 1711,1 \quad (32) \\ X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{25} = 1156,0 \quad (33) \\ X_5 + X_{10} + X_{16} + X_{26} = 735,0 \quad (34) \\ X_1 + X_6 + X_{14} + X_{17} + X_{27} = 1019,0 \quad (35) \\ X_2 + X_7 + X_{15} + X_{18} + X_{28} = 300,0 \quad (36) \\ X_3 + X_8 + X_{11} + X_{19} + X_{29} = 1031,0 \quad (37) \\ X_4 + X_9 + X_{12} + X_{20} + X_{30} = 10049,0 \quad (38) \\ X_{13} + X_{31} = 150,0 \quad (39) \end{array} \right.$$

Всі модифікації симплексного методу лінійного програмування об'єднуються спільною ідеєю, яка характеризується наступними умовами:

- на початку рішення задачі складається вихідний (опорний) план, який задовольняє умови задачі;
- встановлюють ознаки, по яким визначають оптимальність плану;
- рішення задачі виконують шляхом послідовного переходу від вихідного (опорного) плану до оптимального плану через визначене число кроків (ітерацій). Таким чином сутність симплексного методу полягає в послідовному поліпшенні вихідного (опорного) плану до отримання оптимального рішення задачі.

Для вирішення системи з метою знаходження оптимального плану необхідно знайти базисне рішення задачі. Для цього прийемо $X_i=0$. У результаті одержали позитивне рішення, яке задовольняє системі рівнянь, тобто перше допустиме рішення, яке також називається початковим опорним планом.

Саме рішення йде шляхом заміни базисних невідомих. Для цього необхідно визначити ключовий (генеральний елемент). Він знаходиться на перехресті ключового (генерального) стовпця і ключового (генерального) рядка.

За даних умов задачі оптимальне рішення отримано на двадцять другому кроці.

Оптимальне рішення досягнуто при наступних значеннях невідомих (невідомих, які увійшли в базис):

$X_1 = 335,0$ га – площа ріллі змитої, яка трансформується в сади;

$X_2 = 1346,677$ га – площа ріллі змитої, яка трансформується в сади інтенсивного типу;

$X_3 = 1031,0$ га – площа ріллі змитої, яка трансформується в сіножаті;

$X_4 = 4488,123$ га – площа ріллі змитої, яка трансформується в пасовища;

$X_6 = 684,0$ га – площа ріллі зрошуваної, яка трансформується в сади;

$X_{10} = 397,3$ га – площа садів, яка трансформується в ріллю богарну;

$X_{13} = 1711,1$ га – площа пасовищ, яка трансформується в культурні зрошені пасовища;

$X_{16} = 1156,0$ га – площа перелогів, яка трансформується в ріллю богарну.

При такому запроєктованому складі угідь забезпечується максимальний вихід валової продукції 18238995,221 грн.

В оптимальний план увійшли всі запроєктовані до трансформації площі угідь. Це свідчить про те, що всі операції з трансформації запропоновані до трансформації, за умовами задачі, економічно доцільні.

Грошові ресурси використовуються повністю: $2970,0 \times 335,0 + 3780,0 \times 1346,677 + 133,2 \times 1031,0 + 54,0 \times 4488,123 + 2564,3 \times 684,0 + 378,0 \times 397,3 + 174,6 \times 1711,1 + 287,2 \times 1156,0 \approx 8999998,762$ грн.

Таким чином, отримана структура угідь, при якій, за умовами задачі, досягається максимальний вихід валової продукції у грошовому еквіваленті. При такому складі угідь значення цільової функції (валовий вихід продукції) дорівнює 18238995,221 грн.

Виходячи з вищезазначеного, можна визначити принципову перспективність застосування саме еколого-економічного моделювання для пошуку оптимальних напрямків використання земель:

- пошук найкращого варіанту серед нескінченної множини можливих варіантів;
- відхід від внутрішньої ієрархічності (коли одні угіддя мають більший пріоритет ніж інші) при обранні напрямів використання земель – забезпечується рівність всіх можливих варіантів в межах критерію оптимальності;
- наявність значних перспектив удосконалення методу, в контексті подальшого розвитку інформаційних технологій.

Література

1. Добряк Д. С. Ефективність екологобезпечного землекористування в Україні в ринкових умовах / Д. С. Добряк, В. М. Будзяк, О. С. Будзяк // Економіка України. – 2013. – № 7 (620). – С. 83–93.

2. Економіко-математичне моделювання : навч. посібник / В. В. Вітлінський, С. І. Наконечний, О. Д. Шарапов та ін. ; за заг. ред. В. В. Вітлінського. – К. : КНЕУ, 2008. – 536 с.

3. Мартин А.Г. Оптимальність землекористування: сучасне розуміння та шляхи досягнення / А.Г. Мартин // Землепорядна освіта, наука та виробництво: сьогодні та перспективи очима молодих вчених : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 25 лютого 2003 р.). – К. : ТОВ "ЦЗРУ", 2003. – С. 85–92.

References

1. Dobriak D. S. Efektyvnist ekolohobezpechnoho zemlekorystuvannya v Ukraini v rynkovykh umovakh / D. S. Dobriak, V. M. Budziak, O. S. Budziak // Ekonomika Ukrainy. – 2013. – № 7 (620). – S. 83–93.

2. Ekonomiko-matematychne modeliuвання : navch. posibnyk / V. V. Vitlinskyi, S. I. Nakonechnyi, O. D. Sharapov ta in. ; za zah. red. V. V. Vitlinskoho. – K. : KNEU, 2008. – 536 s.

3. Martyn A.H. Optymalnist zemlekorystuvannya: suchasne rozuminnia ta shliakhy dosiahnennia / A.H. Martyn // Zemlevporiadna osvita, nauka ta vyrobnytstvo: sohodennia ta perspektyvy ochyma molodykh vchenykh : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Kyiv, 25 liutoho 2003 r.). – K. : TOV "TsZRU", 2003. – S. 85–92.

Рецензія/Peer review : 17.05.2018

Надрукована/Printed : 07.06.2018

Рецензент: д. е. н., проф. Почтовюк А. Б.