

УДК 368:519.86
JEL classification: E22, L32, L2

Костенко Д. Ю.

Цеслів О. В.

канд. тех. наук., доцент
ORCID ID: 0000-0002-8190-2502

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧО-ФІНАНСОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ КРИЗИ

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING OF PRODUCTION AND FINANCIAL ACTIVITY OF THE ENTERPRISE IN THE CONDITIONS OF CRISIS

У статті розглядається розробка стратегії інвестування у сільськогосподарське підприємство. Метою роботи є оптимізація площі посіву сільськогосподарських культур за умов цінового ризику. В умовах ринкової економіки головна мета сільськогосподарського підприємств полягає у постійному підвищенні ефективності виробництва, максимізації валового прибутку та зниженні витрат на виробництво її одиниці. Проблема визначення оптимального плану розподілу земель сільськогосподарського господарства є актуальною як на мікрорівні, так і на макрорівні, оскільки значна частина продукції аграрно-промислового комплексу України експортується. Земля є основним засобом виробництва і головною продуктивною силою, у сільському виробництві. Завдяки здатності забезпечувати рослини всіма необхідними поживними речовинами, тобто родючістю. Земля вимагає особливого підходу до організації її використання. Маючи обмежені розміри, вона є предметом конкуренції різних рослинних культур сільського господарства, що мають, як різну собівартість так і відмінні ціни на ринку. Метою роботи є оптимізація площі посіву сільськогосподарських культур за умов цінового ризику. В роботі використовуються методи: множників Лагранжа та Марковія. Новизною роботи є застосування імовірнісних моделей управління запасами, в яких попит є випадковою величиною з відомим розподілом ймовірностей. Визначена оптимальна стратегія замовлення продукції, при випадковому попиті. Проаналізовано як зміняться отримані результати при рівномірному розподілі. Методика може використовуватися суб'єктами господарювання на мікроекономічному та макроекономічному рівнях. Вона захищає власника від необміркованих втрат очікуваного максимального доходу за умов ризику. Головним результатом статті є розробка інвестиційної стратегії керування розподілом інвестицій у сільськогосподарське підприємство., з метою отримання максимального доходу.

Ключові слова: економіко-математичне моделювання, задачі оптимізації, управління запасами, оптимальний розподіл інвестицій, ціновий ризик підприємства.

The article deals with the development of an investment strategy in an agricultural enterprise. The purpose of the work is to optimize the area of sowing of agricultural crops in the terms of price risk. In the market economy, the primary objective of agricultural enterprises is to continuously increase the production efficiency, maximizing gross revenue and cost cutting on its unit

production. The problem of determining the optimal plan for the distribution of agricultural land is relevant both at the micro level and at the macro level, since a significant part of the output of the agro-industrial complex of Ukraine is exported. Land is the main means of production and the main productive force in rural production. Thanks to the ability to provide plants with all the necessary nutrients, that is, fertility. Earth requires a special approach to the organization of its use. Given its limited size, it is the subject of competition between different crop cultivations, which have both different costs and excellent market prices. The aim of the work is to optimize the area of sown crops under the conditions of price risk. Methods are in-process used: multipliers of Lagrange and Markovica. The novelty of the work is the application of probabilistic inventory management models in which demand is a random variable with known probability distribution. The optimum strategy of ordering products, at random demand, is determined. It is analysed how the results obtained with a uniform distribution change. Methodology can be used by subjects of ménage at microeconomic and macroeconomic levels. She protects a proprietor from the unthinking over losses of the expected maximum profit at the terms of risk. The main result of the article is the development of an investment strategy for managing the distribution of investments in a agricultural enterprise, with the goal of receiving the maximum profit.

Keywords: economic-mathematical modelling, optimization tasks, inventory management, optimal investment distribution, enterprise price risk.

Вступ. Земля є основним засобом виробництва і головною продуктивною силою, у сільському виробництві. Завдяки здатності забезпечувати рослини всіма необхідними поживними речовинами, тобто родючістю, вона вимагає особливого підходу до організації її використання. Маючи обмежені розміри, земля є предметом конкуренції різних галузей сільського господарства, що мають, як різну собівартість так і відмінні ціни на ринку.

У сільськогосподарських підприємствах земля виступає як основний засіб виробництва. Вона має свої особливості порівняно з іншими засобами. По-перше, земля створена самою природою, а не людською працею, як інші засоби виробництва (будівлі, споруди, машини тощо). По-друге, на відміну від інших засобів виробництва, земля не зношується, а при раціональному використанні її родючість зростає. По-третє, земля не розширюється, тому до неї необхідно бережливо ставитись. По-четверте, земля одночасно виступає як предмет праці, оскільки на неї спрямована праця людей, і як засіб праці. Тому проблема оптимального розподілу землі набуває особливо важливого значення, для отримання максимального валового прибутку та підвищення ефективності використання земель.

В умовах ринкової економіки головна мета сільськогосподарського підприємств полягає у постійному підвищенні ефективності виробництва, що означає, насамперед, максимізацію валового прибутку при одночасному зниженні витрат на виробництво її одиниці. Тому потрібно визначити оптимальну структуру виробництва підприємства, тобто знайти оптимальні раціональні рішення планово-економічної задачі [1].

Теоретико-методичні та науково-практичні засади підвищення ефективності роботи та підвищення рівня конкурентоспроможності галузі сільського

господарства розглядаються в наукових працях В. Я. Амбросова [2], В. Г. Андрийчука [3], П. П. Борщевського [4], О. Д. Муляр [5], О. І. Здоровцова [6], В. В. Зіновчука [7], М. В. Зось-Кіора [8], М. П. Денисенка [9], М. Ю. Коденської [10], П. Т. Саблука [11], Шпичака [12], та інших.

Проблема визначення оптимального плану розподілу земель сільськогосподарського господарства є актуальною як на мікрорівні, так і на макрорівні, оскільки значна частина продукції аграрно-промислового комплексу України експортується. Метод, що пропонується, розглядає декілька стратегій вирощування та реалізації сільськогосподарської продукції на протязі декількох планових періодів, прибуток з реалізації сільськогосподарської продукції складається за умов імовірнісного характеру майбутніх ринкових цін на продукцію. Його використання дозволить власнику господарства максимізувати валовий прибуток сільськогосподарської продукції та захистити свої економічні інтереси при реалізації вирощуваних культур.

Постановка завдання. Сільськогосподарське підприємство виділило 2000 га ріллі під певні рослинницькі культури, а саме – картоплю, моркву та буряк. Господарство повинно вирощувати що року не менше 25 тон картоплі, 50 тон буряків та 30 тон моркви. Необхідно знайти оптимальну площу посіву для картоплі, буряків та моркви, максимізуючи валовий прибуток за умов цінового ризику.

Розглядається робота господарства за період роботи в два роки. Існує проблема виснаження земель, що веде за собою зниження урожайності.

Моделюються дві стратегії поведінки підприємства. Для другої стратегії ми використовуємо додатково культивування ґрунту та повний комплекс добрив, що включають в себе не лише органічні але і мінеральні добрива.

Організаційно-економічна сутність задачі:

- вирішення проблеми визначення оптимального плану розміщення посівних земель на обмеженій території;
- місце вирішення – під час створення та моделювання стратегій, а також оптимізації вже існуючої;
- мета рішення – допомога в розробці оптимального плану розміщення посівних земель на обмеженій території;
- призначення – сільськогосподарське підприємство;
- періодичність – визначається в залежності від кількості планових періодів, розглядатимуться два роки;
- джерела отримання даних – статистичні дані отримані з попередніх років, або з інших джерел.

Модель спирається на такі данні: ціни на посівні матеріали, витрати пов'язані з процесом вирощування зазначених культур, процента ставка кредиту, тощо. А також на данні які ми знаходимо в процесі вирішення моделі : площа ріллі, собівартість [13].

Методологія. За основу взято методику розв'язування задачі оптимізації площі посіву сільськогосподарських культур з метою максимізації валового прибутку в умовах цінового ризику (Метод Лагранжа, метод Марковіця, динамічне програмування). Економіко-математична модель є дієвим засобом пошуку шляхів підвищення ефективності економіки підприємств через оптимізацію процесів. Оптимальне розв'язання при використанні методів економіко-математичного моделювання передбачає врахування всіх умов, що визначають проблему підвищення ефективності формування виробничих витрат в сільському господарстві: поряд з економічними умовами мають бути агротехнічні, технічні тощо. Задачі математичного програмування відносяться до оптимізаційних задач, де необхідно вибрати найкраще рішення згідно визначеного критерію якості та умов обмеження. Таким чином досягається вирішення задачі як пошуку оптимальної програми дій [14].

Результати дослідження. Економіко-математична модель. Розглянемо завдання оптимізації посівних земель підприємства по критерію максимізації чистого валового доходу :

$$\max Z = f(x_1, x_2, x_3) \quad (1)$$

За умов

$$q_i(x_1, x_2, x_3) = b_i, (i = \overline{1, m}) \quad (2)$$

Замінюємо цільову функцію на функцію Лагранжа:

$$L(x_1, x_2, x_3; \lambda_i) = f(x_1, x_2, x_3) + \sum_{i=1}^m \lambda_i (b_i - q_i(x_1, x_2, x_3)) \quad (3)$$

Розглянемо першу стратегію. Техніко-економічні показники вирощування рослин наведені в таблиці 1, а собівартість в таблиці 2.

Таблиця 1 - Техніко-економічні показники вирощування рослин

Техніко-економічні показники	Картопля x_1 га	Буряки x_2 га	Морква x_3 га
Урожайність, т/га	17	28,55	21,25
Ціна, грн/т	3708	2907	3346

Таблиця 2 - Собівартість

Культура	Посівний матеріал кг	Вартість грн.	Витрати грн	Урожайність т	Витрати грн./т
Картопля	1166,6	25	29165	17000	1716
Буряки	2400	18	43200	28550	1513
Морква	2010	13	26130	21250	1229,64

Необхідно знайти оптимальну площу посіву картоплі, буряків та моркви. Нехай: x_1 – площа ріллі під картоплю, x_2 – площа ріллі під буряки, сотні га; x_3 – площа ріллі під моркву.

$$\max f = 17(3708 - 2372,46 - 1500)x_1 * 100 + 28,55(2907 - 1901,96 - 1500)x_2 * 100 + 21,25(3346 - 1887,38 - 1500)x_3 * 100$$

з умов

$$x_1 + x_2 + x_3 = 20$$

$$x_1 \geq 1,47$$

$$x_2 \geq 1,75$$

$$x_3 \geq 1,41$$

Запишемо функцію Лагранжа, використовуючи формули (1-3):

$$L(x_1, x_2, x_3, \lambda_1) = 1700(-2372,46 * x_1 - 1500 * x_1) + 2855(-1901,96 * x_2 - 1500 * x_2) + 2125(-1887,38 * x_3 - 1500 * x_3) + \lambda_1(20 - x_1 - x_2 - x_3)$$

Розв'язавши рівняння отримуємо $x_1 = 1,47, x_2 = 1,75, x_3 = 16,78$.

Валовий прибуток складає 59937047,98 грн.

Розглянемо стохастичну модель враховуючи імовірнісний характер урожайності кожної культури.

Значення функції розраховуються за формулою :

$$F_i(x_i) = \max_{y_i \geq x_i} \left\{ -C(y_i - x_i) + \int_0^{y_i} [rD - h(y_i - D)]f(D)dD + \int_{y_i}^{\infty} [ry_i - p(D - y_i)]f(D)dD \right\}$$

де:

r - дохід від реалізації одиниці продукції;

c - вартість виробництва одиниці продукції;

h - питомі витрати на зберігання одиниці продукції;

p - питомі витрати від незадоволення попиту;

D - величина випадкового попиту на даному етапі;

$f(D)$ - щільність розподілу імовірності попиту на даному етапі;

y - об'єм замовлення;

x - запас продукції;

Задача розв'язується в декілька етапів [15]. Розрахунки будуть проведені за формулою математичного сподівання максимального рівня прибутку для кожної культури:

$$\sum_{i=1}^k M(f_i) = \max_{y_i \geq x_i} \left\{ -C(y_i - x_i) + \int_0^{y_i} [rD - h(y_i - D)]f(D)dD + \int_{y_i}^{\infty} [ry_i - p(D - y_i)]f(D)dD \right\} \quad (4)$$

Необхідно визначити Cy_i - кошти, які потрібно виділити на i -ту культуру, щоб отримати максимальний сумарний прибуток(4).

Розглянемо випадок неперервного розподілу попиту на продукцію:

$$f(D) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & D \in (a;b) \\ 0, & D \notin (a;b) \end{cases}$$

Знаходимо оптимальний розподіл коштів між культурами (таблиця 3)

Таблиця 3 - Оптимальний розподіл коштів між культурами

Культура	Витрати грн./т		
	30000	50000	100000
Картопля	699500		
Буряки		1003000	
Морква			5130000

Загальний прибуток 6832500 грн.

На наступному етапі обчислюються межі варіації показників очікуваного загального чистого доходу та стандартного відхилення доходу на множені ефективних значень. Спочатку обчислюються найкращі значення цих показників:

$$\bar{z}_{\max} = (\bar{p}_{t^*} - c_{t^*})a, \quad (5)$$

де момент часу t^* визначається з умови:

$$\bar{p}_{t^*} - c_{t^*} = \max_{t=1,T} (\bar{p}_t - c_t) \quad (6)$$

$$\sigma(z)_{\min} = \frac{a}{\sqrt{\sum_{t=1}^T \frac{1}{\sigma_t^2}}} \quad (7)$$

Далі обчислюються найгірші значення критеріальних показників на множені ефективних варіантів капіталовкладення:

$$\bar{z}_{\min} = \frac{a}{\sum_{t=1}^T \frac{1}{\sigma_t^2}} \sum_{t=1}^T \frac{\bar{p}_t - c_t}{\sigma_t^2} \quad (8)$$

$$\sigma(z)_{\max} = a\sigma_{t^*} \quad (9)$$

де момент часу t^* обрано з попередньої умови. Якщо таких моментів часу декілька, то використовується той із них, за якого показник стандартного відхилення загального чистого доходу є найменшим.

На другому етапі, після ознайомлення з діапазонами варіації критеріальних показників, власник продукції повідомляє про припустимі, на його думку, рівні цих показників

$$(\bar{z}_{\min} \leq \bar{z}_0 < \bar{z}_{\max}, \sigma(z)_{\min} < \sigma_0 \leq \sigma(z)_{\max})$$

На третьому етапі визначається оптимальний план. Цей план обчислюється розв'язування задачі опуклого програмування:

$$\left. \begin{aligned} s &\rightarrow \max, \\ \sum_{t=1}^T (\bar{p}_t - c_t)x_t &\geq \bar{z}_0 + s(\bar{z}_{\max} - \bar{z}_0), \\ \sum_{t=1}^T \sigma_t^2 x_t^2 &\leq \sigma_0^2 - s(\sigma_0^2 - \sigma^2(z)_{\min}), \\ \sum_{t=1}^T x_t &= a, \\ x_t &\geq 0, \quad t = \overline{1, T} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

де p – прибуток, c – собівартість, a – кількість.

Випадок цінового ризику. Якщо майбутні ринкові ціни не детерміновані, то власник продукції завжди має ризик отримати у майбутньому дохід від реалізації продукції менший, аніж очікуваний. Методика, що пропонується, дозволяє найкращим чином врахувати індивідуальне ставлення до цього ризику конкретного власника, виходячи з цього особистих економічних інтересів.

За несхильного ставлення до ризику план вирощування культур сільськогосподарської продукції визначатиметься двокритеріальною задачею:

$$\left. \begin{aligned} \bar{z} &= \sum_{t=1}^T (\bar{p}_t - c_t)x_t \rightarrow \max, \\ \sigma^2(z) &= \sum_{t=1}^T \sigma_t^2 x_t^2 \rightarrow \min, \\ \sum_{t=1}^T x_t &= a, \\ x_t &\geq 0, \quad t = \overline{1, T} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Розв'язавши нашу систему за методом Лагранжа(3), спостерігаємо, що відбулося покращення первісно обраних власником припустимих рівнів критеріальних показників(11). Обсяг очікуваного загального чистого доходу знаходиться в межах 4832500 ... 6832500 грн.

Висновки. В роботі було наведено методику розв'язування задачі оптимального плану розподілу земель сільськогосподарського господарства з метою максимізації валового прибутку господарства за умов цінового ризику.

Для розв'язання задачі було взято середні ціни реалізації сільськогосподарської продукції з сайту державної служби статистики України.

За допомогою методу множників Лагранжа знайдено оптимальну площу посіву для кожної з культур таким чином щоб всі умови були виконані. Далі обрахований валовий прибуток. Для розв'язання задачі було взято середні ціни реалізації сільськогосподарської продукції за ряд років. На основі даних взятих з сайту державної служби статистики України було зроблено прогноз щодо майбутньої ціни на картоплю, моркву та буряк, щоб показати практичне застосування запропонованої методики.

Розглянуто випадок цінового ризику. Для розв'язання задачі було взято прогнозовані ціни на один рік в довірчих інтервалах. Розрахований валовий прибуток для верхньої та нижньої межі. В подальших розрахунках керувалися максимальних значенням очікуваного валового прибутку.

Порівнявши отримані результати можна чітко побачити що друга стратегія є більш прибутковою навіть за умов цінового ризику.

Новизною роботи є розробка стохастичної моделі, яка враховує імовірнісний характер урожайності кожної культури.

В роботі застосовується імовірнісна модель управління запасами, в яких попит є випадковою величиною з відомим розподілом ймовірностей.

Визначена оптимальна стратегія замовлення продукції, при випадковому попиті. Проаналізовано як зміняться отримані результати при рівномірному розподілі.

Методика може використовуватися суб'єктами господарювання на мікроекономічному та макроекономічному рівнях. Вона захищає власника від необміркованих втрат очікуваного максимального доходу за умов ризику.

Література:

1. Офіційний сайт Аграрного сектору України . [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://agroua.net/>
2. Ринкова трансформація економіки АПК [Текст] : ч.2. Підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва / За ред. П.Т.Саблука, В.Я. Амбросова, Г.Є. Мазнева ; Ін-т аграр. економіки УААН. Харк. держ. техн. ун-т.сіл. – К.: ІАЕ УААН, 2002. - 754 с.
3. Ефективність діяльності аграрних підприємств: теорія, методика, аналіз : монографія / В.Г.Андрійчук; М-во освіти і науки України, Київ. нац. екон. ун-т. - К.: КНЕУ, 2005. - 290 с.
4. Економіка природокористування [Текст]: курс лекцій / О.Ф. Савченко; Ред. П.П.Борщевський; М-во освіти і науки України, Бердян. держ. пед. ін-т ім. П.Д. Осипенко. – Бердянськ : БДП, 2000. – 71 с.
5. Еволюція теорії інновацій та її розвиток в аграрній сфері виробництва/ О. Д. Муляр //Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. - 2011. - № 2(2). – 50–61с.

6. Економіка сільського господарства [Текст]: підручник / О. І.Здоровцов, Л.І.Касьянов, В.І.Мацибора, В.Й. Шиян; За ред. О. І.Здоровцова. – К. : Вид-во УСГА, 1993. – 320 с.
7. Основи аграрного підприємництва [Текст]: монографія / Авт. колектив: П.Т.Саблук, М.Й.Малік, В.В.Зіновчук та ін. ; За ред. М. Й. Маліка. - К.: Ін-т аграр. економіки, 2001. – 581 с.
8. Управління якістю і конкурентоспроможністю продукції аграрних підприємств в умовах інтеграції та глобалізації економіки [Текст] : автореф. дис. канд. екон. наук : спец. 08.00.04 / Н. С. Соколова ; наук. конс. М. В.Зось-Кіор ; Луган. нац. аграр. ун-т. - Луганськ, 2010. - 20 с.
9. Економіка й організація інноваційної діяльності [Текст] : учебник / Підручник для студ вищих навч. закл. ; За ред. О.І. Волкова, М.П. Денисенка; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т технологій та дизайну . - 2-е вид., перероб. - К.: [б. в.], 2005. - 424 с.
10. Методичні підходи щодо інвестування розвитку цукробурякового виробництва [Текст]: методические указания / Укр. акад. аграр. наук, Нац. наук. центр "Ін-т аграр. економіки" ; Підгот.: М.Ю.Коденська. - К.: [б. в.], 2005. - 44 с.
11. Реформування та розвиток підприємств агропромислового виробництва [Текст]: посіб. у питаннях і відповідях / Ін-т аграр. економіки УААН; За ред. П. Т. Саблука. - К.: ІАЕ, 1999. - 532 с.
12. Теорія, методика, аналіз ефективності діяльності аграрних підприємств [Текст] : рецензия / О.М.Шпичак// Економіка АПК. - 2006. -№ 3. - 152-154 с..
13. Офіційний сайт Міністерства агропромислової політики України. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.minagro.kiev.ua>
14. Офіційний сайт Державної служби статистики України . [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
15. Цеслів О.В.Дослідження динамічної моделі управління запасами. /О.В. Цеслів/Вісник КНУТД, №6, 2006