

УДК 519.86:631.145

А. М. Могильницька,
к. ф.-м. н., Миколаївський національний аграрний університет
ORCID ID: 0000-0002-4349-3576

DOI: 10.32702/2306-6792.2020.17—18.39

ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В РОБОТІ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

A. Mohylnytska,
PhD in Physico-Mathematical Sciences, Mykolayiv National Agrarian University

PRIORITY AREAS OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING IN THE WORK OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

У статті обґрунтовано пріоритетні напрями застосування економіко-математичного моделювання для визначення раціональної галузевої структури аграрних підприємств. Економіко-математична модель об'єднує складні, а іноді й нечітко визначені показники та фактори економічних систем, у логічно чітку структуру, яку можна детально проаналізувати та розв'язати математичними засобами. А також дає можливість оцінити альтернативні можливості функціонування економічної системи в сучасних умовах виробництва.

У роботі розглянуто основні класи моделей, що застосовуються для моделювання процесів аграрного виробництва. Підкреслено важливість знаходження оптимальної структури виробництва. Окреслено ряд практичних задач аграрної сфери, розв'язанню яких сприяє економіко-математичне моделювання. Визначено джерела інформації, що використовуються для побудови моделей. Сформульовано особливості побудови задачі оптимізації сучасного машинно-тракторного парку та проблеми його моделювання. Показано практичне застосування економіко-математичних моделей.

Modern agrarian business requires from managers who make decisions in various sectors of the economy, a systematic vision of the processes taking place in the agricultural sector. The application of economic and mathematical methods and models is one of the areas of scientific knowledge of reality. Their use makes it possible to describe the relationships between economic variables, reflecting the specifics of production processes, as well as to adequately adjust plans and management decisions, to respond in a timely manner to changes in the tasks.

Mathematical modeling used to determine the optimal combination of industries in the study of the processes of the agricultural sector of the economy. Balancing production and use of resources requires ensuring the rational use of available production resources; to form rational specialization of agricultural production; make optimal use of existing machine-tractor and car fleets and combinations of industries; optimal turnover and structure of the herd; compile optimal animal diets and available feed bases, etc.

The present article deals with substantiates the priority areas of application of economic and mathematical modeling to determine the rational sectoral structure of agricultural enterprises. It is shown that the economic-mathematical model combines complex and sometimes vaguely defined indicators and factors of economic systems into a logically clear structure that can be analyzed in detail and solved by mathematical means. And also gives the chance to estimate alternative possibilities of functioning of economic system in modern conditions of manufacture.

The main classes of models used for modeling the processes of agricultural production are considered. The importance of finding the optimal structure of production is emphasized. A number of practical problems of the agrarian sphere are

outlined, the solution of which is facilitated by economic-mathematical modeling. It is to be identified the sources of information that used for build models. Peculiarities of construction of the problem of optimization of machine-tractor park in modern conditions and problems of its modeling are formulated. It is shown the practical application of economic and mathematical models.

Ключові слова: економіко-математична модель, обмеження, машинно-тракторний парк, оптимізація.

Key words: economic-mathematical model, constraints, machine-tractor park, optimization.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Аграрний бізнес завжди працював в умовах ризику, а сучасні ринкові умови господарювання, стрімкий науково-технічний прогрес, необхідність оптимізації виробництва, актуалізували і проблему раціонального використання ресурсів. Тому на передній план у науковому пізнанні реальності виходять економіко-математичні методи та моделі, застосування яких дає можливість як описувати зв'язки між економічними змінними, відображаючи специфіку виробничих процесів, так і розв'язувати задачі оптимізації планування та управління, виявлення залежностей між параметрами аграрної системи та адекватне коригування планів й управлінських рішень, своєчасне реагування на зміни поставлених цілей.

Застосування методів економіко-математичного моделювання в аграрній галузі пов'язане з розумінням виробничих процесів та обмежень, які діють при виробництві та реалізації продукції: раціональне використання наявних ресурсів виробництва; найкраще розміщення та спеціалізацію сільськогосподарського виробництва; оптимальне використання складу машинно-тракторного та автомобільного парку; оптимальний оборот та структуру стада; оптимальні раціони харчування тварин та використання кормів тощо. Такі обмеження формують структуру економіко-математичної моделі (ЕММ) діяльності підприємства та є основою для вирішення поставленої задачі. Обмеження економіко-математичної моделі за своєю суттю є математичною інтерпретацією постановки стратегічного менеджменту в сільськогосподарських підприємствах.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Економіко-математичне моделювання виробничих процесів досліджувалося в роботах провідних вітчизняних і зарубіжних науковців: В.М. Вовка, В.А. Кадієвського, Т.С. Клебанової, Ю.Г. Лисенка, О.М. Марюти, А.М. Мороза, О.А. Петрова, І.Г. Поспелова, О.В. Ульяновчен-

ка, В.М. Усикіна, Е. Балтенспергера, Р. Белмана, П. Роуза, С. Сілі, Д. Січки, Д. Форрестера, та інших.

Питанням вивчення економіко-математичних моделей в управлінні АПК займалися Л.В. Канторович, В.С. Немчинов, В.М. Глушков, В.В. Вітлінський, Т.С. Наконечний, О.М. Онищенко, М.Є. Браславець, А.М. Гатаулін, Дж. Данциг, В.А. Кардаш, Р.Г. Кравченко, Е.Н. Крилатих, А.П. Курносів, С.А. Минюк, С.І. Наконечний, І.Г. Попов, С.С. Савіна, М.М. Тунєєв тощо. Було розроблено систему економіко-математичних оптимізаційних моделей в галузі аграрного виробництва: комплектування доукомплектування машинно-тракторного парку, виробництво кормів, співвідношення окремих галузей, спеціалізації господарств, розміщення виробництва окремих видів продукції по регіонам тощо. Проте умови сьогодення вимагають введення в ЕММ обмежень, що відображають сучасні умови виробництва, враховують нові фактори і показники.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є теоретичне обґрунтування необхідності використання економіко-математичних моделей у формуванні виробничої структури аграрних підприємств та визначення пріоритетних напрямів використання економіко-математичного моделювання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Економіко-математичні методи і моделі в агропромисловому комплексі дозволяють визначити і формально описати найбільш важливі суттєві зв'язки між елементами економічних систем, чітко формулюючи вихідні дані та співвідношення кінцевих результатів об'єкту, що вивчається.

Введене на початку 60-х років ХХ ст. поняття "економіко-математична модель" постійно доповнюється і уточнюється. У словнику Лопатнікова економіко-математична модель (ЕММ) визначається як математичний запас



Рис. 1. Економіко-математичні моделі виробничих процесів сільськогосподарського підприємства

економічної задачі. Дискусії свідчать, що вони не втратили своєї значущості й сьогодні.

З точки зору кібернетики, задача економіко-математичного моделювання представляє собою вхідну інформацію або параметри управління, зміна яких, характеризує зміну досліджуваного об'єкту, а екстремум цільової функції є критеріальним показником оптимального стану системи.

За допомогою економіко-математичного моделювання можна проводити аналіз та ефективну обробку інформації, посилювати роль кількісного аналізу показників, що характеризують економічні проблеми, підвищувати якість розрахунків та перевіряти гіпотези про майбутній розвиток, розробляти управлінські рішення на всіх рівнях господарської ієрархії управління.

При всьому різноманітті змісту конкретних завдань рішення кожної задачі вимагає стандартних етапів: постановку задачі; побудову математичної моделі; вибору методів рішення задачі; проведення аналізу отриманих результатів на адекватність досліджуваному явищу і в разі потреби проведення коригування моделі та впровадження в практику.

Під час формування бізнес плану аграрного підприємства, виходячи із максимальної економічної ефективності, пропонуємо розв'язувати економіко-математичні моделі виробничих процесів господарства, в певній послідовності (рис. 1).

Використання економіко-математичних моделей у аграрному виробництві буде ефектив-

ним, якщо враховувати, що сільське господарство є унікальною системою, що відрізняється від інших (промислової, соціальної та ін.) наявністю землі.

Для того щоб виконати заданий обсяг робіт з метою оптимізації структури виробництва сільськогосподарського підприємства, необхідно відновлювати матеріально-технічну базу, зокрема машинно-тракторний парк має відповідати сучасним нормам. З метою визначення для кожного окремого господарства мінімальної, але достатньої кількості машин, яка забезпечить найефектив-

нішу роботу підприємства, можна також використовувати економіко-математичне моделювання.

Під час побудови задачі оптимізації МТП, у якості критерію оптимальності обираються: мінімум загальних витрат, мінімум витрат пального, мінімум приведених витрат тощо.

Таким чином, задача планування потреби сільськогосподарського підприємства в техніці полягає у виборі такого складу машинно-тракторного парку та такого плану його використання, за якого дотримуються агротехнологічні вимоги, забезпечується виконання всіх заданих обсягів робіт у визначені терміни з мінімальними загальними витратами (тут і надалі в якості критерію оптимальності обираємо мінімум приведених витрат).

Вибір найкращого значення цільової функції з множини можливих зручно виконувати за допомогою економіко-математичної моделі.

В умовах конкретного господарства ця економічна модель задачі планування потреби в техніці передбачає три різні варіанти.

1. Задача визначення оптимального складу машинно-тракторного парку за умови, що в господарстві повністю відсутні машини, тобто задача комплектування парку, найбільш доцільного його придбання.

2. Задача визначення оптимального складу машинно-тракторного парку за умови, що певний парк у господарстві вже є, то є задача доукомплектування наявного парку. У цьому випадку передбачається можливість списання окремих машин, якщо витрати на їх утримання

більше того ефекту, який господарство може отримати при їх використанні.

3. Задача визначення плану найкращого використання наявного в господарстві машинно-тракторного парку за умови, що господарство не має можливості докуповувати нові машини. У цьому випадку також передбачено списання окремих машин.

Розглянемо задачу по визначенню оптимального складу машинно-тракторного парку, яка є однією з найважливіших задач наукового обґрунтування ефективної організації сільськогосподарського виробництва.

Природно, для різних критеріїв будуть отримані різні оптимальні плани. Задача управління полягає у виборі саме обґрунтованого кількісного варіанту. Розглянемо в якості оптимального складу машинно-тракторного парку такий, за якого виконуються всі задані обсяги робіт у оптимальні терміни при мінімальних приведених витратах і дотриманні агротехнічних умов.

Передбачається, що у господарстві повністю відсутні машини, парк комплектується з усіх можливих сучасних марок тракторів і сільськогосподарських машин.

Уточнимо загальну постановку задачі, використовуючи апарат лінійної алгебри, тобто запишемо алгебраїчні співвідношення, в які закладемо економічний зміст. Отримаємо економіко-математичну модель задачі.

Введемо такі загальноприйняті позначення.

Кількість марок тракторів і сільськогосподарських машин, з яких буде комплектуватися машинно-тракторний парк (МТП), позначимо через n , їх номери $1, 2, \dots, i, \dots, n$. Кількість всіх сільськогосподарських робіт, які виконуються в цьому господарстві, позначимо через m , їх номери $1, 2, \dots, j, \dots, m$, через $1, 2, \dots, t, \dots, T$ позначимо номери розрахункових періодів, на які потрібно розбити весь термін, що відводиться на виконання всього комплексу робіт.

Обсяг кожної роботи передбачається заданим. Зручно вважати його заданим для роботи з номером j в розрахунковому періоді t і позначити P_{jt} .

Припустимо, що з кожною маркою трактора можуть агрегатуватися на кожній роботі різні сільськогосподарські машини, тобто для кожної марки трактора можливі різні способи агрегування.

Кількість всіх можливих агрегатів в господарстві позначимо через l , їх номери $1, 2, \dots, k, \dots, l$.

Задамо продуктивність агрегатів на кожній роботі за кожен розрахунковий період (тобто

продуктивності тракторів на кожній роботі з урахуванням агрегатованих з ними сільськогосподарських машин).

Позначимо продуктивність агрегату k на роботі j за період t через a_{kjt} .

Далі через b_{kj} позначимо кількість агрегатів з номером k потрібних для виконання роботи j за період t .

Умова, що гарантує виконання всього заданого обсягу робіт, записується таким алгебраїчним співвідношенням:

$$\sum_{k=1}^{l_j} a_{kjt} x_{kjt} = P_{jt}, \quad (j = 1, 2, \dots, m; t = 1, 2, \dots, T) \quad (1),$$

де l_j — загальна кількість одиниць, які можуть виконувати j -ту роботу.

Кількість цих співвідношень не перевищує $m \cdot T$.

Позначимо через x_i загальну кількість машин марки i , що необхідні для цього господарства, і через b_{kj}^i — кількість машин марки i , з номером i , що входить у k -й агрегат, який виконує j -ю роботу.

Парк буде комплектуватися з найбільш ефективних марок машин з точки зору розглянутого критерію.

Умова, що кількість машин марки i , що виконують усі роботи за період t , не повинно перевищувати їх загального числа x_i запишеться так:

$$\sum_{j \in J_t} \sum_{k=1}^{l_j} b_{kj}^i x_{kjt} \leq x_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T) \quad (2),$$

де J_t — підмножина, якій належать всі роботи, що виконуються за період t .

Кількість обмежень у (2), не перевищує значення $n \cdot T$.

Пропонуємо вводити в ЕММ машинно-тракторного парку, обмеження по балансу матеріально-грошових витрат, яке допускає залучення кредитів і навіть пошукову суму кредиту.

$$\sum_{j=1}^n u_i x_{ik} + u_i x_{jk} \leq b_i \quad (3),$$

u_i — коефіцієнт, який відображає витрати на сільськогосподарську машину i -го виду; b_i — наявність коштів.

Матеріально-грошові витрати теж в моделі можна деталізувати по окремим видам і статтям.

Крім того, очевидно, мають місце тривіальні обмеження:

$$\begin{aligned} x_i &\geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n); \\ x_{kjt} &\geq 0 \quad (k = 1, 2, \dots, l_j; j \in J_t; t = 1, 2, \dots, T) \end{aligned} \quad (4),$$

Позначимо, нарешті, через C_{kjt} прямі витрати на один агрегат k , що виконує роботу j за період t .

Різні способи агрегування для однієї і тієї ж марки трактора відрізняються, очевидно, прямими виробничими витратами. Тоді наведені витрати, тобто сума прямих виробничих витрат на виконання всіх тракторних робіт і витрат на придбання техніки, запишуться у вигляді:

$$F = \sum_{t=1}^T \sum_{j \in J_t} \sum_{k=1}^n c_{kjt} x_{kjt} + \sum_{i=1}^n (\alpha c_i + p_i) x_i, \quad (5)$$

де α — нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; c_i — балансова вартість машини марки i ; p_i — вартість утримання машини марки i .

Задача визначення оптимального складу машинно-тракторного парку тепер, очевидно, буде сформульована так: визначити склад парку (всі x_i) і план його використання протягом всього року (всі x_{ijt}), у якому досягається мінімум (4), якщо виконуються обмеження (1)—(4).

(1)—(5) — математична постановка задачі оптимізації машинно-тракторного парку.

Розглянута модель є найбільш повною, бо вона будується з урахуванням всього машинно-тракторного парку, і, отже, при розв'язанні задач, для яких за критерій оптимальності вибирається мінімум витрат, у функціоналі (5) враховується і вартість тракторів, і вартість агрегованих з ними сільськогосподарських машин.

На практиці ця модель дала 18% скорочення поточних витрат.

У такій моделі не враховані всі особливості і економічні взаємозв'язки підприємства, наприклад, не відображено обмеження по використанню трудових ресурсів. Це питання потребує окремого розгляду.

Важливою умовою побудови економіко-математичної моделі є адекватне відображення економічних процесів. Але підвищення адекватності моделі призводить до її складності, що унеможливує її реалізацію, навіть сучасними програмними і технічними засобами. Тому необхідно балансувати між складністю моделі і можливістю її реалізації для практичного застосування. Під час побудови моделі важливо розуміти, що вона є проміжною ланкою між теорією і дійсністю, схематично спрощуючи останню.

Джерелами інформації для побудови моделей управління служать річні звіти, виробничо-фінансові та перспективні плани, плани

організаційно-господарського устрою, дані первинного обліку сільськогосподарських підприємств, технологічні карти з виробництва сільськогосподарських культур і вирощування тварин, а також різні нормативні довідники.

Інформація як сукупність необхідних для моделювання відомостей про економічному процесі і об'єкті повинна бути повною, достовірною, доступною і своєчасною. Ці її якості є обов'язковими при розробці нових моделей. Якщо вихідні дані недостатньо повні і неточні, результати вирішення завдань можуть бути перекручені.

ВИСНОВКИ

З розвитком суспільства відбулося різке збільшення обсягів виробництва, з'явилася необхідність вирішувати завдання планування і управління, вироблення прогнозів на майбутнє та ін. Збільшився обсяг інформації, яку необхідно враховувати при вирішенні таких завдань, необхідно враховувати також зв'язок між окремими, здавалося б, не пов'язаними між собою явищами (промислове виробництво і забруднення навколишнього середовища, запаси цінних промислових риб і хімізація сільського господарства і т.д.). Все це зручно реалізувати в рамках економіко-математичного моделювання.

Забезпечення сільськогосподарського підприємства сучасним машинно-тракторним парком є пріоритетним завданням аграрної галузі.

Використання економіко-математичних методів в аграрному бізнесі сприяє вирішенню ряду практичних задач: впорядкування системи економічної інформації, вироблення вимог для її підготовки та коригування з метою вирішення певної системи завдань планування і управління; забезпечення інтенсифікації та підвищення точності економічних розрахунків, дозволяє, використовуючи постійно зростаючі можливості сучасних ПЕОМ, багаторазово прискорити і скоротити трудомісткість типових, масових розрахунків, проводити різноманітні економічні обґрунтування складних проектів; з'являється можливість проведення поглибленого кількісного аналізу економічних проблем, вивчення багатьох факторів, що впливають на економічні процеси, оцінки наслідків зміни умов розвитку економічних об'єктів; застосування методів економіко-математичного моделювання дозволяє вирішувати принципово нові економічні задачі, які іншими засобами вирішити практично неможливо.

Література:

1. Дьяченко Н.К. Особенности застосування математичних методів та моделей в управлінні аграрними підприємствами / Н.К. Дьяченко. *Агросвіт*. 2020. № 9. С. 121—126.

2. Лобода О.М. Впровадження методів економіко-математичного моделювання для оптимального управління аграрного підприємства / О.М. Лобода, Г.М. Кавун // *Бізнес-навігатор*. — 2019. — Вип. 2 (51). — С. 175—179.

3. Кравченко Р.Г. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве: учебное пособие / Р.Г. Кравченко. — Москва: Колос, 1978. — 424 с.

4. Panfilova A., Mohylnytska A. The impact of nutrition optimization on crop yield of winter wheat varieties (*triticum aestivum* l.) and modeling of regularities of its dependence on structure indicators. *Agriculture & Forestry*, Vol. 65 Issue 3: 157—171, 2019, Podgorica. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.3.13.

5. Математичні методи і моделі в управлінні економічними процесами: монографія / Л.М. Малярець, Є.Ю. Місюра, В.В. Койбічук та ін. — Харків: ХНЕУ ім. С.Кузнеця, 2016. — 420 с.

6. Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели. — Москва: Соцэкгиз, 1962. — 410 с.

7. Садовская Т.Г., Дроговоз П.А., Дадонов В.А., Мельников В.И. Применение математических методов и моделей в управлении организационно-экономическими факторами конкурентоспособности промышленного предприятия // *Аудит и финансовый анализ*. — 2009. — № 3. — С. 364—379.

8. Юрчук Н.П. Використання економіко-математичних методів в управлінні інноваційним розвитком економічних систем / Н.П. Юрчук // *Інвестиції: практика та досвід*. — 2015. — № 18. — С. 28—32.

9. <https://lopatnikov.pro/slovar/ei/ekonomiko-matematicheskaya-model/>

10. Panfilova A. Modeling the impact of weather and climatic conditions and nutrition variants on the yield of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.) A. Panfilova, A. Mohylnytska, V. Gamayunova, M. Fedorchuk, A. Drobotko, S. Tyshchenko // *Agronomy Research* 18(S2), 1388—1403, 2020. <https://doi.org/10.15159/AR.20.159>.

References:

1. Diachenko, N. (2020), "Features of the application of mathematical methods and models in the management of agrarian enterprises",

Agrosvit, vol. 9, pp. 121—126. DOI: 10.32702/2306-6792.2020.9.121

2. Loboda, O.M. and Kavun, H.M. (2019), "Introduction of methods of economic and mathematical modeling for optimal management of an agricultural enterprise", *Biznes-navihator*, vol. 2 (51), pp. 175—179.

3. Kravchenko, R.H. (1978), *Matematycheskoe modelyrovanye ekonomycheskykh protsessov v sel'skom khoziajstve* [Mathematical modeling of economic processes in agriculture], Kolos, Moscow, Russia.

4. Panfilova, A. and Mohylnytska, A. (2019), "The impact of nutrition optimization on crop yield of winter wheat varieties (*triticum aestivum* l.) and modeling of regularities of its dependence on structure indicators", *Agriculture & Forestry*, vol. 65, no. 3, pp. 157—171. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.3.13.

5. Maliarets', L.M. Misiura, Ye.Yu. and Kojbichuk, V.V. (2016), *Matematychni metody i modeli v upravlinni ekonomichnykh protsesamy* [Mathematical methods and models in the management of economic processes], KhNEU im.S.Kuznetsia, Kharkiv, Ukraine.

6. Nemchynov, V.S. (1962), *Ekonomyko-matematicheskiye metody y modely* [Economic and mathematical methods and models], Sotsekhyz, Moscow, Russia.

7. Sadovskaia, T.H. Drohovozy, P.A. Dadonov, V.A. and Mel'nykov, V.Y. (2009), "Application of mathematical methods and models in the management of organizational and economic factors of the competitiveness of an industrial enterprise", *Audyt y fynansovyy analiz*, vol. 3, pp. 364—379.

8. Yurchuk, N.P. (2015), "The use of economic and mathematical methods in the management of innovative development of economic systems", *Investytsii: praktyka ta dosvid*, vol. 18, pp. 28—32.

9. Slovar' Lopatnikova (2020), "Economic and mathematical model", available at: <https://lopatnikov.pro/slovar/ei/ekonomiko-matematicheskaya-model/> (Accessed 25 Aug 2020).

10. Panfilova, A. Mohylnytska, A. Gamayunova, V. Fedorchuk, M. Drobotko, A. and Tyshchenko, S. (2020), "Modeling the impact of weather and climatic conditions and nutrition variants on the yield of spring barley varieties (*Hordeum vulgare* L.)", *Agronomy Research*, vol. 18(S2), pp. 1388-1403, available at: <https://doi.org/10.15159/AR.20.159>. (Accessed 25 Aug 2020).

Стаття надійшла до редакції 01.09.2020 р.