



УДК 519.673:621.3:631.12:65.011.3

МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ В УМОВАХ НАЯВНОСТІ РИЗИКІВ

*Лисогор Василь Микитович* д.т.н., професор  
*Рубаненко Олена Олександрівна* к.т.н., доцент  
Вінницький національний аграрний університет  
*Шулле Юлія Андріївна* к.т.н., доцент  
Вінницький національний технічний університет  
*Колісник Микола Анатолійович* студент  
Вінницький національний аграрний університет  
**Lysogor V.**  
**Rubanenko O.**  
Vinnytsia National Agrarian University  
**Shullye Yu.**  
Vinnytsia National Technical University  
**Kolisnik M.**  
Vinnytsia National Agrarian University

**Анотація:** у публікації запропоновані і розроблені моделі оптимального функціонування сільськогосподарських електротехнічних комплексів в умовах дії різноманітних ризиків та наявності спостережувальних подій і відповідних їм ймовірностей. Вперше для агропромислового комплексу розглянуті три задачі з напрямку дослідження операцій: харчового раціону, планування виробництва продукції, завантаження роботи обладнання.

**Ключові слова:** модель, оптимальне функціонування, електротехнічний комплекс, ризику, ймовірність.

### Вступ

**Обґрунтування напрямків дослідження.** Оцінка якісної роботи електротехнічних комплексів і систем сільськогосподарського призначення сьогодні стоїть достатньо гостро. Одним з перспективних методів покращення ефективної роботи вказаних комплексів і систем можна отримати за рахунок використання напрацювань теорії і практики ризиків [1].

У даних джерелах розглянуті економічні ризики, методи оцінки ризиків, теоретичні питання оцінки ризиків, прийняття управлінських рішень по отриманим оцінкам ризиків, реальне управління забезпечення оптимального функціонування досліджуваного об'єкта [2, 3, 4].

Посилання на навчальний посібник А.В. Матвійчука, нині доктора економічних наук розкривається сутність проблеми побудови математичних моделей аналізу [5]. Визиває також повагу до себе джерело [6] Використання чисельних методів.

### Постановка задачі

**Мета публікації.** Запропонувати і розробити моделі оптимального функціонування сільськогосподарських електротехнічних комплексів в умовах дії різноманітних ризиків та наявністю спостережуваних подій і відповідних їм ймовірностей.

**Основний результат публікації.** Спочатку розглянемо питання сутності ризику, до яких відносяться функції, риси, сторони і джерела виникнення ризиків.

Як видно із заголовку, стаття має прикладний галузевий характер. Відповідно, до теорії ризиків, основною ознакою належності підприємства до тієї чи іншої галузі є вид продукції, що випускається. Наше сільськогосподарське підприємство, його віднесемо до первинної сфери зі своїми характерними особливостями: сезонності роботи, нестабільністю, не ергодичністю обслуговуючого персоналу, зміною характеру відношень постачальників, особливостям технічного обслуговування по забезпеченню справної роботи машин та обладнання зі своїми галузевими ризиками.

Підприємства вторинної сфери віднесемо до видобувної чи переробної галузі з притаманними їм ризиками.

Підприємства третинної сфери – це банки, страхові, аудиторські, консалтингові компанії зі своїми особливими ризиками.

Розглянемо показники сутності ризику по таким напрямкам:



- ймовірність досягнення бажаного кінцевого результату;
- відсутність впевненості у досягненні заданої поставленої мети у вигляді лінійної або нелінійної цільової функції;
- можливість наявності економічних, технічних, технологічних, матеріальних, мотиваційно-моральних втрат, пов'язаних з обраною в умовах невизначеності альтернативою;
- початковою некоректністю поставленої задачі дослідження.

Важливим завданням тут є оптимізація структури і параметрів пропонованої нами моделі. Припустимо, що сформований показник  $W$  ефективності нашого сільськогосподарського електротехнічного комплексу, має вигляд:

$$W = W(a, x), \quad (1)$$

де  $a$  – виражає задані умови роботи нашого об'єкта, куди входять також обмеження, що накладені на елементи рішення  $x$

Нехай рішення  $x$  представляє собою сукупність  $n$  елементів множини рішення вектора  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  вектора  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Необхідно знайти такі значення елементів  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , які перетворюють  $W$  в максимум або мінімум. Причому, якщо слова “максимум” та “мінімум” об'єднаємо одним терміном, будемо мати “екстремум”.

Трудності, що виникають при рішенні задач математичного програмування залежать від виду функціональної залежності зв'язку  $W(a, x)$  з елементами рішення, від “розмірності” задачі, тобто від кількості елементів рішення  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , від виду та кількості обмежень, накладених на елементи рішення.

Серед задач математичного програмування самими простими є так звані задачі лінійного програмування. Характерно для них те, що показник ефективності лінійно залежить від множини елементів рішення, обмеження, що накладені на елементи рішення, мають вид лінійних рівностей або нерівностей відносно множини  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

Такі задачі достатньо часто зустрічаються у практиці роботи сільськогосподарських підприємств, що пов'язані з розподілом ресурсів для оцінок відповідних ризиків, які ми охарактеризували на початку основного результату публікації.

**1. Задача про харчовий раціон.** Ферма проводить відгодівлю тварин з комерційною метою. Припустимо, що використовується чотири види продуктів  $\{P_1, P_2, P_3, P_4\}$ , вартість одиниці кожного продукту виражається множиною  $\{c_1, c_2, c_3, c_4\}$ . З цих продуктів потребується скласти харчовий раціон, який повинен мати: білків – не менше  $b_1$  одиниць; вуглеводів – не менше  $b_2$  одиниць; жирів – не менше  $b_3$  одиниць. Для продуктів  $\{P_1, P_2, P_3, P_4\}$  вміст білків, вуглеводів та жирів на одиницю продукту відомо.

Потребується скласти такий харчовий раціон (тобто призначити кількість продуктів  $\{P_1, P_2, P_3, P_4\}$ , що входять у нього, щоб умови по білкам, вуглеводам та жирам були виконані, при цьому вартість раціону була мінімальна.

Складемо математичну модель. Означимо множини  $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$  кількості продуктів  $P_1, P_2, P_3, P_4$ , що входять у харчовий раціон. Показник ефективності або цільову функцію, яку необхідно мінімізувати, - вартість раціону буде мати вигляд:

$$W = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 = \sum_{i=1}^n cx_i \quad (2)$$

Отже, вид цільової функції (2) відомий і вона лінійна. Запишемо тепер у вигляді формул обмежуючі умови по білкам, вуглеводам і жирам. Враховуючи, що в одній одиниці продукту  $P_1$  утримується  $a_{11}$  одиниць білка, то  $x_1$  буде  $a_{11}x_1$  одиниць білка; в  $x_2$  продукту  $P_2$  буде  $a_{22}x_2$  одиниць білку і т.д. Таким чином отримати елементи нерівності обмежень

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 + a_{41}x_4 &\geq b_1 \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 + a_{42}x_4 &\geq b_2 \\ a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{33}x_3 + a_{43}x_4 &\geq b_3 \end{aligned} \quad (3)$$

Виходячи з викладеного, отримаємо таблицю 1 залежності між продуктами та елементами білків, вуглеводів та жирів.

Таблиця 1

Залежності між продуктами та елементами

Продукт	Елементи		
	Білки	Вуглеводи	Жири
	$b_1$	$b_2$	$b_3$
$P_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
$P_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
$P_3$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$
$P_4$	$a_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$



**2. Задача планування виробництва продукції електротехнічного сільськогосподарського підприємства.** Вказане підприємство виробляє вироби трьох видів:  $U_1, U_2, U_3$ . По кожному виду виробів передбачений план, по якому воно зобов'язано випустити не менше  $b_1$  одиниць виробу  $U_1$ , не менше  $b_2$  одиниць виробу  $U_2$ , не менше  $b_3$  виробу  $U_3$ . Умови попиту обмежують кількість вироблених одиниць кожного типу: не більше відповідно  $\{b_1, b_2, b_3\}$  одиниць. Всього є чотири сировини,  $\{s_1, s_2, s_3, s_4\}$ , причому запаси обмежені множиною чисел  $\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$  одиниць кожного виду сировини. Означимо  $a_{ij}$  необхідне на виготовлення однієї одиниці виробу  $U_j$  ( $j = 1, 2, 3$ ). Перший індекс у числа  $a_{ij}$  – вид виробу, другий – вид сировини. Значення  $a_{ij}$  зведені нами в матричну таблицю 2.

Таблиця 2

Залежності між сировиною та виробами

Сировина	Вироби		
	$U_1$	$U_2$	$U_3$
	$b_1$	$b_2$	$b_3$
$s_1$	$a_{11}$	$a_{21}$	$a_{31}$
$s_2$	$a_{12}$	$a_{22}$	$a_{32}$
$s_3$	$a_{13}$	$a_{23}$	$a_{33}$
$s_4$	$a_{14}$	$a_{24}$	$a_{34}$

При реалізації один виріб  $U_1$  дає підприємству прибуток  $c_1$ ,  $U_2$  – прибуток  $c_2$ ,  $U_3$  – прибуток  $c_3$ .

Сформулюємо задачу лінійного програмування наступним чином. Елементами рішення будуть  $\{x_1, x_2, x_3\}$  – кількості одиниць виробів  $\{U_1, U_2, U_3\}$ , які ми виступимо. Зобов'язання виконати планового завдання запишемо у вигляді трьох обмежень-нерівностей:

$$x_1 \geq b_1; \quad x_2 \geq b_2; \quad x_3 \geq b_3 \quad (4)$$

Відсутність лишньої продукції дасть нам ще три обмеження-нерівності:

$$x_1 \leq \beta_1; \quad x_2 \leq \beta_2; \quad x_3 \leq \beta_3; \quad (5)$$

Окрім того, нам потрібно мати достатньо кількість сировини відповідно чотирьом видам обмежень – нерівностей:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 &\leq y_1 \\ a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 &\leq y_2 \\ a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{33}x_3 &\leq y_3 \\ a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3 &\leq y_4 \end{aligned} \quad (6)$$

Прибуток, що передбачений планом (прогнозом)  $\{x_1, x_2, x_3\}$  буде дорівнювати:

$$W = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 \rightarrow \max \quad (7)$$

Таким чином, ми знову отримали задачу лінійного програмування: знайти такі невід'ємні значення змінних  $\{x_1, x_2, x_3\}$ , щоб вони задовольняли нерівностям-обмеженням (4), (5), (6) та, разом з тим, перетворювали у максимум лінійну функцію цих змінних (7).

Задача дуже схожа на попередню, різниця полягає у тому, що нерівності-обмежень тут більше та замість “мінімуму” маємо “максимум”.

### 3. Задача завантаження сільськогосподарського обладнання.

Сільськогосподарське підприємство має свою міні фабрику. Міні фабрика має два види станків, перший означимо типом 1, другий – типом 2. Станки можуть випускати по три різновиди тканин  $T_1, T_2, T_3$ , але з різною продуктивністю. Дані  $a_{ij}$  продуктивності станків відображено у таблиці 3.

Таблиця 3

Тип станка	Вид тканини		
	$T_1$	$T_2$	$T_3$
1	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
2	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$

Кожний метр тканини  $T_1$  приносить сільському господарству  $c_1$  і  $T_2$  – прибуток  $c_2$ ;  $T_3$  – прибуток  $c_3$ .

Сільськогосподарському підприємству виданий план, згідно якому необхідно виробляти кожний місяць не менше  $b_1$  метрів тканини  $T_1$ ;  $b_2$  метрів тканини  $T_2$ ;  $b_3$  метрів тканини  $T_3$ . Кількість метрів кожного виду тканини не повинно перевищувати відповідно  $\{b_1, b_2, b_3\}$  метрів. Крім того, необхідно так розподілити завантаження станків випуску тканин  $\{T_1, T_2, T_3\}$ , щоб підсумковий прибуток був максимальним.

На перший погляд, розглянута задача дуже схожа на попередню. Подумавши уважно помітимо, що тут розглядаються не кількість тканини кожного виду, а кількість станків типу 1 та 2, що зайняті виробництвом тканин кожного виду. Усього буде шість елементів рішення:

$$\begin{matrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \end{matrix} \quad (8)$$

Тут  $x_{11}$  – кількість станків типу 1, зайнятих виготовленням тканини  $T_1$ ;

$x_{12}$  – кількість станків типу 1, зайнятих виготовленням тканини  $T_2$  і т.д.

Запишемо спочатку умови – обмеження, що накладені на елементи рішення  $x_{ij}$ .

Це дасть нам три нерівності – обмеження:

$$\begin{aligned} a_{11}x_{11} + a_{21}x_{21} &\geq b_1 \\ a_{12}x_{12} + a_{22}x_{22} &\geq b_2 \\ a_{13}x_{13} + a_{23}x_{23} &\geq b_3 \end{aligned} \quad (9)$$

Після цього обмежимо перевиконання плану.

$$\begin{aligned} a_{11}x_{11} + a_{21}x_{21} &\leq \beta_1 \\ a_{12}x_{12} + a_{22}x_{22} &\leq \beta_2 \\ a_{13}x_{13} + a_{23}x_{23} &\leq \beta_3 \end{aligned} \quad (10)$$

Тепер запишемо обмеження, що зв'язані з наявністю обладнання та його завантаженням. Повна кількість станків типу 1, що зайняті виготовленням усієї тканини повинно дорівнювати  $N_1$ ; типу 2 –  $N_2$ . Звідсіля ще дві умови – на цей раз рівності:

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{13} &= N_1 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} &= N_2 \end{aligned} \quad (11)$$

Тепер можна знайти підсумковий прибуток від випуску усіх видів тканин. Загальна кількість метрів тканини  $T$ , що вироблено усіма станками буде дорівнювати  $(a_{11}x_{11} + a_{21}x_{21})$  і забезпечить прибуток  $c_1 (a_{11}x_{11} + a_{21}x_{21})$ .

### Висновки

Запропоновані і розроблені моделі оптимального функціонування сільськогосподарських електротехнічних комплексів в умовах дії різноманітних ризиків та наявності спостережувальних подій і відповідних їм ймовірностей. У публікації вперше у агропромислового комплексу України розглянуті три конкретних приклади з напрямку дослідження операцій: задачу про харчовий раціон, задачу про планування виробництва продукції електротехнічного сільськогосподарського підприємства, задачу про завантаження сільськогосподарського обладнання.

### Список літератури

1. Балдин К.В. Риск-менеджмент: Учебное пособие. / К.В. Балдин. – М. : Эксмо, 2006. – 386 с.
2. Івченко І. Ю. Економічні ризики: Навчальний посібник./ І. Ю. Івченко. – Київ. : Центр навчальної літератури, 2004. – 304 с.
3. Клименко С.М. Обґрунтування господарських рішень та оцінка ризиків: Навчальний посібник./ С.М. Клименко, О.С. Дуброва. – Київ. : КНЕУ, 2005. – 252 с.
4. Мороз О.В. Оптимальне управління економічними системами в умовах невизначеності та ризику. Монографія. / О.В. Мороз, А.В. Матвійчук. – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2003. – 177 с.
5. Матвійчук А.В. Аналіз і управління ризиком: Навчальний посібник. / А.В. Матвійчук. – Київ.: Центр навчальної літератури, 2005.-224 с.
6. Кетков Ю.Л. MATLAB 7: Программирование, численные методы./ Ю.Л. Кетков, А.Ю. Кетков, М.М. Шульц. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 752 с.

### References

1. Baldyn K.V. Rysk-menedzhment: Uchebnoe posobyie / K.V. Baldyn. – M. : Eksmo, 2006. – 386 p.
2. Ivchenko I. Iu. Ekonomichni ryzyky: Navchalnyi posibnyk./ I. Iu. Ivchenko. – Kyiv. : Tsentr navchalnoi literatury, 2004. – 304 p.
3. Klymenko S.M. Obgruntuvannia hospodarskykh rishen ta otsinka ryzykiv: Navchalnyi posibnyk./ S.M. Klymenko, O.S. Dubrova. – Kyiv. : KNEU, 2005. – 252 p.
4. Moroz O.V. Optymalne upravlinnia ekonomichnymy systemamy v umovakh nevyznachenosti ta ryzyku. Monohrafiia / O.V. Moroz, A.V. Matviichuk. – Vinnytsia: UNIVERSUM - Vinnytsia, 2003. – 177 p.
5. Matviichuk A.V. Analiz i upravlinnia ryzykom: Navchalnyi posibnyk / A.V. Matviichuk. – Kyiv.: Tsentr navchalnoi literatury, 2005. – 224 p.
6. Ketkov Iu.L. MATLAB 7: Prohrammyrovanye, chyslennye metody/ Iu.L. Ketkov, A.Iu. Ketkov, M.M. Shults. – Spb.: BHV-Peterburh, 2005. – 752 p.

## МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ

**НАЛИЧИИ РИСКОВ**

*Аннотация:* в публикации предложены и разработаны модели оптимального функционирования сельскохозяйственных электротехнических комплексов в условиях действия разных рисков и присутствии наблюдаемых событий и соответствующих им вероятностей. Впервые для агропромышленного комплекса рассмотрены три задачи из направления исследования операций: пищевого рациона, планирования производства продукции, загрузки работы оборудования.

*Ключевые слова:* модель, оптимальное функционирование, электротехнический комплекс, риски, вероятность.

**MODEL OF OPTIMAL OPERATION OF AGRICULTURAL ELECTRICAL COMPLEXES  
IN THE PRESENCE RISKS**

*Summary:* in the publication are proposed and developed models for the optimal functioning of agricultural electrical systems in terms of the various risks and the availability of spontaneously positive events and corresponding probabilities. For the first time for the agro-industrial complex are considered three tasks from the areas of operations research: dietary intake, planning of making production and loading operation of the equipment.

*Keywords:* model, optimal control, electrotechnical complex, risk probability.