

## ОПТИМАЛЬНІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ГАЛУЗЕЙ РОСЛИННИЦТВА В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Постановка проблеми.** У 2010-11 маркетинговому році в Україні отримано рекордний урожай зернових за останні 26 років. Вироблено 22 млн т. пшениці (4% від світового виробництва), 9 млн т. ячменю (7% світового виробництва), 21 млн т. кукурудзи (3% від загальносвітових обсягів), 0,55 млн т. жита (відповідно 5%), 9,5 млн т. насіння соняшнику (24,4% світового виробництва) та 1,5 млн т. ріпаку (або 3% відповідно). У 2008 році також отримано один з найбільших за всю історію України врожай зернових - 53,3 млн т., вироблено 6,5 млн т. насіння соняшнику, 2,9 млн т ріпаку, а також сої, картоплі, овочів, плодово-ягідної продукції, винограду.

Але зібрати рекордні врожаї вдалося, в основному, завдяки сприятливим погодним умовам. У критичні роки (2003 р., 2007 р. та ін.), коли відбувалися загрозові для рослинництва кліматичні явища, збитки сягали значних розмірів. На території України втрати урожайності від несприятливих агрометеорологічних умов в окремі роки можуть досягати 45-50%, а при поєднанні декількох несприятливих явищ (2003 р. – вимерзання, загибель від льодової кірки, посуха) – 70% і більше.

Погодні умови можуть спричинити зміни в урожайності на 50–90% порівняно із середньостатистичними даними. Зменшення залежності аграріїв від впливу зовнішнього середовища — одне з головних завдань, яке необхідно вирішувати за допомогою інтенсивних технологій вирощування сільгоспкультур [1].

Продуктивність сільськогосподарських культур та якість продукції змінюються з року в рік під впливом щорічних агрометеорологічних умов, залежать від ступеня їх сприятливості для сільськогосподарських культур, які вирощуються, особливо в критичні періоди розвитку рослин. Часто суттєвим чинником таких змін є несприятливі та стихійні метеорологічні умови. Несприятливі для сільського господарства агрометеорологічні явища призводять до неврожайних років та спричиняють серйозні збитки у галузях рослинництва.

До агрометеорологічних явищ, небезпечних для сільськогосподарського виробництва у теплий період року, відносять: заморозки, посухи, суховії, пилові бурі, град, сильні зливи, перезволоження ґрунту. До небезпечних агрометеорологічних явищ холодного періоду року відносяться вимерзання, льодова кірка, промерзання ґрунту та ін. Наприклад, погодні умови 2003 року характеризувалися раннім настанням літа і посухою в липні, що привело до прискорення проходження фаз розвитку рослин на початку вегетації та в критичний період – квітання і наливу зерна.

У Гідрометцентрі України виконано розрахунки щорічних втрат зерна за рахунок несприятливих погодних умов за останні декілька років, серед яких є дуже сприятливий і катастрофічний. За цими підрахунками, верхня межа середньорічного рівня втрат від несприятливих погодних умов становить 7174 млн. грн [1]. Але різні строки сівби та збирання, проходження фаз вегетації у різні періоди року, призводять до того, що несприятливі для одних культур роки є сприятливими для інших. Вибір правильних співвідношень для стратегічних зон господарювання у рослинництві є одним з факторів ефективного розвитку цих галузей у сільськогосподарських підприємствах області.

З іншого боку, висока врожайність має безпосередній вплив на обсяги виробництва і реалізації сільськогосподарської продукції, і, як наслідок, об'єми пропозиції на ринку зростають, ринкова ціна, відповідно, знижується. Для експортної продукції, яка зорієнтована на зовнішній ринок, також діє значна кількість чинників, що пов'язані з умовами інших виробників на міжнародному ринку – кліматичними, екологічними, економічними, внутрішньо- і зовнішньополітичними та ін.

Для кількісного обґрунтування пріоритетних напрямків розвитку галузей рослинництва, адекватної оцінки наслідків стратегічних рішень, необхідно розробити модельний інструментарій, тобто економіко-математичний апарат, що відображає парадигму та системні властивості галузевого розвитку, його принципи та механізми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням дослідження впливу різних видів невизначеності навколишнього середовища на виробництво взагалі, і на процеси прийняття рішень у сільському господарстві зокрема, присвячені як публікації стосовно загальної теорії прийняття рішень і теорії ігор [2-3], так і публікації, які торкаються безпосередньо моделювання вибору стратегій діяльності сільськогосподарських товаровиробників з урахуванням невизначеності ринкового середовища [4]. Але у вищезгаданих дослідженнях недостатньої уваги надано проблемам врахування невизначеностей, пов'язаних з агрокліматичними факторами та погодними умовами. Тому складність даного питання та ряд специфічних аспектів вимагають подальших наукових пошуків.

**Метою дослідження** є розгляд можливостей зменшення впливу невизначеностей, пов'язаних з агрокліматичними умовами, на сільськогосподарське виробництво, аналіз і дослідження прикладних аспектів застосування матричних ігор у змішаних стратегіях для визначення і обґрунтування оптимальних стратегій розвитку галузей рослинництва в сільськогосподарських підприємствах Півдня України, побудова і аналіз економіко-математичної моделі на основі матричної гри «з природою».

**Основні результати дослідження.** Для сільськогосподарського виробництва одним з головних видів невизначеності навколишнього середовища є невизначеність, пов'язана з погодними умовами. Від них, у чималій мірі, залежить ефективність виробництва продукції рослинництва. При стратегічному плануванні розвитку таких галузей невизначеність зовнішнього середовища, пов'язана з кліматичними умовами та з ринковим попитом на продукцію може бути частково врахована при застосуванні теоретико-ігрового підходу, прогнозування на основі регресійного аналізу та теорії прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику при побудові економіко-математичних моделей розвитку рослинницьких галузей. Ключовим моментом моделювання повинна бути мінімізація впливу несприятливих кліматичних умов та вибір адекватного принципу оптимальності.

В загальному вигляді математична модель задачі прийняття рішення в умовах невизначеності задається на трьох множинах:

$X$  – множина допустимих стратегій,

$Y$  – множина можливих станів середовища,

$A$  – множина можливих результатів.

З точки зору системного аналізу стратегії інтерпретують як керуючі дії на систему, а результати – як стани керованої підсистеми. Існує функція, яка ставить у відповідність парі стратегії з множини  $X$  і стану з множини  $Y$  певний результат. Цю функцію називають функцією реалізації ( $F: X \times Y \rightarrow A$ ).

Для оцінки ефективності або корисності кожного результату необхідно задати також оцінюючу функцію  $\varphi: A \rightarrow R$ , яка задає для кожного результату з множини  $A$  деяке число, що характеризує його цінність. Але вираження оцінної функції носить суб'єктивний характер і цілком залежить від ОПР. Сполучення оцінюючої функції і функції реалізації дає цільову функцію задачі прийняття рішення в загальному випадку. В економічних моделях в якості цільової функції найчастіше приймають прибуток, величину грошової виручки або величину витрат.

Одним із засобів зниження ризику в моделях теорії ігор є використання змішаних стратегій. Змішаною стратегією вважають імовірнісний вектор  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , де

$x_i \geq 0$ ,  $\sum_{i=1}^n x_i = 1$ . При цьому  $x_i$  – може бути ймовірністю випадкового вибору стратегії  $i$

( $i = \overline{1, n}$ ) при ймовірнісному способі реалізації змішаної стратегії, і також  $x_i$  – може бути часткою використання чистих стратегій при реалізації стратегії як фізичного змішування альтернатив, якщо така можливість обумовлена фізичною природою їх походження.

Для визначення пріоритетних стратегій для розвитку рослинництва побудовано модель визначення оптимальних стратегій розвитку галузей рослинництва з урахуванням невизначеності погодних умов та ринкового середовища в сільськогосподарських підприємствах Південного степу України.

В якості вхідної інформації для побудови моделі використано:

- особливості вегетації рослин, які культивують у Південному регіоні України, сполучення яких притаманне рослинництву в господарствах Миколаївської області;
- врожайності сільськогосподарських культур по районах Миколаївської області протягом останніх 15 років;
- середні температури та середня кількість опадів по місяцях року за останні 10 років у районах області;
- середні ціни реалізації продукції рослинництва по районах області протягом останніх 15 років.
- витрати матеріальних ресурсів на одиницю площі в залежності від галузі рослинництва за останні 5 років.

Формалізуємо опис моделі для розв'язання задачі. Сільськогосподарські підприємства Миколаївської області займаються вирощуванням рослинницької продукції. Рослинництво представлено певним набором галузей, при цьому господарська діяльність ведеться на обмежених площах, структурні пропорції розподілу площ між сільськогосподарськими культурами можуть бути будь-якими. Вихід продукції з одиниці площі значною мірою залежить від сполучення агрометеорологічних факторів, головними з яких є температурний режим та опади у теплий та холодний періоди року.

При цьому зробимо такі припущення. Для холодного періоду року (приблизно від середини жовтня до середини квітня), враховуючи кліматичні умови і спостереження гідрометеорологічних станцій у районах Миколаївської області, за ознакою «Опади» нами виділено дві градації: мало опадів, опади в нормі; для теплого періоду року (відповідно від середини квітня до середини жовтня) виділено три градації: посушливий, дощовий та опади в нормі. За температурним режимом для холодного періоду визначимо два варіанти: холодний екстремальний (із значними коливаннями температур), нормальний; для теплого періоду визначимо два варіанти температурного режиму: жаркий і нормальний.

Сполучення вищезначених факторів являють собою стратегії природи у нашій теоретико-ігровій моделі (перелік стратегій наведено в табл. 1). Множину стратегій природи позначимо як  $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ ,  $j$  – номер стратегії,  $n=24$  – кількість стратегій.

**Умовні позначення стратегій природи  $S_j$  (сполучення факторів температурного режиму та режиму опадів для холодного і теплого періодів року)\***

		Холодний період року			
		ХМ (Холодний, Малосніжний)	ТМ (Теплий, Малосніжний)	ХН (Холодний, опадів в Нормі)	ТН (Теплий, опадів в Нормі)
Теплий період року	ЖД (Жаркий, Дощовий)	З(ХМ)Л(ЖД)	З(ТМ)Л(ЖД)	З(ХН)Л(ЖД)	З(ТН)Л(ЖД)
	НД (температура в Нормі, Дощовий)	З(ХМ)Л(НД)	З(ТМ)Л(НД)	З(ХН)Л(НД)	З(ТН)Л(НД)
	ЖП (Жаркий, Посушливий)	З(ХМ)Л(ЖП)	З(ТМ)Л(ЖП)	З(ХН)Л(ЖП)	З(ТН)Л(ЖП)
	НП (температура в Нормі, Посушливий)	З(ХМ)Л(НП)	З(ТМ)Л(НП)	З(ХН)Л(НП)	З(ТН)Л(НП)
	ЖН (Жаркий, опадів в Нормі)	З(ХМ)Л(ЖН)	З(ТМ)Л(ЖН)	З(ХН)Л(ЖН)	З(ТН)Л(ЖН)
	НН (температура в Нормі, опадів в Нормі)	З(ХМ)Л(НН)	З(ТМ)Л(НН)	З(ХН)Л(НН)	З(ТН)Л(НН)

\* Розроблено автором

Рослинництво в деякому сільськогосподарському підприємстві області представлено таким набором галузей: зерновиробництво (пшениця озима, пшениця яра, жито озиме, ячмінь озимий, ячмінь ярий, овес, кукурудза, просо, гречка, зернобобові), виробництво технічних культур (цукрові буряки, соняшник, соя, ріпак озимий, ріпак ярий (кольза), картоплярство, овочівництво (капуста всяка, огірки, помідори, овочі інші, баштанні продовольчі культури). Позначимо через  $i$  – номер відповідної культури або стратегію сільськогосподарського підприємства. Множину стратегій сільськогосподарського підприємства у виборі культури для посіву в умовах невизначеності агрометеорологічних умов позначимо через  $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ , ( $i$  – номер відповідної культури,  $m = 21$ ). Таким чином  $X$  в даній моделі відображає структурну множину часток посівних площ, зайнятих під певною культурою.

Також відомо, що об'єми виробленої продукції мають безпосередній вплив на її ринкову ціну. Тому для кожного із видів продукції методами математичної статистики (з попередньою обробкою даних) визначені регресійні рівняння виду

$$p_{ij} = a_i \frac{1}{g_{ij}^{k_i}}, \quad (1)$$

де  $p_{ij}$  – ціна  $i$ -го виду рослинницької продукції при  $j$ -му сполученні агрометеорологічних факторів,

$g_{ij}$  – врожайність  $i$ -го типу сільськогосподарських культур при  $j$ -му сполученні агрометеорологічних факторів,

$a_i, k_i$  – коефіцієнти регресії для  $i$ -ї культури.

Коефіцієнти регресії для рівнянь по кожній культурі наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Коефіцієнти залежності цін сільськогосподарських культур від їх урожайностей\***

№	Назва культури	Коефіцієнти регресії		Коефіцієнт кореляції	Стандартна похибка	Критерій Фішера
		a0	a1	R		
1	Пшениця озима	102,500	0,013	0,651	17,623	7,623
2	Пшениця яра	48,698	0,188	0,691	7,300	11,312
3	Жито озиме	94,500	0,797	0,853	12,500	23,270
4	Ячмінь озимий	1,000	1,367	0,986	5,974	32,225
5	Ячмінь ярий	1,000	1,214	0,893	11,641	39,544
6	Овес	1,000	1,463	0,988	1,612	21,717
7	Кукурудза на зерно	1,128	1,235	0,838	1,246	18,005
8	Просо	149,739	0,248	0,789	2,266	5,446
9	Гречка	118,420	0,049	0,901	1,360	5,412
10	Зернобобові	1,000	1,709	0,954	1,663	35,935
11	Цукрові буряки (фабричні)	53,534	0,222	0,861	1,127	4,001
12	Соняшник на насіння	67,348	0,476	0,714	1,26	7,459
13	Соя	1,000	2,442	0,976	3,94	8,450
14	Ріпак озимий	129,968	0,232	0,765	1,08	4,810
15	Ріпак ярий (кольза)	102,743	1,783	0,867	1,99	8,099
16	Картопля	1,000	1,159	0,953	1,45	46,421
17	Капуста всяка	1,000	0,939	0,974	1,53	10,112
18	Огірки	22,028	0,597	0,733	1,29	4,584
19	Помідори	32,161	0,090	0,244	1,35	3,538
20	Овочі інші	1,000	0,951	0,945	1,66	21,658
21	Баштанні продовольчі культури	1,000	0,874	0,964	2,39	5,654

\* Розроблено автором

Витрати на вирощування рослинницької продукції на одиницю площі для сполучення різних агрометеорологічних факторів вважаємо однаковими. Представимо спочатку матрицю вигахів у вигляді матриці виручки від реалізації продукції в залежності від сполучення агрометеорологічних факторів, тобто

$$A = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Потім перетворимо матрицю *A*, віднявши від виручки витрати на 1 га посівних площ відповідної продукції, тобто

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де  $b_{ij}$  – прибуток від реалізації  $i$ -го виду рослинницької продукції при  $j$ -му сполученні агрометеорологічних факторів, розраховується за формулою

$$b_{ij} = r_{ij} - q_i, \quad (4)$$

де  $q_i$  – грошові витрати на 1 га посівних площ  $i$ -го виду рослинницької продукції (враховуємо їх як постійні при будь-яких агрометеорологічних умовах).

Тобто елементами матриці виграшів моделі є прибуток  $b_{ij}$  з одиниці площі для всієї сукупності стратегій сільськогосподарського виробника та стратегій природи (розмір матриці 21x24). Отримуємо матричну гру у змішаних стратегіях для сільськогосподарського виробника. Оберемо критерій оптимальності – гарантований прибуток виробника з одиниці посівної площі при будь-якому сполученні агрокліматичних факторів. Змішана стратегія  $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$  буде оптимальною стратегією виробника тільки тоді, коли вона гарантує йому результат  $v$ , що дорівнює ціні гри, за будь-якої чистої стратегії природи, тобто за будь-якого сполучення природних факторів:

$$\begin{cases} F_B(X, 1) \geq v \\ \dots \\ F_B(X, m) \geq v \end{cases}, \quad (5)$$

де  $F_B(X, j)$  – функція виграшу сільськогосподарського виробника. Вважаємо ціну гри додатньою, бо додавши позитивне число до елементів матриці виграшів (3.3), ми прийшли до еквівалентної гри з додатніми виграшами:

$$B' = \begin{pmatrix} b_{11} + k & b_{12} + k & \dots & b_{1n} + k \\ b_{21} + k & b_{22} + k & \dots & b_{2n} + k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} + k & b_{m2} + k & \dots & b_{mn} + k \end{pmatrix}, \quad (6)$$

де  $k = |\min B|$ , тобто абсолютна величина мінімального елемента матриці  $B$ . Зведемо задачу знаходження змішаної стратегії до задачі лінійного програмування: відшукати компоненти вектора  $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ , за найбільшого можливого значення величини  $v$  та при виконанні заданих умов.

1) Гарантованість результату – не нижче визначеної ціни гри

$$\sum_{j=1}^m b'_{ij} x_j \geq v, \quad i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

де  $b'_{ij}$  – відкорегований прибуток від реалізації  $i$ -го виду рослинницької продукції з 1 га посівних площ при  $j$ -му сполученні агрометеорологічних факторів (елемент матриці  $B'$ ),

- $j$  – номер стратегії виробника,
  - $i$  – номер стратегії природи (сполучення агрометеорологічних факторів)
  - $x_j$  – частка площі  $j$ -го виду сільськогосподарських культур,
  - $v$  – розмір гарантованого прибутку з 1 га площ.
- 2) Умова розподілу часток з одиниці площі

$$\sum_{j=1}^m x_j = 1 . \tag{8}$$

- 3) Невід’ємність змінних

$$x_j \geq 0, \quad x_j \in X \tag{9}$$

Для розв’язання задачі стандартними засобами модифікуємо її до відповідної задачі лінійного програмування.

Розділимо кожну з нерівностей системи (7) на величину  $v > 0$ .

Будемо вважати, що

$$x'_j = \frac{x_j}{v} \quad (j = \overline{1, m}). \tag{10}$$

Отримаємо систему нерівностей, еквівалентну (7):

$$\sum_{j=1}^m b'_{ij} x'_j \geq 1, \quad i = \overline{1, n}. \tag{11}$$

При цьому дійсна рівність

$$\sum_{j=1}^m x'_j = \frac{\sum_{j=1}^m x_j}{v} = \frac{1}{v}. \tag{12}$$

Таким чином, задачу зведемо до наступної математичної моделі:

Мінімізувати функцію мети (яка є оберненим виразом гарантованого прибутку):

$$F' = \sum_{j=1}^m x'_j \rightarrow \min \tag{13}$$

за умов невід’ємності змінних

$$x'_j \geq 0, \quad j = \overline{1, m}; \tag{14}$$

при цьому змінні задовільняють обмеженням (11).

Розв’язавши задачу отримаємо оптимальне сполучення сільськогосподарських культур, яке гарантує виробнику прибуток 1042,76 грн з 1 га. Результати моделювання представлено в табл. 3.

Таблиця 3

**Фактичний та рекомендований за результатами моделювання розподіл площ під сільськогосподарськими культурами в сільськогосподарських підприємствах Миколаївської області\***

Назва культури	Розподіл площ, %		Відхилення, %
	Фактичний у 2010 р.	Рекомендований за результатами моделювання	
Зернові і зернобобові, в т.ч.			
пшениця озима	25,05	21,51	-3,54
пшениця яра	0,08	2,10	2,02
жито озиме	0,09	1,17	1,09

ячмінь озимий	19,95	15,71	-4,24
ячмінь ярий	10,79	9,90	-0,89
овес	0,15	12,10	11,95
кукурудза	3,73	3,93	0,20
просо	0,67	0,00	-0,67
гречка	0,35	3,00	2,65
зернобобові	1,28	0,79	-0,49

Продовження таблиці 3

Технічні, в т.ч.			
цукрові буряки (фабричні)	0,03	0,00	-0,03
соняшник	27,28	19,89	-7,39
соя	1,23	1,00	-0,23
ріпак озимий	5,18	4,46	-0,72
ріпак ярий (кольза)	0,05	1,10	1,05
Картопля і овоче-баштанні культури, в т.ч.			
Картопля	1,34	1,12	-0,22
Капуста всяка	0,12	0,10	-0,02
Огірки	0,45	0,63	0,18
Помідори	0,47	0,50	0,03
Овочі інші	0,25	0,32	0,07
Баштанні продовольчі культури	0,25	0,67	0,42

\* Розроблено автором

**Висновки.** Таким чином, запропонований підхід до визначення пріоритетних стратегій розвитку галузей рослинництва на основі моделювання з використанням матричної гри у змішаних стратегіях з критерієм оптимальності у вигляді гарантованого прибутку виробника з одиниці посівної площі при будь-якому сполученні агрокліматичних факторів можна застосовувати для прогнозування, планування та аналізу можливих варіантів подальшого розвитку рослинництва в сільськогосподарських підприємствах Південного степу України.

#### Анотація

Стаття присвячена обґрунтуванню засобів зменшення впливу на сільськогосподарське виробництво однієї з головних видів невизначеності навколишнього середовища – невизначеності, пов'язаної з погодними умовами. Автором побудовано і описано економіко-математичну модель визначення оптимальних стратегій розвитку галузей рослинництва з урахуванням невизначеності погодних умов в сільськогосподарських підприємствах Південного степу України з використанням апарату теорії ігор.

**Ключові слова:** економіко-математична модель, рослинництво, агрометеорологічні фактори, теорія ігор, матрична гра, критерій оптимальності

#### Аннотация

Статья посвящена обоснованию способов снижения влияния на сельскохозяйственное производство одной из главных видов неопределенности окружающей среды - неопределенности, связанной с погодными условиями. Автором построена и описана экономико-математическая модель определения оптимальных стратегий развития отраслей растениеводства с учетом неопределенности погодных



умовий на сільськогосподарських підприємствах юга України з використанням апарата теорії ігор.

**Ключевые слова:** економіко-математическа модель, рослинництво, агрометеорологічні фактори, теорія ігор, матрична гра, критерій оптимальності

**Abstract**

The article devoted to minimization of environment uncertainty related with weather conditions on crop production. The economic model for determination of optimal development strategies of crop production in agricultural enterprises of South of Ukraine subject to weather conditions uncertainty with game theory application was built and described by the author.

**Keywords:** economic model, crop production, agrometeorological factors, game theory, matrix game, optimization criterion

**Список використаних джерел:**

1. Щербань І., Небезпечні агрометеорологічні явища в Україні. / І. Щербань. – Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. Випуск 56./2009
2. Розен В. В. Математические модели принятия решений в экономике. / В. В. Розен. – М. : Книжный дом «Университет», Высшая школа, 2002. – 288 с.
3. Мулен Э. Теория игр с примерами из математической экономики: Пер. с франц. – М. : Мир, 1985. – 200 с.
4. Яцура В. Модель вибору стратегії діяльності сільськогосподарського підприємства. / В. Яцура, З. Смаль. – Економіст №2, лютий 2001. – с. 40-42.