

УДК 338.439:330.46

Роскладка А.А.

доктор економічних наук, доцент,
завідувач кафедри економічної кібернетики
Київського національного торговельно-економічного університету

СТОХАСТИЧНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

STOCHASTIC SIMULATION MODELING OF ACTIVITY OF THE AGRICULTURAL ENTERPRISE

АНОТАЦІЯ

У статті проаналізовано особливості економіко-математичного моделювання в галузі сільського господарства, які значно залежать від зовнішніх факторів, зокрема природних. Побудовано стохастичну модель розрахунку посівних площ залежно від чотирьох типів погодних умов, яка дозволяє на основі прогнозних даних щодо собівартості витрат та врожайності сільськогосподарських культур визначити оптимальні культури для вирощування в поточному році і відповідні площі їх посіву.

Ключові слова: імітаційне моделювання, стохастична модель, сільськогосподарське підприємство, оптимальне виробництво, погодні умови.

АННОТАЦИЯ

В статье проанализированы особенности экономико-математического моделирования в области сельского хозяйства, которые значительно зависят от внешних факторов, в том числе природных. Построена стохастическая модель расчета посевных площадей в зависимости от четырех типов погодных условий, которая позволяет на основе прогнозных данных о себестоимости затрат и урожайности сельскохозяйственных культур определить оптимальные культуры для выращивания в текущем году и соответствующие площади их посева.

Ключевые слова: имитационное моделирование, стохастическая модель, сельскохозяйственное предприятие, оптимальное производство, погодные условия.

ANNOTATION

In article, features of economic mathematical modeling in the field of agriculture, which consist in considerable dependence on external factors, including nature, are analyzed. The stochastic model of calculation of cultivated areas depending on four types of weather environment, which allows based on expected data on prime cost of expenses and productivity of crops to define optimum cultures for cultivation in the current year and the respective areas of their crops is constructed.

Keywords: simulation modeling, stochastic model, agricultural enterprise, optimum production, weather environment.

Постановка проблеми. Тенденції сучасних сільськогосподарських ринків досить динамічні й непередбачувані. Чинники природного середовища впливають безпосередньо на показники виробництва, внаслідок чого виникає невизначеність, що впливає на ризик, тобто ймовірність появи небажаної дії на досліджувану систему. Усунути ризики майже не можливо, тому постає проблема ефективного управління ризиками. У процесі управління діяльністю сільськогосподарських підприємств постійно виникає необхідність прогнозування результатів діяльності за тих або інших початкових умов. Найбільш ефективним засобом при цьому виступає саме імітаційне моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різним аспектам імітаційного моделювання присвячено роботи [1–3]. Основні методи моделювання процесів у галузі сільського господарства досліджено в роботах [4–6]. Стохастичні методи і моделі ґрунтовно досліджено у джерелах [7–13].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Процеси виробництва сільськогосподарського підприємства мають специфічні особливості. Саме сільськогосподарське виробництво, як жодна інша галузь, залежить від природного середовища, і зокрема від погодних умов. Імовірність настання тих чи інших погодних умов найбільш адекватно може бути описана засобами стохастичних моделей.

Через складність обробки стохастичних параметрів імітаційні моделі діяльності аграрних підприємств є недостатньо вивченими.

Метою статті є дослідження ефективності застосування засобів імітаційного моделювання для управління процесами сільськогосподарського виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перед застосуванням імітаційного моделювання потрібно вирішити питання про належність імітаційної моделі до одного з чотирьох класів, які різняться за такими ознаками [1]:

1. *Відношення до часу.* Імітаційна модель може бути статичною (якщо експеримент проводиться у певний фіксований момент часу або якщо час в системі не відіграє жодної ролі) або динамічною (якщо досліджувана система або процес змінюється в часі).

Статична імітація – багаторазове повторення розрахунку в різних умовах проведення експерименту з імітаційною моделлю, що не залежить явно від часу. Відповідно, статична модель не включає в якості змінної час.

Динамічна модель – вид машинної імітації, розрахунок поведінки моделі протягом тривалих періодів часу.

2. *Наявність випадкових параметрів в моделі.* Імітаційна модель називається детермінованою (якщо вона не містить невизначених компонентів) або стохастичною (якщо серед вхідних даних моделі є випадкові параметри).

Детермінована модель – аналітичне подання закономірності, операції тощо, при яких для такої сукупності вхідних значень на виході системи може бути отриманий єдиний результат.

Стохастична чи статистична модель – вид моделі, що відрізняється від детермінованої тим, що охоплює в тому чи іншому вигляді випадкові збурення, що відображають імовірнісний характер моделювання.

3. *Характер зміни параметрів моделі.* За цією ознакою імітаційні моделі бувають дискретними (якщо змінні стану моделі в різні періоди часу змінюються миттєво) і неперервними (якщо відповідні змінні з часом змінюються неперервно). Слід зауважити, що ідентифікувати модель за цією ознакою досить важко. На практиці реальна система або процес рідко бувають повністю дискретними або повністю неперервними.

4. *Цільове призначення моделі.* За цільовим призначенням моделі поділяються на моделі структури, функціонування та вартісні (моделі витрати ресурсів).

Модель, яка досліджується у цій статті є динамічною, стохастичною, дискретною моделлю функціонування підприємства.

Програма розвитку сільськогосподарських підприємств залежить як від виробничо-економічних, так і від зовнішніх факторів, зокрема природних. Якщо економічні, виробничі, соціальні чинники при розгляді значного часового відрізка є керованими, то природні – некеровані і надають характеристикам сільськогосподарського виробництва нестійкий характер. Спостерігаються коливання врожайності сільськогосподарських культур, витрат виробництва, валових зборів тощо. Нестійкість у розвитку галузей рослинництва у свою чергу позначається на розвитку тваринницьких галузей.

Колівання параметрів сільськогосподарського виробництва робить необхідним використання методів стохастичного програмування в обґрунтуванні програм розвитку сільськогосподарського виробництва і зокрема спеціалізації і поєднання галузей різних видів сільськогосподарських підприємств.

Вплив природних факторів передусім надає нестійкий характер врожайності сільськогосподарських культур. У свою чергу, зміна врожайності позначається на собівартості продукції,

ресурсах кормів і товарної продукції, кооперативних зв'язках підприємств, на ринкових фондах, продовольчих і соціальних програмах суспільства.

У зв'язку з тим, що повністю усунути залежність сільського господарства від впливу некерованих природних факторів неможливо, необхідно удосконалити планування, що створює базу для підвищення стійкості економіки сільськогосподарських підприємств і організацій.

Розглянемо дані про діяльність сільськогосподарського підприємства в галузі вирощування зернових культур у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1
Показники урожайності
сільськогосподарських культур

Культура	Площа посіву, га	Зібрано, ц
Пшениця	82,21	2 566
Ячмінь	146,48	2 600
Кукурудза	579,71	60 180
Соняшник	338,8	7 521
Соя	244,19	3 243

Розширені показники діяльності, які враховують вирощування та реалізацію вирощених зернових культур, представлено в таблиці 2.

Використовуючи дані таблиці 2, розраховуємо питомі витрати на вирощування зернових культур у розрахунку на 1 ц врожаю за кожною з сільськогосподарських культур (табл. 3), а також урожайність зернових культур, питому собівартість виробництва, питому собівартість реалізації і питомий прибуток від реалізації зернових культур у розрахунку на 1 ц (табл. 4).

За прогнозні ціни реалізації майбутнього врожаю візьмемо середні значення минулорічних цін на реалізацію основних зернових культур за даними компанії «Зернопром» – одного з лідерів, що займається закупівлею та продажем зерна на ринку України (табл. 5).

Уведемо умовні позначення. Нехай:

x_1 – посівна площа, що відводиться під пшеницю;

x_2 – посівна площа, що відводиться під ячмінь;

x_3 – посівна площа, що відводиться під кукурудзу;

x_4 – посівна площа, що відводиться під соняшник;

Показники діяльності сільськогосподарського підприємства

Таблиця 2

Культура	Площа посіву, га	Зібрано, ц	Собівартість, тис. грн				Реалізовано		
			Загальна собівартість	На-сіння	До-брива	Нафто-продукти	Маса, ц	Собівартість, тис. грн	Прибуток, тис. грн
Пшениця	96	1 773	451	60	76	44	1 815	468	195,8
Ячмінь	56	970	239	28	42	23	1 319	313	148,1
Кукурудза	596	19 480	3 515	719	736	263	44 016	4 220,4	5 638,3
Соняшник	305	6 016	1 537	219	277	133	12 076	2 263,5	4 403,4
Соя	236	4 420	1 100	108	102	149	7 078	1 664,1	2 620,5

Таблиця 3

Питомі витрати вирощування зернових культур

Культура	Питомі витрати		
	насіння	добрива	нафтопродукти
Пшениця	0,625	0,791666667	0,458333333
Ячмінь	0,5	0,75	0,410714286
Кукурудза	1,206375839	1,234899329	0,441275168
Соняшник	0,718032787	0,908196721	0,436065574
Соя	0,457627119	0,43220339	0,631355932

Таблиця 4

Урожайність, питомі собівартості та прибуток зернових культур

Культура	Урожайність	Питома собівартість виробництва	Питома собівартість реалізації	Питомий прибуток
Пшениця	18,46875	0,254371122	0,25785124	0,107879
Ячмінь	17,32142857	0,246391753	0,237300986	0,112282
Кукурудза	32,68456376	0,180441478	0,095883315	0,128097
Соняшник	19,72459016	0,255485372	0,187437893	0,364641
Соя	18,72881356	0,248868778	0,235108788	0,370232

x_5 – посівна площа, що відводиться під сою;
 p_i – питомий прибуток від реалізації i -го виду культури;

$u_i(\omega)$ – урожайність i -го виду культури, яка залежить від стохастичного параметру ;

a_{1i} – питомі витрати на насіння при вирощуванні i -го виду культури;

$a_{2i}(\omega)$ – питомі витрати на добрива при вирощуванні i -го виду культури;

$a_{3i}(\omega)$ – питомі витрати на нафтопродукти при вирощуванні i -го виду культури;

b_1 – бюджет господарства на насіння сільськогосподарських культур;

b_2 – бюджет господарства на добрива для сільськогосподарських культур;

b_3 – бюджет господарства на нафтопродукти;

γ_i – гарантована ймовірність виконання i -го обмеження;

S – загальна площа, що виділяється під посів зернових культур.

Таблиця 5

Середні ціни на реалізацію зернових культур на ринку України у 2014 р.

Культура	Ціна на ринку за 1 ц
Пшениця	186
Ячмінь	168
Кукурудза	169
Соняшник	407
Соя	380

Загальна стохастична модель задачі має вигляд:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = \sum_{i=1}^5 u_i(\omega) p_i x_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\begin{cases} P(a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + a_{15}x_5 \leq b_1) \geq \gamma_1, \\ P(a_{21}(\omega)x_1 + a_{22}(\omega)x_2 + a_{23}(\omega)x_3 + a_{24}(\omega)x_4 + a_{25}(\omega)x_5 \leq b_2) \geq \gamma_2, \\ P(a_{31}(\omega)x_1 + a_{32}(\omega)x_2 + a_{33}(\omega)x_3 + a_{34}(\omega)x_4 + a_{35}(\omega)x_5 \leq b_3) \geq \gamma_3, \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq S \end{cases} \quad (2)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0. \quad (3)$$

Очевидно, що величини, які плануються заздалегідь, можна вважати детермінованими (наприклад, загальна посівна площа або ймовірність виконання обмежень на витрати). Для спрощення реалізації моделі вважатимемо, що кількість висадженого насіння, бюджет на витрати і прибуток від реалізації 1 ц готової продукції також є детермінованими величинами.

Стохастичні величини $u_i(\omega)$, $a_{2i}(\omega)$, $a_{3i}(\omega)$ передусім залежать від погодних умов. Для отримання адекватної моделі розглянемо 4 варіанти погодних умов, від яких залежить урожайність певного культури та собівартість її виробництва:

1) недостатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно;

2) недостатня вологість ґрунту, достатньо сонячно;

3) достатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно;

4) достатня вологість ґрунту, достатньо сонячно.

Статистичний аналіз урожайності та питомих витрат при різних погодних умовах дозволив визначити середні значення величин $u_i(\omega)$, $a_{2i}(\omega)$, $a_{3i}(\omega)$ і таким чином отримати детерміновані моделі для кожного з типів погодних умов (табл. 6–9).

Відповідна модель має вигляд:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = 16.175 \cdot 0.108 \cdot x_1 + 14.921 \cdot 0.112 \cdot x_2 + 25.84 \cdot 0.128 \cdot x_3 + 17.387 \cdot 0.365 \cdot x_4 + 12.137 \cdot 0.37 \cdot x_5 \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$\begin{cases} 0.625x_1 + 0.5x_2 + 1.206x_3 + 0.718x_4 + 0.457x_5 \leq 1100, \\ 1.654x_1 + 1.289x_2 + 3.358x_3 + 2.432x_4 + 0.787x_5 \leq 1200, \\ 1.19x_1 + 0.901x_2 + 1.063x_3 + 1.116x_4 + 0.958x_5 \leq 600, \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 1391.39 \end{cases} \quad (5)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0. \quad (6)$$

Відповідна модель має вигляд:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = 17.805 \cdot 0.108 \cdot x_1 + 16.75 \cdot 0.112 \cdot x_2 + 25.017 \cdot 0.128 \cdot x_3 + 19.78 \cdot 0.365 \cdot x_4 + 17.342 \cdot 0.37 \cdot x_5 \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$\begin{cases} 0.625x_1 + 0.5x_2 + 1.206x_3 + 0.718x_4 + 0.457x_5 \leq 1100, \\ 0.704x_1 + 0.748x_2 + 1.279x_3 + 0.788x_4 + 0.548x_5 \leq 1200 \\ 1.324x_1 + 0.673x_2 + 0.925x_3 + 0.916x_4 + 0.881x_5 \leq 600 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 1391.39 \end{cases}, \quad (8)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0. \quad (9)$$

Відповідна модель має вигляд:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = 18.203 \cdot 0.108 \cdot x_1 + 14.282 \cdot 0.112 \cdot x_2 + 26.188 \cdot 0.128 \cdot x_3 + 17.917 \cdot 0.365 \cdot x_4 + 19.023 \cdot 0.37 \cdot x_5 \rightarrow \max, \quad (10)$$



Рис. 1. Група залежних перемикачів OptionButton

Таблиця 6

Перший тип (недостатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно)

Витрати	Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн
	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя	
Насіння (тис. грн/га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1 100
Добрива (тис. грн/га)	1,654	1,289	3,358	2,432	0,787	1 200
Нафтопродукти (тис. грн/га)	1,19	0,901	1,063	1,116	0,958	600
Урожайність (ц з 1 га)	16,175	14,921	25,84	17,387	12,137	
Прибуток від реалізації (тис. грн за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37	

Таблиця 7

Другий тип (недостатня вологість ґрунту, достатньо сонячно)

Витрати	Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн
	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя	
Насіння (тис. грн/га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1 100
Добрива (тис. грн/га)	0,704	0,748	1,279	0,788	0,548	1 200
Нафтопродукти (тис. грн/га)	1,324	0,673	0,925	0,916	0,881	600
Урожайність (ц з 1 га)	17,805	16,75	25,017	19,78	17,342	
Прибуток від реалізації (тис. грн за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37	

Таблиця 8

Третій тип (достатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно)

Витрати	Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн
	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя	
Насіння (тис. грн/га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1 100
Добрива (тис. грн/га)	1,503	1,579	3,289	2,152	0,796	1 200
Нафтопродукти (тис. грн/га)	0,702	0,505	0,312	0,727	0,691	600
Урожайність (ц з 1 га)	18,203	14,282	26,188	17,917	19,023	
Прибуток від реалізації (тис. грн за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37	

Таблиця 9

Четвертий тип (достатня вологість ґрунту, достатньо сонячно)

Витрати	Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн
	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя	
Насіння (тис. грн/га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1 100
Добрива (тис. грн/га)	0,524	0,803	1,003	0,794	0,55	1 200
Нафтопродукти (тис. грн/га)	0,446	0,215	0,25	0,475	0,836	600
Урожайність (ц з 1 га)	21,477	19,015	32,048	20,941	19,666	
Прибуток від реалізації (тис. грн за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37	

$$\begin{cases} 0.625x_1 + 0.5x_2 + 1.206x_3 + 0.718x_4 + 0.457x_5 \leq 1100, \\ 1.503x_1 + 1.579x_2 + 3.289x_3 + 2.152x_4 + 0.796x_5 \leq 1200 \\ 0.702x_1 + 0.505x_2 + 0.312x_3 + 0.727x_4 + 0.691x_5 \leq 600, \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 1391.39 \end{cases} \quad (11)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0. \quad (12)$$

Відповідна модель має вигляд:

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = 21.477 \cdot 0.108 \cdot x_1 + 19.015 \cdot 0.112 \cdot x_2 + 32.048 \cdot 0.128 \cdot x_3 + 20.941 \cdot 0.365 \cdot x_4 + 19.666 \cdot 0.37 \cdot x_5 \rightarrow \max \quad (13)$$

$$\begin{cases} 0.625x_1 + 0.5x_2 + 1.206x_3 + 0.718x_4 + 0.457x_5 \leq 1100, \\ 0.524x_1 + 0.803x_2 + 1.003x_3 + 0.794x_4 + 0.55x_5 \leq 1200 \\ 0.466x_1 + 0.215x_2 + 0.25x_3 + 0.475x_4 + 0.836x_5 \leq 600, \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 1391.39 \end{cases} \quad (14)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0. \quad (15)$$

При побудові економіко-математичної моделі в середовищі VBA Excel реалізовано вибір одного з чотирьох типів погодних умов з використанням групи залежних перемикачів OptionButton. Наприклад, при умові вибору четвертого типу погодних умов (рис. 1) значення змінної OptionButton4.Value набуває значення True і стохастичним коефіцієнтам надаються значення, що відповідають таким умовам.

На рисунку 2 показано таблицю с коефіцієнтами, що автоматично обрані при виборі четвертого типу погодних умов.

При виборі такого типу погодних умов оптимальними зерновими культурами будуть ку-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1		Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн						
2	Витрати	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя							
3	Насіння (тис.грн./га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1100						
4	Добрива (тис.грн./га)	0,524	0,803	1,003	0,794	0,55	1200						
5	Нафтопродукти (тис.грн./га)	0,446	0,215	0,25	0,475	0,836	600						
6	Урожайність (ц з 1 га)	21,477	19,015	32,048	20,941	19,666							
7	Прибуток від реалізації (тис. грн. за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37							
8	Доступна площа посіву, га	1391,39							1373,586				
9		Оптимальні посівні площі											
10		x1	x2	x3	x4	x5		Прибуток (прогноз)					
11		0	0	233,12572	1140,46	0	F=	9673,38					

Розрахувати посівні площі

Рис. 2. Реалізація пошуку розв’язання задачі в середовищі VBA Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн									
2	Витрати	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
3	Насіння (тис.грн./га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1100		383,5649							
4	Добрива (тис.грн./га)	1,66596032	1,264920425	3,3178326	2,4972186	0,7821929	1200		1200							
5	Нафтопродукти (тис.грн./га)	1,0453732	0,939023101	1,09600065	1,0487863	0,9067746	600		600							
6	Урожайність (ц з 1 га)	15,212739	15,99882889	25,3523521	16,031408	12,150368										
7	Прибуток від реалізації (тис. грн. за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37										
8	Доступна площа посіву, га	1391,39							594,5741							
9		Оптимальні посівні площі														
10		x1	x2	x3	x4	x5		Прибуток (прогноз)								
11		0	0	0	428,5232	166,0509	F=	3253,99								
12		Сільськогосподарські культури, ц (прогноз)														
14		Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
15		0	0	0	8113,975	1003,359										
17		Запит на закупівлю сільськогосподарських культур														
18	Клієнти	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
19	ТОВ АФ Манжеля	0	0	0	0	0										
20	ПП Стандарт-Агро	0	0	0	0	0										
21	ПП Обрій-Агро	0	0	0	0	0										
22	ТОВ Українське зерно	0	0	0	0	0										
23	Усього	0	0	0	0	0										
26		Сільськогосподарські культури, ц (результат)														
27		Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
28		0	0	0	6869,831	2017,579										

Імітаційна модель урожаю

Погодні умови





-  Недостатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно
-  Недостатня вологість ґрунту, достатньо сонячно
-  Достатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно
-  Достатня вологість ґрунту, достатньо сонячно

Рис. 3. Імітаційна модель урожаю (перший тип погодних умов)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн									
2	Витрати	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
3	Насіння (тис.грн./га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1100		487,5952							
4	Добрива (тис.грн./га)	0,74260559	0,60313648	1,18622887	0,6803965	0,4550591	1200		462,0586							
5	Нафтопродукти (тис.грн./га)	1,39707478	0,660517478	0,93922015	0,8835198	0,8468976	600		600							
6	Урожайність (т з 1 га)	17,5543365	16,71317291	24,8669147	20,889942	16,243099										
7	Прибуток від реалізації (тис. грн. за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37										
8	Доступна площа посіву, га	1391,39							679,1019							
9		Оптимальні посівні площі														
10		x1	x2	x3	x4	x5	Прибуток (прогноз)									
11		0	0	0	679,1019	0	F=	5178,04								
12																
13		Сільськогосподарські культури, ц (прогноз)														
14		Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
15		0	0	0	12956,33	0										
16																
17		Запит на закупівлю сільськогосподарських культур														
18	Клієнти	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
19	ТОВ АФ Манжелія	0	0	0	0	0										
20	ПП Стандарт-Агро	0	0	0	0	0										
21	ПП Обрій-Агро	0	0	0	0	0										
22	ТОВ Українське зерно	0	0	0	0	0										
23	Усього	0	0	0	0	0										
24																
25																
26		Сільськогосподарські культури, ц (результат)														
27		Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
28		0	0	0	14186,4	0										
29																
30		Імітаційна модель урожаю														
31																
32																
33																

Розрахувати посівні площі

Погодні умови

- Недостатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно
- Недостатня вологість ґрунту, достатньо сонячно
- Достатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно
- Достатня вологість ґрунту, достатньо сонячно

Рис. 4. Імітаційна модель урожаю (другий тип погодних умов)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн									
2	Витрати	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
3	Насіння (тис.грн./га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1100		641,3333							
4	Добрива (тис.грн./га)	1,4518122	1,451908267	3,13573871	2,0693914	0,7005011	1200		1200							
5	Нафтопродукти (тис.грн./га)	0,74846841	0,568177414	0,23571789	0,740594	0,5809729	600		600							
6	Урожайність (т з 1 га)	18,6231422	15,48336152	25,8753281	16,155962	18,821262										
7	Прибуток від реалізації (тис. грн. за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37										
8	Доступна площа посіву, га	1391,39							1127,112							
9		Оптимальні посівні площі														
10		x1	x2	x3	x4	x5	Прибуток (прогноз)									
11		0	0	168,54903	0	958,5627	F=	7233,54								
12																
13		Сільськогосподарські культури, ц (прогноз)														
14		Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
15		0	0	4548,4795	0	15025,97										
16																
17		Запит на закупівлю сільськогосподарських культур														
18	Клієнти	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
19	ТОВ АФ Манжелія	0	0	0	0	0										
20	ПП Стандарт-Агро	0	0	0	0	0										
21	ПП Обрій-Агро	0	0	0	0	0										
22	ТОВ Українське зерно	0	0	0	0	0										
23	Усього	0	0	0	0	0										
24																
25																
26		Сільськогосподарські культури, ц (результат)														
27		Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
28		0	0	4361,2614	0	18041,36										
29																
30		Імітаційна модель урожаю														
31																
32																
33																

Розрахувати посівні площі

Погодні умови

- Недостатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно
- Недостатня вологість ґрунту, достатньо сонячно
- Достатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно
- Достатня вологість ґрунту, достатньо сонячно

Рис. 5. Імітаційна модель урожаю (третій тип погодних умов)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1		Сільськогосподарська культура					Бюджет, тис. грн									
2	Витрати	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
3	Насіння (тис.грн./га)	0,625	0,5	1,206	0,718	0,457	1100		1084,195							
4	Добрива (тис.грн./га)	0,46787504	0,842110848	0,96245762	0,8597547	0,4303512	1200		1200							
5	Нафтопродукти (тис.грн./га)	0,41859825	0,29124738	0,14862957	0,4879942	0,7228666	600		600							
6	Урожайність (ц з 1 га)	21,9685059	19,26595116	32,1977119	20,80514	19,149731										
7	Прибуток від реалізації (тис. грн. за 1 ц)	0,108	0,112	0,128	0,365	0,37										
8	Доступна площа посіву, га	1391,39							1371,38							
9		Оптимальні посівні площі														
10		x1	x2	x3	x4	x5	Прибуток (прогноз)									
11		0	0	203,9852	1167,394	0	F=	9705,73								
12																
13		Сільськогосподарські культури, ц (прогноз)														
14		Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
15		0	0	7471,2129	23882,38	0										
16																
17		Запит на закупівлю сільськогосподарських культур														
18	Клієнти	Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
19	ТОВ АФ Манжеля	0	0	0	0	0										
20	ПП Стандарт-Агро	0	0	0	0	0										
21	ПП Обрій-Агро	0	0	0	0	0										
22	ТОВ Українське зерно	0	0	0	0	0										
23	Усього	0	0	0	0	0										
24																
25																
26		Сільськогосподарські культури, ц (результат)														
27		Пшениця	Ячмінь	Кукурудза	Соняшник	Соя										
28		0	0	6567,8566	24287,8	0										
29																
30		Імітаційна модель урожаю														
31																
32																
33																

Розрахувати посівні площі

Погодні умови

- Недостатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно
- Недостатня вологість ґрунту, достатньо сонячно
- Достатня вологість ґрунту, недостатньо сонячно
- Достатня вологість ґрунту, достатньо сонячно

Рис. 6. Імітаційна модель урожаю (четвертий тип погодних умов)

курудза і соняшник, під які слід відвести такі посівні площі: для кукурудзи – 233,13 га; для соняшника – 1 140,46 га. Загальна площа, що буде використана під посів цих культур, складе 1 373,586 га. При цьому прибуток господарства складе 9 673,38 тис. грн.

Звісно, через непередбачувані обставини урожайність культур і витрати на вирощування відрізняться від прогнозних показників. Для забезпечення адекватності моделі реальним даним замість детермінованих коефіцієнтів моделі використаємо рівномірно розподілені величини з центрами розподілу, що збігаються з відповідними прогнозними значеннями. Наприклад, замість детермінованого прогнозного значення врожайності пшениці при першому варіанті погодних умов на рівні 16,175 ц/га у програмній реалізації використана псевдорівномірно розподілена випадкова величина в інтервалі, якій відповідає оператор мови VBA: $Rnd() \times 2 + 15$.

Визначені на попередньому етапі значення коефіцієнтів моделі використовуються для створення імітаційної моделі нового урожаю. Для цього потрібно обрати один із варіантів погодних умов і натиснути кнопку «Імітаційна модель урожаю». На рисунках 3-6 зображено окремі результати роботи програми при різних погодних умовах.

Висновки. У статті визначено особливості економіко-математичного моделювання в галузі сільського господарства, які полягають у тому,

що розвиток сільськогосподарських підприємств залежить як від виробничо-економічних, так і від зовнішніх факторів, зокрема природних. Коливання параметрів сільськогосподарського виробництва робить необхідним використання методів стохастичного програмування в обґрунтуванні програм розвитку сільськогосподарського виробництва.

Розроблено стохастичну модель розрахунку посівних площ залежно від чотирьох типів погодних умов, які найбільше впливають на урожайність. Розроблена модель дозволяє на основі прогнозних даних щодо собівартості витрат та врожайності сільськогосподарських культур визначити оптимальні культури для вирощування в поточному році і відповідні площі їх посіву. У середовищі VBA Excel побудовано імітаційну модель прогнозування врожаю зернових культур в залежності від погодних умов з метою максимізації кінцевого прибутку сільськогосподарського підприємства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Кельтон В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб. : Питер ; К. : Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.
2. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов : учеб. пособ. / А.А. Емельянов. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
3. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов / Н.Н. Лычкина. – М. : Академия АИТи, 2005. – 164 с.

4. Леньков И.И. Экономико-математическое моделирование экономических систем и процессов в сельском хозяйстве / И.И. Леньков. – М. : Дизайн-ПРО, 1997. – 304 с.
5. Томас Р. Количественные методы анализа хозяйственной деятельности / Р. Томас. – М. : Дело и Сервис, 1999. – 432 с.
6. Вітлінський В.В. Математичне програмування : навч. посіб. / В.В. Вітлінський, С.І. Наконечний, Т.О. Терещенко. – К. : КНЕУ, 2001. – 248 с.
7. Блюмин С.Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности / С.Л. Блюмин, И.А. Шуйкова. – Липецк : ЛЭГИ, 2000. – 139 с.
8. Глонь О.В. Моделювання систем керування в умовах невизначеності : моногр. / О.В. Глонь, В.М. Дубовой. – Вінниця : УНІВЕРСУМ, 2004. – 169 с.
9. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования / Ю.М. Ермольев – М. : Наука, 1976. – 240 с.
10. Зайченко Ю.П. Исследование операций : учебник / Ю.П. Зайченко. – К. : ИД «Слово», 2003. – 688 с.
11. Клейнер Г.Б. Эконометрические зависимости. Принципы и методы построения / Г.Б. Кленер, С.А. Смоляк. – М. : Наука, 2003. – 104 с.
12. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования / Д.Б. Юдин. – М. : Сов. радио, 1979. – 392 с.
13. Ястремский А.И. Стохастические модели математической экономики / А.И. Ястремский. – К. : Вища школа, 1983. – 127 с.