

features of the system. Means of commutation shall provide the specified structure and parameters of the communication system to transfer collected data. It should be noted that for the transmission of data is possible, subject to safety requirements, use of public communication channels, such as Internet service providers or channels of communication Telecom operators in the region. The subsystem should be focused on changes in the structure of communication network, types of communication channels (wire, radio, satellite) and simultaneous operation of different types of communication channels. The reliability of the subsystem is provided by redundant means of data collection and transmission. Compliance with these requirements is ensured by the corresponding profile of standards for a given subsystem.

Key words: *grain, transportation, stream, system, management, transport*

УДК 631.12

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ФЕРМЕРСЬКИМ ГОСПОДАРСТВОМ

О. В. Надточій, Л. Л. Тімова, кандидати технічних наук
e-mail: ludmylkatitova@gmail.com

Анотація. *Розглянуто питання розвитку фермерського господарства шляхом математичного моделювання рівноваги використання ресурсів. Показано переваги методів лінійного програмування для оптимізації використання ресурсів фермерського господарства. Одним з підходів для вирішення задачі ефективного ведення господарювання в фермерських підприємствах може бути прийнятним метод оптимізації пропорцій в господарстві. З цією метою може бути успішно використано апарат уявно-лінійного, модифікованого програмування. Нами зроблена спроба розробити модель, яка встановлює рівновагу в фермерському господарстві.*

Розглянуто типове фермерське господарство, яке спеціалізується на вирощуванні зернових культур. У розпорядженні сучасного, а особливо сімейного фермерського господарства є обмежений розмір пашні, та обмежені ресурси техніки. Зазвичай це один зернозбиральний комбайн і по одному колісному та гусеничному трактору. До того ж ця техніка має низький

© О. В. Надточій, Л. Л. Тімова, 2017

залишковий ресурс і відпрацьовані вдвічі чи й більше амортизаційні терміни. Звісно, фермер при необхідності може орендувати для транспортних робіт вантажний автомобіль чи найняти сезонних робітників. Крім цього, фермер може купити чи взяти у лізинг відсутню техніку в якій буде потреба.

Ключові слова: лінійне програмування, оптимізація, математичне моделювання, фермерське господарство, цільова функція, мінімізація

Постановка проблеми. На сьогоднішній день Україна налічує близько 33,7 тис. фермерських господарств (далі – ФГ), середня площа обробітку одного ФГ складає 131,7 га (рис. 1). Про це повідомила заступник Міністра аграрної політики і продовольства України Олена Ковальова в інтерв'ю AgroPolit.com 08.08.2017 р. після оприлюднення концепції Міністерства аграрної політики щодо підтримки фермерських господарств і кооперації. Заступник міністра вважає, що сімейне фермерське господарство має стати європейською моделлю розвитку в Україні, як частина комплексної стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на 2015–2020 роки [1]. З її слів, загальна сума підтримки ФГ та кооперації у 2018 році складе 1 млрд. грн.

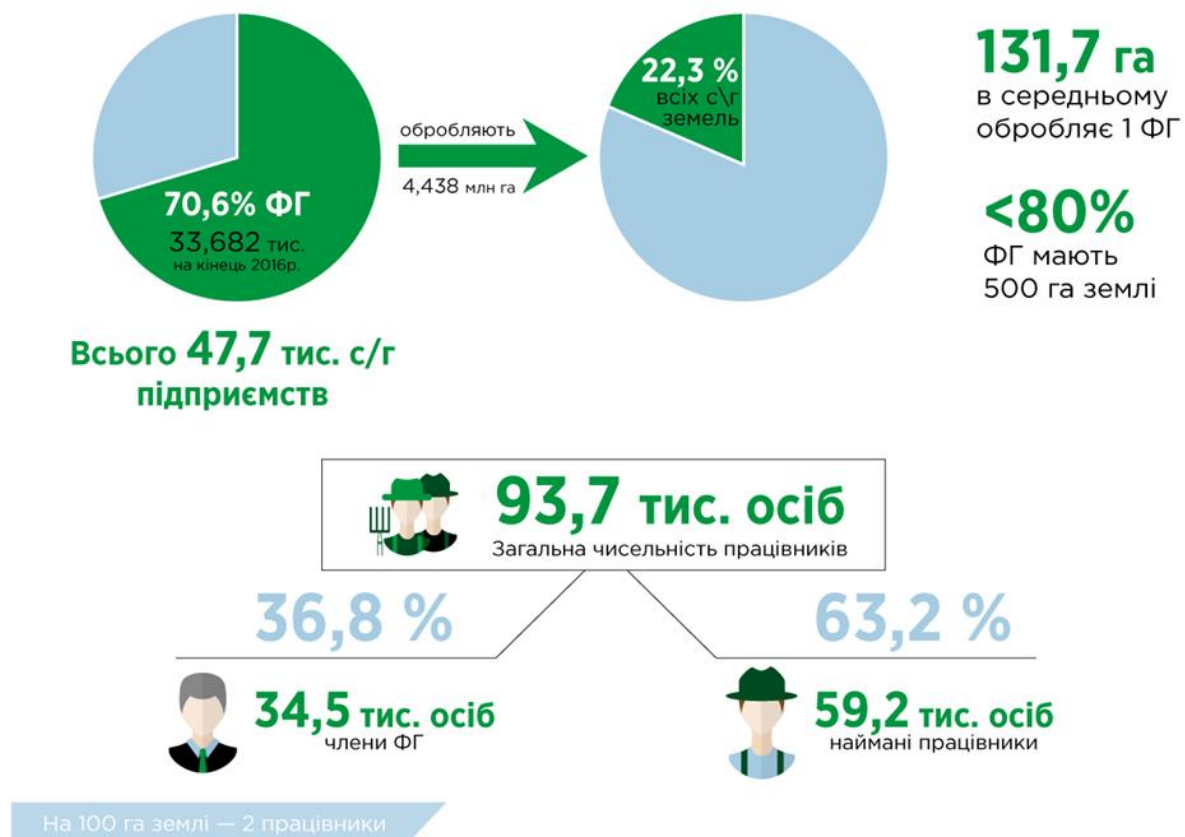


Рис. 1. Стан ФГ України.

Як правило у розпорядженні фермерських господарств України знаходяться незначні ресурси, а об'єми продукції, що виробляється ними також має певні обмеження. Щоб вижити таким фермерським господарствам в сучасних умовах, як і для великих сільгосппідприємств актуальною задачею є оптимальний розподіл обмежених виробничих ресурсів.

Аналіз останніх досліджень. Для визначення оптимального розподілу ресурсів використовується методи лінійного програмування [2–5]. Дана теорія оптимального розподілу ресурсів, засновниками якої є Л. Канторович і Т. Ч. Купманс, визначає модель виробничого процесу, яка за допомогою методу лінійного програмування забезпечує вибір із кількох можливих такого варіанту, що максимізує випуск продукції не лише на рівні підприємства, але й на макроекономічному рівні. Цю теорію успішно використовують і для сільськогосподарських підприємств. Проте в чистому вигляді вирішення цієї задачі даними методами не повністю задовольняє потреби сучасного аграрного виробництва. Відсутня динаміка процесу. В даній статті зроблено спробу розширити і модифікувати ці моделі з метою більш якісної оптимізації на основі нових інструментів моделювання. Така модель може в майбутньому зіграти вирішальну роль для підвищення конкурентоздатності продукції фермерів. Однак. Зважаючи на недоліки лінійних моделей можна стверджувати, що потрібна розробка таких моделей які враховували б сучасний ринок і його потреби.

Мета досліджень – узагальнити питання розвитку фермерського господарства шляхом математичного моделювання рівноваги використання ресурсів.

Результати досліджень. Одним з підходів для вирішення задачі ефективного ведення господарювання в фермерських підприємствах може бути прийнятним метод оптимізації пропорцій в господарстві. З цією метою може бути успішно використано апарат уявно-лінійного, модифікованого програмування. Нами зроблена спроба розробити модель, яка встановлює рівновагу в фермерському господарстві.

Розглянемо типові фермерське господарство, яке спеціалізується на вирощуванні зернових культур. У розпорядженні сучасного, а особливо сімейного фермерського господарства є обмежений розмір паї, та обмежені ресурси техніки. Зазвичай це один зернозбиральний комбайн і по одному колісному та гусеничному трактору. До того ж ця техніка має низький залишковий ресурс і відпрацьовані вдвічі чи й більше амортизаційні терміни. Звісно, фермер при необхідності може орендувати для транспортних робіт вантажний автомобіль чи найняти сезонних робітників. Крім

цього, фермер може купити чи взяти у лізинг відсутню техніку в якій буде потреба.

Приймаючи ці умови ставиться задача оптимізації структури посівних площ з максимальним прибутком від реалізації продукції за умови дотримання в процесі організації і технологій, необхідних агротехнічних вимог. Термінів проведення основних технологічних операцій при вирощуванні зернових культур. За вхідні приймаються наступні дані: розмір площ, затрати робочого часу на 1 га, затрати праці, витрати на експлуатацію і придбання одиниці техніки, витрати з найму робітників та оренда техніки, дохід від реалізації продукції.

В даній моделі введемо наступні позначення змінних: $q_1 - q_{10}$ – сільськогосподарські культури для різних способів виробництва (5 культур по два види технологій), q_{11} – чистий пар. Цілочисловими змінними позначимо кількість одиниць техніки: q_{12} – кількість колісних тракторів, q_{13} – кількість гусеничних тракторів, q_{14} – кількість зернозбиральних комбайнів, q_{15} – кількість робітників. На другому етапі вирішення задачі додаємо додаткові змінні z_t – кількість орендованого машинного часу в t – період.

1. Графік польових робіт фермерського господарства.

№	Назва операції	Агροстроки		Кількість днів	Період
		Початок	Кінець		
1	Посів (Ячмінь)	05.05.16	10.05.16	6	1
2	Посів (Овес)	05.05.16	10.05.16	6	
3	Посів (Гречка)	15.05.16	20.05.16	6	
4	Пар	15.05.16	20.05.16	6	2
5	Збирання (Озима пшениця)	26.06.16	03.07.16	8	
6	Збирання (Озиме жито)	26.06.16	03.07.16	8	
7	Оранка (Озима пшениця)	05.07.16	10.07.16	6	3
8	Оранка (Озиме жито)	05.07.16	10.07.16	6	
9	Збирання (Ячмінь)	05.07.16	10.07.16	6	
10	Збирання (Овес)	05.07.16	10.07.16	6	
11	Оранка (Ячмінь)	15.07.16	20.07.16	6	4
12	Оранка (Овес)	15.07.16	20.07.16	6	
13	Оранка (Гречка)	25.07.16	30.07.16	6	5
					6

Розглянемо лінійну задачу оптимізації посівних площ фермерського господарства, шляхом визначення максимуму наступної цільової функції $F(x)$.

$$F(x) = \sum_{s \in S} c_s q_s \leq \sum_{i \in I} c_i q_i - \overline{c_t} q_t - \sum_{t \in T} c_t q_t,$$

при умовах:

$$1) \text{ обмеження посівних площ: } \sum_{s \in S} q_s \leq b;$$

2) обмеження пов'язані з технологічними операціями сільськогосподарських культур за видами техніки у визначені терміни:

$$\sum_{s \in S} a_{sti} q_s \leq \sum_{i \in I} b_{it} q_i + \sum_{t \in T} c_t z_t \quad (i \in I, t \in T);$$

3) обмеження за трудовими ресурсами:

$$\sum_{s \in S} k_i a_{sti} q_s \leq b_{ti} \bar{y}_t + \sum_{t \in T} c_t z_t \quad (t \in T);$$

4) вимога з обов'язкового випуску продукції для кожної культури:

$$\sum_{s \in S} a_{is} q_s \geq b_i \quad (i \in I_0);$$

5) усі змінні мають бути цілими і невід'ємними числами:

$$q_s \geq 0, (s \in S), q_i \geq 0, (i \in I), y_t \geq 0, z_t \geq 0, (t \in T).$$

Позначення індексів матриць та множин: s – номер сільськогосподарської культури, $s \in S$, де S – множина усіх видів сільськогосподарських культур та пару; i – номер виду сільськогосподарської техніки $i \in I$, де I – множина усіх видів сільськогосподарської техніки (тракторів, комбайнів); t – номер періоду термінів виконання сезонних сільськогосподарських робіт $t \in T$, де T – множина усіх періодів; I_0 – множина обмежень за планом.

Змінні, які потрібно знайти: q_s – площа s -ї сільськогосподарської культури і пару, га; z_t – кількість орендованого машинного часу в t -й період; q_i – кількість сільськогосподарської техніки (шт.); c – заробітна плата робітника, ум.од.; c_i – витрати на придбання і експлуатацію одиниці i -го виду сільськогосподарської техніки (ум.од.); a_{is} – вихід продукції з одиниці площі; c_s – вартість товарної продукції з 1 га s -ї культури, у.од.; b – площа ріллі в господарстві, га; b_{ti} – наявний час на одну одиницю i -го виду техніки в t -й період, год. (коефіцієнт погодності і тривалості періоду в годинах); a_{sti} – затрати часу на обробіток 1 га s -ї культури чи пару i -м видом техніки в t -й період; k_i – коефіцієнт, що враховує кількість обслуговуючого персоналу i -го виду техніки.

Підставляючи конкретні дані, отримаємо числову економіко-математичну модель. Під час вирішення задачі не передбачалася умова цілочислових рішень. Однак для фермерського господарства врахування цього фактору має вирішальне значення. Адже фермерське господарство використовує невелику кількість техніки, вартість якої займає значну питому вагу у фінансах господарства. З цією метою необхідно вводити додаткові обмеження

цілочисельності змінних. Це зокрема стосується кількості техніки. В розробленій задачі враховується можливість зняття напруженості обмеженої задачі. Для цього достатньо ефективно можна використати апарат лінійного програмування з найбільш напружених обмеженнях. На першому етапі будується лінійна задача оптимізації. На другому етапі здійснюється корегування показника з метою досягнення оптимальних пропорцій. Необхідність корегування встановлюється за допомогою вирішення двоякої задачі лінійного програмування.

Розглянемо дві умови задачі. Перший варіант передбачає прийняття в якості цільової функції максимум прибутку за умови досягнення узгодження ресурсних обмежень. За другим варіантом знімається напруженість обмежень по виробництву продукції при мінімізації витрат.

Цільові функції. Затрати:

$$\text{Max} \rightarrow 400X_1 + 700X_2 + 380X_3 + 500X_4 + 350X_5 + 490X_6 + 320X_7 + 480X_8 + 300X_9 + 460X_{10} + 450X_{12} + 500X_{13} + 550X_{14} + 300X_{15}.$$

Прибуток:

$$\text{Max} \rightarrow 190X_1 + 220X_2 + 160X_3 + 180X_4 + 140X_5 + 180X_6 + 120X_7 + 140X_8 + 90X_9 + 110X_{10} - 450X_{12} - 500X_{13} - 550X_{14} - 300X_{15}.$$

Припустимо що фермер має у користуванні 140 га ріллі на один самохідний комбайн і по одному гусеничному трактору. Ще фермер має можливість орендувати вантажний автомобіль. У випадку необхідності він може придбати техніку чи найняти робітників в напружені періоди. Загалом дану задачу можна подати у вигляді таблиці 2.

2. Характеристика робіт та рівнянь обмежень.

№	Опис роботи	Рівняння обмежень
Колісні трактори		
1	Обмеження ріллі і пару	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} \leq 140$
2	Посів ячмінь і овес в 1-му періоді	$.8X_5 + X_6 + .83X_7 + X_8 - 45X_{12} \leq 0$
3	Посів гречка в 2-му періоді	$.7X_9 + .8X_{10} - 45X_{12} \leq 0$
4	Збирання озимих в 3-му періоді	$2X_1 + 2.2X_2 + 1.8X_3 + 2X_4 - 63X_{12} \leq 0$
5	Збирання ячменю і вівса в 4 періоді	$1.6X_5 + 1.8X_6 + 1.2X_7 + 1.4X_8 - 48X_{12} \leq 0$
6	Збирання гречки в 6-му періоді	$2.7X_9 + 2.2X_{10} - 40X_{12} \leq 0$
7	Посів озимих по пару в 6-му періоді	$.75X_{11} - 40X_{12} \leq 0$

Продовження табл. 2

№	Опис роботи	Рівняння обмежень
Гусеничні трактори		
8	Оранка пару в 2-му періоді	$1.6X_{11} - 45X_{13} \leq 0$
9	Оранка зябу в 4-му періоді (після збирання зернових)	$1.45X_1 + 1.5X_5 + 1.45X_9 + 1.5X_{10} - 48X_{13} \leq 0$
10	Оранка зябу в 5-му періоді (після збирання ярих)	$1.5X_5 + 1.6X_6 + 1.45X_7 + 1.5X_8 - 40X_{13} \leq 0$
11	Оранка зябу в 6-му періоді (після збирання гречки)	$1.45X_9 + 1.5X_{10} - 40X_{13} \leq 0$
Комбайни		
12	Збирання озимих у 3-му періоді	$1.9X_1 + 2X_2 + 1.6X_3 + 1.8X_4 - 63X_{14} \leq 0$
13	Збирання ячменю і вівса в 4-му періоді	$7.5X_5 + 1.6X_6 + 1.6X_7 + 1.8X_8 - 48X_{14} \leq 0$
14	Збирання гречки у 5-му періоді	$2X_9 + 2.2X_{10} - 40X_{14} \leq 0$
Обмеження для визначення чисельності робітників		
15	Посів у 1-му періоді	$1.8X_7 + 2X_8 - 45X_{15} \leq 0$
16	Посів гречки і оранка пару в 2-му періоді	$1.4X_9 + 1.6X_{10} + 1.6X_{11} - 45X_{15} \geq 0$
17	Збирання озимих в 3-му періоді	$6X_1 + 7X_2 + 5.4X_3 + 6X_4 + 1.7X_5 + 1.8X_6 - 63X_{15} \geq 0$
18	Оранка зябу після озимих і збирання ярих в 4-му періоді	$1.45X_1 + 1.5X_2 + 1.45X_3 + 1.5X_4 + 4.5X_5 + 4.8X_6 + 4.2X_7 + 4.3X_8 - 48X_{15} \geq 0$
19	Оранка зябу після ярих і збирання гречки в 5-му періоді	$1.45X_5 + 1.6X_6 + 1.45X_7 + 1.5X_8 + 6X_9 + 7X_{10} - 40X_{15} \geq 0$
20	Оранка зябу гречки і посів озимих зернових і 5-му періоді	$1.5X_7 + 1.6X_8 + 1.45X_9 + 1.5X_{10} - 40X_{15} \geq 0$
21	Технологічні умови вирощування пов'язані із сівозміною	$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - X_{11} \geq 0$
Вимоги по мінімальному виробництву продукції		
22	Валовий збір пшениці, т	$40X_1 + 50X_2 \geq 2000$
23	Валовий збір жита, т	$30X_3 + 40X_4 \geq 200$
24	Валовий збір ячменю, т	$35X_5 + 45X_6 \geq 1424$
25	Валовий збір вівса, т	$30X_7 + 35X_8 \geq 342$
26	Валовий збір гречки, т	$30X_9 + 35X_{10} \geq 300$

Для вирішення цієї задачі використовувалась програма QM for Windows (рис. 2). На першому етапі проведені розрахунки за задачею лінійного програмування з метою визначення необхідної техніки за різними критеріями оптимізації. Структура площ за критерієм максимуму прибутку визначилась наступним чином:

$$q_1 = 0, q_3 = q_5 = q_7 = q_9 = 0, q_2 = 40, q_4 = 5, q_6 = 31.65, q_8 = 9.77, q_{11} = 45.$$

На цьому етапі проведені розрахунки при достатньо напружених планових завданнях з виробництва продукції (пп. 22-26 табл. 2).

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	RHS	Equation form
Maximize	400	700	380	500	350	490	320	480	300	460	0	450	500	550	300		Max 400X1 + 700X2 + 380X3 + 500X4 + 350X5 +
Обм. 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<=	140 X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 +
Обм. 2	0	0	0	0	.8	1	.83	1	0	0	0	-45	0	0	0	<=	0 .8X5 + X6 + .83X7 + X8 - 45X12 <= 0
Обм. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	.7	.8	0	-45	0	0	0	<=	0 .7X9 + .8X10 - 45X12 <= 0
Обм. 4	2	2.2	1.8	2	0	0	0	0	0	0	0	-63	0	0	0	<=	0 2X1 + 2.2X2 + 1.8X3 + 2X4 - 63X12 <= 0
Обм. 5	0	0	0	0	1.6	1.8	1.2	1.4	0	0	0	-48	0	0	0	<=	0 1.6X5 + 1.8X6 + 1.2X7 + 1.4X8 - 48X12 <= 0
Обм. 6	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	2.2	0	-40	0	0	0	<=	0 2.7X9 + 2.2X10 - 40X12 <= 0
Обм. 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.75	-40	0	0	0	<=	0 .75X11 - 40X12 <= 0
Обм. 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.6	0	-45	0	0	<=	0 1.6X11 - 45X13 <= 0
Обм. 9	1.45	0	0	0	1.5	0	0	0	1.45	1.5	0	0	-48	0	0	<=	0 1.45X1 + 1.5X5 + 1.45X9 + 1.5X10 - 48X13 <= 0
Обм. 10	0	0	0	0	1.5	1.6	1.45	1.5	0	0	0	0	-40	0	0	<=	0 1.5X5 + 1.6X6 + 1.45X7 + 1.5X8 - 40X13 <= 0
Обм. 11	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	1.5	0	0	-40	0	0	<=	0 1.45X9 + 1.5X10 - 40X13 <= 0
Обм. 12	1.9	2	1.6	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	-63	0	0	<=	0 1.9X1 + 2X2 + 1.6X3 + 1.8X4 - 63X14 <= 0
Обм. 13	0	0	0	0	7.5	1.6	1.6	1.8	0	0	0	0	-48	0	0	<=	0 7.5X5 + 1.6X6 + 1.6X7 + 1.8X8 - 48X14 <= 0
Обм. 14	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2.2	0	0	-40	0	0	<=	0 2X9 + 2.2X10 - 40X14 <= 0
Обм. 15	0	0	0	0	0	0	1.8	2	0	0	0	0	0	-45	0	<=	0 1.8X7 + 2X8 - 45X15 <= 0
Обм. 16	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	1.6	1.6	0	0	0	0	>=	0 1.4X9 + 1.6X10 + 1.6X11 - 45X15 >= 0
Обм. 17	6	7	5.4	6	1.7	1.8	0	0	0	0	0	0	0	-63	0	>=	0 6X1 + 7X2 + 5.4X3 + 6X4 + 1.7X5 + 1.8X6 - 63X15 >= 0
Обм. 18	1.45	1.5	1.45	1.5	4.5	4.8	4.2	4.3	0	0	0	0	0	-48	0	>=	0 1.45X1 + 1.5X2 + 1.45X3 + 1.5X4 + 4.5X5 + 4.8X6 >= 0
Обм. 19	0	0	0	0	1.45	1.6	1.45	1.5	6	7	0	0	0	-40	0	>=	0 1.45X5 + 1.6X6 + 1.45X7 + 1.5X8 + 6X9 + 7X10 -
Обм. 20	0	0	0	0	0	0	1.5	1.6	1.45	1.5	0	0	0	-40	0	>=	0 1.5X7 + 1.6X8 + 1.45X9 + 1.5X10 - 40X15 >= 0
Обм. 21	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	>=	0 X1 + X2 + X3 + X4 - X11 >= 0
Обм. 22	40	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	2000 40X1 + 50X2 = 2000
Обм. 23	0	0	30	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	200 30X3 + 40X4 = 200
Обм. 24	0	0	0	0	35	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	=	1424 35X5 + 45X6 = 1424
Обм. 25	0	0	0	0	0	0	30	35	0	0	0	0	0	0	0	>=	342 30X7 + 35X8 >= 342
Обм. 26	0	0	0	0	0	0	0	0	30	35	0	0	0	0	0	>=	300 30X9 + 35X10 >= 300

Рис. 2. Загальний вигляд вікна програми QM із введеними вхідними даними.

Вирішення задачі оптимізації на наступних етапах передбачає округлення змінних за кількістю техніки і робітників. Для цього в модель вводяться додаткові обмеження: $x_{12} = 1$, $x_{13} = 2$, $x_{14} = 2$, $x_{15} = 6$.

На третьому етапі вирішувалась лінійна задача з фіксованою кількістю техніки.

Результати розрахунків показали значну напруженість запланованих фермером завдань. Оцінка проводилася за мінімумом сукупності виробничих затрат у фермерському господарстві. Відомо, що оцінити напруженість обмежень необхідно за допомогою деякого порівняльного показника. За такий показник зазвичай приймають ціну реалізації продукції. Так як оцінка визначає ефективність заданого рівня виробництва, показником оптимальності побудованої моделі є різниця ціни і оцінки. На рис. 3. зображена множина Парето для двох критеріїв: $F \rightarrow \min$ (мінімум виробничих витрат), $b \rightarrow \max$

(максимум виробничих затрат). Точки на ламаній кривій означають критичні точки, які відповідають зміні базису рішення задачі лінійного програмування. Ця інформація важлива з точки зору прийняття рішення про визначення оптимальних обсягів виробництва. Безумовно, можна для цього вирішувати цю задачу в ітераційному режимі, благо програма дозволяє такий спосіб. Побудованій функціональній залежності (рис. 3) відповідають даним табл. 3.

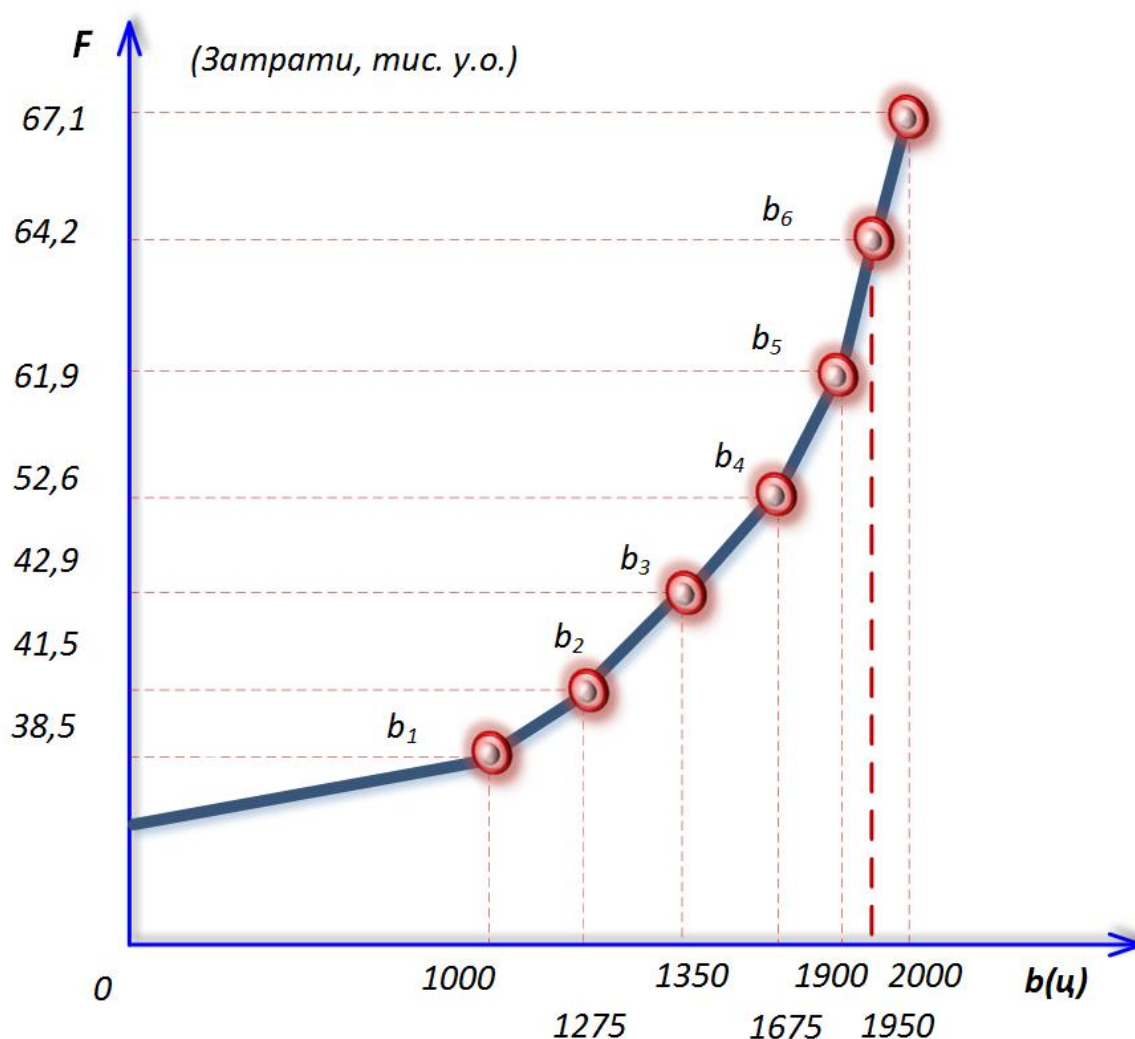


Рис. 2. Взаємозв'язок критеріїв оптимізації.

3. Критерії оптимізації та оцінки обмежень.

k	$F_1^k(x_j), j = \overline{1, n}, \text{ у.о.}$	$b(y^k), \text{ ц}$	$y^k, (y.o.)/\text{ц}$
0		-	-
1	38574	1000	10.00
2	38828	1025	10.75
3	41516	1275	10.75
4	41871	1300	21.05
5	42923	1350	21.05

Продовження табл. 3

k	$F_1^k(x_j), j = \overline{1, n}, y.o.$	$b(y^k), \varphi$	$y^k, (y.o.)/\varphi$
6	43604	1375	30.03
7	52694	1675	30.3
8	53477	1700	42.12
9	61901	1900	42.12
10	62924	1925	51.06
11	64240	1950	51.06
12	65613	1975	60.6
13	67119	2000	60.26

Дані таблиці 4 були отримані за параметричним аналізом. Для цього було введено позначення $b_i^* = b_i + \delta_i, i = \overline{1, 22}$, де δ_i – прийнято в якості ітераційного параметра i -го планового обмеження, b_i^* – максимально можливий рівень планового завдання i -го обмеження у випадку максимізації b_i . Здійснювалась оптимізація за критерієм мінімуму виробничих витрат, із зміною параметра δ_i , від нуля до максимального значення b_i , що відповідає певному рівню виробничих витрат F .

4. Рішення задачі ЛП в критичних точках.

k	0	1	2	3	4	5	6
b	-	1000	1025	1275	1300	1350	1375
y	-	10	10.75	10.75	21.05	21.05	30.3
x1	-	25	25.62	31.87	32.5	33.75	32.28
x2	-	-	-	-	-	-	1.67
x3	6.66	6.66	6.66	6.66	5.82	0.82	-
x4	-	-	-	-	0.624	4.37	5
x5	40.6	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68	40.68
x6	-	-	-	-	-	-	-
x7	11.34	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
x8	-	-	-	-	-	-	-
x9	10	10	10	10	10	10	10
x10	-	-	-	-	-	-	-
x11	6.66	31.66	32.2	38.54	38.95	38.95	38.95
z3	-	-	0.25	12.75	13.74	14.74	15.24
z4	30.77	30.77	30.77	30.77	30.77	30.77	30.77
k	7	8	9	10	11	12	13
b	1675	1700	1900	1925	1950	1975	2000
y	30,03	42,12	42,12	51,06	51,06	60,26	60,26
x1	2,28	-	-	-	-	-	-
x2	31,67	34	38	38,5	39	39,5	40
x3	-	-	-	-	-	-	-
x4	5	5	5	5	5	5	5
x5	40,68	40,3	4,3	-	-	-	-
x6	-	0,3	28,3	31,64	31,64	31,64	31,64

Продовження табл. 4

k	7	8	9	10	11	12	13
x7	11,4	11,4	11,4	11,08	4,08	-	-
x8	-	-	-	0,26	6,26	9,77	9,77
x9	10	10	10	10	10	7,08	0,08
x10	-	-	-	-	-	2,49	8,49
x11	38,95	39	43	43,5	44	44,5	45
z3	21,24	21,8	30,6	31,7	32,8	33,9	35
z4	30,77	30,77	23,5	26,64	22,64	22,64	22,64

При відсутності вирощування пшениці, найбільший відгук має озиме жито (1 спосіб), овес (1 спосіб) і гречка. Озиме жито лишається ефективним до тих пір, доки вирощування пшениці зростає до 1300 ц. При досягненні цього рівня в оптимальний план включається вирощування жита.

Пшеницю пропонується вирощувати інтенсивним способом при досягненні об'ємного показника 1375 ц. При досягненні виробництва пшениці до 1700 ц необхідно її вирощувати лише інтенсивним способом. Така ж схожа ситуація і з ячменем. Для гречки цей граничний показник складає 1925 ц. Гречка вирощується першим способом при дуже напруженому обмеженню пшениці.

Висновок. Підсумовуючи слід відмітити, що інформація (табл. 4) для фермера є важливою. Знання характеру зміни структури від об'єму вирощування тієї чи іншої продукції дає можливість прийняти оптимальне рішення як вести своє господарство. Головною проблемою є побудова такої таблиці. Вирішити дану проблему можна шляхом побудови математичної моделі і подальшого програмного продукту, що спростило б значно процедуру пошуку оптимального рішення.

Список літератури

1. <https://agropolit.com/interview/320-olena-kovalova-zagalna-suma-pidtrimki-fermerskih-gospodarstv-ta-kooperatsiyi-u-2018-rotsi-sklade-1-mlrd-grn>.
2. Кремер Н. Ш., Путко Б. А., Тришин И. М., Фридман М. Н. Исследование операций в экономике. Москва. ЮНИТИ. 2005. 407 с.
3. Савчук М. В. Лінійне програмування. Київ. ІПК ДСЗУ. 2006. 240 с.
4. Акулич И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах. Москва. Высшая школа. 1986. 360 с.
5. Voytyuk V. D., Rogovskii I. L. Analytical model of parallel complex system of machinery of planting. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 251. С. 400—409.

References

1. <https://agropolit.com/interview/320-olena-kovalova-zagalna-suma-pidtrimki-fermerskih-gospodarstv-ta-kooperatsiyi-u-2018-rotsi-sklade-1-mlrd-grn>.

2. Kremer N. Sh., Putko B. A., Trishin S. M., Fridman M. N. (2005). Operations research in the economy. Moscow. UNITY. 407.
3. Savchuk N. V. (2006). Linear programming. Kiev. IPK SESU. 240.
4. Akulich I. L. (1986). Mathematical programming examples and problems. Moscow. High school. 360.
5. Voytyuk V. D., Rogovskii I. L. (2016). Analitical model of parallel complex system of machinery of planting. Scientific Herald of National University of Life and Enviromental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kiev. Vol. 251. 400-409.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ ФЕРМЕРСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ

А. В. Надточий, Л. Л. Титова

Аннотация. Рассмотрены вопросы развития фермерского хозяйства путем математического моделирования равновесия использования ресурсов. Показаны преимущества методов линейного программирования для оптимизации использования ресурсов фермерского хозяйства. Одним из подходов для решения задачи эффективного ведения хозяйствования в фермерских предприятиях может быть приемлемым метод оптимизации пропорций в хозяйстве. С этой целью может быть успешно использован аппарат мнимо-линейного, модифицированного программирования. Нами сделана попытка разработать модель, которая устанавливает равновесие в фермерском хозяйстве.

Рассмотрено типичное фермерское хозяйство, которое специализируется на выращивании зерновых культур. В распоряжении современного, а особенно семейного фермерского хозяйства является ограниченный размер пашни, и ограниченные ресурсы техники. Обычно это один зерноуборочный комбайн и по одному колесному и гусеничному трактору. К тому же эта техника имеет низкий остаточный ресурс и отработанные вдвое и более амортизационные сроки. Конечно, фермер при необходимости может арендовать для транспортных работ грузовой автомобиль или нанять сезонных рабочих. Кроме этого, фермер может купить или взять в лизинг недостающую технику в которой будет потребность.

Ключевые слова: *линейное программирование, оптимизация, математическое моделирование, фермерское хозяйство, целевая функция, минимизация*

RATIONAL USE OF RESOURCES FARM

O. V. Nadtochiy, L. L. Titova

Abstract. Discusses the development of the farm by mathematical modeling of the equilibrium use of resources. Advantages of linear

programming methods to optimize the use of resources of the farm. One approach to solve the problem of effective conduct management in farming enterprises can be an acceptable method of optimization of proportions in the economy. This goal can be successfully used the apparatus to the quasi-linear, the modified programming. We attempted to develop a model that establishes a balance in the farm.

Discuss the typical farm, which specializiruyetsya on the cultivation of crops. In a modern, and especially family farming is the limited size of arable land, and limited resources of technology. This is usually one combine harvester and one wheeled and tracked tractor. Moreover, this technique has a low residual resource and waste half or more of the amortization time. Of course, the farmer may, if necessary, rent a vehicle work truck or to hire seasonal workers. In addition, the farmer can purchase or lease a missing technique in which you will need.

Key words: *linear programming, optimization, mathematical modeling, farm, objective function, minimization*

УДК 535.39

МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

**О. О. Броварець, кандидат технічних наук
Київський кооперативний інститут бізнесу і права
e-mail:brovaretsnau@ukr.net**

Анотація. Втілення сучасних технологій землеробства дозволяє планувати витрати насіннєвого матеріалу, добрив, пестицидів та інших технологічних матеріалів, у тому числі палива, визначати загальну стратегію управління агробіологічним потенціалом поля тощо. Проте, на сьогодні при реалізації даних технологій бракує ефективних систем збору та реєстрації (моніторингу) місцевизначеної інформації (агробіологічної та фітосанітарної) про стан сільськогосподарських угідь у технологіях точного землеробства. Існуючі способи і засоби реалізації цього процесу недосконалі.

Розвинуті точні моделі імпульсивної оптики диспергуючих середовищ таких, як ґрунти сільськогосподарського призначення (ГСП), у часовому вимірі такі моделі описують взаємодію

© О. О. Броварець, 2017