

Сохнич А.Я.,
д.е.н., професор,
завідувач кафедру управління земельними ресурсами,
Львівський аграрний університет

Кульбака В.М.,
старший викладач кафедри землевпорядкування,
будівництва автодоріг і геодезії,
Придніпровська академія будівництва та архітектури

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ПРИЙНЯТТІ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

Анотація. Розглянуто конкретний приклад формування розгорнутої економіко-математичної моделі поєднання галузей агроформувань на нечіткій основі. Пропонується методика визначення переліку змінних і обмежень та підготовки вхідної інформації, ілюструються засоби формування обмежень, в тому числі й нечітких. Дається опис лінгвістичних змінних за допомогою терм, розрахунок оптимального поєднання галузей рослинництва і тваринництва при цільовій функції максимуму валової продукції у грошовому еквіваленті.

Ключові слова: землекористування, економіко-математичне моделювання, нечіткі змінні, обмеження, управлінське рішення.

Постановка проблеми. Важлива галузь прийняття рішень пов'язана з землекористуванням, його розвитком, з процесом його територіальної організації та управління.

Земельні угіддя в складній і багатогранній системі землекористування розглядаються як частина географічної оболонки, що активно залучена до діяльності суспільства, через це їх раціональне використання в значній мірі обумовлює успішне функціонування цієї системи.

Процес прийняття вірних управлінських рішень, його стратегія повинні враховувати фактори, які є індивідуальними для кожної ситуації, тому доцільно розробляти і застосовувати економіко-математичні моделі в сфері побудови доскональної організаційної структури землекористування, прогнозування його розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням управління та економіко-математичного моделювання присвячено ряд праць таких відомих вчених, як А. Альбеков, Б. Анікін, Д. Бабміндра, Д. Бауерсокс, М. Гордон, Д. Добряк, Д. Клос, Л. Миротін, Ю. Пономарьов, А. Третьяк, М. Федоров та ін. Багато аспектів вказаної проблеми залишаються нерозв'язаними як із теоретичного, так і з практичного погляду або дискусійними й зумовлюють необхідність глибших наукових обґрунтувань.

Мета статті полягає у розкритті теоретико-методичних засад економіко-математичного моделювання у прийнятті управлінських рішень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідну зацікавленість представляє вирішення задач щодо поєднання галузей агроформувань.

Формування розгорнутої економіко-математичної моделі задачі землекористування проводиться після визначення переліку змінних і обмежень та підготовки вхідної інформації. З метою ілюстрації різноманітних засобів формування обмежень,

в тому числі й нечітких, при моделюванні економічних, технологічних, землевпорядних та інших умов задачі землекористування використаємо умовні вхідні дані про наявність виробничих ресурсів у агроформуванні (табл. 1). Крім того, для моделювання необхідними є дані про норми витрат виробничих ресурсів на 1 га земельних угідь, або на 1 умовну голову худоби (табл. 2).

Таблиця 1

Виробничі ресурси агроформування

Виробничі ресурси	Одиниця виміру	Всього
Рілля	га	832
Сінокоси	га	499
Пасовища	га	411
всього земельних угідь	га	2247
в тому числі сільськогосподарських	га	1742
трудові ресурси	люд/год	[100 000, 150 000]

Вважатимемо також, що лінгвістична змінна 1-врожайність – описується 5 термами і надалі прогнозується така її реалізація: озими пшениця і ріпак – 3; озима пшениця (насінина) – 2; ярий ячмінь – 4; цукровий буряк, картопля, кукурудза на силос – 2; багаторічні трави: на сіно – 1, на зелений корм – 3.

Потрібно розрахувати оптимальне поєднання виробництва зерна, просапних культур, зелених кормів та розвитку молочного тваринництва, щоб одержати максимальну валову продукцію у грошовому еквіваленті.

Для розвитку цих галузей маємо 832 га ріллі та затрати ресурсів на 1 га і 1 корову. Крім того, в господарстві є 910 га природних сіножатей та пасовищ. З них із 1 га планується одержати 4,4 ц із сіножатей та 1,8 ц із пасовищ, тобто всього 2935,4 ц кормових одиниць. Поза тим на корм призначається весь урожай кукурудзи на силос, багаторічних трав і 0,2 валового збору озимої пшениці та ярого ячменю. Коефіцієнти переходу в кормові одиниці такі: зерна в середньому – 1,1; кукурудзяного силосу – 0,2; багаторічних трав (на сіно) – 0,5; на зелений корм – 0,2.

Позначимо виробництво в ц: озимої пшениці – U_1 , озимої пшениці (насінина) – U_2 , озимого ріпаку – U_3 , ярого ячменю – U_4 , цукрових буряків – U_5 , картоплі – U_6 , кукурудзи на силос – U_7 , багаторічних трав – U_8 (на сіно), на зелений корм – U_9 , а також кількість корів – через U_{10} .

Загальний об'єм кормових ресурсів складається з п'яти складових. Перша складова – відома величина – 2935,4 ц кормових одиниць. Це корми, які надходять із природних сінокосів та пасовищ. Надходження ж кормів від рільництва – величина

Техніко-економічні показники за основними галузями

Показник	Умовні позначення змінних	Границі врожайності культур (ц/га) або продуктивність худоби (кг/гол.)	Валова продукція, грн./га	Затрати праці (люд-год/га; люд-год/гол.)
озима пшениця	U_1	[30 – 55]	1400	29,0
озима пшениця (насіння)	U_2	[30 – 50]	1750	43,0
озимий ріпак	U_3	[20 – 40]	1500	28,8
ярий ячмінь	U_4	[30 – 55]	1120	21,8
цукровий буряк	U_5	[300 – 400]	3060	85
картопля	U_6	[140 – 200]	9000	198
кукурудза на силос	U_7	[320 – 420]	2012	12,5
багаторічні трави (на сіно)	U_8	[30 – 40]	300	15,7
багаторічні трави (на зелений корм)	U_9	[180 – 250]	945	13,6
корови	U_{10}	[2800 – 3500]	1200	188,4

невідомі. За умовами задачі 0,2 валового збору озимої пшениці та ярого ячменю планується використати на корм худобі, валова ж продукція пшениці та ячменю $U_1 + U_4$. Коефіцієнт переходу цих зернових в кормові одиниці – 1,1. Отже, за рахунок озимої пшениці та ярого ячменю буде одержано кормів (ц кормових одиниць): $0,2 \cdot 1,1(U_1 + U_4) = 0,22(U_1 + U_4)$. Інші доданки такі: $0,2U_7$; $0,5U_8$; $0,2U_9$.

Продуктивність корів оцінюватимемо лінгвістичною змінною: L = (низька, середня, висока).

Тут вибираємо терм 2 – середня продуктивність.

За цією інформацією, нечітка колонка 3, що в таблиці 2, може бути описана, відповідно, нечіткими числами трапеціє-подібної форми

- $(30; 55; 41,1111; 43,8889) = a_1$,
- $(30; 50; 34,4444; 36,6667) = a_2$,
- $(20; 40; 28,8889; 31,1111) = a_3$,
- $(30; 55; 46,6667; 49,4444) = a_4$,
- $(300; 400; 322,2222; 333,3333) = a_5$,
- $(140; 200; 153,3333; 160) = a_6$,
- $(320; 420; 342,2222; 353,3333) = a_7$,
- $(30; 40; 30; 33,1111) = a_8$,
- $(180; 250; 211,1111; 218,889) = a_9$,
- $(2800; 3500; 3080; 3220) = a_{10}$.

Тому в цільовій функції

$$c_1 = 1400 \cdot 0,8a_1^{-1} = 1120a_1^{-1} = (20,3616; 37,3296; 25,5136; 27,2384),$$

$$c_2 = 1750 a_2^{-1} = (35; 58,3275; 47,7225; 50,8025),$$

$$c_3 = 1500 \cdot 0,8a_3^{-1} = (37,5; 75; 48,21; 51,93),$$

$$c_4 = 1120 \cdot 0,8a_4^{-1} = 896a_4^{-1} = (16,2893; 29,8637; 18,1171; 19,2013),$$

$$c_5 = 3060a_5^{-1} = (7,65; 10,1898; 9,18; 9,486),$$

$$c_6 = 9000a_6^{-1} = (45; 64,26; 56,25; 58,68).$$

Нечіткі коефіцієнти нерівності 1) в цьому випадку є такими:

$$\tilde{A}_{11} = (0,011818; 0,033333; 0,02278; 0,02432),$$

$$\tilde{A}_{12} = (0,02; 0,033333; 0,02727; 0,02903),$$

$$\tilde{A}_{13} = (0,025; 0,05; 0,03214; 0,03462),$$

$$\tilde{A}_{14} = (0,011818; 0,033333; 0,02022; 0,02143),$$

$$\tilde{A}_{15} = (0,0025; 0,003333; 0,003; 0,0031),$$

$$\tilde{A}_{16} = (0,005; 0,00714; 0,00625; 0,00625),$$

$$\tilde{A}_{17} = (0,00238; 0,00313; 0,00283; 0,00292),$$

$$\tilde{A}_{18} = (0,025; 0,033333; 0,025; 0,0302),$$

$$\tilde{A}_{19} = (0,004; 0,00556; 0,00457; 0,00474).$$

$$\text{Тут } \tilde{B}_1 = (832, 912, 832).$$

Аналогічно, для нерівності 2) маємо:

$$\tilde{A}_{21} = 29 \tilde{A}_{11}^{-1} = (0,52722; 0,9653; 0,66062; 0,70528),$$

$$\tilde{A}_{22} = 43 \tilde{A}_{12}^{-1} = (0,86; 1,4319; 1,17261; 1,24829),$$

$$\tilde{A}_{23} = 28,8 \tilde{A}_{13}^{-1} = (0,72; 1,44; 0,92563; 0,997056),$$

$$\tilde{A}_{24} = 21,8 \tilde{A}_{14}^{-1} = (0,39632; 0,7266; 0,4408; 0,46717),$$

$$\tilde{A}_{25} = 85 \tilde{A}_{15}^{-1} = (0,2125; 0,28305; 0,255; 0,2635),$$

$$\tilde{A}_{26} = 198 \tilde{A}_{16}^{-1} = (0,99; 1,41372; 1,2375; 1,29096),$$

$$\tilde{A}_{27} = 12,5 \tilde{A}_{17}^{-1} = (0,02975; 0,03913; 0,03538; 0,0365),$$

$$\tilde{A}_{28} = 15,7 \tilde{A}_{18}^{-1} = (0,3925; 0,52328; 0,3925; 0,47414),$$

$$\tilde{A}_{29} = 13,6 \tilde{A}_{19}^{-1} = (0,0544; 0,07562; 0,062152; 0,06446),$$

$$\tilde{A}_{210} = 188,4 = (188,4; 188,4; 188,4; 188,4).$$

$$\text{Тут } \tilde{B}_2 = (100000, 110000, 100000).$$

Нечіткими будуть також нерівності 11) і 12), для яких

$$\tilde{B}_{11} = (624, 884, 624) \text{ і } \tilde{B}_{12} = (322,8; 364,8; 332,8).$$

Надалі вважатимемо, що всі інші нерівності системи обмежень – чіткі.

Перейдемо тепер до визначення множини UR. Тоді перша нерівність системи обмежень матиме вигляд:

$$1') 0,03243u_1 + 0,03290u_2 + 0,04846u_3 + 0,03214u_4 + 0,00331u_5 + 0,00708u_6 + 0,00311u_7 + 0,03102u_8 + 0,00548u_9 \leq 904.$$

Аналогічно, 2), 11) і 12) нерівності визначаються як:

$$2') 0,93930u_1 + 1,41354u_2 + 1,39571u_3 + 0,70066u_4 + 0,28110u_5 + 1,40144u_6 + 0,03887u_7 + 0,518366u_8 + 0,07450u_9 + 188,4u_{10} \leq 109000,$$

Таблиця 3

\tilde{C}_i		c_i			$c_i - \gamma_i^e$
\tilde{C}_1	(20,3616; 37,3296; 25,5136; 27,2384)	c_1	25,5136	20,8768	$c_1 - \gamma_1^e$
\tilde{C}_2	(35; 58,3275; 47,7225; 50,8025)	c_2	47,7225	44,52875	$c_2 - \gamma_2^e$
\tilde{C}_3	(37,5; 75; 48,21; 51,93)	c_3	48,21	38,571	$c_3 - \gamma_3^e$
\tilde{C}_4	(16,2893; 29,8637; 18,1171; 19,2013)	c_4	18,1171	16,47208	$c_4 - \gamma_4^e$
\tilde{C}_5	(7,65; 10,1898; 9,18; 9,486)	c_5	9,18	7,803	$c_5 - \gamma_5^e$
\tilde{C}_6	(45; 64,26; 56,25; 58,68)	c_6	56,25	46,125	$c_6 - \gamma_6^e$
\tilde{C}_{10}	(1150; 1250; 1175; 1200)	c_{10}	1175	1152,5	$c_{10} - \gamma_{10}^e$

$$11') 0,03243u_1 + 0,03290u_2 + 0,04846u_3 + 0,03214u_4 \leq 678,$$

$$12') 0,00331u_5 + 0,00708u_6 + 0,00311u_7 \leq 361,6.$$

Всі інші нерівності системи обмежень є чіткими.

Для формування функції належності $\mu_N(c(u))$ слід визначити c_j і $c_j - \gamma_i^c$, де $j = 1, n$. Для поставленої задачі ці значення подані в таблиці 3.

Тоді за оцінкою мінімального \underline{z} та максимального \bar{z} значень нечітко визначеної функції мети $z(u)$ визначаються, відповідно, через розв'язання наступних задач лінійного програмування:

$$z(u) = 20,8768 u_1 + 44,52875 u_2 + 38,571 u_3 + 16,47208 u_4 + 7,803 u_5 + 46,125 u_6 + 1152,5 u_{10} \rightarrow \max$$

за умов

$$2) 0,03243 u_1 + 0,03290 u_2 + 0,04846 u_3 + 0,03214 u_4 + 0,00331 u_5 + 0,00708 u_6 + 0,00311 u_7 + 0,03102 u_8 + 0,00548 u_9 \leq 904;$$

$$3) 0,02432 u_1 + 0,02903 u_2 + 0,03462 u_3 + 0,02143 u_4 + 0,0031 u_5 + 0,00652 u_6 + 0,00292 u_7 + 0,0302 u_8 + 0,00474 u_9 \leq 832;$$

$$4) 0,93930 u_1 + 1,41354 u_2 + 1,39571 u_3 + 0,70066 u_4 + 0,28110 u_5 + 1,40144 u_6 + 0,03887 u_7 + 0,518366 u_8 + 0,07450 u_9 + 188,4 u_{10} \leq 109000;$$

$$5) 0,70528 u_1 + 1,24829 u_2 + 0,997056 u_3 + 0,46717 u_4 + 0,2635 u_5 + 1,29096 u_6 + 0,0365 u_7 + 0,47414 u_8 + 0,06446 u_9 + 188,4 u_{10} \leq 100000;$$

$$6) 0,03243 u_1 + 0,03290 u_2 + 0,04846 u_3 + 0,03214 u_4 \leq 678;$$

$$7) 0,02432 u_1 + 0,02903 u_2 + 0,03462 u_3 + 0,02143 u_4 \leq 624;$$

$$8) 0,00331 u_5 + 0,00708 u_6 + 0,00311 u_7 \leq 361,6;$$

$$9) 0,0031 u_5 + 0,00652 u_6 + 0,00292 u_7 \leq 332,8;$$

$$10) 40 u_{10} \leq 2935,4 + 0,22 u_1 + 0,22 u_4 + 0,2 u_7 + 0,5 u_8 + 0,2 u_9;$$

$$11) u_1 \geq 12000;$$

$$12) u_2 \geq 350;$$

$$13) u_3 \geq 200;$$

$$14) u_5 \geq 5000;$$

$$15) u_6 \geq 3000;$$

$$16) u_7 + u_8 + u_9 \geq 37360;$$

$$17) u_{10} \geq 300.$$

і

$$z(u) = 25,5136 u_1 + 47,7225 u_2 + 48,21 u_3 + 18,1171 u_4 + 9,18 u_5 + 56,25 u_6 + 1175 u_{10} \rightarrow \max$$

за умов попередньої задачі, крім умови 5).

Тут $\underline{z} = 1793785$ (грн) і $\bar{z} = 2239140$ (грн).

Тому за $w_0 = \bar{z}$ і $d_0 = \bar{z} - \underline{z}$ дефазифікаційна багаточільова задача оптимізації конкретизується до чіткого вигляду

$$\lambda \rightarrow \max$$

за умов

$$445355 \lambda - (25,5136 u_1 + 47,7225 u_2 + 48,21 u_3 + 18,1171 u_4 + 9,18 u_5 + 56,25 u_6 + 1175 u_{10}) \leq -1793785;$$

$$20,8768 u_1 + 44,52875 u_2 + 38,571 u_3 + 16,47208 u_4 + 7,803 u_5 + 46,125 u_6 + 1152,5 u_{10} \geq 1793785;$$

$$10000 + 0,70528 u_1 + 1,24829 u_2 + 0,997056 u_3 + 0,46717 u_4 + 0,2635 u_5 + 1,29096 u_6 + 0,0365 u_7 + 0,47414 u_8 + 0,06446 u_9 + 188,4 u_{10} \leq 100000,$$

до яких слід додати умови 2) – 17), крім умови 5).

Розв'язок цієї задачі такий:

$$\lambda = 0,715; u_1^* = 12000; u_2^* = 350; u_3^* = 1162,19; u_4^* = 0;$$

$$u_5^* = 5000; u_6^* = 23349,67; u_7^* = 37360; u_8^* = u_9^* = 0; u_{10}^* = 318,3.$$

Висновки. За одержаними результатами максимальна валова продукція, яку в змозі одержати господарство, згідно із наявними техніко-економічними умовами і нечітким моделюванням, дорівнює 2112,2 тис. грн. З цієї метою доцільно виробити (в т): озимої пшениці – 1 200, озимої пшениці на

насіння – 35, озимого ріпаку – 166,22, цукрових буряків – 500, картоплі – 2 335, кукурудзяного силосу – 3 736. Тоді господарство в змозі утримувати 318 голів великої рогатої худоби.

Такий підхід призводить до використання тільки 722,34 га ріллі із наявної 832 га. Різницю $832 - 722,34 = 109,66$ (га) можна використати для посіву багаторічних трав або інших потреб. Крім того, використовується тільки 102 850 од. трудових ресурсів.

Слід відзначити, що застосування методів нечіткого програмування дає управління механізм для прийняття обґрунтованого рішення щодо використання земельних ресурсів.

Такий підхід доцільно застосовувати в широкому спектрі оптимізаційних задач землекористування.

Література:

1. Сохнич А.Я. Оптимізація землекористування в умовах реформування земельних відносин / А.Я. Сохнич. – Львів : Українські технології, 2000. – 108 с.
2. Сявавко М.С., Рибицька О.М. Математичне моделювання за умов невизначеності / М.С. Сявавко, О.М. Рибицька. – Львів : Українські технології, 2000. – 320 с.
3. Тібілова Л.М., Сохнич А.Я. Прийняття компромісних рішень за нечіткої основи в управлінні земельними ресурсами / Л.М. Тібілова, А.Я. Сохнич // Вісник ЛДАУ. Землепорядкування і земельний кадастр. – 2003. – № 6. – С. 121–125.
4. Тібілова Л.М., Сохнич А.Я. Формування матриці знань для економіко-математичної моделі оптимізації землекористування / Л.М. Тібілова, А.Я. Сохнич // Вісник ЛДАУ. Землепорядкування і земельний кадастр. – 2001. – № 4. – С. 81–86.
5. Saaty T.L. Exploring the interface between hierarchies, multiple objectives and fussy sets / T.L. Saaty // Fuzzy sets and System. – 1978. – 1. – P. 57–68.

Сохнич А.Я., Кульбака В.М. Экономико-математическое моделирование в принятии управленческих решений

Аннотация. Рассмотрены конкретные примеры формирования развернутой экономико-математической модели соединения отраслей агроформирований на нечеткой основе. Предлагается методика определения переменных и ограничений и подготовки входной информации, иллюстрируются средства формирования ограничений, в том числе нечетких. Дается описание лингвистических переменных с помощью терм, расчет оптимального сочетания отраслей растениеводства и животноводства при целевой функции максимума валовой продукции в денежном эквиваленте.

Ключевые слова: землепользование, экономико-математическое моделирование, нечеткие переменные, ограничения, управленческое решение.

Sojnich A.Y., Kulbaka V.M. Economic and mathematical modeling in making management decisions

Summary. The concrete example of the formation, of extensive economic and mathematical model combining the branches of agroformations' on fussy basis has been considered. The methods of the list definition of fussy quantities, limitations and entrance information are suggested. Besides means of limitations formation are shown including a fussy quantities. The description of linguistic quantities with a help of term the calculation of optimal combination of crop growing and livestock breeding branches for special purpose of maximum gross output in money equivalent is given.

Keywords: land use, economic and mathematical modeling, fussy quantities, limitations, administrative decisions.