

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИРОБНИЧИХ ФУНКЦІЙ У ТВАРИННИЦТВІ З МЕТОЮ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРАРНОГО ПІДПРИЄМСТВА

CREATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF PRODUCTION FUNCTIONS IN MEAT PRODUCTION IN ORDER TO ASSESS FUNCTIONING OF AN AGRARIAN ENTERPRISE

У статті наведена необхідність використання виробничої функції як основної характеристики результатів діяльності галузей аграрного підприємства. На основі аналізу різних видів представлення виробничих функцій та зібраних матеріалів щодо діяльності аграрних підприємств виконано моделювання виробничої функції з метою оцінки ефективності виробництва та прийняття оптимальних управлінських рішень. Розроблена методика побудови динамічної виробничої функції з урахуванням імовірнісних законів розподілу аргументів і неповної статистичної інформації про параметри аграрного виробництва. Розроблена модель динамічної виробничої функції та обґрунтований підхід до визначення характеристик виробництва на її основі. Розроблена методика дає змогу вирішувати завдання оцінювання параметрів складніших класів виробничої функції, що найбільш повно представляють складні економічні процеси, зокрема заміщення одних факторів іншими.

Ключові слова: математична модель, система управління, ідентифікація системи, виробничі функції, оптимізація управління.

как основной характеристики результатов деятельности отраслей аграрных предприятий. На основе анализа различных видов представления производственных функций и собранных материалов по деятельности аграрных предприятий выполнено моделирование производственной функции для оценки эффективности производства и принятия оптимальных управленческих решений. Разработана методика построения динамической производственной функции с учетом вероятностных законов распределения аргументов и неполной статистической информации о параметрах аграрного производства. Построена модель динамической производственной функции и обоснован подход на ее основе по нахождению характеристик производства. Разработанная методика позволяет оценивать параметры сложных классов производственных функций и наиболее полно представляют сложные экономические процессы, в том числе замещение одних факторов другими.

Ключевые слова: математическая модель, система управления, идентификация системы, производственные функции, оптимизация управления.

УДК 330.46

<https://doi.org/10.32843/infrastruct40-81>

Лобода О.М.

к.т.н., доцент,
доцент кафедри прикладної математики та економічної кібернетики ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

Loboda Olena

Kherson State Agrarian University

В статті приведена необхідність використання производственной функции

The paper explores the necessity of using a production function as the main characteristic of activity results of agricultural enterprises. Modeling of production function in order to assess the efficiency of production and making optimal management decisions were performed on the basis of analysis of different types of production function representation and collected materials on activity of agricultural enterprises. Use of mathematical modeling helps to identify and describe the most important, significant relationships of economic objects and to evaluate production parameters. Production functions are used as a useful tool that allows to perform analytical calculations, to determine efficiency of resources use and feasibility of their additional involvement in production, to predict volume of output and to control reality of planned projects. A technique for creating a dynamic production function was developed. Also, it was taken in to account probabilistic laws of argument distribution and incomplete statistical information on agrarian production parameters. This technique allows to solve problems of evaluating parameters of more complex classes of production function, and represents complex economic processes, apart, replacement of some factors by others. In particular, production functions in meat production were created and analyzed, that allowed to determine optimal weight of an animal and optimal feeding ration. A model of dynamic production function was developed and approach defining production characteristics were grounded on its basis. It is proved that when processing experimental data and conducting statistical analysis, special attention was paid to the methods that are most suitable for studying agrarian sciences, since agricultural engineers have little knowledge of concept of production function and economic principles that determine profit maximization and minimization of production costs. The paper proves that it is economically feasible to find a competitive production option within a farm or enterprise and to calculate marginal feed efficiency, marginal replacement rates and isoclines – values that result from continuous production functions. In particular, production functions in meat production were created and analyzed, which allowed to determine optimal weight of an animal and optimal feeding ration. Created models and performed analysis made it possible to outline closure of the model, which in turn requires considering the problems of consumer behavior in different conditions. Recommendations developed to farmers could be of great economic value provided that experiments and statistical analysis were performed in a form that allows calculating the corresponding production function.

Key words: mathematical model, control system, system identification, production functions, control optimization.

Постановка проблеми. В сучасних умовах математичні методи дослідження все більше проникають в такі сфери діяльності як економіка, екологія, управління аграрним підприємством. Особливо важливі ці методи в дослідженнях складних систем соціально-економічного, інформаційного, біологічного плану. Системи, як правило, характеризуються: неоднорідністю структури [1, с. 78], нелінійністю характеристик, різко асиметричним розподілом параметрів, багатоконтурними взаємодіями. Рішення, що приводить до правильного

розуміння поведінки складних систем [2 с. 130], до яких можна віднести великий клас виробничих, лежить у вивченні емпіричних закономірностей за допомогою побудови відповідних математичних моделей [3, с. 104]. Вирішення задачі оптимального управління господарством, [3, с. 138] у цих умовах, приводить до рішення задачі управління у вигляді розподілу ресурсів між галузями господарства. Знаходження оптимальних управлінь, що визначають найбільшу ефективність результатів функціонування аграрного підприємства,

передбачає побудову моделей об'єктів управління, а також вирішення багатокрокової задачі знаходження виробничих функцій [4, с. 278].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Поняття виробничої функції введено американськими вченими Коббом і Дугласом. Значний внесок у розвиток теорії виробничих функцій внесли роботи В. Леонтьєва, Р. Солоу, А. Клейна, А. Міхальовського, Р. Сато, Дж. Хікса, Л. Терехова, Г. Клейнера і багатьох інших вітчизняних і зарубіжних вчених. У багатьох випадках дослідники в області біології використовували лише розрахунок випуску продукції при використанні певної кількості нового матеріалу [3, с. 356]. Дослідники – агротехніки та біологи протягом тривалого часу вели дослідження, одержуючи нові відомості про властивості сільськогосподарських виробничих функцій. Однак історично ці дослідження планувалися й проводилися якось осторонь від формалізованих у вигляді рівнянь регресії виробничих функцій. Звичайне дослідження планувалося на основі явища дискретності, тобто застосовувалися два або кілька технологічних способів виробництва для визначення точкових оцінок виходу сільськогосподарських культур і продуктів тваринництва залежно від рівня витрат факторів виробництва. У деяких випадках, хоча це й був побічний результат, отриманих даних було достатньо для виводу простих рівнянь регресії або кривих, що показують залежність випуску від витрат (залежність вхід-вихід). Більш часто експерименти та статистичні методи дозволяли лише одержати вказівку про те, чи існує математично значима різниця між рівнями врожаю або виходу продукції, що відповідають двом або трьом технологіям або рівням витрат. Виходячи із цих розходжень може бути розрахована відносна прибутковість декількох технологічних способів або видів витрат. Однак узагальнюючи було неможливо застосувати точні економічні принципи для визначення найбільш прибуткового рівня витрат і випуску або для визначення найбільш вигідної комбінації витрат для одержання зумовленої кількості продукції, зокрема у тваринництві.

У зв'язку з тим, що аргументи виробничих функцій не розглядаються як випадкові величини, що описуються різними законами розподілу, інтенсивному впровадженню виробничих функцій для опису мікроекономічних процесів перешкоджає відсутність методик розрахунку основних параметрів виробництва з урахуванням їхнього випадкового характеру [1, с. 88], особливо в агробізнесі.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є розроблення методики побудови динамічної виробничої функції з урахуванням імовірнісних законів розподілу аргументів і неповної статистичної інформації про параметри виробництва у м'ясному тваринництві.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Для розрахунку виробничої функції не можна застосовувати один вид рівнянь для характеристики аграрного виробництва в різних умовах. Вид алгебраїчної функції та величини її коефіцієнтів будуть варіювати залежно від ґрунту, клімату, типу й розмаїтості сільськогосподарських культур і тварин, змін у ресурсах, рівня механізації, величини інших витрат, фіксованих за величиною, тощо. Тому в кожній роботі встає проблема вибору виду алгебраїчної функції, що, очевидно або відповідно до наявних відомостей, сумісна з розглянутим явищем [5, с. 64] Вибір будь-якого специфічного типу рівняння для вираження виробничого явища автоматично накладає певні обмеження або допущення щодо зв'язків, які визначають оптимальні величини ресурсів. Однак одні рівняння відрізняються більшою гнучкістю, ніж інші.

Відповідно виробничу функцію варто представити як

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

де Y – випуск, X_i – витрати ресурсу.

Загалом за наявності виробничої функції можна визначити такі величини, які мають безпосереднє значення для економіки:

$$\frac{\delta Y}{\delta X_i} = f'_{xi}(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2)$$

$$\frac{\delta X_i}{\delta X_j} = - \frac{f'_{xj}(X_1, X_2, \dots, X_n)}{f'_{xi}(X_1, X_2, \dots, X_n)} \quad (3)$$

$$X_i = f''(Y, X_1, \dots, X_n) \quad (4)$$

$$\frac{\delta X_i}{\delta X_j} = -k \quad (5)$$

$$\frac{\delta X_i}{\delta X_j} = 0. \quad (6)$$

Наведені вираження, що базуються на виробничій функції, дають змогу одержати дані, необхідні для економічного аналізу. Бажано одержати зазначені характеристики для різних видів функцій. Розглянемо їх один за одним: рівняння (2) являє собою рівняння додаткового продукту в натуральному вираженні для i ресурсу; рівняння (3) – рівняння граничних норм заміщення i й j ресурсів; (4) – рівняння ізоквант; (5) – рівняння ізоклінів; (6) – рівняння розмежувальних ліній. Якщо вираження, наведене рівнянням (3), підставити в рівняння (5) і (6), то стане очевидним, що кожна з розглянутих величин, установлювана для одного ресурсу, залежить від усього набору ресурсів, які можуть бути використані в цьому виробничому процесі.

Виробничі функції визначалися для молодняка великої рогатої худоби, раціон яких складається з кукурудзи, сіна, білкових добавок. Визначалися також функції часу, що показують, скільки часу необхідно для того, щоби тварини, одержуючи різні раціони, досягли заданої маси. [6, с. 1494]

Знаючи виробничі функції й функції часу, можна порівняти дохід, отриманий за раціонів із мінімальною вартістю кормів і за раціонів, що забезпечують одержання м'яса заданої якості в мінімальний час. Протягом 3 років набори кормів за складом і якістю були загалом однаковими; тому наявні дані дають змогу зробити аналіз для визначення виробничої функції. Крім того, протягом того ж періоду досить однорідним за якістю було й саме поголів'я худоби. До того ж, протягом усього періоду проведення експерименту використовували сорти кукурудзи та сіна якщо й зазнавали змін, то незначних.

Щодо виробництва м'яса, загальноприйнятий процес одночасного визначення оптимальної маси тварин і оптимального раціону його годівлі варто змінити, тому що згодовування різних кормових раціонів приводить до одержання м'яса неоднакової якості. Так, наприклад, P_g – ціна приросту маси, змінюється разом зі зміною раціону, що йде на відгодівлю за обмеженого діапазону співвідношень грубих кормів і зерна.

Для визначення виробничої поверхні у м'ясному тваринництві на основі наявних показників застосовувалися рівняння декількох алгебраїчних форм. З досліджених функцій найбільш обґрунтованою, з погляду логіки й статистики, є функція, виражена рівнянням (7):

$$Y = 0,157C + 0,361P + 0,112F - 0,016C^2 - 0,099P^2 - 0,059F^2 - 0,036CT - 0,063CF + 0,054PF + 3,58, \quad (7)$$

де Y – загальний приріст маси в кг за розрахунку на одну голову худоби з моменту початку відгодівлі до дня зважування. Середня вихідна маса тварин у всіх охоплених групах становив 200 кг;

C – загальна кількість кукурудзи в кг з моменту початку зернової відгодівлі до дня зважування. Таким чином, перше спостереження за згодовуванням кукурудзи охоплює період із початку експерименту до першого зважування, друге – з початку експерименту до другого зважування. Кукурудзяний силос перераховувався виходячи з його зернового еквівалента;

P – загальна кількість білкових добавок у кг. Спостереження велися таким же способом, як за споживанням кукурудзи;

F – загальна кількість доброякісного сіна в кг. Спостереження велися так само, як і за споживанням кукурудзи.

Коефіцієнт детермінації для рівняння (7) дорівнює 0,87. Він показує, що більша частина дисперсії приросту маси відібраних відгодовуваних телят пояснюється трьома факторами годівлі. Квадратичні помилки коефіцієнтів регресії наведені в табл. 1.

Змінні включені в рівняння відповідно до логіки виробництва, навіть якщо вони й не істотні порівняно зі зазвичай прийнятими рівнями істотності. Однак, як зазначено нижче, коефіцієнти для деяких нелінійних змінних невеликі і лише незначно впливають на норми заміщення окремих видів кормів. Були складені деякі рівняння, де всі коефіцієнти можна прийняти з рівнем істотності, рівним 0,99. Однак розгляд кореляційного поля й особливості відгодівлі дають змогу припустити, що це в меншому ступені відповідає наявним даним [7, с. 104].

Під час визначення виробничої функції класичним методом найменших квадратів робиться явне допущення про те, що кожне спостереження незалежне. Коли ведуться дослідження з поголів'ям худоби, то результат кожного спостереження являє собою середню кумулятивну суму кормів і приросту маси для кожної групи тварин. Наприклад, спостереження за кормами й приростом маси, проведені наприкінці кожного місяця, є кумулятивними сумами спостережень, зроблених у попередні місяці. Звідси друге спостереження пов'язане з першим, третє – з першим і другим тощо. Серія спостережень за однією групою худоби взаємозалежна, але не залежить від серії спостережень за іншою групою або за іншим раціоном.

Основна виробнича функція (7) дає змогу вивести рівняння для ізоквант, ізоклінів, а також для співвідношень витрат і випуску продукції. Оскільки витрати на кукурудзу й сіно становлять більшу частину витрат на корм під час вирощування м'ясної худоби, з цими культурами пов'язана більшість проблем землекористування, то під час аналізу користувалися допоміжними функціями, що виражають співвідношення між кукурудзою і грубими кормами. Еквівалент білкових добавок фіксується у різних співвідношеннях із кукурудзою і за різних абсолютних рівнів витрат кормів, відповідно визначаються співвідношення кормів у раціонах. Конкретно у наведеному нижче аналізі білкові добавки постійно однакові: а) 25% кількості кукурудзи в раціоні (тобто кукурудза й білкові добавки перебувають постійно

Таблиця 1

Середньоквадратичні помилки коефіцієнтів регресії у рівнянні (7)

Коефіцієнт регресії	Середньоквадратична помилка	Коефіцієнт регресії	Середньоквадратична помилка
C	0,038	F^2	0,071
P	0,176	CP	0,016
F	0,077	CF	0,069
C^2	0,022	FP	0,023
P^2	0,043		

у співвідношенні 1:4); б) 15% кількості кукурудзи в раціоні (тобто кукурудза й білкові добавки перебувають постійно у співвідношенні, рівному приблизно 1:7) і в) постійній величині, конкретно – 175 кг (тобто співвідношення кукурудзи й білкових добавок змінюється зі зміною частки кукурудзи в раціоні годівлі). Кожному співвідношенню або абсолютній кількості білкових добавок відповідає певна виробнича поверхня, причому кукурудза та сіно є змінними. За допомогою величин, що позначають кількості кукурудзи й сіна, складені рівняння для розрахунку приросту маси у випадках а, б і в – рівняння (8), (9) і (10). Позначення змінних – ті самі, що й у рівнянні (10). Білкові добавки рівні 25% кукурудзи:

$$Y = 0,247C - 0,081C^2 + 0,112F - 0,059F^2 + 0,012CF + 3,59. \quad (8)$$

Білкові добавки рівні 15% кукурудзи:

$$Y = 0,211C - 0,042C^2 + 0,112F - 0,059F^2 + 0,075CF + 3,59. \quad (9)$$

Білкові добавки рівні 175 кг:

$$Y = 0,151C - 0,016C^2 + 0,207F - 0,059F^2 - 0,069CF + 39,17. \quad (10)$$

Рівняння (8)–(10) дають змогу обчислити виробничу функцію для м'ясного тваринництва, якщо білкові добавки перебувають у постійному співвідношенні з кукурудзою або ж уживаються в постійній абсолютній кількості. Із цих рівнянь виробничої функції можна одержати відповідні їм рівняння ізоквант приросту маси. От вони: білкові добавки рівні 25% кукурудзи (тобто 1 частина білкових добавок на 4 частини кукурудзи)

$$F = 242,69 + 1,08(7 \pm 2,08(0,013 + 0,088C - 0,028C^2 - 0,023Y)^{0,5}). \quad (11)$$

Білкові добавки рівні 15% кукурудзи (тобто на 1 частину білкових добавок приходиться приблизно 7 частин кукурудзи)

$$F = 942,69 + 0,62(7 \pm 2,08(0,013 + 0,097C - 0,044C^2 - 0,023Y)^{0,5}). \quad (12)$$

Білкові добавки рівні 175 кг (тобто співвідношення його з кукурудзою змінюється зі зміною кількості останньої):

$$F = 1737,86 - 0,053C \pm 2,08(0,052 + 0,039C - 0,039C^2 - 0,0238Y)^{0,5}. \quad (13)$$

У рівняннях ізоквант кількість сіна (F), необхідного для одержання заданих приростів маси (Y),

Таблиця 2

Ізокванти, що показують можливі комбінації кормів і граничні норми заміщення сіна кукурудзою для чотирьох рівнів приросту маси

Загальна кількість кормів, кг		Витрати кормів на 1 кг приросту маси		Співвідношення сіно – кукурудза	$\frac{\partial F^3}{\partial C}$	$\frac{\partial C^4}{\partial F}$
Кукурудза	Сіно	Кукурудза	Сіно			
Приріст маси 200 кг						
300	638	2,50	3,41	1,37	2,66	0,38
400	479	3,00	2,39	0,80	1,59	0,63
500	346	3,50	1,73	0,49	1,10	0,91
600	252	4,00	1,26	0,31	0,81	1,23
Приріст маси 300 кг						
700	1306	2,33	4,35	1,87	6,40	0,16
800	945	2,67	3,15	1,18	2,32	0,43
900	763	3,00	2,54	0,85	1,45	0,69
1000	642	3,33	2,14	0,64	1,02	0,98

Таблиця 3

Ізокванти, можливі комбінації кормів і граничні норми заміщення сіна кукурудзою для двох рівнів приросту маси

Загальна кількість кормів, кг		Витрати кормів на 1 кг приросту маси		Співвідношення сіно – кукурудза	$\frac{\partial F^3}{\partial C}$	$\frac{\partial C^4}{\partial F}$
Кукурудза	Сіно	Кукурудза	Сіно			
Приріст маси 200 кг						
300	752	3,00	3,76	1,25	3,21	0,31
400	513	3,50	2,57	0,73	1,84	0,54
500	358	4,00	1,79	0,45	1,32	0,76
600	242	4,50	1,21	0,27	1,02	0,98
Приріст маси 300 кг						
700	1175	3,05	3,91	1,15	3,16	0,14
800	988	3,33	3,29	0,99	2,89	0,35
900	769	3,67	2,56	0,70	1,71	0,58
1000	624	4,00	2,08	0,52	1,23	0,81

Рівняння розрахункового загального та додаткового приросту маси за вибраних раціонів

Компоненти 100 кг раціону	Рівняння, що характеризує	
	сумарний приріст маси	додатковий приріст маси
Раціон А Кукурудза – 57 кг Білок – 14 кг Сіно – 29 кг	$Y_A = 0,174\alpha_A - 0,019\alpha_A^2 + 3,587$	$\frac{dY_A}{d\alpha_A} = 0,174 - 0,029\alpha_A$
Раціон В Кукурудза – 54 кг Білок – 14 кг Сіно – 32 кг	$Y_B = 0,174\alpha_B - 0,746\alpha_B^2 + 3,587$	$\frac{dY_B}{d\alpha_B} = 0,171 - 0,014\alpha_B$
Раціон С Кукурудза – 50 кг Білок – 12 кг Сіно – 38 кг	$Y_C = 0,1668\alpha_C - 0,045\alpha_C^2 + 3,587$	$\frac{dY_C}{d\alpha_C} = 0,166 - 0,091\alpha_C$
Раціон D Кукурудза – 68 кг Білок – 10 кг Сіно – 22 кг	$Y_D = 0,168\alpha_D - 0,018\alpha_D^2 + 3,587$	$\frac{dY_D}{d\alpha_D} = 0,168 - 0,021\alpha_D$
Раціон Е Кукурудза – 61 кг Білок – 9 кг Сіно – 30 кг	$Y_E = 0,162\alpha_E - 0,071\alpha_E^2 + 3,587$	$\frac{dY_E}{d\alpha_E} = 0,162 - 0,014\alpha_E$

виражено у вигляді функції витрат кукурудзи на одну голову худоби. Із цих рівнянь можна одержати всі можливі комбінації кукурудзи й сіна, що забезпечують заданий приріст маси.

З рівнянь ізоквант (11)–(13) можна вивести рівняння, що визначають граничні норми заміщення. Наприклад, якщо відомо співвідношення білкових добавок із кукурудзою, то граничні норми заміщення сіна кукурудзою можна одержати як похідну (F по C) функції (11). Білкові добавки рівні 25% кукурудзи (тобто на 4 частини кукурудзи постійно приходиться 1 частина білкових добавок):

$$\frac{\delta F}{\delta C} = \frac{0,016C - 0,012F - 0,246}{0,112 - 0,011F + 0,012} \quad (14)$$

Використовуючи рівняння, аналогічні (14), можна визначити граничну норму заміщення сіна кукурудзою (за постійної питомої ваги білкових добавок) для різних комбінацій цих двох компонентів раціону, причому ця гранична норма забезпечить заданий приріст маси. Граничні норми заміщення сіна кукурудзою можуть бути наведені у вигляді рівняння, зворотного виразу (14). За наведеними вище рівняннями можна визначити графіки ізоквант приросту маси й граничні норми заміщення. Вони наведені в табл. 2 і табл. 3. Основою для одержання показників табл. 2 послугувало рівняння ізокванти (11) і рівняння норми заміщення (14); і те й інше було виведено з виробничої функції (7). Показники в табл. 2 обчислені для постійного 25% співвідношення білкових добавок до кукурудзи.

Отримані граничні норми заміщення кукурудзи й сіна для кожного рівня приросту маси (тобто 200, 300 кг) і для кожного показника відносного змісту білкових добавок поступово зменшуються. Інакше

кажучи, якщо виходити з наведених рівнянь, норма заміщення одного виду кормів іншим зменшується в міру того, як збільшується питома вага корму, що заміщає, у раціоні.

Кривизна ізоквант змінюється лише поступово – це доводить, що норми заміщення не можуть сильно відхилятися від постійних своїх значень для тварин цієї вагової категорії, віку й сортиності. Можливо, що для дрібних тварин на ранніх стадіях швидкої відгодівлі або ж для більших і зрілих тварин на завершальних стадіях відгодівлі норми заміщення можуть змінюватися швидше. Імовірно, можна одержати ізокванти більшої кривизни, якщо розширити межі експериментальних раціонів і спеціально поставити таку мету під час проведення експериментів.

З рівняння (7), наведеного в загальному вигляді, можна вивести рівняння загального й додаткового приросту маси для різних раціонів (окремі компоненти корму – кукурудза, білок і сіно – залишаються в постійних співвідношеннях між собою). У кожному рівнянні загального приросту маси всі три змінні виражалися через нову змінну α . Потім, після підстановки перетворених змінних у загальне рівняння (7), виводиться допоміжна функція, виражена через Y – приріст маси й змінну α .

У табл. 4 наводяться рівняння загального й додаткового приросту маси, отримані таким методом. Були вибрані 5 різних раціонів, що відповідають поперечним перерізам виробничої поверхні, що характеризує приріст маси теляти, за якими були відомості.

Наприклад, перше рівняння у раціоні А в табл. 4 виражає співвідношення між приростом маси

відгодовуваного теляти (у кг) і вагою корму за раціоном $A(\alpha_A)$. 100 кг корму за раціоном $A(\alpha_A)$ складаються з 57 кг кукурудзи, 14 кг білка й 29 кг сіна. І друге вираження являє собою рівняння додаткового приросту маси, що відповідає першому рівнянню загального приросту маси. Щоб вивести рівняння, береться перша похідна Y_A за α_A . Інакше кажучи, вона виражає зміну приросту маси відгодовуваного теляти за нескінченно малої зміни кількості раціону $A(\alpha_A)$.

Висновки з проведеного дослідження.

Розроблено методику поетапної побудови виробничої функції, яка полягає в послідовному ускладненні функції Кобба-Дугласа і в передачі отриманих значень параметрів як початкових для більш складної функції на основі характеристик результатів діяльності галузей господарств. Ця методика дає змогу визначити виробничі функції, ізокванти, ізокліни, граничні норми заміщення та інші відповідні економічні показники у кормових раціонах під час відгодовування великої рогатої худоби. А також вирішене завдання оцінювання параметрів складніших класів виробничої функції, які найбільш повно представляють складні економічні процеси, зокрема, заміщення одних факторів іншими. Зокрема, побудовані та проаналізовані виробничі функції в м'ясному тваринництві, що дало змогу визначити оптимальну вагу тварини й оптимальний раціон годівлі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Марасанов В.В., Пляшкевич О.М. Основи теорії проектування і оптимізації макроекономічних систем. Херсон, 2002. 190 с.
2. Лобода О.М., Кириченко Н.В. Актуальні проблеми ідентифікації та моделювання структури управління підприємством. Наука й економіка. 2015. № 3. С. 130–134.
3. Вітлінський В.В. Моделювання економіки. Київ, 2003. 408 с.
4. Стеценко І.В. Моделювання систем. Черкаси, 2010. 399 с.

5. Лобода О.М. Вирішення задачі ідентифікації структури управління підприємства. Сучасна спеціальна техніка. Київ. 2012. № 3. С. 64–68.

6. Лобода О.М. Побудова моделі динаміки розвитку аграрного підприємства в вигляді магістралі росту. Економіка та суспільство. Мукачеве, 2018. Вип. 13. С. 1494–1500.

7. Лобода О.М., Димов В.С. Моделі та методи інформаційних технологій управління аграрного сектору економіки за допомогою достатніх умов оптимальності. Проблеми інформаційних технологій. Херсон, 2018. Вип.01(023), С. 104–110.

REFERENCES:

1. Marasanov V.V., Pliashkevych O.M. (2002) *Osnovy teorii proektuvannia i optymizatsii makroekonomichnykh system* [Fundamentals of design and optimizations macroeconomic systems]. Kherson: TOV «Ajlant». (in Russian)
2. Loboda O.M., Kyrychenko N.V. (2015) Aktual'ni problemy identyfikatsii ta modeliuvannia struktury upravlinnia pidpriemstvom [Actual problems of identification and modeling enterprises management structure]. *Naukovo-tekhnichnyj zhurnal Khmel'nyts'koho ekonomichnoho universytetu*, vol.3(39), pp. 130–134.
3. Vitlins'kyj V.V. (2003) *Modeliuvannia ekonomiky* [Economic modeling]. Kyiv:KNEU. (in Ukrainian)
4. Stecenko I.V. (2010) *Modeliuvannia system* [System modeling]. Cherkasy. (in Ukrainian)
5. Loboda O.M. (2012) *Vyrishennja zadachi identyfikacii struktury upravlinnja pidpriemstva* [Solving the problem of identifying the enterprise management structure]. *Suchasna specialjna tekhnika*, vol.3, pp. 64–68.
6. Loboda O.M. (2018) *Pobudova modeli dynamiky rozvytku aghrarnogho pidpriemstva v vyghljadi maghistrali rostu* [Building a model of the dynamics of agrarian enterprise development in the form of the artery growth]. *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 13, pp. 1494–1500.
7. Loboda O.M., Dymov V.S. (2018) *Modeli ta metody informacijnykh tekhnologij upravlinnja aghrarnogho sektoru ekonomiky za dopomoghoju dostatnikh umov optymalitynosti* [Models and methods of information technologies management of the agrarian sector of economics by sufficient optimum conditions]. *Problemy informacijnykh tekhnologij*, vol. 01(023), pp. 104–110.