УДК 330.101.541:519.862:63

МАКРОЕКОНОМІЧНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Кальченко М.М.
ТДВ «Русь»
Щербина О.В.
Херсонський державний аграрний університет

У статті проаналізовано метод побудови математичної моделі двох галузевого сільськогосподарського підприємства. Досліджено теоретичні питання у застосуванні математичної моделі з точки зору макроекономіки. Розглянуто моделі планування і розподілення взаємопов'язаних показників, які описують динаміку двох галузевого підприємства сільськогосподарського призначення. Д

Ключові слова: математична модель, сільськогосподарське підприємство, економічні процеси, виробництво, валова продукція, міжгалузевий потік, вектор, планування.

Постановка проблеми. Спостереження, аналіз та моделювання є засобами пізнання і прогнозування виробничих процесів. В умовах динамічних змін економічного середовища як в цілому по країні, так і конкретно в галузі АПК актуальним залишається вибір раціональних варіантів управління підприємством, прогнозованості можливих ситуацій, впливу на них, для спрямування господарської діяльності і досягнення поставленої мети.

Сільськогосподарське виробництво є основою життя людей. В АПК виробляється більше третини валового продукту, працює 29% населення, занятого у сільському господарстві України, використовується 33% основних фондів [1].

Вироблювана сільськогосподарська продукція, надходить нерівномірно і потребує чіткого управління та аналізу виробничого процесу [2]. В сучасних умовах питання ефективного управління сільськогосподарським підприємством утворюється в процесі формування та використання ресурсів, розвиток аграрного сектора країни в цілому і підприємств сільськогосподарського направлення, потребує чіткого моделювання галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Джерела застосування математичних методів в економіці походять з XVIII століття, лейблікарь короля Франції Людовіка XV Ф. Кене (Francois Ken 1752) запропонував першу кількісну модель національної економіки, А. Куно (Antuan Kurno 1838), Л. Вальрас (Leon Val'ras 1886) який запропонував теорію загальної конкурентоспроможної рівноваги [3, 4, 5, 6]. Вирішення економічних задач та оптимізаційних задач управління вимагає ґрунтовних знань у сфері математичного моделювання, застосування різних методів для побудови економіко-математичних моделей. З аналізу літературних джерел, цією проблемою займались як вітчизняні так і зарубіжні дослідники: О. І. Ястремський [7] визначав проблему моделювання економічного ризику. Ф. Ф. Бутинець [8] запропонував класифікацію витрат за економічними елементами. С. В. Харбатович [9] досліджував систему математичних залежностей що відображають суттєві якості або характеристики об'єкта.

Мета статті. Задачі управління економічними процесами тісно пов'язані з вивченням властивостей цих процесів. При дослідженні економічних систем за допомогою математичних моделей вивчення властивостей призводить до аналізу поведінки траєкторій моделей, які імітують різні реальні процеси, які відбуваються в тій чи іншій системі. На сьогодні найбільш об'єктивний метод побудови моделей ґрунтується на законах збереження капіталу і товару, реалізований макроекономічним підходом у вигляді моделей виробництва, розподілу, обміну і потреб.

Виклад основного матеріалу. Застосувавши цей підхід до побудови математичної моделі багатогалузевого сільськогосподарського виробництва, для спрощення припустив, що число галузей дорівнює двом: виробництво зерна; і виробництво тваринництва.

Всю продукцію сільськогосподарського призначення можна розділити на проміжкові і кінцеву.

Проміжкові – це та частка валової продукції, яка іде у подальшу переробку тим самим утворюючи матеріальні витрати.

Кінцева – це частка валової продукції, яка у кінцевому плані уходить із виробничого процесу річного виробництва використовується поза межами сільськогосподарського підприємства.

Припустимо, що $X^{ii}(i=1,2)$ – інтенсивність валової продукції i-й галузі;

$Y^i(i=1,2)$ – інтенсивність кінцевого продукту i-й галузі;

$x^i_j(i,j=1,2)$ – інтенсивність міжгалузевого потоку продукції з i-й галузі на відтворення валової продукції j-й галузі.

Відповідно до закону збереження отримаємо наступні балансові рівняння для двох галузей.

$$\begin{aligned} X^1 &= x_1{}^1 + x_2{}^1 + Y^1 \\ X^2 &= x_1{}^2 + x_2{}^2 + Y^2 \end{aligned} \tag{1}$$

Ця система рівнянь дає без чисельне множину збалансованих рішень, так як її математичний аналог містить $2n + n^2 = 2x * 2 + 22 = 8$ невідомих X^1, X^2, Y^1Y^2 і елементи матриці міжгалузевих потоків $\begin{pmatrix} \overset{1}{x_1} & \overset{1}{x_2} \\ \overset{2}{x_1} & \overset{1}{x_2} \end{pmatrix}$.

Довизначемо цю модель наступним, у загальному плані обґрунтованими обмеженнями. Будемо вважати, що міжгалузеві поставки x^i_j продукції i-й галузі і j-ту галузь залежать лінійно від об'єм валової продукції, X^j продукції j-го користувача і від норми матеріаломісткості a^i_j, визначаючій затрати продукції i-й галузі на

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

відтворення одиниці валової продукції j-й галузі (наприклад кількість фуражного зерна, яке буде використовуватись у тваринництві, залежать від чисельності поголів'я і норм годівлі), тобто $x^i_j = a^i_j * X^i$ i,j=1,2 тоді система (1) матиме наступний вигляд:

$$X^1 = a_1^1X^1 + a_2^1X^2 + Y^1$$
$$X^2 = a_1^2X^1 + a_2^2X^2 + Y^2 \quad (2)$$

або $X^i = \sum_{j=1}^{2} a^i_j X^j + Y^i$, i=1,2

Введемо означення:

$\vec{X} = \begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \end{pmatrix}$ – вектор інтенсивності валового продукту;

$\vec{Y} = \begin{pmatrix} Y^1 \\ Y^2 \end{pmatrix}$ – вектор інтенсивності кінцевого продукту;

$A = \begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 \\ a_1^2 & a_2^2 \end{pmatrix} = \left(a^i_j\right)$ – матриця коефіцієнтів прямих витрат (нормативна матриця матеріалоємності),

тоді

$$X = A\vec{X} + Y \quad (3)$$

це і буде економіко-математична модель міжгалузевого балансу двох галузевого сільськогосподарського підприємства.

Система рівнянь (3) має *2 n* невідомих (компоненти валового і кінцевого продукту n галузей).

Для отримання єдиного рішення в залежності від типа задачі задають екзогенні, тобто фіксують, наприклад компоненти валового продукту $\vec{X}$ і по ним визначають компоненти вектору кінцевого продукту $\vec{X}$ $(\vec{X} \to \vec{Y})$ або, навпаки, по фіксованому вектору кінцевого продукту $\vec{Y}$ визначають вектор валового продукту $\vec{X}$ $(\vec{Y} \to \vec{X})$. Таким чином маємо дві задачі.

Задача спостережень $\left(\vec{X} \to \vec{Y}\right)$ відображує процес розподілу валового продукту

$$\left(E - A\right)\vec{X} = Y \quad (4)$$

де E – одинарна матриця порядку n;

(E–A) – матричний оператор перетворення валової продукції $\vec{X}$ в вектор кінцевої продукції $\vec{Y}$.

Задача синтезу $\left(\vec{Y} \to \vec{X}\right)$ відображає вміст процесу планування валової продукції $\vec{X}$ за заданим вектором кінцевого продукту $\vec{Y}$ (визначається в основному на основі функції попиту на даний набір продукції сільськогосподарського значення).

$$\left(E - A\right)^{-1}\vec{Y} = \vec{X} \quad (5)$$

де $(E–A)^{-1}$ – оператор планування, який перетворює екзогенний вектор кінцевого продукту $\vec{Y}$ у вектор валового продукту $\vec{X}$.

Моделі планування і розподілення є відкритими. Вони дозволяють побудувати систему взаємопов'язаних показників, але вони не відповідають на питання наскільки ефективне той чи інший план.

Розглянемо детально задачу планування. Дотримуючись економічного сенсу матриця A не негативна $A \geq 0$ так як $a^i_j \geq 0$, $i,j=\overline{1,n}$.

Не негативність рішення $\vec{X}$ визначається продуктивністю матриці A. Умова продуктивності не негативної матриці A еквівалентна одному із наступних умов:

1. Матриця (E–A) не негативно оборотна, тобто всі елементи $(E–A)^{-1}$ не негативні.

2. Максимальна власне число $\lambda(A)$ матриці A менше 1: $\max\lambda(A) < 1$.

3. Послідовні головні мінори визначника матриці $(E–A)^{-1}$ позитивні.

4. Матричний ряд $E + A + A^2 + A^3 + \dots A^n = \sum_{t=0}^{\infty} A^t$ сходиться і $\sum_{t=0}^{\infty} A^t = (E - A)^{-1}$

Означимо елементи матриці $(E–A)^{-1}$ через c^i_j тоді

$$c^1_1Y^1 + c^1_2Y^2 = X^1$$
$$c^1_2Y^1 + c^2_2Y^2 = X^2 \quad (6)$$

Припустимо $\vec{Y} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$, тоді $\vec{X} = \begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1^1 & c_2^1 \\ c_1^2 & c_2^2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1^1 \\ c_1^2 \end{pmatrix}$ – характеризує витрати валової продукції обох галузей на відтворення одиниці кінцевої продукції першої галузі.

Аналогічно: $\vec{Y} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} c_1^1 & c_2^1 \\ c_1^2 & c_2^2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1^1 \\ c_1^2 \end{pmatrix}$ – витрати валової продукції обох галузей на відтворення одиниці кінцевої продукції другої галузі. Або c^i_j i,j=1,2 є коефіцієнтами повних витрат.

Матриці коефіцієнтів непрямих затрат визначаються як різність між матрицюю коефіцієнтів повних витрат $(E–A)^{-1}$ і матрицюю прямих витрат A.

При заданій матриці прямих витрат і при векторі кінцевого продукту визначається вектор валового продукту $\vec{X}$ і міжгалузеві потоки x^i_j. Після знаходження плануємого вектору $\vec{X}$ можна розрахувати витрати праці і основних виробничих фондів на реалізацію плану.

Для складання балансу праці введемо коефіцієнти трудомісткості для кожної галузі, отриманих на підставі звітних балансів:

$$b_0^i = \frac{t_0^i}{x_0^i} \quad (7)$$

де: b^i_0 – норма трудомісткості i-й галузі у звітному році;

l^i_0 – витрати праці i-й галузі у звітному році;

x^i_0 – валовий продукт i-й галузі у звітному році.

Для двох галузевого сільськогосподарського підприємства нехай буде (b^1_0, b^2_0). При складанні балансу праці норми працеємкості (b^1_0, b^2_0), отримані розрахунковим шляхом із звітного балансу, корегуються для планового балансу (b^1_n, b^2_n), звідси баланс праці має наступний вигляд.

$$L_n = b^1_nx^1_n + b^2_nx^2_n \quad (8)$$

Прогнозуючи ресурси праці на період за планом L^*, необхідно оцінити забезпеченість плану за працею.

Якщо буде $L_n > L^*$, то планований вектор валового продукту $\vec{X}_n = \left(x_n^1 x_n^2\right)$ не забезпечуються ресурсами праці, тоді необхідно вибирати новий варіант та змінити вектор кінцевого продукту $\vec{Y}_n = \left(y_n^1 y_n^2\right)$. Далі знову обчислити вектор валової продукції і перевірити забезпеченість його ресурсами праці – переходимо до багатокрокової задачі динамічного програмування. При цьому, якщо в кожній галузі ресурси праці представити за видами діяльності, то баланс праці буде інтерпретовано системою рівнянь. В моделі розглядається редуцирована праця.

Можна перерахувати коефіцієнти повних витрат праці, з точки зору математики ці коефіцієнти визначаємо з твору вектора коефіцієнтів трудомісткості на матрицю коефіцієнтів повних витрат: $\left(\overline{b^1} \quad ,\overline{b^2}\right)=\left(b_n^1, \quad b_n^2\right)\begin{pmatrix} c_1^1 & c_2^1 \\ c_1^2 & c_2^2 \end{pmatrix}$;

$$\overline{b}^1=b^1_nc^1_1+b^2_nc^2_1 \qquad \overline{b}^2=b^1_nc^1_2+b^2_nc^2_2 \tag{9}$$

Отже, маємо $\overline{b}^i(i=1,2)$ – працезатрати двох галузей на відтворення одиниці кінцевої продукції i-й галузі.

Забезпеченість плану основними виробничими фондами знаходять аналогічно, визначаємо норми фондомісткості h^i_0 із звітного балансу

$$h_0^i=\frac{K_0^i}{x_0^i} \quad (i=1,2) \tag{10}$$

де K^i_0 є основними виробничими фондами i-й галузі на кінець звітного періоду.

Скорегувавши ці норми на планований період (h^1_n,h^2_n), можна скласти баланс основних виробничих фондів: $K_n=h^1_nx^1_n+h^2_nx^2_n$ і якщо їх порівняти з прогнозованим значенням K^*, то у випадку $K_n>K^*$ розрахунки повторюються для нового варіанту кінцевого продукту $\vec{Y}=\left(y_n^1,y_n^2\right)$, якій порівнюється з відомим $\overline{Y_n}$ відносно ресурсів по праці.

Якщо знати коефіцієнти прямих витрат фондів, можна визначити витрати фондів на одиницю кінцевої продукції $\overline{h}^i(i=1,2)$ як утворення рядку фондоємності на матрицю коефіцієнтів повних витрат $(E-A)^{-1}$

$$\begin{aligned} \left(\overline{h}^1,\overline{h}^2\right) &= \left(h_n^1,h_n^2\right)\begin{pmatrix} c_1^1 & c_2^1 \\ c_1^2 & c_2^2 \end{pmatrix} \\ \overline{h}^1 &= h_n^1c_1^1+ \quad h_n^2c_1^2 \\ \overline{h}^2 &= h_n^1c_2^1+ \quad h_n^2c_n^2 \end{aligned} \tag{11}$$

Тобто отримаємо витрати виробничих фондів на відтворення одиниці кінцевої продукції i-й галузі. Для стійкості роботи виробництва сільськогосподарського призначення, необхідно, щоб ці витрати були не більше потоку валових капіталовкладень.

Для аналізу стійкості розділимо кінцевий продукт (Y^1,Y^2) першої і другої галузей (I і II) на валові капіталовкладення I^1 та I^2 відповідно і поза виробниче використання W^1 та W^2.

$$\begin{aligned} Y^1 &= I^1 + W^1 \\ Y^2 &= I^2 + W^2 \end{aligned} \tag{12}$$

Вирішимо задачу без автоматизованих відрахувань і вважатимемо, що всі валові капіталовкладення йдуть на розвиток, або підтримку на заданому рівні, виробництва сільськогосподарського призначення. Тоді витрати витрата валових капіталовкладень I^1, I^2 кожної галузі буде:

$$\begin{aligned} I^1 &= I^1 + I_2^1 \\ I^2 &= I^2 + I_2^2 \end{aligned} \tag{13}$$

Припустимо, що потік валових капіталоуложень I^i_j $(i,j=1,2)$ з і-й галузі в j-ю пропорційний приросту валової продукції j-й галузі.

$$I^i_j = s^i_j\Delta x^j \tag{14}$$

З урахуванням вищезазначеного балансні рівняння приймуть вигляд:

$$\begin{aligned} X^1 &= a_1^1X^1+a_2^1X^2+s_1^1\Delta X^1+s_2^1\Delta X^2+W^1(t) \\ X^2 &= a_1^2X^1+a_2^2X^2+s_1^2\Delta X^1+s_2^2\Delta X^2+W^2(t) \end{aligned}$$

Зробивши максимальний перехід отримаємо систему диференціальних рівнянь, які описують динаміку двох галузевого підприємства сільськогосподарського призначення.

$$\begin{aligned} X^1 &= a_1^1X^1+a_2^1X^2+s_1^1\frac{\partial X^1}{\partial t}+s_2^1\frac{\partial X^2}{\partial t}W^1(t) \\ X^2 &= a_1^2X^1+a_2^2X^2+s_1^2\frac{\partial X^1}{\partial t}+s_2^2\frac{\partial X^2}{\partial t}W^2(t) \end{aligned} \tag{15}$$

Вирішивши систему (15) відносно похідних $\frac{\partial X^1}{\partial t}$ і $\frac{\partial X^2}{\partial t}$ після нескладних перетворень вийдемо на стандартну форму запису математичної моделі динаміки двох галузевого сільгосппідприємства у вигляді неоднорідного векторного диференційного рівняння.

$$\frac{\partial\vec{X}(t)}{\partial t}= \quad S^{-1}(E-A)\vec{X}(t)-S-1\vec{W}(t) \tag{16}$$

Де:

$$\frac{\partial\vec{X}(t)}{\partial t}=\begin{pmatrix} \dfrac{\partial X^1(t)}{\partial t} \\ \dfrac{\partial X^2(t)}{\partial t} \end{pmatrix}; \quad S^{-1}=\begin{pmatrix} s_1^1 & s_2^1 \\ s_1^2 & s_2^2 \end{pmatrix}^{-1};$$

$$\vec{X}(t)=\begin{pmatrix} X^1(t) \\ X^2(t) \end{pmatrix}; \quad \vec{W}(t)=\begin{matrix} W^1(t) \\ W^2(t) \end{matrix}$$

Матриця S^{-1} характеризує долю кінцевої продукції, тобто доля для накопичення;

Вектор $\vec{W}(t)$ – невиробничої потреби (ПОТРЕБЛЕНИЯ).

Для замкненості системи необхідно представити вектор кінцевого продукту як вихід виробничої функції сільськогосподарського підприємства, яке в свою чергу, є входом у модель іншими словами це і є функція пропозицій.

Однак без моделі ринку аналіз моделі сільськогосподарського підприємства у вигляді (16) дозволяє визначити стабільність, збалансований ріст або спад виробництва аграрного сектора в залежності від відносин частки накопичення і частки потреб, тобто від слідкувати ефект «проїдання фондів», «зниження пропозицій праці» тощо, задаючи початкову умову $\vec{X}(0)$, $\vec{W}(0)$.

Висновки і пропозиції. Отже, використання на практиці застосування математичної моделі управління сільськогосподарського виробництва дозволяють побудувати систему взаємопов'язаних показників, що теоретично дозволяє визначити динаміку виробничих процесів, які відповідають на питання наскільки ефективний той чи інший план. Розрахувати витрати праці основних виробничих фондів на реалізацію плану. Прогнозувати працезатрати двох галузевого підприємства сільськогосподарського призначення.

Список літератури:

1. Організація сільськогосподарського виробництва / за ред. Г. С. Тарасенка, Л. Я. Зрібняка, М. М. Ільчука – Київ: «Тиж. «Освіта», 2000. – 466 с.
2. Кириченко Н. В. Методика оцінки доцільності впровадження інновацій у діяльність аграрних підприємств / Н. В. Кириченко // Ефективна економіка. – 2014. – № 12. – Режим доступу журналу: http://www.economy.nayka.com.ua
3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://vocable.ru
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.encyklopedia.narod.ru
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://gallery.economicus.ru
6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.marcet-journal.com
7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: Ястремський О. І. Моделювання економічного ризику / О. І. Ястремський – К.: Либідь, 1992. – 391 с.
8. Бутинець Ф. Ф. Витрати виробництва та їх класифікація для потреб управління / Ф. Ф. Бутинець // Міжнародний збірник наукових праць. Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу. – 2012. – Вип. 1(22). – С. 11-18.
9. Хабатович С. В. Теоретичні аспекти моделювання як методу наукового дослідження / С. В. Хабатович // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – 2012. – Вип. 96. – С. 184-188.

Кальченко Н.Н., Щербина Е.В.
Херсонский государственный аграрный университет

МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация
В статье проанализирован метод построения математической модели двух отраслевого сельскохозяйственного предприятия. Исследованы теоретические вопросы о применении математической модели с точки зрения макроэкономики. Рассмотрены модели планирования и распределения взаимосвязанных показателей, которые описывают динамику двух отраслевого предприятия сельскохозяйственного назначения.
Ключевые слова: математическая модель, сельскохозяйственное предприятие, экономические процессы, производство, валовая продукция, межотраслевой поток, вектор, планирование.

Kalchenko M.M., Shcherbina E.V.
Kherson State Agrarian University

MACROECONOMIC APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR AGRICULTURAL ENTERPRISES

Summary
The article analyzes the method of constructing a mathematical model of two branch agricultural enterprises. The theoretical questions in the application of mathematical model from the point of view of macroeconomics are investigated. Models of planning and distribution of interconnected indicators describing the dynamics of two branch enterprises of agricultural purpose are considered.
Keywords: mathematical model, agricultural enterprise, economic processes, production, gross output, interdisciplinary flow, vector, planning.