УДК 330.101.542 **Токарєва Н.І.**

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВПЛИВУ НЕЧІТКИХ ЯВИЩ НА УРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

В статті розглянуто підходи до моделювання нечітких факторів зовнішнього впливу на врожайність сільськогосподарських культур. Побудовано функцію належності змін некерованих факторів врожайності. Наведено модель планування виробництва сільськогосподарських культур за наявності нечітких показників. Ключові слова: врожайність, нечітке моделювання, функція належності.

В статье рассмотрено подходы моделирования нечетких факторов внешнего влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. Построено функцию принадлежности изменений неконтролируемых факторов урожайности. Приведена модель планирования производства сельскохозяйственных культур при наличии нечетких показателей.Ключевые слова: урожайность, нечеткоемоделирование, функцияпринадлежности.

In article it is considered approaches of modeling fuzzy factors of external influence on productivity agricultural crops. It is constructed function of anaccessory changes of fuzzy factors of productivity. The model of planning manufactur eagricultural cropsinthepresence of indistinctindicator sisresulted.Key words:productivity, fuzzy modeling, membership function.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва приймає у якості однієї із основних задач підвищення оперативності, врахування багатофакторності та складних зв'язків між факторами в процесі управління та прийняттям рішень. На даний момент часу є досить багато підходів до вирішення проблематики сільськогосподарського сектору, але не дивлячись на це, існуючі моделі побудовані на основі часткового охоплення комплексного впливу факторів на сільськогосподарське виробництво. Тому для прийняття обґрунтованих рішень підприємствам доводиться користуватись деякою множиною таких моделей і на основі експертного оцінювання отриманих некомплексних даних приймати відповідні рішення. Такий підхід за наявності висококваліфікованого спеціаліста в даній галузі може давати свої позитивні результати. Але на практиці все частіше постає питання розробки моделей комплексного впливу багатофакторних чинників. Проте навіть за таких умов залишається безліч факторів вплив яких чітко спрогнозувати неможливо. Такі фактори вносять досить великі похибки у розрахунках оптимальної стратегії поведінки виробника і потребують додаткових методів оцінки.

Метою роботи є побудова на основі існуючих розробок моделі, котра би відображала комплексний вплив існуючого спектру нечітких факторів на врожайність сільськогосподарських культур.

Аналіз досліджень та публікацій. Проблематикою ведення ефективного виробництва у сільському господарстві займалася Каюмова М.А.[2], Попова М.І. Серед робіт присвячених оптимізації плану структури посівних площ слід відмітити роботи Мушеник І.М., Васильєвої Л.А.,

Костюченка Т.І., Кравченка В.М. У свою чергу проблемами вирішення питань інвестиційної привабливості займалися Васільєва Н.К., Гуткевич С.О., Шепіцен А.О., Бабенко А.І. Над питаннями фінансово-економічного планування працювали Суховерхий В.В., Царенко А.В., Линенко А.В., Пиріг Г.І. свої внески з питань економіко математичного моделювання зробили Ткач О.В., Кравченко В.М., Кудряков А.В.

Не вирішена раніше частина загальної проблеми. Заслуговує на додаткову увагу питання комплексності моделювання впливу нечітких факторів, котрі із заміною на чіткі функції впливу дають високі показники похибок при проведенні оптимізаційних розрахунків.

Виклад основного матеріалу. В період становлення в Україні ринкових економічних відносин та період глобалізації економіки великих негараздів зазнає сільське господарство, яке являється основним поставником сировини для молочно-м'ясної промисловості, хлібозаводів та являється основним джерелом отримання високоякісного зерна для експорту в країни Європи. Зі зміною законодавчої бази та можливості вступу до ВТО у сільського господарства з'явилась можливість розвинутися на ринкових засадах. Проте майже кожному підприємцю доводиться стикатися з проблемами, що стосуються оптимального отримання врожаю культури, на яку існує очікувана ціна на ринку реалізації. Кожному доводиться швидко реагувати на погодні умови середовища виробництва, слідкувати за врожайністю ґрунту, правильно планувати структуру посівів.

За таких обставин постійно постає питання стимулювання сільгоспвиробників до залучення у виробничу діяльність оптимізаційних методів прогнозування та планування як динаміки розвитку підприємства так і окремих питань, що впливають на прибутковість виробництва.

Для адекватного відображення виробничої діяльності сільгоспвиробника, на котру впливає безліч зовнішніх факторів, розроблено систему залежних між собою оптимізаційних моделей[1]. Відображення впливу зовнішніх факторів на врожайність сільськогосподарських культур створено спеціально математичну модель:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left(y_i^T+\varphi(q_{ij})\right)*v_i\rightarrow \max,$$
$$\begin{cases}\sum\limits_{i=1}^{n}\sum\limits_{j=1}^{m}p_j q_{ij} v_i \le M,\\ 0\le q_{ij}\le R_j, j=1,..,4,\\ q_{ij}\ge 0,\end{cases} \qquad (1)$$

де - i – вид культури визначений для проведення посівних робіт,j – вид мінерального добрива визначеного у відповідності до вимог культур, q_{ij} – шуканий об'єм внесення до ґрунту j-го виду мінерального добрива під і – тий вид культури, при чому об'єм внесення до ґрунту вимірюється у кількості

мінімальних норм внесення мінеральних добрив на 1га землі;y_i^T - поточна врожайність культури і-го виду при поточних показниках якості грунту ;М – грошова сума виділена підприємством для проведення заходів з мінералізації полів;R_j - граничне значення внесення j – го виду мінерального добрива;p_j - вартість однієї мінімальної норми внесення мінерального добрива j-го виду витраченого на мінералізацію 1га землі;v_i – площа поля на якому зростає визначений вид культури.

Проте незважаючи на адекватність відображення господарчих дій цією моделлю вона має декілька недоліків серед яких можна виділити наступні:

1. Функція $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{q_{ij}})$що відображає залежність підвищення врожайності кожної наведеної культури від внесення зазначеної кількості норм мінеральних добрив вказаного переліку не завжди має чітко визначений характер. На її вид можуть впливати значна кількість зовнішніх факторів нехтувати котрими не є досить доцільною справою оскільки принесе великі похибки при розрахунках оптимальних посівних площ під визначений перелік культур.
2. Обмеження на кількість витрачених грошей на мінералізацію також є досить спірним питанням. Часто можна при аналізі «майже» оптимальних планів можна зустріти ситуацію, коли за деякого пом'якшення такого обмеження можна отримати набагато більше прибутків від проведених дій у порівнянні із оптимальними планами котрі повністю задовольняють умовам оптимізаційної задачі. У такому випадку доводиться або користуватись досвідом керівника, котрий приймає управлінські рішення, або звертатись за допоміжними методами оптимізації задля перевірки таких припущень.
3. Досить великий вплив на отримання прибутків має інноваційна діяльність підприємства. Така інноваційна діяльність стосується зазвичай застосування у виробництві і обробці земель нової технологічно-активної техніки. Така техніка за спостереженнями на реально діючих об'єктах допомагає по-перше зекономити фінанси на експлуатації машин, по-друге скоротити час обробки земель(що у свою чергу є дуже важливим фактором при проведенні оперативної посівної роботи у заданий період часу), по-третє зменшити втрати від неякісного збирання вирощеного врожаю, по-четверте отримувати у кінцевому результаті якісний продукт готовий до реалізації.
4. Постійна нестабільність на ринку реалізації кінцевого продукту також вносить свої «поправки» в планований дохід виробника. Нестабільність цінової політики зернової біржі виражається у досить великих показниках ризику виробництва зернових культур. За такої ситуації досить складно приймати будь-які рішення стосовно прогнозування виробничої діяльності загалом по господарству з ціллю адекватної реакції на зміну ринкових цін реалізації.

Виходячи із вище описаних параметрів вказана раніше модель не задовольняє реальним умовах діяльності сільськогосподарського підприємства в ринковому середовищі, а отже потребує модернізації.

На даному етапі зупинимося більш детально на питанні моделювання впливу мінерального добрива на величину збільшення врожайності зернових культур.

Таблиця 1

Програмування врожайності озимої пшениці на чорноземних ґрунтах

Планований урожай	норма азоту	норма фосфору	норма калію
16-20	34-39	22-27	18-22
21-25	42-47	30-35	24-28
26-30	50-55	38-43	30-34
31-35	58-63	46-51	36-40
36-40	66-71	54-59	42-46
41-45	74-79	62-67	48-52
46-50	82-87	70-75	54-58
51-55	90-95	78-83	60-64
56-60	98-103	86-91	66-70
61-65	106-111	94-99	72-76
66-70	114-119	102-107	78-82

Використовуючи відомий в агрономії метод програмування заданого врожаю[2] можна визначити вплив кожного виду мінерального добрива на врожайність культури в залежності від ґрунту висіву культури. Проте навіть такий підхід ніколи не дасть стовідсоткову відповідність програмованим величинам врожайності оскільки метод сам по собі оснований на неточності. Для більшої наглядності невідповідності реальному впливу навколишнього середовища візьмемо в приклад програмування врожайності озимої пшениці на чорноземних ґрунтах із застосування азотомістких мінеральних добрив(наприклад, селітри аміачної).

З аналізу наведених у табл..1. даних можна побачити наступну ситуацію – для отримання, наприклад, врожайності 16-20ц/га ми повинні внести мінеральних добрив 34-39 норм азотомістних добрив, а от вже для отримання врожайності 21ц/га необхідно внести вже 42 норми. Такі стрибкоподібні зміни тільки дуже наближено відображають вплив на врожайність кількості внесеного мінерального добрива. А отже за такого програмування на адекватність результату планування розраховувати із стовідсотковою ймовірністю не варто. За таких умов, даний метод потребує вдосконалення.

Зважаючи на нечіткість програмування врожайності культур пропонується використання теорії нечітких множин для більш реального математичного відтворення середовища програмування. Така нечіткість буде

відображена в моделі(1) в функції $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{q_{ij}})$, що відображає залежність підвищення врожайності кожної наведеної культури від внесення зазначеної кількості норм мінеральних добрив вказаного переліку, яка до цього часу мала припущення на чітко визначену функцію впливу.

За використання теорії нечітких множин пропонується змінити точний перехід статистичних даних на деяку нечітко визначену функцію такого переходу. При цьому, зробивши припущення про лінійність переходу кількості внесених мінеральних добрив, а також, що граничними опорними точками такої функції будуть: нижньо-крайнє значення поточного інтервалу програмування врожайності(початкова точка-*a*, на рис.1) та нижньо-крайнє значення наступного інтервалу(кінцева точка - *b*, на рис.1). Таку функцію легко буде відобразити як функцію належності нечіткого моделювання із заданими границями переходу.

Таким чином, об'єднуючи частинки функцій належності, ми отримаємо функцію об'єднаної множини частинно-нечіткого відображення переходу між кожним наступним рівнем програмованого врожаю в залежності від кількості норм внесення мінеральних добрив до ґрунту.

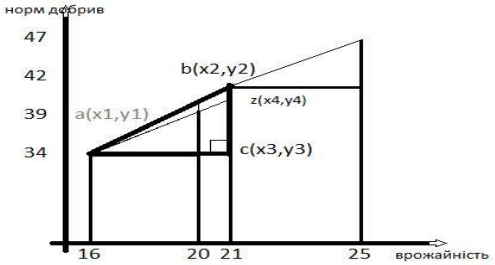

Рис.1 Схема визначення функції належності

На даному етапі слід звернути увагу на «сліпу» зону, що утворюється між проміжками програмованої врожайності, наприклад із рис.1 – зона між плановaним врожаєм у розмірі 20 ц/га та 21ц/га. Із наведеного Каюмовим методом ця зона є невизначеною з точки зору визначення кількості норм внесення мінеральних добрив. За таких умов в роботі пропонується перекрити «сліпу» зону функцією належності нечіткої множини планування, таким чином зарадивши оптимізації зайвим похибкам у розрахунках.

Розглянемо вид функції належності записуючи її за формою Беллмана-Заде[3]. Для наглядного представлення підходу до вираження функції належності для нашої ситуації, описаної раніше, наведемо схему її визначення на рисунку 1.

За таких умов можна записати функцію належності у наступному вигляді:

$$\mu_{\varphi(q_{ij})} = \begin{cases} a(x_1, y_1), & \text{якщо } q_{ij} < a \\ \dfrac{(y_2 - y_1)(x - x_1)}{x_2 - x_1}, & \text{якщо } a \le q_{ij} < b \\ b(x_2, y_2), & \text{якщо} q_{ij} \ge b \end{cases} \quad (2)$$

Для загального випадку за наведених обставин будемо мати наступну математичну модель, модифіковану від моделі (1):

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\left(y_i^T + \vartheta_{ij}\right) * v_i \to \max$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} p_j q_{ij} v_i \le M \\ 0 \le q_{ij} \le R_j, j = 1,4 \\ q_{ij} \ge 0 \end{cases} \quad (3)$$

Де $\vartheta_{ij} = \sum_{k=1}^{R} \mu_{\varphi(q_{ij})}^{k}$

При $\mu_{\varphi(q_{ij})}^{k} = \begin{cases} (x_{k-1}, y_{k-1}), \text{якщо } q_{ij} < a \\ \frac{(y - y_{k-1})(x - x_{k-1})}{x_k - x_{k-1}}, \text{якщо } a \le q_{ij} < b, \text{ при } k = \overline{1,R} \\ (x_k, y_k), \text{ якщо } q_{ij} \ge b \end{cases}$

Де R – кількість проміжків планованого врожаю за методом Каюмова[2].

Виходячи із наведеної в роботі методики слід зупинитися на питанні похибки розрахунку. Отже, для визначення похибки необхідно розглянути два трикутники ACB та ACZ, де трикутник ACZ утворюється продовженням гіпотенузи трикутника утвореного від попереднього проміжку планування врожайності. Саму ж похибку можна визначити як різницю у відсотках між площею наведених подібних трикутників.

Функція від якої утворюється точка Z має вид: $y = 1.25X + 14$. Для точки Z(x5,y5) при x5=21ц/га маємо:

$y = 1.25X + 14 = 1.25 * 21 + 14 = 40.25$, тобто$z(21; 40{,}25)$

Стосовно похибки у розрахунках за вказаною методикою маємо:

$$\Delta = S_{ABC} - S_{ACZ} = \frac{1}{2} BC * AC - \frac{1}{2} AC * CZ = 20 - 15{,}625 = 4{,}375\%$$

За таких умов можемо сказати, що підхід дає достатньо адекватні результати моделювання.

Висновки.

Зазнавши запропонованих нами змін модель (1) буде адекватною мірою відображати вплив некерованих факторів зовнішнього моделювання на величину впливу проведення мінералізаційних заходів щодо підвищення врожайності культур. Дану модель на практиці числового використання можна буде реалізовувати як у середовищі Matlab, C++ так і за домогою вкладених пакетів аналізу ПП Excel.

Зважаючи на комплексність підходу у кінцевому результаті видозмінена модель дасть можливість сільгоспвиробнику адекватно моделювати виробничу діяльність, а отже запобігатиме небажаним втратам. Така ситуація позитивно вплине на фінансове становище виробництва, а отже у підприємства з'являться можливості додаткового інвестування фінансових ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Токарева Н.І., Волкова В.В. «Проблеми моделювання процесів землекористування у сільському господарстві». [Текст] Матеріали конференції «Дні науки», Прага, 2008
2. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. [Текст] Справочних. – 2-у изд.,- М.:Росагропромиздат, 1999
3. Кофман. А. Введение в теорию нечетких множеств: Пер. с франц. [Текст] – М.: радио связь, 2002
4. Экономико-математическое моделирование процессов воспроизведения в сельском хозяйстве. [Текст] - Д., 2003
5. Формування ефективної системи планування та прогнозування розвитку аграрних підприємств в умовах ринку. [Текст] — Миколаїв, 2004
6. Ткач О.В. Математичне моделювання економічних процесів збереження та відтворення родючості грунтів. [Текст] - К., 2007