

ПРОГНОЗУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЯК СКЛАДОВА ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛУ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДУ

ОГЛІХ В. В.

кандидат фізико-математичних наук

ЛЕВЧЕНКО Н. В.

ДНІПРОПЕТРОВСЬК

Світове співтовариство і, зокрема, Продовольча і сільськогосподарська організація ООН акцентує свою увагу на необхідності реформування світового сільського господарства. Прогнозоване збільшення до 2050 р. кількості населення світу до рівня 9 млрд осіб вимагає подвоєння виробництва продуктів харчування. Як відмітив представник вищезазначеної організації Чарльз Ріменшнайдер Україна має унікальну можливість зробити свій внесок у збільшення сільськогосподарського виробництва, практично не зашкоджуючи довкіллю і вже у найближчі роки має стати одним із головних чинників забезпечення харчової безпеки у світі.

За своїм природно-ресурсним потенціалом, історично сформованим образом світового сприйняття та особливостями ментальності Україна є Аграрною країною. Стан та рівень розвитку сільського господарства визначає продовольчу безпеку, суттєво впливає на сталість економіки, формує експортний потенціал та вагомість ролі України в світі, є суттєвим фактором забезпечення екологічності життя громадян [1]. Не випадково, у Програмі економічних реформ Президента України В. Януковича «Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава» одним з пріоритетних напрямків розбудови економіки України є розвиток сільського господарства та земельна реформа.

Ресурсний потенціал агропродовольчого комплексу України далеко не вичерпний. Однак, внаслідок використання земель з орієнтацією на швидкий короткостроковий результат за рахунок природної родючості ґрунтів та відсутності належної компенсації для відтворення, їх якість за оцінками експертів знизилася майже у два рази. У період економічної кризи та за сучасного стану речей село виступає донором інших галузей економіки та міст країни, з села щоріч-

но вимивається понад 60 млрд грн, що не дозволяє здійснювати техніко-технологічне переоснащення сільського господарства, яке з року в рік знаходиться фактично на межі лише простого відтворення [2].

Проведення послідовних комплексних аграрних реформ та перетворень дасть можливість не лише збільшити ефективність сільського виробництва у державному вимірі, а й у світовому.

Усвідомлюючи це, державні органи супроводжують реформування аграрного сектору економіки законодавчим забезпеченням. Сучасне аграрне законодавство поки що не повною мірою відповідає об'єктивним потребам суспільного розвитку. У [3] зроблено висновок, що виникла нагальна потреба у кодифікації аграрного законодавства України. Саме тому Мінагрополітики розробило проект Аграрного кодексу України, який має стати системоутворюючим нормативно-правовим актом та забезпечить функціонування цілісної нормативної системи як основи правової регламентації аграрних відносин, ієрархією джерел аграрного права, єдністю загально-галузевого та спеціально-галузевого аграрно-правового регулювання [3].

Для підвищення ефективності використання та охорони земель, зменшення структурної та екологічної незбалансованості земельного фонду України Кабінет міністрів розробив та рекомендував впровадження системи сівозмін. У [4] було затверджено нормативи оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах, а також допустимі нормативи періодичності вирощування культури на одному і тому самому полі.

Наряду з розробкою та виконанням державних програм для підвищення ефективності функціонування економічних систем доцільно використовувати методи економіко-математичного моделювання. В останні роки дослідниками було запропоновано ряд оригінальних підходів щодо визначення оптимального поєднання галузей сільського господарства.

У [5] запропоновані імітаційні моделі в системі прийняття рішень щодо підвищення стійкості функціонування тваринницьких комплексів. На основі

узагальненої передаточної функції тваринницького комплексу та годографу Михайлова була побудована імітаційна модель українського підприємства, встановлені можливі варіанти стійкості системи.

На суттєвому впливі на сільськогосподарське виробництво кліматичних і, насамперед, погодних факторів акцентують увагу автори [6]. Застосовується підхід, що дає можливість врахувати невизначеність погодної ситуації, на прикладі оптимізації структури посівних площ під пшеницею та цукровими буряками. В моделі із можливих станів навколишнього середовища виділяється п'ять – від низьковрожайного до високоврожайного року, для кожного з яких проводиться лінійна оптимізація. Зазначимо, що з всіх об'єктивних обмежень враховані лише обмеження щодо використання земельних площ, а також зроблено акцент лише на погодній невизначеності функціонування сільськогосподарського виробництва.

У січні 2011 року Представництво Європейського Союзу в Україні розпочало впровадження системи прогнозування врожайності МАРС. Оброблені щоденні метеорологічні дані, отриманні за допомогою дистанційного зондування Землі, складаються з тридцяти метеорологічних параметрів і використовується для визначення показників стану рослинності (вегетаційні індекси NDVI, DMP тощо). За ними обирається найбільш близький за динамікою рік-аналог (з 2001 по 2008 рр.) та визначається декілька можливих сценаріїв подальшого розвитку сільськогосподарських культур. На заключному етапі аналітики-експерти проводять розрахунок кінцевої величини прогнозованої врожайності. Перевагами використання даної методології є великий обсяг вхідних даних, повне врахування всіх метеорологічних умов, використання широкого спектру методів прогнозування (регресійного, кластерного, ймовірного та просторово-вибіркового аналізу). До можливих недоліків можна віднести обмеженість метеорологічної бази даних для пошуку року-аналогу, високу вартість отримання експериментальних даних та те, що застосування методології регресійного аналізу для малих статистичних вибірок, в умовах нестійкого закону розподілу не завжди дає достовірні результати.

Інтелектуальна інформаційна система (ІС) прогнозу урожайності була запропонована у [8]. Були відмічені переваги процесу моделювання на засадах теорії нечітких множин та логіки. Для вивчення впливу коефіцієнта насичення сівозмін проміжними посівами на продуктивність ріллі та її родючість взято до уваги шість основних метеорологічних чинників. На засадах експертних даних дослідного поля кафедри загального землеробства Львівського державного аграрного університету одержано матрицю знань, використання якої дозволило побудувати ІС «FUZZY EXPERT» для прогнозування урожайності.

Актуальність вирішення проблем аграрного сектору, а також відсутність комплексного підходу щодо його реформування обумовлюють мету дослідження – підвищення ефективності сільського господарства в умовах погодної невизначеності на засадах економіко-математичного моделювання для визначення його оптимальних пропорцій.

У [9] була запропонована дискретна нелінійна динамічна модель умовної оптимізації пропорцій аграрного сектору. В наведеній моделі в якості цільової функції виступає максимізація валового прибутку всіх галузей сільського господарства

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j \in S} \sum_{i \in G} c(x_{ij}(t)) \cdot u_{ij} \cdot x_{ij}(t) \rightarrow \max$$
. При цьому враховується вплив ринкової ситуації на ціни сільськогосподарської продукції $c(x_{ij}(t))$, які є не сталими параметрами, а функціями від обсягу виробництва.

Обмеження задачі враховують:

– використання земельних угідь має не перевищувати їх наявність ($b_i(t)$):

$$\sum_{j \in R} x_{ji}(t) + \sum_{j \in K} x_{ji}(t) \leq b_i(t), \quad i \in S, t = 1, 2, \dots;$$

– використання праці (a_{ji}) в сільському господарстві має не перевищувати її прогнозовану величину ($B_i T_i$):

$$\sum_{j \in Z} a_{ji} x_{ji}(t) + \sum_{j \in R} a_{ji} x_{ji}(t) + \sum_{j \in K} a_{ji} x_{ji}(t) \leq B_i T_i, \quad i \in S, t = 1, 2, \dots;$$

– використання коштів на відновлення основних засобів (b_{ij}^l) має не перевищувати заплановані бюджетні кошти на задоволення потреб в ОВФ (c^l):

$$\sum_{\substack{j \in G \\ i \in S}} b_{ij}^l x_{ij}(t) \leq c^l, \quad l \in L, t = 1, 2, \dots;$$

– використання мінеральних та органічних добрив ($c_{ji}^m(t)$) має не перевищувати їх заплановану кількість ($d_i^m(t)$):

$$\sum_{\substack{j \in R \\ i \in S}} c_{ji}^m(t) x_{ji}(t) + \sum_{\substack{j \in K \\ i \in S}} c_{ji}^m(t) x_{ji}(t) \leq d_i^m(t), \quad m \in M, t = 1, 2, \dots;$$

– повинна бути забезпечена потреба сільськогосподарських тварин та птиці у кормах різноманітних зоотехнічних груп (h'_{ij}) при дотриманні визначених пропорцій між ними та в перетравлюваному протеїні (h_{ij}):

$$\sum_{\substack{j \in K \\ i \in S}} h'_{ij} u_{ij}(t) x_{ij}(t) + h'_{ij} u_{ij}(t) x_{ij}(t) \geq \sum_{\substack{j \in Z \\ i \in S}} l_{ij} x_{ij}(t), \quad t = 1, 2, \dots;$$

$$\sum_{\substack{j \in K \\ i \in S}} h_{ij} u_{ij}(t) x_{ij}(t) + h_{ij} u_{ij}(t) x_{ij}(t) \geq \sum_{\substack{j \in Z \\ i \in S}} l'_{ij} x_{ij}(t), \quad t = 1, 2, \dots;$$

– виробництво сільськогосподарської продукції повинно забезпечувати повну потребу населення у продуктах харчування по раціональним нормам ($N_j(t)$):

$$\sum_{i \in S} u_{ij}(t) x_{ij}(t) \geq N_j(t), \quad j \in G, t = 1, 2, \dots$$

Достовірність результатів запропонованої моделі суттєво залежить від прогнозування урожайності сільськогосподарських культур (u_{ij}), яка є однією з важливіших функцій управління при підвищенні економічної ефективності виробництва продукції аграрного сектору. В Україні для прогнозування кормових сівозмін, урожайності зернових культур нині використовують лінійні та регресійно-кореляційні моделі. Основні обмеження такого підходу: через

регресійний аналіз можна розв'язувати лише ті задачі прогнозування, в яких весь спектр чинників є кількісним; значення вихідного параметра, що обчислюється через регресійну модель, залежить від умов експерименту; одержання статистично значущих коефіцієнтів рівняння регресії вимагає обробки великого експериментального матеріалу; сам метод вартісний і вимагає великих затрат праці і часу. Такі недоліки відсутні у процесі моделювання на засадах теорії нечітких множин і логіки [8].

Для прогнозування урожайності було удосконалено модель, запропоновану у [8]. Кількість вхідних параметрів, без збитку для моделі, було зменшено з шістьох до чотирьох і взято до уваги два регульовані та два нерегульовані метеорологічні чинники (рис. 1). Це стало можливе, тому що інші метеорологічні показники автоматично враховуються системою при прийнятті рішень таким чином: для кожної культури визначаються коефіцієнти водоспоживання (m^3/t повітряно-сухої маси) та коефіцієнти використання фотосинтетичної активної радіації ($K_{\text{фар}}$), які разом з іншими введеними даними безпосередньо впливають на прогнозовані величини урожайності. Такий крок дасть можливість зменшити участь користувача у роботі програми, кількість параметрів, які повинен визначити користувач перед початком роботи з системою і, на відміну від запропонованої моделі, отримати урожайності одразу всіх основних сільськогосподарських культур.

Регульовані та нерегульовані вхідні чинники, а також урожайності основних сільськогосподарських культур являють собою лінгвістичні змінні. Визначимо терми для них. Для змінних $x_1, x_2, x_3, y_1 - y_9$ будемо використовувати терм множини $T_1, T_2, T_3, P_1 - P_9$, які мають вигляд: {низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий}.

Для лінгвістичної змінної x_4 візьмемо терм-множину $T_4 = \{\text{контроль} - \text{без насичення посівами, насичення посівами біля 20\%, насичення проміжними посівами біля 40\%, насичення проміжними посівами біля 60\%}\}.$

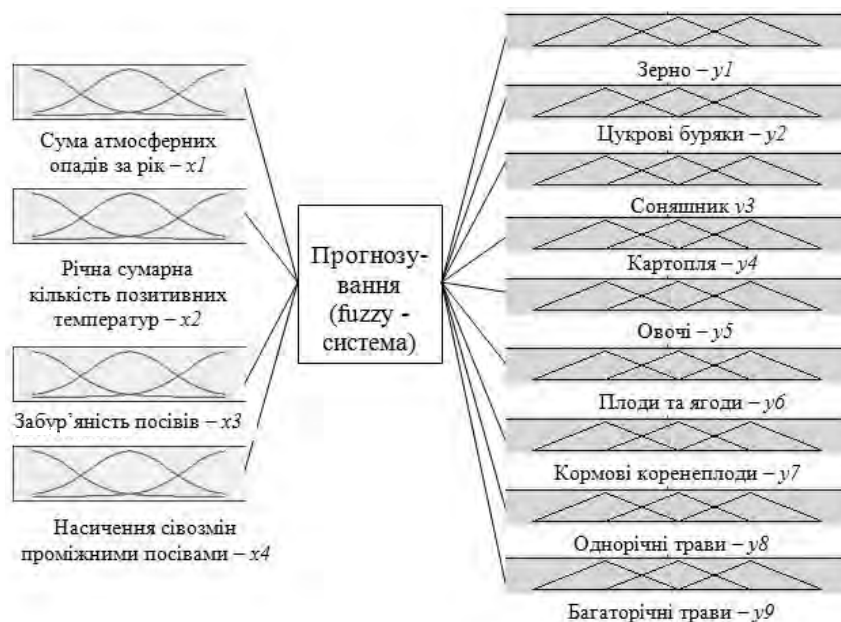


Рис. 1. Нечітка модель прогнозування урожайності

Перехід від лінгвістичних змінних, які приймають різні лінгвістичні значення – терми, відбувається через відповідні характеристичні функції – функції належності. Для термів з терм-множин T_1, T_2, T_3, T_4 , що відповідають вхідним лінгвістичним змінним ($x_1 - x_4$) були обрані трапецевидні функції належності, а для термів з терм множин $P_1 - P_9$, що відповідають вихідним лінгвістичним змінним ($y_1 - y_9$) – трикутні функції належності.

Зв'язок між вхідними регульованими та нерегульованими чинниками, а також вихідними даними щодо урожайності сільськогосподарських культур відображається у матриці знань. Запропонована у моделі матриця знань була значно змінена та доповнена у порівнянні з наведеною у [8]. Були видалені дубльовані правила, та побудовані нові для всіх можливих вхідних даних. Для визначення пріоритетів висловлювань їм було надано ваговий коефіцієнт.

Застосування наведеної методики прогнозування на основі нечіткого логічного виводу дозволило за допомогою FIS-редактору пакету прикладних програм для розв'язку задач та виконання технічних обчислень на основі мови програмування четвертого покоління MATLAB побудувати інтелектуальну інформаційну систему «Прогнозування» (рис. 2).

Отримані вихідні дані (урожайності сільськогосподарських культур u_j) були використанні в моделі [9] при визначенні оптимальних пропорцій аграрного сектору України. Подальше удосконалення підходу до оптимізації пропорцій аграрного сектору, на нашу думку, має лежати у площині застосування нечіткої оптимізаційної моделі. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція комплексної державної програми реформ та розвитку сільського господарства України / Проект Мін-ва аграрної політики України. – Київ, 2010.
2. Національна доктрина реформування та розвитку агропродовольчого комплексу України / Проект Мін-ва аграрної політики України, Національної ака-

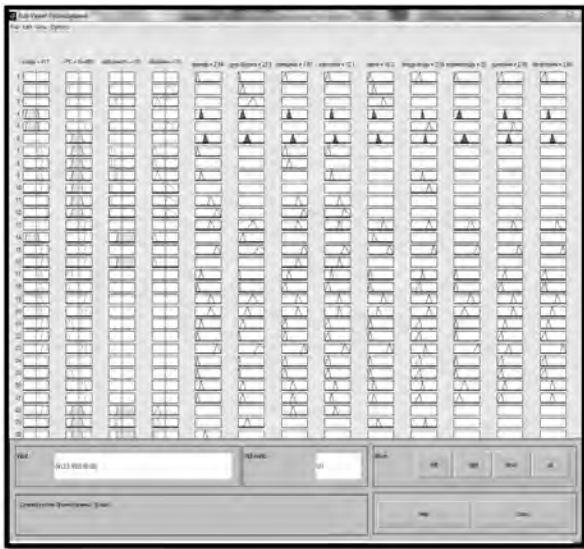


Рис. 2. Інтелектуальна інформаційна система «Прогнозування»

демії аграрних наук України та Національного наукового центру «Інститут аграрної економіки». – Київ, 2010.

3. Матеріали до проекту Аграрного кодексу України / Проект Мін-ва аграрної політики України. – Київ, 2010.

4. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах» №164 // Офіційний вісник України. – 2010. – №13. – с. 33.

5. Клебанова Т. С. Моделі функціонування та розвитку підприємств АПК / Т. С. Клебанова, І. В. Николаєв, С. О. Хайлук. – Х. : «ІНЖЕК», 2010. – с. 113–153.

6. Наконечний С. І. Оптимізація виробництва в умовах погодної невизначеності / С. І. Наконечний, С. С. Савіна // Економіка АПК. – 1998. – №3. – С. 19–25.

7. Кравчук В. Основи методології моніторингу агроресурсів та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за проектом MARS / В. Кравчук, Н. М. Сердюченко // Збірник наукових праць УкрНДІПВТ. – 2009. – №134, ч. 3.

8. Цюпко І. В. Адаптація методів нечіткого моделювання до умов функціонування сільськогосподарських підприємств : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08. 03. 02 «Економіко-математичне моделювання» / І. В. Цюпко. – Львів. – 2006. – 19 с.

9. Огліх В. В. Визначення оптимальної структури аграрного сектору / В. В. Огліх, Н. В. Левченко // Вісник Дніпропетровського університету. – 2009. – Т. 17, вип. 3/1. – №10/1. – С. 10–15.