

1. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

УДК 519.86:338.43

*Доц. Н.К. Васильєва, канд. фіз.-мат. наук –
Дніпропетровський державний аграрний університет*

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ КОНКУРЕНТНОГО ПОШИРЕННЯ АГРАРНИХ ІННОВАЦІЙ НА ЗАСАДАХ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

Розглянуто принципи й завдання екологізації аграрного виробництва в умовах ринкової конкуренції. Запропоновано підходи до реалізації інноваційного розвитку АПК з урахуванням екологічних обмежень. Запропоновано нечітку модель конкурентного поширення екологізованих аграрних технологій, пристосованих до регіонального середовища. Застосована методика враховує слабо структурований характер вхідної інформації, може бути використана для знаходження закономірностей в аналізованих даних, а також для ідентифікації та прогнозування ефективності зв'язків між донорами та акцепторами розповсюджуваних аграрних інновацій.

Ключові слова: аграрні інновації, екологізація виробництва, ринкова конкуренція, нечітка модель.

Doc. N.K. Vasylyeva – Dnipropetrovsk State Agrarian University

The fuzzy model of a competitive distribution of agrarian innovations on the principles of the economy's ecologizations

The principles and tasks of ecologizations the agrarian production in conditions of a market competition have been considered. The approaches to realization of the innovative development of the AIC under ecological restrictions have been proposed. The fuzzy model of a competitive distribution of the ecologized agrarian innovations, which are adapted to regional conditions, has been developed. Proposed model takes into account the weak-structured character of the input information, is suitable for mining relations in analyzed data, and also for identifying and forecasting efficiency of relations between donors and acceptors of the disseminated innovations.

Keywords: agrarian innovations, greening production, market competition, fuzzy model.

Екологізація є сучасним орієнтиром розвитку економіки ринкових країн-лідерів світу, в коло яких прагне потрапити і наша держава. Підґрунтям цьому є рішення конференції ООН з питань охорони природи (1992, Ріо-де-Жанейро, Бразилія), де наголошується на сталому розвитку людської цивілізації для забезпечення життєвих потреб нинішнього покоління без загрози можливості нащадків задовольнити власні життєві потреби через виснаження природних ресурсів та деградацію навколишнього середовища [1, с. 5]. Погоджуючись з думкою Н.В. Пахомової, А. Ендреса та К. Ріхтера [2, с. 327], базисними стратегіями господарювання, які впливають з принципу сталого розвитку, можна вважати: добровільну відмову від надлишкового споживання ресурсів і продуктів – стратегію розумної достатності; мінімізацію негативного впливу на природне середовище шляхом перепроєктування технологій роботи, коригування номенклатури виготовленої продукції та зміни сиро-

винної бази – стратегію чистого виробництва; істотне збільшення коефіцієнта використання сировинних ресурсів і продуктивності праці – стратегію екологічної ефективності; налагодження постачальницьких ланцюжків кругообігу ресурсів з метою мінімізації відходів виробництва й зниження навантаження на природне середовище – стратегію циркулярності; сумісне вирішення екологічних проблем ресурсозбереження в межах регіональних кластерів – стратегію кооперування. До основних нормативно-правових актів України у сфері природокористування належать Закон "Про охорону навколишнього природного середовища", Земельний, Водний і Лісовий кодекси, закони про екологічну експертизу та охорону атмосферного повітря, Кодекс України про надра, згідно з якими регламентується раціональне використання, відтворення та збереження природних ресурсів і встановлюються заходи запобігання забрудненню довкілля.

Екологізована інноваційна модернізація сільського господарства й переробної промисловості визнана стратегічним завданням розвитку вітчизняної економіки. Зокрема, в законах "Про інноваційну діяльність" і "Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні" закріплюється першочерговість впровадження екологічно чистих технологій виробництва аграрної продукції, що виступає засобом практичної реалізації національного науково-технічного потенціалу й сталою піднесення конкурентоспроможності аграрного сектора економіки в умовах ринку.

На жаль, на сьогодні самотійність сільськогосподарських підприємств і фермерських господарств перетворюється на підпорядкованість їхньої діяльності на одержання максимальних прибутків і відсуванням екологічних критеріїв успішності роботи на другий план. Наслідками подібної практики є критичне зниження родючості ґрунту, порушення сівозмін і щорічні втрати до 20 млн. т гумусу. За даними Держкомзему України, що наводить П.М. Макаренко у [3, с. 523], понад 10 млн. га сільськогосподарських угідь мають підвищену кислотність, зазнають водної й повітряної ерозії через руйнацію проти-паводкових гідротехнічних споруд і порушення полезахисних лісових смуг. Близько 4 млн. га земель засолені, солонцюваті, заболочені та перезволожені. Поширюється неконтрольоване забруднення вод і повітря в переробній промисловості АПК. Все це разом має вкрай негативний вплив на стан навколишнього природного середовища, харчову якість продукції рослинництва й тваринництва, а звідси – і на здоров'я громадян. Останнє є найбільшою цінністю в соціально орієнтованих країнах і в прямому, і в переносному сенсах, оскільки всебічний розвиток людського потенціалу в Західній Європі забезпечує, за оцінками, майже 75 % приросту національного багатства [3, с. 533].

Отже, підтримка й забезпечення екологічної безпеки є справою державного рівня, значення якої навіть важко переоцінити. У галузі аграрного виробництва екологічна політика має віддзеркалювати цілі сільськогосподарських товаровиробників та узгоджуватись з мотивами їхньої діяльності за критеріями досягнення реальних результатів, можливості кількісного вимірювання набутих показників, завдання різнострокових орієнтирів роботи, гнучкого пристосування до структурних і функціональних змін, не супереч-

ності іншим припустимим напрямом праці [4, с. 80-81]. Результатом цього має стати підпорядкування комерційної діяльності суб'єктів господарювання аграрної сфери принципам: "передбачати і запобігати", який визначає дешевший і менш ризикований спосіб природокористування, ніж ліквідація заподіяних довкіллю збитків; "розумного балансування" між ресурсами й забрудненням, який обмежує навантаження на навколишнє середовище масштабами регенеративної здатності конкретної екосистеми; "забруднювач платить", який наголошує на компенсації вартості відшкодування екологічного збитку безпосереднім користувачем-споживачем природних благ [4, с. 184]. На наш погляд, екологізація економічних відносин в АПК без втручання в чесну ринкову конкуренцію між сільськогосподарськими товаровиробниками може здійснюватись на підставі об'єктивної залежності аграрного виробництва від сприятливого кредитно-податкового режиму та цінової політики з боку держави й регіонів. Це означає, що вирішення окресленої проблеми доцільно пов'язувати з наданням пільг тим суб'єктам господарювання, які дотримуються у своїй діяльності встановлених екологічних обмежень. У сфері інноваційної модернізації аграрного сектора це повинно привести до ув'язування обсягів інвестування та фінансових показників продуктивності роботи донорів й акцепторів нововведень [5] з екологічними характеристиками їх господарських досягнень, що мають витримувати екологічну аудиторську експертизу, нормативну сертифікацію та стандартизоване ліцензування [4, с. 161, 275]. У рамках цієї роботи сконцентруємо увагу на науковій підтримці технологічних ініціатив аграрних інноваторів і поставимо за мету створення моделі екологізованої модернізації сільського господарства, окресливши розглядуваний економічний процес подальшою вербальною постановкою.

Нехай обраний аграрний інноватор розробляє адаптовані новітні технології й обслуговує у такий спосіб певне коло сільськогосподарських товаровиробників, зацікавлених в інтенсифікації власного виробництва. Кожен з інноваційних реципієнтів характеризується набором параметрів виробничо-екологічних умов господарювання, які визначають варіант технологічної пропозиції, результуючу ефективність контактів з розглядуваним донором інновацій і фінансові показники їх співпраці. Вважалось, що приймачі аграрних інновацій здійснюють модернізацію власного виробництва на засадах диверсифікації, працюючи за портфелями наданих технологій. З погляду на це, для кожного з реципієнтів враховувались показники спеціалізованих клієнтських стосунків з іншими донорами новітніх технологій, які конкурують з даним інноватором у спільній ринковій ніші споріднених сільськогосподарських послуг.

Перелічені характеристики реципієнтного кола відбивають напрям інноваційного розвитку аграрного виробництва, однак порівняльний аналіз подібної досвідної інформації ускладнюється розбіжністю експертних оцінок стосовно їх якісного рівня та впливу на результати дій інноватора. Внаслідок цього виникає невизначеність в управлінських рішеннях донора аграрних інновацій стосовно ефективності встановлення клієнтських стосунків з новими потенційними приймачами його технологічних послуг, що, своєю чергою, надає зайвої ризикованості інноваційному оновленню АПК й гальмує поширення

новітніх наукових здобутків в сільському господарстві регіонів. Підсумовуючи викладене, оберемо засобом математичного моделювання екологізованої діяльності конкуруючих аграрних інноваторів апарат теорії нечітких множин і логіки, започаткованої Л. Заде та Р. Белманом, і розгорнутої в сучасному вигляді у роботах [6-8].

На початку формалізації позначимо через m кількість реципієнтів аграрних інновацій, досвід співробітництва з якими визначатиме інформаційну базу створюваної моделі. Нехай, опис екологічних і конкурентних чинників господарювання будь-якого з цих приймачів новітніх технологій налічує n показників. Поставимо у відповідність зазначеним чинникам вхідні модельні змінні x_i (з відомими значеннями $x_i^j, j=1 \dots m$), $i=1 \dots n$. Позначимо фінансовий показник обсягу виробничих контактів інноватора з реципієнтами вихідною змінною y (з відомими значеннями $y_j, j=1 \dots m$).

Створення нечіткої моделі впорядкування дифузії аграрних інновацій відбуватиметься за такою схемою. Спочатку здійснимо фазифікацію n вхідних змінних шляхом групування їх кількісних значень у лінгвістичних термах, засоційованих з нечіткими множинами за допомогою параметричних функцій належності. Задамо нечіткі правила моделі, сформовані на підґрунті якісного аналізу m згаданих інноваційних зв'язків обраного донора аграрних технологій. Далі виконаємо об'єднання правил-висновків за відповідністю до спільних термів вихідної змінної, а потім – перетворення лінгвістичного результату до чіткого числа. Зауважимо, що якість відповіді (видобування даних з нечіткої бази знань) буде значно вищою, якщо здійснити мінімізацію похибок розбіжності між реальними та одержаними результатами: оптимізувати параметри функцій належності, відкоректувати вирішальні правила та перевірити адекватність моделі на тестових контрольних прикладах.

Зазначимо, що позитивними рисами нечітких моделей є їх універсальна здатність до апроксимації складних нелінійних систем і комбінації чітких числових і слабо структурованих природно-мовних даних, а також виявлення існуючих закономірностей у невеликих за обсягами вибірках експериментальних спостережень для придатної ідентифікації та прогнозування. Проблемними моментами нечіткого моделювання вважається суб'єктивне визначення належної кількості лінгвістичних термів з градацією від "низького" до "високого" рівня; вибір завдання функцій належності у трикутній, трапецеїдальній або дзвоноподібній формах; виявлення оптимальних значень їх параметрів; відображення експериментальних даних у вигляді вирішальних правил, які встановлюють причинно-наслідковий зв'язок між передумовами та висновками в досліджуваній економічній системі; компонування за цими правилами складних виразів для вихідних функцій належності з використанням операцій "мінімум", "множення" та "максимум", "сума"; уникнення неповноти та суперечливості в одержаній нечіткій базі знань шляхом відкидання "випадаючих" експериментальних даних; обрання методу дефазифікації з числа найпоширеніших (центроїдного, серединно-максимального й висотного) підходів [8].

На підставі викладеного розшифруємо прийняті припущення та порядок налагодження запропонованої нечіткої моделі конкурентного поширення екологізованих аграрних інновацій. У контексті діяльності розглянутого інноватора будемо вважати, що показник i -го чинника може змінюватись в діапазоні $[X_i^1, X_i^2]$, який поділимо, за досвідом фахівців, на K_i термів, $i=1 \dots n$. Аналогічно, нехай вихідний результат задачі належить відрізку $[Y^1, Y^2]$, до якого введемо K лінгвістичних рівнів якісних змін. Оберемо для вхідних змінних трикутні симетричні функції належності, тобто для k -го терму i -го чинника з параметрами a_{i1}^k, a_{i2}^k для всіх $i=1 \dots n$ матимемо:

$$\begin{aligned} \mu_i^k(x) &= 0 \text{ при } x \notin [a_{i1}^k, a_{i2}^k], \\ \mu_i^k(x) &= 2(x - a_{i1}^k) / (a_{i2}^k - a_{i1}^k) \text{ при } x \in [a_{i1}^k, (a_{i2}^k + a_{i1}^k)/2], \\ \mu_i^k(x) &= 2(a_{i2}^k - x) / (a_{i2}^k - a_{i1}^k) \text{ при } x \in [(a_{i2}^k + a_{i1}^k)/2, a_{i2}^k], \end{aligned}$$

де $a_{i1}^k \leq a_{i2}^k, k=1 \dots K_i, a_{i1}^1 \leq \dots \leq a_{i1}^{K_i} \leq X_i^2, X_i^1 \leq a_{i2}^1 \leq \dots \leq a_{i2}^{K_i}$. (1)

Виконаємо початкове завдання $\mu_i^k(x)$ шляхом мінімізації відхилень експериментальних показників x_i^j від середніх значень по термах і розподілу досвідних даних x_i^j у ці лінгвістичні терми за максимумом функцій належності. Через це вирішимо n оптимізаційних задач з пошуку таких параметрів $a_{i1}^1, \dots, a_{i1}^{K_i}, a_{i2}^1, \dots, a_{i2}^{K_i}$, які задовольняють обмеження (1) і надають критерію

$$F_1 = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{K_i} (x_i^j - (a_{i1}^k + a_{i2}^k) / 2)^2 \cdot (1 + \operatorname{sgn}(\mu_i^k(x_i^j) - \max_{s=1 \dots K_i} \mu_i^s(x_i^j))) \quad (2)$$

мінімального значення, $i=1 \dots n$.

Далі виконаємо групування результуючих показників експериментальних даних моделі в K лінгвістичних термах і знайдемо у такий спосіб початкові значення їх сабстит'ютів на етапі дефазифікації. Отже, вирішимо оптимізаційну задачу з пошуку таких параметрів $a_3^1, \dots, a_3^K$, які задовольняють обмеження

$$Y^1 \leq a_3^1 \leq \dots \leq a_3^K \leq Y^2 \quad (3)$$

та надають критерію

$$F_2 = \sum_{j=1}^m \min_{k=1 \dots K} (y_j - a_3^k)^2 \quad (4)$$

мінімального значення.

На підставі розв'язання задач (1)-(2) і (3)-(4) здійснюється початкове завдання лінгвістичних правил, які встановлюють відповідності між черговими, поданими до аналізу даними, й наявною, експериментальною інформацією та визначають в аналітичній формі причинно-наслідкові зв'язки між значеннями вхідних і вихідних змінних моделі. Отже, позначимо через k_i^j номер терму, з уведених для i -го чинника, де досягається $\max_{k=1 \dots K_i} \mu_i^k(x_i^j)$, $j=1 \dots m$, $i=1 \dots n$, а через k_j – номер терму для вихідної змінної y , де досягається $\min_{k=1 \dots K} (y_j - a_3^k)^2$, $j=1 \dots m$. Звідси за j -ою серією експериментальних спостережень одержуємо складне лінгвістичне правило-висловлення: якщо x_1 нале-

жить до k_1^j -го терму, та якщо x_2 належить до k_2^j -го терму, та... якщо x_n належить до k_n^j -го терму, то y належить до k_j -го терму". Об'єднання подібних вирішальних правил з однаковими термами в частині висновків дає змогу здійснити запис функцій належності до термів вихідної змінної y в формі максимінного співвідношення:

$$\mu_k(x_1, \dots, x_n) = \max_{k_j=k, j=1..K} [\min_{i=1..n} \mu_i^{k_j}(x_i)], k=1..K.$$

А тоді повернення до чітких чисел в остаточній відповіді на етапі дефазифікації, що інтерпретується як результат модельного ідентифікаційного прогнозування, відбуватиметься за формулою

$$y = \sum_{k=1}^K a_3^k \cdot \mu_k(x_1, \dots, x_n) / \sum_{k=1}^K \mu_k(x_1, \dots, x_n),$$

де $x_1, \dots, x_n$ – значення параметрів еколого-конкурентних умов виробничої діяльності чергового аналізованого приймача новітніх сільськогосподарських технологій.

Для підвищення адекватності створеної моделі далі потрібно виконати ітеративну підгонку параметрів її функцій належності та лінгвістичних правил, яка відбуватиметься, поки не знайдуться такі припустимі за (1), (3) значення $a_{i1}^k, a_{i2}^k, k=1..K_i, i=1..n, a_3^k, k=1..K$, які генерують максимальні належності x_i^j до зафіксованих термів з номерами $k_i^j, i=1..n, j=1..m$, і максимальні належності y_j до зафіксованих термів з номерами $k_j, j=1..m$, та надають критерію

$$F_3 = \sum_{j=1}^m (y_j - \sum_{k=1}^K a_3^k \cdot \mu_k(x_1^j, \dots, x_n^j) / \sum_{k=1}^K \mu_k(x_1^j, \dots, x_n^j))^2 \quad (5)$$

мінімального значення.

Детальніше, чергове рішення оптимізаційної задачі (1), (3), (5) змінює лінгвістичні правила моделі – номери термів $k_i^j, i=1..n, k_j, j=1..m$. Їх трансформація ініціює вирішення оновленої задачі (1), (3), (5). Одержаний результат знову приведе до змін лінгвістичних правил моделі й необхідності повторного розв'язання задачі (1), (3), (5) і так далі, поки сумарне відхилення поточних параметрів $a_{i1}^k, a_{i2}^k, k=1..K_i, i=1..n, a_3^k, k=1..K$, від їх попередніх значень не стане меншим за величину припустимої додатної похибки ε .

Описана нечітка модель конкурентного поширення екологізованих сільськогосподарських інновацій була реалізована засобами електронної таблиці *Microsoft Excel* і відтестована на ряді прикладів з аграрної економіки Дніпропетровської області. Одержані результати засвідчують придатність обраного підходу для вирішення поставленого в роботі завдання та будуть тим точнішими, чим повнішою буде надана база експериментальних даних. Зокрема, бажана наявність хоча б одного правила до кожного терму вихідної змінної y , що являтиме різноманіття оцінок ефективності роботи розглядуваного інноватора в колі обслуговуваних регіональних реципієнтів.

Створена модель виступає прикладом практичного залучення інформаційних технологій до проблематики аграрної економіки і належить класу інтелектуальних систем, призначених для підтримки інноваційної модернізації,

зниження ризикованості та стабілізації піднесення аграрного виробництва на підґрунті аналітико-лінгвістичного аналізу нечітких умов діяльності сільськогосподарських товаровиробників з метою виявлення їх резервів в області економії витрат, завоювання нових ринків і підвищення конкурентоспроможності. У контексті розвитку екологічного менеджменту запропонована модель поширення екологізованих аграрних інновацій узгоджується з управлінськими підходами, спрямованими на ефективне використання природних ресурсів сільськогосподарського призначення на регіональному й державному рівнях і збереження українських природних багатств в інтересах майбутніх поколінь.

До намічених математичних перспектив наукових розробок за тематикою роботи можна зарахувати порівняння ефективності застосування в описаннях термів різних функцій належності та деталізацію процедури завдання якісних рівнів для вхідних і вихідних змінних задачі. З економічного погляду видається доцільним розповсюдити створену модель упорядкування інноваційної діяльності в аграрній сфері і на реципієнтів новітніх сільськогосподарських технологій, що сприятиме двобічному вдосконаленню модернізації вітчизняного аграрного виробництва.

Література

1. Бабина Ю.В., Варфоломеева Э.А. Экологический менеджмент. – М.: ИД "Социальные отношения", Изд-во "Перспектива", 2002. – 207 с.
2. Пахомова Н.В., Эндрес А., Рихтер К. Экологический менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. – 544 с.
3. Макаренко П.М. Моделі аграрної економіки. – К.: ННЦ ІАЕ, 2005. – 682 с.
4. Екологічний менеджмент/ За ред. В.Ф. Семенова, О.Л. Михайлюк – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 407 с.
5. Васильєва Н.К. Напрями аналізу інвестиційного стану інноваційної модернізації аграрних технологій регіону// Наук. вісник Полтавського НТУ: Економіка і регіон. – 2005. – № 1. – С. 100-102.
6. Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2002. – 145 с.
7. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях/ Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.
8. Зайченко Ю.П. Основы проектирования интеллектуальных систем. – К.: Вид. дім "Слово", 2004. – 352 с.

УДК 004.8:330.322

Доц. Л.Д. Загвойська, канд. екон. наук;
магістрант О.І. Пастернак – НЛТУ України

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОБЛЕМ

Складність еколого-економічних систем зумовлює пошук нових підходів до їх аналізу і прогнозування. Одним із найпрогресивніших і найперспективніших інструментів аналізу інвестиційних проєктів з урахуванням їхнього впливу на довкілля є засоби штучного інтелекту.

Ключові слова: штучний інтелект, нечітка логіка, еколого-економічні проблеми, інвестиційні проєкти.