



**Макаренко П.М.**, д-р екон. наук,

**Васильєва Н.К.**, канд. фіз.-мат. наук

Дніпропетровський державний аграрний університет

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗАСОБАМИ НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*Проаналізовані принципи, завдання і стратегії екологізації аграрного виробництва в контурах інноваційної модернізації. Запропоновано економіко-математичну модель визначення ефективності диверсифікованих контактів між донорами й акцепторами аграрних інновацій в термінах теорії нечіткої логіки. Наведено результати комп'ютерної реалізації розробленої моделі на прикладі задачі екологічного використання земельних ресурсів сільськогосподарського призначення.*

У світовому співтоваристві еволюція ринкової економіки все більше визначається екологічними факторами ефективного господарювання в контексті сталого розвитку людської цивілізації, проголошеного рішенням конференції ООН з питань охорони природи в 1992 р. у Ріо-де-Жанейро (Бразилія). Епохальним орієнтиром було визнане забезпечення рівноважного стану між потенціалом навколишнього середовища і задоволенням життєвих потреб людства в найближчій і у віддаленій перспективі [1, с. 5]. Науково обґрунтованими й практично реалізованими стратегічними принципами сталого розвитку економіки вважають розумну достатність у навантаженні природної екосистеми; мінімізацію споживання сировинних ресурсів на користь підвищення продуктивності праці й організації безвідходного виробництва; перехід до випуску екологічно чистих видів продукції на підґрунті залучення технологій зі зменшеною енергомісткістю; налагодження інтеграційно-коопераційних зв'язків для сумісного вирішення проблем екологічної безпеки в межах регіональних кластерів і галузевих формувань; завчасне планування наслідків і заходів запобігання негативного впливу на навколишнє середовище, недопущення або максимальне зниження втрат поточного природно-ресурсного потенціалу територіальних ареалів тощо [2, с. 327, 328; 3, с. 184].

Екологічно орієнтована політика має узгоджуватись з цілями й мотивами діяльності суб'єктів господарювання та бути якнайбільш конкретною і реально досяжною за поставленими етапними завданнями; збалансованою з коротко-, середньо- та довгостроковими робочими планами виробництва і управління; об'єктивно кількісно оцінюваною за одержуваними цільовими здобутками; гнучко адаптованою до структурних і функціональних перетворень в умовах динамічних змін ринкового оточення; спрямованою на підвищення конкурентоспроможності та екологічної культури підприємницького середовища [див. 3, с. 80, 81].



Нагальність відновлення екологічних принципів аграрного господарювання постає на сьогодні з особливою гостротою. Поширюється масштабне забруднення вод і повітря: у 2004 р. 37% від загального обсягу скидання зворотних вод по Україні були недостатньо або взагалі не очищені; викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря становили в середньому по Україні 10,5 т в розрахунку на квадратний кілометр. Внаслідок надмірної розораності сільськогосподарських угідь (майже 80% площ), екстенсивного їх використання, порушення сівозмін, руйнації протипаводкових гідротехнічних споруд, полезахисних смуг спостерігаються щорічні втрати до 20 млн т гумусу. Понад 10 млн га земель зазнають водної та вітрової ерозії, деградують у результаті підвищеної кислотності. Близько 4 млн га сільськогосподарських угідь засолені, солонцюваті, заболочені й перезволожені [4, с. 29; 5, с. 523]. Остання низка фактів є найбільш гнітючою, оскільки земельні ресурси є головною складовою аграрного виробництва в частині забезпечення населення продуктами харчування, підтримки якісного життя і здоров'я громадян, що вважається вирішальною цінністю в соціально орієнтованих країнах світу. Приклади зазначеної негативної економії на екологічних аспектах аграрного господарювання не тільки суттєво зменшують економічну вартість навколишнього середовища в ході прямого фактичного використання екологічних благ і природних ресурсів, але й істотно знижують оцінку відкладених альтернатив щодо їхнього застосування в найближчій перспективі, можливості майбутнього успадкування цих благ нащадками, існування різноманіття продуктивних форм екологічно чистих природних ресурсів даного територіального ареалу.

Реалії ефективної екологізації вітчизняного сільського господарства невідривно пов'язані з впровадженням інноваційної моделі оновлення української економіки і становленням сучасних ринкових відносин. Екологізована інноваційна модернізація сільського господарства й переробної промисловості, за законами "Про інноваційну діяльність" та "Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні", віднесені до стратегічних завдань розвитку національної економіки в руслі першочергового впровадження екологічно чистих технологій виробництва аграрної продукції. Під інноваціями розуміють прибуткове використання наукомістких нововведень у вигляді новітніх технологій, видів продукції та послуг, організаційно-технічних і соціально-економічних методик управління виробничого, комерційного, фінансового й адміністративного характеру. До найпоширеніших екологізованих сільськогосподарських інновацій відносять нові сорти й гібриди рослин, породи тварин, штами мікроорганізмів, хімічні та біологічні засоби (препарати і вакцини) для захисту рослин і тварин від шкідників і хвороб, марки і модифікації сільськогосподарської техніки, завершені виробничо-управлінські технології або їх новостворені (удосконалені) етапи [6, с. 5].

Концепція всебічної екологізації аграрного господарювання з урахуванням екологічних чинників, вимог, стандартів і критеріїв на підґрунті поширення біозрівноважених систем землеробства й тваринництва, ресурсо-, природо- і енергозберігаючих безвідходних технологій та екологобезпечної



організації процесів сільськогосподарського виробництва знайшла плідне відбиття в роботах широкого загалу науковців, зокрема, В.А.Борисової, Б.М.Данилишина, С.І.Дорогунцова, О.Л.Кашенко, І.Б.Олійника, П.Т.Саблука, В.М.Трегобчука, О.М.Царенка, А.В.Чупіса, що розгортають і детально обґрунтовують економічні механізми стимулювання раціонального природокористування в аграрній сфері. Проте, на наш погляд, потребують дедалі докладнішого дослідження питання математичної формалізації процедур аналізу доцільності залучення екологізованих аграрних інновацій, визначених у даній роботі наступною проблемною постановкою.

Розглянемо контур інноваційної модернізації сільського господарства у двох інтерпретаціях. Нехай, в першому випадку, оптимізується діяльність донора аграрних інновацій, що поширює новостворені або власні адаптовані науково-технічні напрацювання в колі сільськогосподарських товаровиробників, зацікавлених в оновленні своєї виробничо-управлінської бази за поданим напрямом спеціалізації. Інноваційні акцептори можуть бути охарактеризовані наборами показників екологічних умов господарювання, ресурсного забезпечення, інвестиційної спроможності та місткості, здобуття конкурентних переваг від налагодження диверсифікованого співробітництва з партнерами-інноваторами.

Аналітичне порівняння зазначених даних ускладнюється розбіжністю експертних оцінок їх якісного та кількісного рівнів впливу на ефективність обраного варіанту інноваційного оновлення. У результаті виникає суттєва невизначеність стосовно доцільності поширення інноваційного контуру досліджуваного донора на інших потенційних реципієнтів його виробничо-управлінських пропозицій, що, у свою чергу, підвищує ризикованість інноваційної модернізації сільського господарства і значною мірою перешкоджає процесу дифузії комерціалізованих аграрних нововведень.

У другому випадку, може здійснюватись аналіз діяльності акцептора аграрних інновацій – сільськогосподарського підприємства або фермерського господарства, що реалізовує інтенсифікацію власного виробництва шляхом впровадження новітніх технологій роботи, освоєння випуску екологічно чистої продукції або залучення сучасних управлінських підходів на засадах диверсифікованої співпраці з партнерами-інноваторами. Характеристики застосованих інновацій опишемо показниками виробничо-ресурсних параметрів, екологічних вимог, конкурентних переваг, фінансових витрат і надходжень від їх використання. Виявлення ефективних напрямів корегування інноваційного портфелю аграрного акцептора, що розглядається, ускладнюється нечіткими зв'язками між переліченими ознаками й величинами і, в разі нераціональної реалізації, може суттєво загальмувати вітчизняний трансфер сучасних науково-технічних здобутків.

Спільною рисою окреслених інноваційних контурів є підтримка утворення мережних інфраструктур поширення аграрних інновацій на підґрунті вертикального, горизонтального і діагонального кооперування сільськогосподарських товаровиробників регіонів. Останнє передбачає об'єднання суб'єк-



тів господарювання різних ринків спеціалізації та продуктових ланцюгів, орієнтованих на організацію єдиного циклу рециркуляції ресурсів згідно з концепцією економного безвідходного природокористування.

Обидва інноваційні контури спрямовані на оцінку природно-ресурсного потенціалу аграрної сфери та враховують позитивні елементи: витратної теорії в плані цільового забезпечення природовикористання у стані, придатному до експлуатації; результатної теорії відносно збалансування конкурентних переваг і фінансових надходжень від залучення аграрних інновацій із поточними екологічними витратами під їх виробниче впровадження; рентної теорії стосовно отримання аналогів диференціальної ренти I і II в ході поширення і диверсифікації спеціалізованих аграрних інновацій; теорії оцінки економічних збитків у руслі запобігання зниження якості природних ресурсів і навколишнього середовища внаслідок нераціонального господарювання [див. 3, с. 105–111].

Нарешті, під час виробничого сполучення і конструктивної конкуренції множини сумісно впроваджуваних інновацій в обох окреслених інноваційних контурах спостерігається поява синергічного ефекту продажу й менеджменту та оперативного й інвестиційного синергізму. Це відбувається за рахунок зниження ризикованості диверсифікованої інноваційної діяльності; виходу сільськогосподарських товаровиробників на аграрні ринки в супроводі сервісних послуг груп інноваційних донорів по різних каналах збуту продукції; перетину технологій і методик управління залучених портфельних інноваторів; підвищення ефективності використання ресурсної бази донорів й акцепторів; адаптованої багатовекторної підготовки полікваліфікованих фахівців-аграріїв; прискорення взаємної дифузії споріднених інноваційних науково-технічних розробок у межах досліджуваного аграрного ареалу.

Враховуючи необхідність математичного обґрунтування оптимальних напрямів екологізованого інноваційного оновлення аграрного виробництва за умов управлінської невизначеності, формалізуємо описані контури інноваційної модернізації АПК засобами нечіткого моделювання [7–10].

Позначимо через  $m$  обсяг інформаційної бази до створюваної моделі – кількість аналізованих записів стосовно впровадження адаптованих аграрних інновацій. Будемо вважати, що кожний запис складається з  $n$  показників до еколого-виробничих і фінансово-конкурентних факторів даного науково-технічного нововведення, яким ставляться у відповідність вхідні змінні  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , з відомими значеннями  $x_i^j$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ . Результируючу оцінку інноваційного впровадження позначимо як вихідну змінну  $y$  з відомими значеннями  $y_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ , за згаданими записами досвідно-експериментальних спостережень.

Математичний апарат на підґрунті парадигм теорії нечіткої логіки робить можливим подання перелічених показників і в чіткому числовому, і в слабо структурованому вербально-символьному вигляді. Їх сполучення не перешкоджає виявленню нелінійних закономірностей в аналізованій інформації.



ційній базі досвідно-експериментальних спостережень для прийнятної ідентифікації залежностей навіть за невеликими обсягами вибірових даних.

У загальному випадку розробка нечіткої моделі відбувається за наступною послідовністю кроків. Спочатку виконується фазифікація вхідних змінних шляхом розподілу їх кількісних значень за природно-мовними лінгвістичними термами із застосуванням параметричних функцій нечіткої належності. Значення вихідної змінної ставляться відповідно до її лінгвістичних термів, за рахунок чого здійснюється якісна трансформація всіх записів інформаційної бази моделі до вербально-символьного еквіваленту. Одержані нечіткі вирішальні правила об'єднуються в складні висловлення за єдністю термів у підсумковій частині. На останнє реалізовується перетворення лінгвістичного результату до відповіді у вигляді чіткого числа, адекватну точність якої можна значно підвищити ітераційним налагодженням моделі в ході мінімізації відхилення між заданими і розрахованими величинами.

У наших дослідженнях вважалось, що значення вхідних змінних  $x_i$  належать відріzkам  $[X_i^1, X_i^2]$ ,  $i = \overline{1, n}$ , а величина  $y$  не виходить за межі діапазону  $[Y^1, Y^2]$ . Додержуючись градації від "низького" до "високого" рівня, введемо для змінних  $x_i$  по  $K_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , а для змінної  $y$  –  $K$  лінгвістичних термів. Зауважимо, що їх кількості можуть бути обраними пропорційно довжинам  $(X_i^2 - X_i^1)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , або  $(Y^2 - Y^1)$ , обсягу інформаційної бази  $m$ , точності розрахунків та обернено пропорційно до бажаної швидкості налагодження пропонованої нечіткої моделі визначення оптимальних характеристик контурів інноваційної модернізації аграрного виробництва.

Для забезпечення ненульових значень функції належності на всьому відрізку  $[X_i^1, X_i^2]$  відмовимось від її завдання у трикутній або трапецеїдальній формі та введемо до  $k$ -го лінгвістичного терму вхідної змінної  $x_i$  гаусівську функцію належності [див. 10, с. 176], як

$$\begin{aligned} \mu_i^k(x_i) &= \frac{1}{1 + ((x_i - p_{i1}^k) / p_{i2}^k)^2}, \\ \text{або} \quad \mu_i^k(x_i) &= \exp(-((x_i - p_{i1}^k) / p_{i2}^k)^2), \\ p_{i2}^k &> 0, \quad k = \overline{1, K_i}, \quad p_{i1}^1 \leq \dots \leq p_{i1}^{K_i}, \quad i = \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (1)$$

де параметр  $p_{i1}^k$  задає величину  $x_i$  з одиничною (максимальною) належністю до  $k$ -го лінгвістичного терму, а параметр  $p_{i2}^k$  відповідає за міру "пологості" графіка або швидкість спадання до нульового значення обраної функції-фазифікатора,  $k = \overline{1, K_i}$ ,  $i = \overline{1, n}$ .

Визначимо початкові величини  $p_{i1}^k$ ,  $p_{i2}^k$ ,  $k = \overline{1, K_i}$ , з урахуванням щільності групування значень  $i$ -го інноваційного фактора в інформаційній базі моделі як оптимальний розв'язок задачі мінімізації критерію



$$G_1^i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{K_i} (x_i^j - p_{i1}^k)^2 \cdot \left( 1 + \operatorname{sgn} \left( \mu_i^k(x_i^j) - \max_{s=1, K_i} \mu_i^s(x_i^j) \right) \right)$$

при обмеженнях (1),  $i = \overline{1, n}$ .

Позначимо параметри дефазифікації до вихідної змінної  $y$  через  $p_3^k$ ,  $k = \overline{1, K}$ , та знайдемо їх величини з урахуванням щільності групування значень  $y_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ , з аналізованих досвідно-експериментальних спостережень як оптимальний розв'язок задачі мінімізації критерію

$$G_2 = \sum_{j=1}^m \min_{k=1, K} (y_j - p_3^k)^2$$

при обмеженнях  $p_3^1 \leq \dots \leq p_3^K$ . (2)

Згідно з одержаними результатами розподілимо дані кожного запису інформаційної бази моделі до лінгвістичних термів

$$k_i^j = \arg \max_{k=1, K_i} \mu_i^k(x_i^j), \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$k_j = \arg \min_{k=1, K} (y_j - p_3^k)^2, \quad j = \overline{1, m}. \quad (4)$$

Тоді вирішальні правила відбиватимуть причинно-наслідкові зв'язки між значеннями змінних моделі за  $j$ -им досвідно-експериментальних спостереженням у вигляді природно-мовного висловлення:

"якщо величина  $x_1$  належить  $k_1^j$ -му терму, та

якщо величина  $x_2$  належить  $k_2^j$ -му терму, та

... якщо величина  $x_n$  належить  $k_n^j$ -му терму,

то значення  $y$  відноситься до  $k_j$ -го терму",  $j = \overline{1, m}$ .

Зауважимо що, повнота розбудованої нечіткої бази знань безпосередньо залежить від варіантної різноманітності її інформаційного підґрунтя. Істотно знизити суб'єктивність визначення якісних величин впливу інноваційних факторів дозволяють фахові експертизи за підходами безпосередньої оцінки, попарних порівнянь, ранжування за шкалою балів або за узгоджувальним методом Дельфі. Можливе виникнення суперечливості сформульованих вирішальних правил, згенерованих записами з однаковими вхідними умовами й відмінними в підсумковій частині, пояснюється недостатньою кількістю введених лінгвістичних термів або загубленням ряду суттєвих інноваційних факторів та усувається вилученням з аналізу зазначених суперечливих досвідно-експериментальних спостережень або присвоєнням їм корегуючих ваг як ступеня довіри до поданих ними результатів.

Об'єднуючи вирішальні правила за належністю вихідної змінної моделі до однакових лінгвістичних термів сполучниками "або", можна одержати



складні природно-мовні вирази, що дозволяють формалізувати функції належності величини  $y$  як максимінні співвідношення вигляду

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

Тоді на етапі дефазифікації, що надаватиме кількісну оцінку залучення аграрних науково-технічних нововведень в розглядуваному контурі інноваційної модернізації, здійснюється перехід до чіткого числового значення вихідної змінної  $y$  за формулою

$$y = \sum_{k=1}^K p_3^k \cdot \mu_k(x_1, \dots, x_n) / \sum_{k=1}^K \mu_k(x_1, \dots, x_n),$$

де під час перевірки адекватності моделювання замість  $x_1, \dots, x_n$  підставляються відомі показники до інноваційних факторів, а потім – нові величини, аналізовані з орієнтиром на виявлення еколого-економічних перспектив даного інноваційного контакту.

Ітераційне налагодження параметрів функцій належності до лінгвістичних термів вхідних і вихідних змінних разом із паралельним корегуванням вирішальних правил поданої нечіткої моделі являє собою етап удосконалення виконаної математичної формалізації, спрямований на підвищення якості видобування інформаційних закономірностей в аналізованих даних з подальшим застосуванням виявлених залежностей до нових комбінацій характеристик впроваджуваних аграрних інновацій. Ознакою завершення виконання вказаного етапу є одержання в ідеалі таких значень параметрів  $p_{i1}^k, p_{i2}^k, k = \overline{1, K_i}, i = \overline{1, n}$ , та  $p_3^k, k = \overline{1, K}$ , що виступають оптимальним розв'язком задачі мінімізації критерію

$$G_3 = \sum_{j=1}^m \left( y_j - \sum_{k=1}^K p_3^k \cdot \mu_k(x_1^j, \dots, x_n^j) / \sum_{k=1}^K \mu_k(x_1^j, \dots, x_n^j) \right)^2 \quad (5)$$

при обмеженнях (1) – (4).

Поступове досягнення зазначеного результату здійснюватиметься в ході почергового вирішення мінімізаційної задачі (1), (2), (5), конструктивної зміни номерів термів  $k_i^j, j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$ ,  $k_j, j = \overline{1, m}$ , за формулами (3), (4), уточнення модельних правил-висловлень до інформаційної бази моделі, корегування їх природно-мовних сполучень і повторення описаних дій спочатку, поки величина сумарного відхилення поточних значень параметрів  $p_{i1}^k, p_{i2}^k, k = \overline{1, K_i}, i = \overline{1, n}$ ,  $p_3^k, k = \overline{1, K}$ , від їх попередніх значень не буде меншою за прийнятну похибку модельних розрахунків, величина критерію  $G_3$  не буде достатньо малою або кількість змінюваних номерів лінгвістичних термів не спаде до припустимого рівня.

Отже, створена модель виступає гомоморфним абстрактним аналогом до багаторівневого системного процесу прийняття оптимальних рішень у ході екологізації диверсифікованої модернізації виробничої діяльності вітчизняних



аграрних формувань. Символьно-лінгвістичний спосіб подання моделі забезпечує його математизоване конструктивне пізнання за допомогою змістовного відображення істотних рис і властивостей, індуктивного вивчення формалізованих причинно-наслідкових зв'язків і дедуктивного використання накопичених закономірностей в аналізованих даних. Розробка описаної нечіткої моделі підпорядковувалась принципам інформаційної достатності, доцільності, здійсненності, агрегації та параметризації [див. 7, с. 39]. Для виконання валідації та верифікації запропонована модель до визначення екологічних напрямів економічно ефективної модернізації інноваційних контурів в АПК була реалізована в середовищі табличного процесору Microsoft Excel та відтестована на ряді практичних прикладів сільськогосподарського виробництва.

Зокрема, піддавалась аналізу ефективність еколого-захисних заходів з використання земельних ресурсів сільськогосподарського призначення в межах України. А саме, розглянуто вплив трьох ( $n = 3$ ) факторів: вмісту гумусу в орних землях за загальним балом бонітету ( $x_1$ ), відсоткової частки еродованих земель від загальної площі сільськогосподарських угідь ( $x_2$ ) та обсягів внесення під посіви мінеральних добрив ( $x_3$ ) у *кг/га* поживних речовин – на обсяг валової продукції рослинництва ( $y$ ) у *тис. грн* за порівнянними цінами 2000 р., що припадає на 1 га земельних площ сільськогосподарського призначення в 25 ( $m = 25$ ) адміністративно-територіальних одиницях – 24-х областях України та Автономній Республіці Крим за офіційною статистикою останніх років.

У рамках економетричного аналізу поставленої задачі за методом найменших квадратів була побудована багатофакторна лінійна регресія, що дозволила здійснити наближення за 24 названими записами із сумарною квадратичною похибкою 1,037. Обчислені коефіцієнти кореляції до результуючої змінної та перелічених екологічних чинників: 0,257, – 0,258, 0,644 вказують на необхідність виявлення в інформаційній базі прикладу складних нелінійних закономірностей, що вдалось реалізувати засобами нечіткого моделювання.

Докладніше, до кожної з вхідних змінних  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  та для вихідного результату  $y$  вводилось по три лінгвістичних терми ( $K_1 = K_2 = K_3 = K = 3$ ). Згідно з умовами прикладу, значення  $x_1$  належали відрізку  $[X_1^1, X_1^2] = [27; 55]$  з межами за відповідними показниками по Житомирській та Черкаській областях; значення  $x_2$  належали відрізку  $[X_2^1, X_2^2] = [4,5; 100]$  з межами за відповідними показниками по Чернігівській та Луганській областях; значення  $x_3$  належали відрізку  $[X_3^1, X_3^2] = [70,44; 275,88]$  з межами за відповідними показниками по Одеській і Луганській та Закарпатській областях; значення  $y$  належали відрізку  $[Y^1, Y^2] = [0,6; 1,79]$  з межами за відповідними показниками по Луганській та Закарпатській областях.





Початкові значення параметрів гаусівських функцій належності до лінгвістичних термів  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  були визначені рівними  $p_{11}^1 = 30,00$ ,  $p_{12}^1 = 1,00$ ,  $p_{11}^2 = 39,30$ ,  $p_{12}^2 = 1,00$ ,  $p_{11}^3 = 49,78$ ,  $p_{12}^3 = 1,00$ ,  $p_{21}^1 = 17,22$ ,  $p_{22}^1 = 1,00$ ,  $p_{21}^2 = 49,34$ ,  $p_{22}^2 = 1,00$ ,  $p_{21}^3 = 87,60$ ,  $p_{22}^3 = 1,00$ ,  $p_{31}^1 = 87,68$ ,  $p_{32}^1 = 1,00$ ,  $p_{31}^2 = 137,00$ ,  $p_{32}^2 = 1,00$ ,  $p_{31}^3 = 275,88$ ,  $p_{32}^3 = 1,00$ . Аналогічно, параметрам дефазифікації вихідного результату  $y$  були надані початкові значення  $p_3^1 = 0,820$ ,  $p_3^2 = 1,227$ ,  $p_3^3 = 1,554$ .

Ітераційне налагодження описаної нечіткої моделі, пов'язане зі зміною значень згаданих параметрів та уточненням частини з 25 вирішальних правил, дозволило знизити значення критерію  $G_3$ , обраного в якості оцінки адекватності моделювання, до 0,091, що є більше в 11 разів меншим, ніж подібна похибка за багатофакторною лінійною регресією.

Підстановка замість  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  нових комбінацій значень аналізованих показників екологізованого господарювання й одержання кількісної модельної оцінки  $y$  до виробничих наслідків їх сполучення підтримуватиме порівняння інноваційних заходів з екологічного використання земельних ресурсів аграрної сфери та забезпечуватиме раціональне збалансування витрат на їх реалізацію з прогнозованими фінансовими виграшами від їх спланованого упровадження до сільськогосподарського виробництва.

На останнє, слід наголосити, що поєднання екологічних принципів господарювання з економічною ефективністю виробничих процесів залишається відкритою проблемою аграрної методології. За позитивними напрацюваннями вчених і практиків країн із розвиненою ринковою економікою її вирішення має пов'язуватись: з підвищенням ролі регулюючих механізмів преференційного кредитування, ціноутворення, оподаткування, страхування; з гармонічним запровадженням систем нормативів і стандартів до екологічних обмежень навантаження на природне середовище аграрних ареалів; з посиленням державних економічних важелів у вигляді штрафних санкцій до порушників екологічного законодавства; з удосконаленням економічного стимулювання природозахисних і природоохоронних заходів шляхом утворення спеціалізованих фінансових фондів з надання пільгових субсидій, дотацій і позик тим сільськогосподарським товаровиробникам, що додержуються екологізованого способу діяльності.

Окрім цього, здається перспективним продовжувати дослідження, пов'язані з застосуванням інформаційних технологій та систем штучного інтелекту до аналізу еколого-економічних аспектів функціонування регіональних інфраструктур інноваційного оновлення аграрного виробництва. А саме, вважаємо за доцільне обирати математичним підґрунтям не тільки парадигми нечіткої логіки, але й економетричні підходи, особливо ті, що реалізовані в спеціалізованому комп'ютерному програмному забезпеченні. Нарешті, за проблематикою, висвітленою в даній роботі, планується подальше поєднання



нечіткого й стохастичного моделювання на етапі розпізнавання, класифікації та прогнозування залежностей між кількісними і якісними блоками даних із залученням чисельного методу статистичних випробувань Монте-Карло для генерації імовірнісних записів інформаційної бази моделі на підтримку прискорення еколого-інноваційної модернізації діяльності національних сільськогосподарських товаровиробників.

### **Література**

1. *Бабина Ю.В., Варфоломеева Э.А.* Экологический менеджмент. – М.: ИД "Социальные отношения", Из-во "Перспектива", 2002. – 207 с.
2. *Пахомова Н.В., Эндрес А., Рихтер К.* Экологический менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. – 544 с.
3. *Екологічний менеджмент* / За ред. Семенова В.Ф., Михайлюк О.Л. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 407 с.
4. *Борисова В.А.* Еколого-економічні аспекти підприємницької діяльності. – Суми: Довкілля, 2003. – 210 с.
5. *Макаренко П.М.* Моделі аграрної економіки. – К.: Національний науковий центр "Інститут аграрної економіки", 2005. – 682 с.
6. *Мищенко І.М.* Інноваційна діяльність у сільському господарстві: Автореф. дис. канд. екон. наук: 08.02.02 / Національний науковий центр "Інститут аграрної економіки" УААН. – К., 2005. – 20 с.
7. *Томашевський В.М.* Моделювання систем. – К.: Видав. група ВНУ, 2005. – 352 с.
8. *Митюшкин Ю.И., Мокін Б.И., Ротштейн А.П.* Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний. – Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – 145 с.
9. *Джонс М.Т.* Программирование искусственного интеллекта в приложениях: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.
10. *Зайченко Ю.П.* Основи проектування інтелектуальних систем. – К.: Видав. Дім "Слово", 2004. – 352 с.