

**РОЗРОБКА НЕЛІНІЙНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ
ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ
ЛАНДШАФТНИХ ЗОН ЗАКАРПАТТЯ**

Л. В. ГЕБРИН-БАЙДИ, асистент

Національний авіаційний університет

E-mail: liliya.gebrinbaydi@gmail.com

Анотація. Для визначення ефективності використання земель сільськогосподарського призначення через призму родючості ґрунтів досліджено сутність ефективності природокористування та поняття сільськогосподарської сталості як практична імплементація концепції сталого розвитку у сільському господарстві. Розглянуто деякі характеристики сучасного стану ґрунтів ландшафтних зон Закарпаття. Встановлено, що економічна родючість ґрунтів Закарпаття для різних ландшафтних зон нелінійно залежить від затрат на вирощування сільськогосподарських культур. Виявлено існування стану насичення родючості ґрунтів залежної від затрат на вирощування основних сільськогосподарських культур. Для оцінювання ефективності використання земель сільськогосподарського призначення в Закарпатті запропоновано нелінійну математичну модель залежності економічної родючості ґрунтів від затрат на вирощування сільськогосподарських культур. Проведено оцінку ефективності використання земель сільськогосподарського призначення Закарпатської області України у трьох ландшафтних зонах області за традиційними для них сільськогосподарськими культурами. Прибутковим є вирощування зернових і овочевих культур у низовинній ландшафтній зоні Закарпатської області України, оскільки тут менші затрати і є потенціал підвищення родючості ґрунтів та урожайності, ніж у передгірській і гірській ландшафтних зонах у області. Найбільш ефективним є вирощування картоплі у передгірській ландшафтній зоні Закарпатської області України, де при менших затратах на вирощування картоплі економічна родючість ґрунтів є вищою, ніж у низовинній та гірській ландшафтних зонах області.

Ключові слова нелінійна залежність, математична модель, сільськогосподарські культури, урожайність, економічна родючість, ландшафтні зони, ґрунти

Актуальність. У процесі дослідження ефективності використання земель сільськогосподарського призначення і підходи до її оцінки слід відзначити основоположну роль родючості ґрунтів. Існує необхідність чіткого

Гебрин-Байди Л. В.

розмежування категорій родючості, а саме: природної, потенційної, ефективної, економічної та штучної, адже поняття «природна» та «потенційна», «ефективна» й «економічна» часто ототожнюються, що є помилковим для нормативно-правового забезпечення [6]. Органічна єдність природної і штучної родючості ґрунтів знаходить свій вираз в економічній родючості, яка є об'єктом оцінювання під час проведення земельно-оціночних робіт та у процесі землекористування може зростати або спадати, відповідно до цього змінюється й земельна рента. Саме цей вид родючості панує сьогодні і саме він визначає якість землі як засобу виробництва, тобто її продуктивну силу [3]. Для кількісного описання економічної родючості ґрунтів розроблені математичні моделі залежності економічної родючості від затрат на вирощування [4, 15]. Істотним недоліком лінійних моделей, що характеризують зростання родючості є те, що віддача одного гектара землі не може збільшуватись до безкінечності, оскільки існує економічний закон зменшення використання ефективності майбутніх витрат [7]. У зв'язку з тим, що лінійні моделі обмежені у застосуванні, для оцінки ефективності використання землі необхідно застосовувати нелінійні моделі, які передбачають існування стану насичення та максимальної родючості при визначених витратах на вирощування сільськогосподарської продукції [5, 13].

Таким чином, актуальність проблеми дослідження полягає у розробці нелінійних математичних моделей, які найкращим чином описують процес залежності економічної родючості земель від затрат на вирощування сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Провівши аналіз підходів до класифікації ґрунтів О. І. Гуторов виділяє природну, штучну та економічну (ефективну) родючості, що визначається не лише як властивість ґрунту, але й як економічна категорія [1]. Гусаков В. Г. та Дереза О. І. визначають економічну родючість ґрунтів як фактично наявну родючість, яка об'єднує

Гебрин-Байди Л. В.

природну і штучну, відображає здатність ґрунтів задовольняти потреби рослин і давати певний вихід продукції [2].

Досліджуючи економічну родючість ґрунтів, створено різнотипні лінійні та нелінійні моделі. Зокрема у праці [9] запропоновано регресійних аналіз, що ґрунтується на статистичних розрахунках та фізичних залежностях між врожайністю зернових культур та кількістю внесених мінеральних добрив. У праці [12] використано різні види нелінійних моделей (модель Річардса, логістична модель, модель Weibull, модель MMF та модель Гомперца) та досліджено врожайність кукурудзи. Встановлено, що моделі, які ґрунтуються на нелінійних залежностях економічної родючості від затрат є більш корисні для оцінки врожайності кукурудзи.

Мета дослідження – розробити математичну модель для оцінювання ефективності використання земель ландшафтних зон Закарпаття.

Науково-практичне завдання полягає у виявленні статистичних нелінійних залежностей підвищення економічної родючості ґрунтів (врожайності) для різних ландшафтних зон Закарпаття і рівня витрат сільськогосподарського виробництва. Виявлені закономірності дозволять обґрунтувати шляхи збільшення потенціалу продовольчої безпеки держави, а також слугуватимуть цілям оцінювання земель і встановлення їх ринкової вартості.

Матеріали та методи дослідження. Для визначення ефективності використання земельних ресурсів Закарпаття необхідно знайти максимальний прибуток, що одержаний від вирощування сільськогосподарських культур при обмеженні площі орних земель [11]:

$$\max P(Q, Z) \text{ при } S \leq S_0 \quad (1)$$

де $\max P$ – прибуток, Q – кількість зібраного урожаю вирощуваної сільськогосподарської продукції, Z – затрати на вирощування сільськогосподарської продукції, S – вибрані площі земель сільськогосподарського призначення області.

Гебрин-Байди Л. В.

Максимізуючи прибуток $\max P(Q, z)$, який залежить від величини вирощеного врожаю Q і затрат на вирощування z при обмежених посівних площах регіону S кількість вирощеної сільськогосподарської продукції Q_j визначатиметься:

$$Q_{i,j} = \rho_{i,j} S_{i,j} \quad (2)$$

де $\rho_{i,j}$ - економічна родючість i -ої ділянки j -ої культури, що вирощується на цій ділянці, $S_{i,j}$ - площа i -ої ділянки, що засіяна j -ою культурою.

Під час розгляду лінійних моделей, які використовуються для визначення прибутку, що приносить вибрана земельна ділянка, зв'язок між економічною родючістю $\rho_{i,j}$ та затратами на вирощування $z_{i,j}$ виражається такою залежністю:

$$\rho_{i,j} = a_{i,j} z_{i,j} \quad (3)$$

де $a_{i,j}$ - адаптований показник лінійної залежності.

Врожайність зростатиме пропорційно затратам на вирощування різних сільськогосподарських культур згідно з визначеною ландшафтною зоною. Проте модель з лінійною функцією (3) має свої особливості. При максимізації виробництва продукції з заданими обмеженнями по площі земельної ділянки все виробництво буде зосереджено на одному гектарі землі, де продуктивність найкраща з точки зору вибраного критерію. У такому разі буде вибрана земля з продуктивністю, що характеризується найбільшою величиною коефіцієнта $a_{i,j}$. Для різних культур характерними є як визначена родючість, так і відповідні затрати. Зрозуміло, що найбільш ефективне використання будуть мати ті землі, які мають найбільше значення коефіцієнта $a_{i,j}$.

Виявлена статистична залежність економічної родючості від затрат може бути наближено описана такою функцією:

$$\rho_{i,j} = A_{i,j} z_{i,j}^2 e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} \quad (4)$$

Гебрин-Байди Л. В.

де $A_{i,j}$ та $\beta_{i,j}$ – адаптовані параметри нелінійної математичної моделі, які визначаються методом найменших квадратів для кожної ландшафтної зони та засіяних культур, $z_{i,j}$ – затрати на вирощування.

Важливо дослідити залежність (4) на екстремум з метою одержання оптимального використання затрат на вирощування різних сільськогосподарських культур в ландшафтних зонах Закарпаття.

Для знаходження екстремальних точок візьмемо першу похідну від рівняння (4) і прирівняємо її до нуля, вважаючи $A_{i,j} > 0$ та $\beta_{i,j} > 0$ є постійними величинами:

$$\frac{\partial \rho_{i,j}}{\partial z_{i,j}} = A_{i,j} 2z e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} - A_{i,j} z_{i,j}^2 \beta_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} = 0 \quad (5)$$

$$A_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} (2z_{i,j} - \beta_{i,j} z_{i,j}^2) = 0 \quad (6)$$

Розв'язання: $2z_{i,j} - \beta_{i,j} z_{i,j}^2 = 0$, Точки екстремуму: 1) $z_{i,j} = 0$; 2) $z_{i,j} = \frac{2}{\beta_{i,j}}$
 $z_{i,j}(2 - \beta_{i,j} z_{i,j}) = 0$

Для того щоб знайти мінімум чи максимум в знайдених екстремальних точках потрібно взяти другу похідну від рівняння (4) та підставити у вираз значення критичних точок. Якщо друга похідна у критичній точці менше нуля, то маємо максимум, якщо більше нуля то маємо мінімум.

$$\frac{\partial^2 \rho_{i,j}}{\partial z_{i,j}^2} = A_{i,j} (-\beta_{i,j}) e^{\beta_{i,j} z_{i,j}} (2z_{i,j} - \beta_{i,j} z_{i,j}^2) + A_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} (2 - 2\beta_{i,j} z_{i,j}) = A_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} (-2\beta_{i,j} z_{i,j} + \beta_{i,j}^2 z_{i,j}^2 + 2 - 2\beta_{i,j} z_{i,j}) = A_{i,j} e^{-\beta_{i,j} z_{i,j}} (\beta_{i,j}^2 z_{i,j}^2 - 4\beta_{i,j} z_{i,j} + 2) \quad (7)$$

Підставимо у формулу (5) значення критичних точок: 1) $z_{i,j} = 0$ – $A_{i,j} e^0 [2] > 0$

друга похідна у цій критичній точці більше нуля, отже, маємо мінімум;

2) $z_{i,j} = \frac{2}{\beta_{i,j}}$, $A_{i,j} e^{-2} \left[\beta_{i,j}^2 \frac{4}{\beta_{i,j}^2} - 4\beta_{i,j} \frac{2}{\beta_{i,j}} + 2 \right] = A_{i,j} e^{-2} [-2] < 0$ – друга похідна у критичній

точці менше нуля, отже, маємо максимум.

Знайдемо максимальну економічну родючість для даної культури у вибраній ландшафтній зоні. Для цього потрібно підставити у рівняння (4)

Гебрин-Байди Л. В.

знайдену величину $z_{i,j} = \frac{2}{\beta_{i,j}}$ при якій функція економічної родючості досягає максимального значення:

$$\rho_{i,j} = A_{i,j} \frac{4}{\beta_{i,j}^2} e^{-\beta_{i,j} \frac{2}{\beta_{i,j}}} = A_{i,j} \frac{4}{\beta_{i,j}^2} e^{-2} = 4 \frac{A_{i,j}}{\beta_{i,j}^2 e^2} = \frac{4A_{i,j}}{\beta_{i,j}^2 e^2} \quad (8)$$

Виявлення існування максимальної економічної родючості ґрунтів для різних сільськогосподарських культур має велику наукову і практичну цінність.

Знайдені величини максимальної економічної родючості дозволяють ефективно використовувати наявні матеріальні, трудові та фінансові ресурси.

Після досягнення точки максимуму врожайності $(\rho_{i,j})_{\max} = \frac{4A_{i,j}}{\beta_{i,j}^2 e^2}$ немає сенсу для

даної ландшафтної зони збільшувати затрати на вирощування вибраної сільськогосподарської культури. Загальна віддача гектара сільськогосподарських угідь при цьому буде спадати. Тобто економічна родючість ґрунтів зменшуватиметься. Поріг насичення обумовлений технологіями обробітку землі і не впливає на загальну статистичну закономірність залежності врожаю від затрат, а лише може зміщувати параметри оптимальних значень врожайності і величини затрат [8].

З математичної точки зору це означає, що коефіцієнти $A_{i,j}$ та $\beta_{i,j}$ для різних агротехнічних технологій будуть мати різне значення. Схематично представимо зміну економічної родючості на рисунку 1:

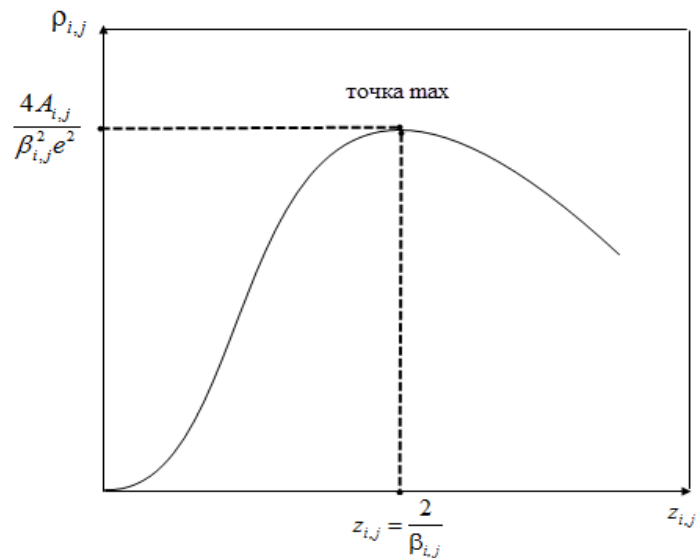


Рис. 1. Залежність економічної родючості сільськогосподарських культур $\rho_{i,j}$ від затрат на вирощування $z_{i,j}$ адаптованої апроксимації для різних ландшафтних зон та с/г культур, відповідні коефіцієнти $A_{i,j}$ та $\beta_{i,j}$

Проаналізувавши статистичну інформацію по ефективності використання земель сільськогосподарського призначення з 1995 по 2014 рр. [10, 14], встановлено, що для побудови нелінійних математичних моделей доцільним є дані по трьох характерних районах та трьох відповідних культурах, які узагальнено описують стан ефективності використання земель сільськогосподарського призначення залежно від ландшафтної зони області (три райони на зону): i – сільськогосподарська культура: i_1 – зернові культури; i_2 – овочі; i_3 – картопля; j – райони області відповідно до ландшафтної зони (низовинна, передгірська, гірська). Для визначення параметрів нелінійної математичної моделі $A_{i,j}$, $\beta_{i,j}$ використаємо статистичні дані залежності економічної родючості від затрат на вирощування сільськогосподарських культур у вибраних ландшафтних зонах Закарпаття. Для цього застосуємо метод найменших квадратів та спеціалізоване програмне забезпечення Matlab. Результати розрахунків визначених параметрів нелійної математичної моделі подано у таблиці.

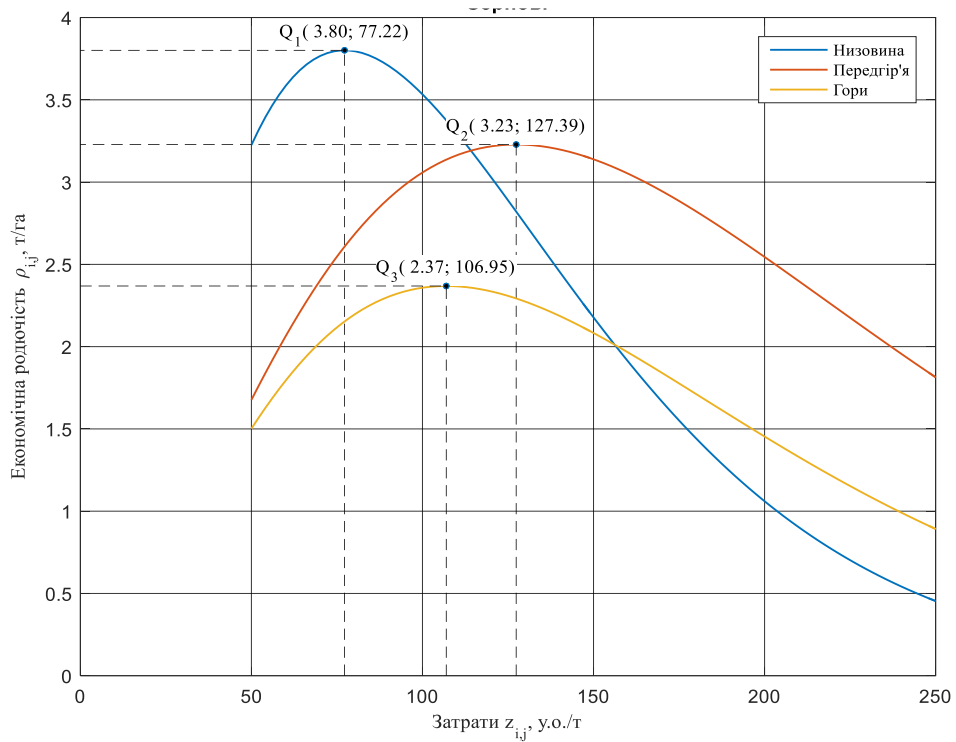
Параметри нелінійної математичної моделі залежності економічної родючості від затрат на вирощування сільськогосподарських культур

Вибрані культури,	Низовина	Передгір'я	Гори
-------------------	----------	------------	------

Гебрин-Байди Л. В.

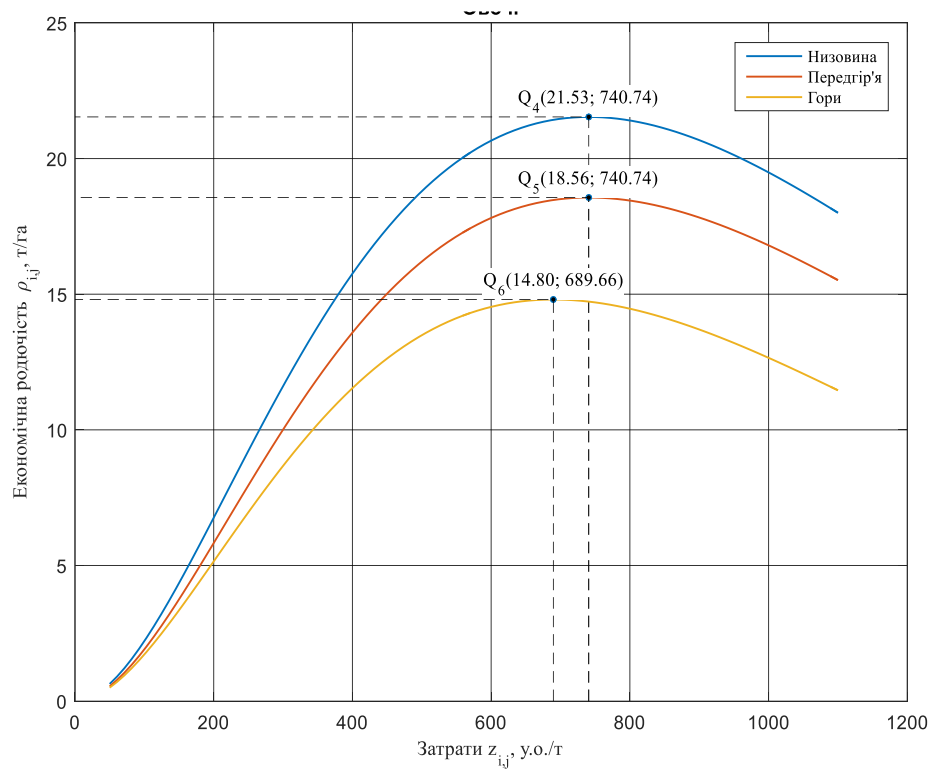
Ландшафтні зони						
Коефіцієнти	$A_{i,j} \cdot 10^{-3}$	$\beta_{i,j} \cdot 10^{-2}$	$A_{i,j} \cdot 10^{-3}$	$\beta_{i,j} \cdot 10^{-2}$	$A_{i,j} \cdot 10^{-3}$	$\beta_{i,j} \cdot 10^{-2}$
Зернові	4,71	2,59	1,47	1,57	1,53	1,87
Овочі	0,29	0,27	0,25	0,27	18,92	2,59
Картопля	8,37	1,57	12,67	2,01	2,88	0,97

Результати дослідження та їх обговорення. Для аналізу ефективності використання земель сільськогосподарського призначення Закарпаття для кожної культури та вибраної ландшафтної зони будуємо графіки економічної родючості (рис. 2а,б,в).

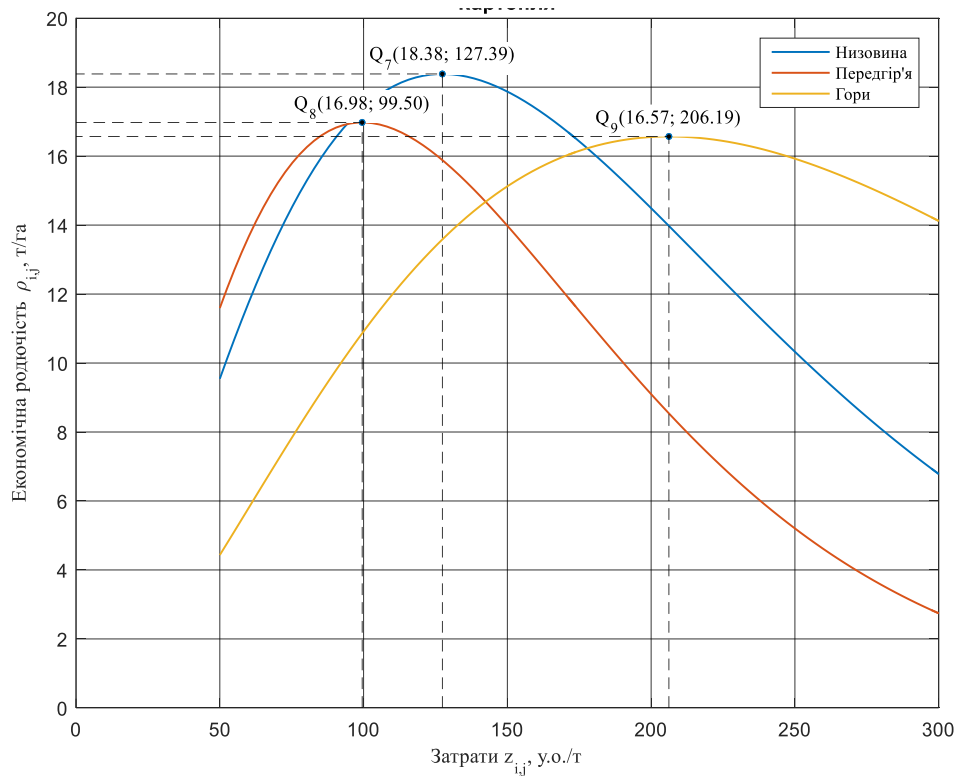


а)

Гебрин-Байди Л. В.



б)



в)

Рис. 2. Залежність економічної родючості від затрат на вирощування згідно з ландшафтними зонами: а) зернових культур, б) овочів, в) картоплі

Гебрин-Байди Л. В.

Детально проаналізувавши графіки залежності економічної родючості від затрат на вирощування, встановлено, що найефективніше вирощувати зернові культури у низовинній ландшафтній зоні. Оскільки при менших затратах можливо збільшити економічну родючість ґрунтів та значно підвищити врожайність, при цьому знайдені критичні затрати, що забезпечують максимальну економічну родючість (точка Q_1 , рис. 2а). Найменша економічна родючість по вирощуванню зернових культур прослідкована у гірській ландшафтній зоні, попри те, що затрати на вирощування є такими як і на низовинній ландшафтній зоні (точка Q_3 , рис.2а). Аналіз передгірської зони, засвідчив, що саме ця зона займає проміжне положення згідно з побудованим графіком (рис. 2а) адже на певному інтервалі затрат економічна родючість в точці насичення (поблизу точки Q_2) змінюється на незначну величину. У зв'язку з цим ефективність використання земель сільськогосподарського призначення в цій ландшафтній зоні пов'язана зі знаходженням інтервалу раціональних затрат.

Дослідження графіка вирощування овочевих культур показує, що найбільш рентабельним є вирощування овочів саме на низовинній ландшафтній зоні (точка Q_4 , рис.2б), а найбільш затратною є гірська частина області, де економічна родючість не значно зростає при збільшенні затрат (точка Q_6 , рис.2б). Залежності економічної родючості від затрат для різних зон є подібними і відрізняються лише точками максимуму (точки Q_4 , Q_5 , Q_6).

Виявлено, що найбільш ефективним є вирощування картоплі у передгірській ландшафтній зоні (точка Q_8 , рис. 2в). При менших затратах на вирощування картоплі економічна родючість є вищою ніж на низовинній та гірській частині області (точки Q_7 , Q_9 , рис.2в). Це означає, що вирощування картоплі є дуже економічно вигідним саме у передгірській ландшафтній зоні. Слід зазначити, що максимальна економічна родючість може досягнути максимуму на низовинній зоні, але тоді потрібно значно збільшити затрати на вирощування (точка Q_7 , рис.2в). Потребує значних затрат на вирощування

Гебрин-Байди Л. В.

картоплі і гірська зона. Для досягнення однакової економічної родючості необхідно значно збільшити затрати на вирощування (точка Q₉, рис.2в).

Всі знайдені параметри характеризують економічну родючість ґрунтів у середньому по ландшафтних зонах, допускаючи певні відхилення, що залежать від методів управління у галузі сільського господарства та наявності відповідних економічних ресурсів.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Дослідження статистичних закономірностей дозволило виявити максимальну економічну родючість ґрунтів для різних ландшафтних зон Закарпаття.

Встановлено, що економічна родючість ґрунтів Закарпаття для різних ландшафтних зон нелінійно залежить від затрат на вирощування сільськогосподарських культур.

Виявлено існування стану насичення родючості ґрунтів залежної від затрат на вирощування основних сільськогосподарських культур.

Запропоновано нелінійну математичну модель залежності економічної родючості від затрат та знайдено величину оптимальних затрат, за яких урожайність сільськогосподарських культур у різних ландшафтних зонах Закарпаття досягає максимальних значень.

Перспективами подальших досліджень є вивчення прикладних аспектів застосування запропонованої моделі у діяльності сільськогосподарських підприємств досліджуваного регіону.

Список літератури

1. Гуторов, О. І. Проблеми сталого землекористування у сільському господарстві: теорія, методологія, практика [Текст] / О. І. Гуторов. – Х.: Едена, 2010. – 405 с.
2. Гусаков, В. Г. Аграрная экономика: термины и понятия : энциклопедический справочник [Текст] / В. Г. Гусаков, Е. И. Дереза. - Минск: Белорусская наука, 2008. – 576 с.
3. Гудзь, В. П. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії [Текст] / В. П. Гудзь, А. П. Лісовал, В. О. Андрієнко, М. Ф. Рибак. - К.: Центр навчальної літератури, 2007. – 408 с.

Гебрин-Байди Л. В.

4. Грицюк, П. М. Статистичне моделювання рентабельності вирощування зернових в Україні [Текст] / П. М. Грицюк // Моделювання та інформаційні системи в економіці. – 2010.– № 80.– С. 107-121.
5. Грицюк, П. М. Моделювання нелінійної динаміки аграрного виробництва в Україні [Текст] / П. М. Грицюк // Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції. Збірник наукових праць. – 2010.– № 2. – С.396-406.
6. Раціональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти [Текст] / за ред. акад. С. А. Балюка, чл.-кор. А. В. Кучера. – Х.: Смуґаста типографія, 2015. – 428 с.
7. Чабан, Г. В. Моделювання як метод прогнозування в сільському господарстві [Текст] / Г. В. Чабан // Зб. наук. пр. Черкаського держ. техн. ун. Сер.:Економічні науки. – 2003. – № 11. – С. 28–41.
8. Цюпко, С. В. Экономико-математические модели прогнозирования развития сельського хазяйства Украины [Текст]: автореф. дис. канд. екон. наук: спец. 08.03.02 / С. В. Цюпко. – К., 2001. – 26 с.
9. Dahmarder, M. Assessment of soil elements in intercropping based on mathematical modeling [Text] / M. Dahmarder, A. Holidiani // Computers and electronics in agriculture. - 2016. - Vol. 122. - P. 218-224.
10. Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians 2003. The Fifth Ministerial Conference “Environment for Europe”. Available at: <http://www.carpathianconvention.org/text-of-the-convention>.
11. Gebrin-Baydi, L.V. Nonlinear mathematical model of the economic soil fertility for landscape areas of the Transcarpathia [Text] / L.V. Gebrin-Baydi, O. O. Zheleznyak, A. O. Tereshenko // Astronomical School’s Report. – 2016. - Vol. 12, № 2. - P. 190-194.
12. Ismailov, A. Mathematical models of fertility for the soils of Azerbaijan [Text] / A. Ismailov, F. Milailsoy // Eurasian Journal Soil Science. – 2015. № 4 (2). - P. 118 – 125.
13. Karadavut, U. Comparative study on some non-linear growth models for describing leaf growth of maize. International / U. Karadavut, Ç. Palta, K. Kökten, A. Bakoğlu [Text] //Journal of Agriculture and Biology. – 2010. - Vol.12. - №2. – P. 227-230.
14. Main Department of Statistics in Zakarpattya region 2014. Available at: <http://www.uz.ukrstat.gov.ua/index2014>.
15. Richards, E. Mathematical modeling in agricultural economics [Text] / E. Richards //Mathematical models in economics. - 2013. - Vol.2. - P. 223-232.

References

1. Hutorov, O. I. (2010). Problemy staloho zemlekorystuvannya u sil'skomu hospodarstvi: teoriya, metodolohiya, praktyka [The problems of sustainable land use in agriculture: theory, methodology, practice]. Edena, 405.
2. Gusakov, V. G., Dereza, E. I. (2008). Agrarnaja jekonomika: terminy i ponjatija: jenciklopedicheskij spravocchnik [Agrarian economy: terms and concepts: encyclopedic reference book]. Minsk: Belorusskaja nauka, 576.
3. Hudz', V. P., Lisoval, A. P., Andriyenko, V. O., Rybak, M. F. (2007). Zemlerobstvo z osnovamy gruntoznavstva i ahrokhimiyi [Agriculture with the basics of soil science and agrochemistry]. Kiev: Tsentr navchal'noyi literatury, 408.
4. Hrytsyuk, P. M. (2010). Statystychno modelyuvannya rentabel'nosti vyroshchuvannya zernovykh v Ukrayini [Statistical modeling of the profitability of grain cultivation in Ukraine]. Modelyuvannya ta informatsiyni systemy v ekonomitsi, 80, 107-121.
5. Hrytsyuk, P. M. (2010). Modelyuvannya neliniynoyi dynamiky ahrarnoho vyrobnytstva v Ukrayini [Modeling of nonlinear dynamics of agrarian production in Ukraine]. Problemy ratsional'noho vykorystannya sotsial'no-ekonomichnoho ta pryrodno-resursnoho potentsialu rehionu: finansova polityka ta investytsiyi, 2, 396-406.
6. Balyuk, S. A., Kucher, A. V. (2015). Ratsional'ne vykorystannya gruntovykh resursiv i vidtvorennya rodyuchosti gruntiv: orhanizatsiyno-ekonomichni, ekolohichni y normatyvno-pravovi aspekty [Rational use of soil resources and reproduction of soil fertility: organizational and economic, environmental and regulatory aspects]. Kharkiv, Smuhasta typohrafiya, 428.
7. Chaban, H. V. (2003). Modelyuvannya yak metod prohnozuvannya v sil'skomu hospodarstvi [Modeling as a method of forecasting in agriculture]. Ekonomichni nauky, 11, 28–41.
8. Cjupko, S. V. (2001). Jekonomiko-matematicheskie modeli prognozirovanija razvitija sel'skogo hazhajstva Ukrainy [Economic and mathematical models for forecasting the development of the agricultural economy of Ukraine]. Kiev, - 26.
9. Dahmarder, M., Holidiani, A. (2016). Assessment of soil elements in intercropping based on mathematical modeling. Computers and electronics in agriculture, 122, 218 – 224.
10. Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians 2003. The Fifth Ministerial Conference “Environment for Europe”. Available at: <http://www.carpathianconvention.org/text-of-the-convention>.
11. Gebrin-Baydi, L. V. Zheleznyak, O. O., Tereshenko, A. O. (2016). Nonlinear mathematical model of the economic soil fertility for landscape areas of the Transcarpathia. Astronomical School's Report, 12 (2), 190 – 194.
12. Ismailov, A., Milailsoy, F. (2015). Mathematical models of fertility for the soils of Azerbaijan. Eurasian Journal Soil Science, 4 (2), 118 – 125.
13. Karadavut, U., Palta, Ç., Kökten, K., Bakoğlu A. (2010). Comparative study on some non-linear growth models for describing leaf growth of maize. Journal of Agriculture and Biology, 12 (2), 227 – 230.
14. Main Department of Statistics in Zakarpattya region 2014. Available at: <http://www.uz.ukrstat.gov.ua/index2014>.

Гебрин-Байди Л. В.

15. Richards, E. (2013). Mathematical modeling in agricultural economics. *Mathematical models in economics*, 2, 223 – 232.

РАЗРАБОТКА НЕЛИНЕЙНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЛАНДШАФТНЫХ ЗОН ЗАКАРПАТЬЯ

Гебрин-Байди Л. В.

Аннотация. Для определения эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения через призму плодородия почв исследована сущность эффективности природопользования и понятия сельскохозяйственной устойчивости как практическая имплементация концепции устойчивого развития в сельском хозяйстве. Рассмотрены некоторые характеристики современного состояния почв ландшафтных зон Закарпаття. Установлено, что экономическое плодородие почв Закарпаття для различных ландшафтных зон нелинейно зависит от затрат на выращивание сельскохозяйственных культур. Определено существование состояния насыщения плодородия почв в зависимости от затрат на выращивание основных сельскохозяйственных культур. Для оценки эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения в Закарпаття предложено нелинейную математическую модель зависимости экономического плодородия почв от затрат на выращивание сельскохозяйственных культур. Проведена оценка эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения Закарпатской области Украины в трех ландшафтных зонах области по традиционным для них сельскохозяйственным культурам. Прибыльным является выращивание зерновых и овощных культур в низинной ландшафтной зоне Закарпатской области Украины, поскольку здесь затрат меньше и есть потенциал повышения плодородия почв и урожайности, чем в предгорной и горной ландшафтных зонах области. Наиболее эффективным является выращивание картофеля в предгорной ландшафтной зоне Закарпатской области Украины, где при меньших затратах на выращивание картофеля экономическое плодородие почв выше, чем в низинной и горной ландшафтных зонах области.

Ключевые слова нелинейная зависимость, математическая модель, сельскохозяйственные культуры, урожайность, экономическое плодородие, ландшафтные зоны, почвы

DESIGN OF NON-LINEAR MATHEMATICAL MODEL FOR EVALUATION OF APPLICATION EFFICIENCY TO LANDSCAPE ZONES OF ZAKARPATTIA

Gebryn-Baydi L.V.

To evaluate the application efficiency of agricultural lands through the perspective of soil fertility the degree of land use efficiency and the concept of agricultural sustainability as the practical implementation of sustainable growth in agriculture were investigated. Some characteristics of the current state of soils in the

Гебрин-Байди Л. В.

landscape zones of Zakarpattia were studied. It was stated that economic fertility of soils in various landscape zones of Zakarpattia shows non-linear dependence on the cost of growing crops. The dependence of soil saturation state on cost of growing main crops is revealed. In order to evaluate the application efficiency of agricultural land use in Zakarpattia a non-linear model of dependence of economic soil fertility on cost of growing crops is proposed. Evaluation of application efficiency of agricultural lands in Zakarpattia oblast in Ukraine for three landscape zones by conventional crops is performed. Growing crops and vegetables is recognized as profitable activity in lowlands of Zakarpattia oblast in Ukraine because of lower cost and a potential increase in soil fertility compared to piedmont and mountain landscape zones in the oblast under study. The most effective is growing potatoes in piedmont landscape zone of Zakarpattia oblast in Ukraine where the cost for growing potatoes is lower and the soil fertility is higher than in the lowlands and mountain zones of the oblast.

Keywords: *non-linear dependence, mathematical model, crops, economic fertility, efficiency, landscape zones, soils.*