

УДК 658.562

## Математична модель оцінки діагностичної цінності ознак в задачах контролю якості ґрунту

М.П. Гусаренко, Н.О. Любимова

*Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва  
(м. Харків, Україна)*

В статті розглядаються питання можливості вирішення задачі інтегрованого керування якістю контролю землі з метою виконання норм природокористування та прогнозованого вирішення завдань отримання максимального урожаю, стратегічного керування технологічними процесами для зменшення дегуміфікації. Стратегічний напрямок використання земельних ресурсів у перспективі визначає його подальший характер використання, вибір сівозмін, застосування оптимальних технологічних процесів, строків висіву та збору урожаю, тощо... Необхідною ланкою для цього є контроль якості проведених польових робіт, фізичних, хімічних та біологічних показників антропогенного впливу.

Запропонована математична модель для можливості діагностики об'єкту контролю та отриманням у подальшому узагальнюючих показників його якості (ґрунту). Розглядається діагностична цінність ознак (показники хімічного та фізичного стану землі, результати оцінки якості обробітку, хімічної меліорації, якості робіт по удобренню, проведеної сівби, застосування гербіцидів, проведення перевірки якості заходів боротьби із шкідниками, збиральних робіт тощо), розробка аналітичних залежностей критеріїв, із можливістю діагностики об'єкту та отриманням у подальшому узагальнюючих показників якості контролю. Експериментальні дані отримують згідно нормативним вимогам у визначені строки.

Проведена постановка діагнозу при вірогіднісних методах розпізнавання наступна. Побудоване вирішальне правило, за допомогою якого, сукупність ознак, що діагностується, віднесена до одного із можливих станів (діагнозів). Оцінена вірогідність прийнятного рішення та ступінь ризику помилкового рішення. Кількісне визначення діагностичної цінності окремої ознаки, комплексу ознак або узагальнюючих ознак проведено на основі теорії інформації. Діагностична цінність ознак визначається долею кількості інформації, що привнесена цією ознакою в систему розпізнавання стану. Більшість ознак (складні) при оцінюванні стану ґрунтів визначають наявність ряду градацій – діагностичні інтервали, так як завжди можливо кількісно чітко з'ясувати, як порогові.

Отримані результати дослідження можливо використати для формалізації оцінки стану ґрунтів з метою впорядкування землеустрою і кадастру, вирішення загальних діагностичних задач стратегічного та поточного корегування і поліпшення якості землі для отримання ефективних і оптимальних рішень покращення урожайності.

**Ключові слова:** ґрунт, прогнозування, урожай, контроль якості, математична модель, ознака, діагностика, прийняття рішення.

Проблеми контролю, обліку, економічного використання народно - господарських та природних ресурсів стали першочерговими для вирішення на державному рівні. За останні роки Кабінетом Міністрів України прийнято ряд постанов, що спрямовані на розробку, впровадження у виробництво та вдосконалення більш досконалої методології та організації контролю в галузі регулювання витрат енергії, води та раціонального використання сільськогосподарських ґрунтів.

Контроль – найважливіша складова з усіх сфер суспільного виробництва. Від її професійного вирішення суттєво залежить ефективність та якість проведення технологічних та природних процесів. За відсутності системи інтегрованого керування використанням природних ресурсів України збитки за останні роки дуже збіль-

шилися. У зв'язку із цим Верховною Радою України запропонований комплекс заходів, що спрямований на вдосконалення системи моніторингу для оцінки впливу антропогенних чинників на довкілля, забезпечення екологічного контролю та виконання екологічних нормативів викидів та скидів речовин, що забруднюють атмосферу, гідросферу, літосферу та біосферу. Для оцінки стійкості екосистем (літосфери) використовують поняття екологічного резерву. Це різниця між гранично допустимим відхиленням та фактичним станом екосистеми. Вона вказує на розміри тієї буферної зони, в межах якої можливі неруйнівні зміни [1- 3].

Кожні 10 років людство втрачає близько 7% верхнього шару землі внаслідок ерозії, що заподіяна природними або антропогенними вплива-

ми. Характер деградаційних тенденцій ґрунтоутворення в екологічному аспекті досить прозоро діагностується [4].

Дегуміфікація є одним з найхарактерніших супутників нераціонального використання ґрунту в аграрному виробництві. На Україні оперативний контроль стану природних об'єктів (атмосфери, гідросфери та літосфери) потребує великих матеріальних витрат. На сьогоднішній день недостатньо розвинуті комплексні математичні моделі для контролю, оцінки та подальших стратегічних рішень для збереження та відновлення родючості сільськогосподарських ґрунтів [4, 5]. Тому виникає задача розробки нових більш досконалих методів та засобів, що дозволяють вирішити протиріччя між інформаційним забезпеченням систем контролю ґрунту та економічними витратами на їх забезпечення без втрат якості контролю.

**Метою роботи** є теоретичне обґрунтування методів та засобів контролю якості ґрунту при вирішенні проблеми контролю багатofакторних антропогенних впливів шляхом побудови математичної моделі, розробка аналітичних залежностей критеріїв, із можливістю діагностики та отримання у подальшому узагальнюючих показників якості об'єкту контролю.

**Об'єктом дослідження** є якісні показники фізичних, хімічних та біологічних процесів, що впливають на стан ґрунту в умовах антропогенного навантаження, що необхідно для виконання вимог норм природокористування.

**Предметом дослідження** вивчення та впливу при виконанні екологічного моніторингу є фізичні, хімічні та біологічні процеси, що впливають на стан ґрунту.

**Постановка задачі.** Для побудови математичної моделі в задачі діагностики природного об'єкту (ґрунту) необхідно отримати сукупність масивів апріорної інформації із встановленням стану згідно показників, що регламентуються нормами природокористування. Це можуть бути показники хімічного та фізичного стану землі, результати оцінки якості обробітку, хімічної меліорації, якості робіт по удобренню, проведеної сівби, застосування гербіцидів, проведення перевірки якості заходів боротьби із шкідниками, збиральних робіт.

Для оцінки якості проведених технологічних операцій з метою оптимізації фізичного та хімічного стану ґрунту, що характеризується структурно-агрегатним складом, щільністю, загальною та диференційованою шпаруватістю, водоутримувальною здатністю і показниками механічних властивостей використовують головні кількісні регламентні показники, що мають важливе значення для нормального розвитку рослин [1,4]. Експериментальні дані отримують згідно нормативним вимогам у визначені строки. Від якісного

контролю таких показників, їх подальшої обробки та корекції технологічних операцій залежить і кінцевий результат – отриманий урожай. Потрібно своєчасно ідентифікувати стан ґрунту та виробляти стратегічні засади для його оптимального функціонування.

Контроль природних об'єктів (ґрунту, води, повітря) протікає в умовах багатозв'язності, динамічності, багатопараметричності, нестаціонарності та інших особливостей. Він повинен своєчасно ідентифікувати стан, дозволяти оперативно формувати та надавати технологічні впливи, що його корегують.

В задачах діагностики стан природної системи описують за допомогою комплексу ознак

$$K = (k_1, k_2, \dots, k_j, \dots, k_\mu),$$

де  $k_j$  – ознака, що має  $\mu_j$  разрядів.

Фактично, стан ґрунту, що спостерігається, збігається із визначеною реалізацією ознаки та позначається верхнім індексом (\*). В загальному випадку стан ґрунту співпадає із визначеною реалізацією ознаки. Наприклад, стан ґрунту із пониженою величиною щільності визначаємо як

$$K^*_j = k_{j3}$$

В загальному випадку поточний стан ґрунту визначається як реалізація комплексу ознак

$$K^* = (k^*_1, k^*_2, \dots, k^*_j, \dots, k^*_\mu).$$

В цьому плані в багатьох алгоритмах розпізнавання стану ґрунту можливо характеризувати систему параметрів  $x_j$ , що утворює  $\eta$  – мірний вектор або точку в  $\eta$  – мірному просторі

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_\eta)$$

В більшості випадків параметри  $x_j$  мають безперервний розподіл, тоді як опис ознаки  $k_j$  – може бути представлений в дискретній формі.

В екологічній та технічній діагностиці всі можливі стани системи, що досліджуються – діагнози – вважають за відомі. Однак, для опису об'єкту використовують два основні підходи в завданні розпізнавання стану, що контролюється: вірогіднісний та детерміністичний.

Постановка діагнозу при вірогіднісних методах розпізнавання наступна.

Система, що спостерігається, знаходиться в одному із  $n$  випадкових станів  $D_j$ . Відома сукупність ознак (параметрів), кожен із котрих із визначеною вірогідністю характеризує стан системи. Потрібно побудувати вирішальне правило, за допомогою котрого, сукупність ознак, що діаг-

ностується, буде віднесена до одного із можливих станів (діагнозів). Бажано також оцінити вірогідність прийнятого рішення та ступінь ризику помилкового рішення.

Кількісне визначення діагностичної цінності окремої ознаки, комплексу ознак або узагальнюючих ознак може бути проведено на основі теорії інформації [7, 8]. Головний принцип цього підходу полягає в наступному: діагностична цінність ознак визначається долею кількості інформації, що привнесена цією ознакою в систему розпізнавання стану. Ознаки поділяються на прості та складні [8, 9]. Більшість ознак (складні) у нашому випадку при оцінюванні стану ґрунтів визначають наявність ряду градацій – діагностичні інтервали, так як їх завжди можливо кількісно чітко з'ясувати, як пороги.

Потрібно визначити діагностичну вагу ознаки  $k_j$ , яка має для даного стану ґрунту  $k_{js}$  – реалізацію ознаки  $k_j$ . Визначимо її як  $k_j^*$ , будемо мати  $k_j^* = k_{js}$ .

В цьому випадку в якості діагностичної ваги реалізації ознаки  $k_j$  для діагнозу  $D_i$  приймаємо співвідношення [9]

$$Z_D(k_j^*) = Z_D(k_{js}) = \log \frac{P(D_i / k_{js})}{p(D_i)}, \quad (1)$$

де  $P(D_i / k_{js})$  – вірогідність діагнозу  $D_i$  за умови, що ознака вимірювання  $k_j$  отримала значення  $k_{js}$ ;  $P(D_i)$  – апіорна вірогідність діагнозу. Величина  $Z_D(k_{js})$  – цінність інформації – з точки зору теорії інформації уявляє собою інформацію про стан об'єкту  $D_i$  (ґрунту), котрий має стан ознак  $k_{js}$  [7].

Якщо вірогідність стану об'єкту  $D_i$  після того, як з'ясувалось, що ознака  $k_j$  має реалізацію в інтервалі  $s$ , збільшилась [ $P(D_i / k_{js}) > P(D_i)$ ], то  $Z_D(k_{js}) > 0$ . Тобто, діагностична вага даного інтервалу ознаки для даного діагнозу додатна. У випадку, якщо наявність параметру на інтервалі  $s$  не змінює вірогідність діагнозу, то отримуємо межу для діагнозу

$$Z_D(k_{js}) = 0, \text{ так як } [P(D_i / k_{js}) = P(D_i)].$$

Діагностична вага інтервалу  $s$  ознаки  $k_j$  по відношенню до діагнозу  $D_i$  у третьому випадку може бути заперечною (заперечення діагнозу).

Діагностичну вагу наявності ознаки  $k_j$  в інтервалі  $s$  можливо записати у такому вигляді, більш зручному для конкретних розрахунків [8 - 10].

$$Z_D(k_j) = \log_2 \frac{P(k_{js} / D_i)}{P(k_{is})}, \quad (2)$$

де  $P(k_{js} / D_i)$  – вірогідність появи інтервалу  $s$  ознаки  $k_j$  для об'єктів із діагнозом  $D_i$ ;  $P(k_{is})$  – вірогідність появи цього інтервалу у всіх об'єктах із різними діагнозами.

Еквівалентність рівнянь (1) і (2) витікає із наступного рівняння

$$\begin{aligned} P(k_{js})P(D_i / k_{js}) &= \\ = P(D_i)P(k_{js} / D_i) &= \\ = P(k_{js} / D_i) & \end{aligned}$$

Одним із головних напрямків використання запропонованого підходу є проблема оцінки стану ґрунтів в екологічному моніторингу. Серед двох основних завдань є установлення діагнозу та контроль стану складних систем. Перше завдання пов'язане із проблемою розпізнавання образів [8, 9]. Питання діагностики та прогнозування розглядаються [9, 10].

При математичній постановці задачі діагностування необхідно використовувати методи задачі розпізнавання образу як задачі відновлення функції, що розділяє із найменшим ризиком [9]. Ця задача достатньо складна сама по собі, а тому задача відновлення на практиці стає майже умовною. Математична теорія інформації із її основними положеннями суттєво впливає на формалізацію задач діагностичних проблем, в котрих одним із напрямків є оцінка діагностичної цінності [9] в тому числі і для оцінки стану ґрунтів.

**Висновок** Отримані результати дослідження можливо використати для формалізації оцінки стану ґрунтів з метою впорядкування землестрою і кадастру, вирішення загальних діагностичних задач стратегічного та поточного корегування і поліпшення якості землі для отримання ефективних і оптимальних рішень покращення урожайності.

## Література

1. ДСТУ ISO 11074-1:2004 Якість ґрунту. Словник термінів. Частина 1. ISO 11074-1:1996. Забруднення та охорона ґрунтів.
2. ДСТУ ISO 11074-2:2004 Якість ґрунту. Словник термінів. Частина 2.
3. ДСТУ ISO 11074-4:2004 Якість ґрунту. Словник термінів. Частина 4.

4. Тихоненко Д.Г. Грунтознавство: Підручник для вузів / Д.Г. Тихоненко – К.: Вища освіта, 2005. – 703 с.

5. Надточій П.П. Екологія ґрунту та його забруднення / П.П. Надточій, В.Г. Гермашенко, Ф.В. Вольвач. – К.: Урожай, 2011. – 170 с.

6. Руденко А.О. Основи екології / А.О. Руденко. – Миколаїв, 2011. – 210 с.

7. Сайко В.Ф. Довідник по визначенню якості польових робіт / В.Ф. Сайко, А.М. Малієнко,

М.В. Коломієць та ін.. – К.: Урожай, 1987. – 120 с.

8. Гроп Д. Методі ідентифікації систем / Д. Гроп // Пер с англ.. В.А. Васильєва. – М.: Мир, 1997. – 302 с.

9. Биргер И.А. Определение диагностической ценности признаков / И.А. Биргер. – М.: Кибернетика, 1998, – С. 80 - 85.

10. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1998. – 240 с.

## Аннотация

### Математическая модель оценки диагностической ценности признаков в задачах контроля качества почвы

М.П. Гусаренко, Н.О. Любимова

В статье рассматриваются вопросы решения задачи интегрированного управления качеством контроля земли сельскохозяйственного использования с целью выполнения норм природного пользования и прогнозированного решения задач получения максимального урожая и стратегического управления технологическими процессами для уменьшения дегумификации. Стратегическое направление использования земельных ресурсов в перспективе определяет его дальнейший характер использования, выбор севооборота, использование оптимальных технологических процессов, сроков посева и сбора урожая и т.д. Необходимым звеном для этого есть контроль качества проведенных полевых работ, физических, химических и биологических показателей антропогенного воздействия.

Предложена математическая модель для возможности диагностики объекта контроля с получением в дальнейшем обобщающих показателей качества грунта. Рассматривается диагностическая ценность признаков (показатели химического и физического состояния земли, результаты оценки качества обработки, химической мелиорации, качества работ по удобрению, проведенного посева, применения гербицидов, проведения проверки качества мероприятий по борьбе с вредителями, уборочных работ, и т. д...). Разработаны аналитические зависимости критериев с возможностью диагностики объекта и получением в дальнейшем обобщающих показателей качества контроля.

Экспериментальные данные получают в соответствии с нормативными требованиями в оговоренные сроки. Проведена постановка диагноза с использованием вероятностных методов распознавания образа. Получено решающее правило, с помощью которого, совокупность диагностируемых признаков, отнесена к одному из возможных состояний (диагнозов). Оценена вероятность принятого решения и степень риска ошибочного решения. Количественное определение диагностической ценности отдельного признака, комплекса признаков или обобщающих признаков проведено на основе теории информации. Диагностическая ценность признаков определяется долей количества информации, которая принесена этим признаком, в систему распознавания состояния.

Полученные результаты исследования можно использовать для формализации оценки состояния грунта с целью упорядочивания землеустройства и кадастра, решения общих диагностических задач стратегической и текущей коррекции и улучшения качества земли, для получения эффективных и оптимальных решений повышения урожая.

**Ключевые слова:** *грунт, прогнозирование, урожай, контроль качества, математическая модель, признак, диагностика, принятие решения.*

## Abstract

### A mathematical model for evaluating the diagnostic value of signs in soil quality control tasks

M.P. Gusarenko, N.O. Lubimova

The article deals with the solution of the problem the integrated management of land quality control agricultural use in order to fulfill the norms of the natural usage and solving the predicted maximum yield and strategic management of technological processes in order to reduce dehumification. The strategic direction

the use of land resources in future determines the nature of its further use, the choice of crop rotation, the use of optimal technological processes, sowing time and harvest, etc.

An essential element for this is the quality control of field work, physical, chemical and biological indicators of human impact. A mathematical model for the diagnosis of an object of verification capabilities to give further generalizing the soil quality indicators.

Is considered diagnostic value of signs (indicators of chemical and physical condition of the land, the quality of treatment results of the evaluation, chemical reclamation, quality of work fertilization, conducted by seeding, herbicide application, inspection of quality measures for pest control, harvesting, and so on.).

Analytical dependence criteria with the possibility of diagnosing the object and obtain further general indicators of quality control are developed. Experimental data obtained in accordance with the regulatory requirements within a specified time. Spend diagnosis using probabilistic pattern recognition methods. Obtained decision rule by which, the totality of symptoms diagnosed, classified as one of the possible states (diagnoses).

It estimates the probability of the decision and the risk of erroneous decisions. Quantitative determination of the diagnostic value of a single attribute, the complex features or features generalizing conducted on the basis of information theory.

The diagnostic value of signs is determined by the proportion of the amount of information that has brought this feature, the status detection system.

The results of research can be used to formalize the assessment of ground conditions with the aim of organizing land management and cadastre, address common diagnostic problems of strategic and current correction and improvement of the quality of land, to produce an effective and optimal solutions to increase yield.

**Keywords:** soil, forecasting, yield, quality control, mathematical model, sign, diagnosis, decision making.

---

**Представлено від редакції: В.І.Пастухов / Presented on editorial: V.I. Pastuhov**

**Рецензент: І.В. Морозов / Reviewer: I.V. Morozov**

*Подано до редакції / Received: 4.07.15*