

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КІЛЬКОСТІ ПРОБ ҐРУНТУ В ЗАДАЧАХ АГРОМОНІТОРИНГУ

**Р. Семенюк,**

<https://orcid.org/0000-0001-5139-6330>, e-mail: SemeniukRoman@i.ua\

**М. Павлишин** д-р. техн. наук, проф,

<https://orcid.org/0000-0003-4223-4828>

НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського»

**Анотація.** Стаття описує дослідження методів нечіткої класифікації для оптимізації кількості проб ґрунту в задачах агромоніторингу. Для вирішення поставленого завдання був обраний метод нечіткої ідентифікації, який можна застосувати у вибірках малого об'єму, які часто використовуються для опрацювання

**Постановка проблеми.** Одним з важливих питань ведення сільськогосподарського виробництва є оцінка забезпеченості сільськогосподарських угідь поживними речовинами. Для визначення агрохімічного стану поля потрібна оцінка багатьох показників. Оцінка якості елементарної ділянки неможлива без агромоніторингу.

В інтелектуалізації процедури опрацювання експериментальних даних використовується їхня попередня класифікація для визначення виду розподілу. Наявність такої інформації дозволяє вибрати найбільш ефективну оцінку вимірюваної величини, тобто результат вимірювання, який має найменшу стандартну невизначеність. Крім того, попереднє знання розподілу вибірки дозволяє точніше визначити коефіцієнт охоплення під час обчисленні розширеної невизначеності.

Однією із задач цієї роботи є використання класифікації для вибірок малого об'єму, що є актуальним під час опрацювання даних в сільському господарстві.

**Мета дослідження** - оптимізація кількості проб ґрунту в задачах агромоніторингу.

**Аналіз літератури.** Аналіз літературних джерел показав, що найбільш перспективним напрямком під час опрацювання вибірок малого об'єму, які часто використовуються в агромоніторингу, є нечітка класифікація або ідентифікація [2].

Нечітка ідентифікація виду розподілу дозволяє вирішити задачу під час вибірки малого об'

даних у сільському господарстві. Результати дослідження представлені рекомендованою кількістю вибірок.

**Ключові слова:** нечітка класифікація, метод нечіткої ідентифікації, агромоніторинг, ґрунт, проба.

сягу (починаючи з числа членів вибірки, рівного 9) і може бути використана для великого числа розподілів, а також легко реалізується програмним шляхом. Ще одною перевагою цього методу є його швидкодія.

Тому для опрацювання вибірок з числовими даними у подальших розділах був обраний метод нечіткої ідентифікації, запропонований Клікушиним [2].

**Виклад матеріалу.** Сільгосптоваровиробники вдаються до процедури аналізу ґрунту для того, щоб з'ясувати, чи є він безпечним і наскільки він збагачений макро- і мікроелементами. У результаті дослідження постає питання оптимальної кількості проб ґрунту.

На практиці часто виникають задачі опрацювання результатів вимірювань за малих об'ємів вибірок. При цьому невизначеність результату вимірювання доволі велика.

Як показали дослідження, проведені в роботах [1], [2], знання виду розподілу має важливе значення під час опрацювання результатів вимірювань.

Знання виду розподілу дозволяє:

- значно підвищити точність оцінок, що є результатами вимірювань завдяки вибору найбільш ефективних [4].

- набагато точніше визначити коефіцієнт охоплення для розширеної невизначеності [1], [2] замість вибору оцінки зверху. Отже, знання розподілу дозволяє зменшити і стандартну, і розширену невизначеність.

Ось у роботі [1] наведено ефективні оцінки

(медіана, середина розмаху), знайдені статистичним опрацюванням вибірок, розподілених за іншими, ніж нормальний, розподілами. Якщо розподіл генеральної сукупності, з якої отримують практичну вибірку скінченного обсягу, є інший ніж нормальний, то середнє значення не обов'язково буде найкращою оцінкою результату вимірювання.

Нечітка ідентифікація, продемонстрована в роботі [2], розроблена тільки для фіксованого об'єму вибірки ( $n=9$ ,  $n=17$ ). У роботі [3] було проведено подальше дослідження алгоритму нечіткої ідентифікації, розширення його можливостей дослідження.

Розрахунок дисперсій нечітких оцінок (НО) [2] в роботі [3] показав, що розсіяння НО за об'єму вибірки  $n=9$  доволі велике і зменшується зі збільшенням об'єму вибірки. Тому зменшення об'єму вибірки від 9 недоцільне, тому що достовірність класифікації різко зменшується. За  $n=17$  ймовірність неправильної класифікації зменшується вдвоє, за  $n=25$  вона незначна.

Для зменшення дисперсії НО в роботі [2] рекомендується проводити нечітку класифікацію за декількома вибірками малого об'єму.

Аналіз вірогідності ідентифікації дозволяє визначити необхідну кількість вибірок за умов заданої вірогідності класифікації.

Якщо задати, наприклад, ймовірність правильної класифікації  $P_k=95\%$ , то можна визначити необхідну кількість вибірок.

Ймовірність зміни лінгвістичного коду:  $P=1-P_k$

$$P_1 = \sqrt{1-P_k}$$

Аналіз показав, що у більшості випадків  $P_H = 2P_1$ .

Відповідно  $P_1 = \frac{P_H}{2} = 0,25$ , тоді  $P_k = 0,975$ .

$\sqrt{1-P_1} = 0,5 - \Phi\left(\frac{h_{кр}}{\sqrt{D_{НО}}}\right)$ , звідси:

$$n = \sqrt{\frac{D_{НО} \{ \Phi^{-1}(\sqrt{1-\frac{P_H}{2}} - 0,5) \}^2}{h_{кр}^2}}$$

Результати розрахунків кількості вибірок, які були проведені для нормального та інших розподілів, наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1** – Рекомендована кількість вибірок для різних розподілів за заданою вірогідністю класифікації

Назва розподілу	Кількість вибірок за ймовірністю правильної класифікації за $n=9$	
	$P_k=95\%$	$P_k=99\%$
Нормальний	10	18
Коши	9	17
Рівномірний	10	18
Лапласа	9	17
Арксинусний	8	16

Дослідження достовірності за однією вибіркою  $n=9$  показало, що ймовірність зміни лінгвістичного коду досить велика. Якщо об'єм вибірки менший 9, то через велику дисперсію порядкових статистик отримуємо низьку достовірність класифікації. Зі збільшенням об'єму вибірки достовірність класифікації значно підвищується.

Висновки. Проведене дослідження методів нечіткої класифікації для оптимізації кількості проб ґрунту в задачах агромоніторингу. Для вирішення поставленого завдання був обраний метод нечіткої ідентифікації, який можна застосувати у вибірках малого об'єму, які часто використовуються під час опрацювання даних у сільському господарстві.

Для підвищення ймовірності класифікації рекомендується усереднення декількох вибірок. Мінімальна кількість вибірок може бути визначена за заданою вірогідністю. У роботі був проведений розрахунок необхідної кількості вибірок для різних розподілів за заданою вірогідністю класифікації.

## Література

1. Дорожовець М. Опрацювання результатів вимірювань, Навч. посібник. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2007. - 624 с.
2. Кликушин Ю.Н. Представление случайных сигналов с помощью принадлежностных спектров. - Омский государственный технический университет: "Журнал радиоэлектроники", №2, 2000.
3. Семенюк Р.С. Використання нечіткої класифікації виду розподілу для вибірок малого

об'єму / Семенюк Р.С. Яремчук Н.А. // Інформаційні системи, механіка та керування. – 2017. – №17. – С. 40-50.

4. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. Королюк В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф. - М.: Наука, 1985. - 640с.

5. Новицкий П.В., Зograf И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1985. — 248 с.: ил..

### Literature

1. Dorozhovets M. Working out the results of measurements, Teach. manual. - Lviv: Publishing House of the National University "Lviv Polytechnic", 2007 - 624 pp.

2. Klikushin Y.N. Representation of random signals by means of accessory spectra. - Omsk State Technical University: Journal of Radio Electronics, No. 2, 2000.

3. Semeniuk R.S. The use of fuzzy classification of the distribution type for samples of small volume / Semeniuk R.S. Yaremchuk N.A. // Information systems, mechanics and management. - 2017 - №17. - pp. 40-50.

4. Handbook on the theory of probability and

mathematical statistics. Korolyuk V.S., Portenko N.I., Skorokhod A.V., Turbin A.F. - Moscow: Nauka, 1985. – 640 pp.

5. Novitsky P.V., Zograf I.A. Estimation of errors of measurement results. 1985. - 248 pp.

### Literatura

1. Dorozhovets' M. Opracjuvannja rezul'tativ vimirjuvan', Navch. posibnik. -L'viv: Vidavnicтво Nacional'nogo universitetu "L'vivs'ka politehnika", 2007. - 624 s.

2. Klikushin Ju.N. Predstavlenie sluchajnyh signalov s pomoshh'ju prinallezhnostnyh spektrov. - Omskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet: "Zhurnal radioelektroniki", №2, 2000.

3. Semeniuk R.S. Vykorystannja nechitkoi klasifikacii vydu rozpodilu dlja vybirok malogo ob'emu / Semeniuk R.S. Yaremchuk N.A. // Informacijni systemy, mehanika ta keruvannja. – 2017. – №17. – S. 40-50.

4. Spravochnik po teorii verojatnostey i matematicheskoy statistike. Koroljuk V.S., Portenko N.I., Skorohod A.V., Turbin A.F. - M.: Nauka, 1985. - 640s.

5. Novickiy P.V., Zograf I.A. Ocenka pogreshnostey rezul'tatov izmereniy. 1985. - 248s.

UDC 631.471

## THE USE OF FUZZY CLASSIFICATION METHODS TO OPTIMIZE THE AMOUNT OF SOIL SAMPLES IN AGRO-MONITORING TASKS

**R. Semeniuk**

<https://orcid.org/0000-0001-5139-6330>, e-mail: SemeniukRoman@i.ua

**M. Pavlyshyn** Doctor of engineering sciences, professor,

<https://orcid.org/0000-0003-4223-4828>

NTUU Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

### Summary.

*In the article the research of methods of fuzzy classification for optimization of the amount of soil samples in the tasks of agromonitoring is conducted. A fuzzy identification method was chosen*

*to solve the problem, that can be applied in small sample sizes, which are often used in the processing of data in agriculture. The results of the study are presented in the form of a recommended number of samples.*

УДК 631.471

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВА ПРОБ ПОЧВЫ В ЗАДАЧАХ АГРОМОНИТОРИНГА

**Р. Семенюк**

<https://orcid.org/0000-0001-5139-6330>, e-mail: [SemeniukRoman@i.ua](mailto:SemeniukRoman@i.ua)

**Н. Павлишин** д-р. техн. наук, проф,

<https://orcid.org/0000-0003-4223-4828>

НТУУ «КПИ им. И.Сикорского»

***Аннотация.** В статье описано исследование методов нечеткой классификации для оптимизации количества проб почвы в задачах агромониторинга. Для решения поставленной задачи был выбран метод нечеткой идентификации, который можно применить в выборках малого объема, которые часто используются при об-*

*работке данных в сельском хозяйстве. Результаты исследования представлены в виде рекомендованного количества выборок.*

***Ключевые слова:** нечёткая классификация, метод нечеткой идентификации, агромониторинг, почва, проба.*