

МІХАЛЕВСЬКИЙ ВІТАЛІЙ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8197-8005>e-mail: cezar_mv@ukr.net

РІВНОМІРНА ТА НЕРІВНОМІРНА ДИСКРЕТИЗАЦІЯ НЕПЕРЕРВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЕРОЗІЇ ҐРУНТУ

У статті розглядаються підходи до дискретизації неперервної інформації в контексті дослідження інформаційних систем моніторингу ерозії ґрунту. Зокрема, розглядаються рівномірна та нерівномірна дискретизації як два основні підходи до обробки даних, що впливають на точність аналізу динамічних процесів. Визначено, що рівномірна дискретизація є ефективною у випадках стабільної динаміки зміни параметрів, тоді як нерівномірна дискретизація забезпечує адаптивний підхід до аналізу змінних умов, що характерні для ерозійних процесів. Адаптивним методам дискретизації приділено особливу увагу, вони дозволяють підвищити точність оцінки ерозійних процесів за рахунок оптимального розподілу точок відбору даних. Проаналізовано сучасні алгоритми дискретизації та їх застосування у геоінформаційних системах, а також оцінено вплив вибору методу на якість прогнозування та ефективність обробки просторово-часових даних. Запропонований підхід сприяє підвищенню точності моделей ерозії ґрунту, що має важливе значення для сталого управління земельними ресурсами та розробки стратегій запобігання деградації ґрунтового покриву.

Ключові слова: ерозія ґрунту, дискретизація, рівномірна дискретизація, нерівномірна дискретизація, геоінформаційна система.

MIKHALEVSKIY VITALII

Khmelnysky National University

UNIFORM AND UNUNIFORM DISCRETIZATION OF CONTINUOUS INFORMATION IN THE STUDY OF SOIL EROSION INFORMATION SYSTEM

The article considers approaches to discretization of continuous information in the context of the study of soil erosion monitoring information systems. In particular, uniform and non-uniform discretization are considered as two main approaches to data processing that affect the accuracy of the analysis of dynamic processes. It is determined that uniform discretization is effective in cases of stable dynamics of parameter changes, while non-uniform discretization provides an adaptive approach to the analysis of variable conditions characteristic of erosion processes. Special attention is paid to adaptive discretization methods, they allow to increase the accuracy of the assessment of erosion processes due to the optimal distribution of data sampling points. Modern discretization algorithms and their application in geographic information systems are analyzed, and the impact of the choice of method on the quality of forecasting and the efficiency of spatiotemporal data processing is assessed. The proposed approach contributes to increasing the accuracy of soil erosion models, which is of great importance for sustainable land management and the development of strategies to prevent soil cover degradation. It is found that adaptive algorithms based on non-uniform discretization allow for improving the detailing of critical erosion zones and minimizing errors in the analysis of remote sensing data. The possibilities of integrating discretization methods with geographic information systems (GIS), satellite technologies, and erosion process prediction models are also analyzed. It is determined that combined approaches that combine elements of uniform and non-uniform discretization can provide an optimal balance between data processing speed and their accuracy. The results obtained can be used to develop more effective methods for assessing and predicting erosion processes, as well as to improve data processing algorithms in environmental monitoring systems. The proposed approach contributes to increasing the accuracy of soil erosion models, which is important for sustainable land management and the development of strategies to prevent soil degradation.

Keywords: soil erosion, discretization, uniform discretization, non-uniform discretization, geographic information system.

Вступ

Актуальність теми. Ерозія ґрунту є однією з найважливіших екологічних проблем, що призводить до втрати родючості, зниження продуктивності сільськогосподарських угідь та деградації природних ландшафтів [1]. У цьому контексті сучасні інформаційні системи відіграють ключову роль у зборі, обробці та аналізі великого обсягу просторово-часових даних, отриманих із супутникових знімків, дронів та наземних сенсорів. Для ефективного аналізу таких даних важливе значення має дискретизація – процес перетворення неперервних даних у дискретну форму, що дозволяє підвищити точність та швидкість обробки інформації. Актуальність теми дискретизації неперервної інформації в дослідженні інформаційних систем ерозії ґрунту зумовлена зростаючою необхідністю моніторингу деградаційних процесів у довкіллі. Вибір між рівномірною та нерівномірною дискретизацією впливає на ефективність інформаційних систем моніторингу ерозії ґрунту. Рівномірна дискретизація забезпечує простоту обчислень, проте може призводити до втрати важливих деталей у випадках нерівномірного розподілу змінних, які впливають на ерозійні процеси (наприклад, локальні опади, тип ґрунту, рельєф місцевості). Натомість нерівномірна дискретизація дозволяє адаптивно змінювати частоту відбору даних залежно від інтенсивності процесів, що дає змогу отримати більш точні прогнози ерозійних змін. Використання адаптивних алгоритмів дискретизації сприяє підвищенню якості аналізу та оптимізації обчислювальних ресурсів, що особливо важливо для великих територій із різними природними умовами.

Застосування ефективних методів дискретизації у геоінформаційних системах моніторингу ерозії ґрунту є надзвичайно актуальним у контексті глобальних змін клімату та зростаючого

антропогенного впливу на навколишнє середовище. Оптимізація процесів збору та аналізу даних сприяє більш точному прогнозуванню ерозійних ризиків, що дозволяє своєчасно впроваджувати заходи для збереження ґрунтового покриву. Це має важливе значення не лише для екологічного управління, а й для сталого розвитку аграрного сектору, оскільки збереження родючих ґрунтів є основою продовольчої безпеки та економічної стабільності.

Постановка проблеми. Ставиться завдання вивчити рівномірну та нерівномірну дискретизації неперервної інформації при дослідженні інформаційної системи ерозії ґрунту, що дозволяє визначити варіант отримання дискретних даних із найбільшою ефективністю. Необхідно дослідити і оцінити різні способи дискретизації неперервної інформації, провести функціональне та прикладне дослідження ефективності запропонованих методів перетворення даних. Успішне виконання завдання передбачає розробку рекомендацій для застосування методів дискретизації неперервної інформації. Це дозволить економити час та ресурси на виконання задач вивчення деградації ґрунтів та отримувати моделі ерозії ґрунту з необхідною точністю.

Аналіз останніх джерел. Питання дискретизації неперервної інформації давно розглядаються зарубіжними та вітчизняними вченими для отримання даних при побудові моделей з необхідною точністю. Рівномірна дискретизація передбачає розбиття неперервного сигналу на рівні інтервали часу або простору. Застосування такого підходу є доцільним у випадках, коли досліджуваний процес має стабільну динаміку, а відхилення незначні. В роботах Єпішева В.П., Кудака В.І., Масікевича Ю.Г., Негадайлова А.А., Пітака І.В. та ін. [2, 3] підкреслюється, що рівномірна дискретизація ефективна у випадках, коли потрібно забезпечити високу швидкість обробки даних при обмежених обчислювальних ресурсах. Нерівномірна дискретизація використовується, коли інформація змінюється нерівномірно у просторі або часі [4, 5]. Такий метод забезпечує кращу точність аналізу складних процесів, таких як ерозія ґрунту, оскільки дозволяє деталізувати області з високою динамікою змін [6]. Дослідження показують, що адаптивні методи дискретизації зменшують похибки моделювання та підвищують ефективність алгоритмів машинного навчання у прогнозуванні екологічних процесів.

Інформаційні системи моніторингу ерозії ґрунту активно використовують методи дискретизації для аналізу супутникових знімків, кліматичних даних та топографічних моделей. У роботах [4, 6] розглядається вплив вибору методу дискретизації на точність оцінки ерозійних процесів. Встановлено, що нерівномірна дискретизація дозволяє значно покращити локальне розрізнення в критичних зонах ерозії, що сприяє точнішому моделюванню. Дослідження українських авторів, таких як Баранов Г.Л., Барабаш О.В., Дудінова О.Б., Жежнич П.І., Осика В.О., Удовенко С.Г. [4-6] підтверджують ефективність нерівномірної дискретизації для оцінки ерозійних процесів у різних природних зонах України. Тут наголошується на важливості використання адаптивних методів обробки інформації у геоінформаційних системах моніторингу стану ґрунтів.

Метою роботи є вивчення способів дискретизації неперервної інформації для інформаційної системи ерозії ґрунту та розробка теоретичних і практичних напрацювань для перетворення великих обсягів просторово-часових даних у зручний для обробки формат.

Виклад основного матеріалу

У сучасному світі інформація представлена у різних формах: звукові сигнали, зображення, відео, фізичні вимірювання тощо. Однак, більшість електронних пристроїв та алгоритмів працюють з цифровими даними, що потребує процесу дискретизації. Дискретизація передбачає представлення неперервної функції через набір вибіркового значень, отриманих через певні інтервали часу або простору. У сфері машинного навчання та обробки зображень дискретизація необхідна для представлення аналогових даних у цифровому вигляді. Наприклад, камери використовують сенсори, які перетворюють світловий потік у масив пікселів. Вибір параметрів дискретизації визначає точність та якість оброблених даних, а сучасні методи дозволяють адаптувати процес дискретизації до різних типів інформації.

Таблиця 1

Залежність точності отриманих даних від параметрів дискретизації

Частота дискретизації (Гц)	Глибина квантування (біти)	Середня похибка (%)
8000	8	12,5
16000	16	6,3
44100	16	2,1
96000	24	0,8

На графіку спостерігаємо залежність середньої похибки від частоти дискретизації. Як видно, зі збільшенням частоти похибка зменшується.

Бачимо, що з ростом частоти дискретизації точність оцінки покращується, зменшуючи середню похибку.

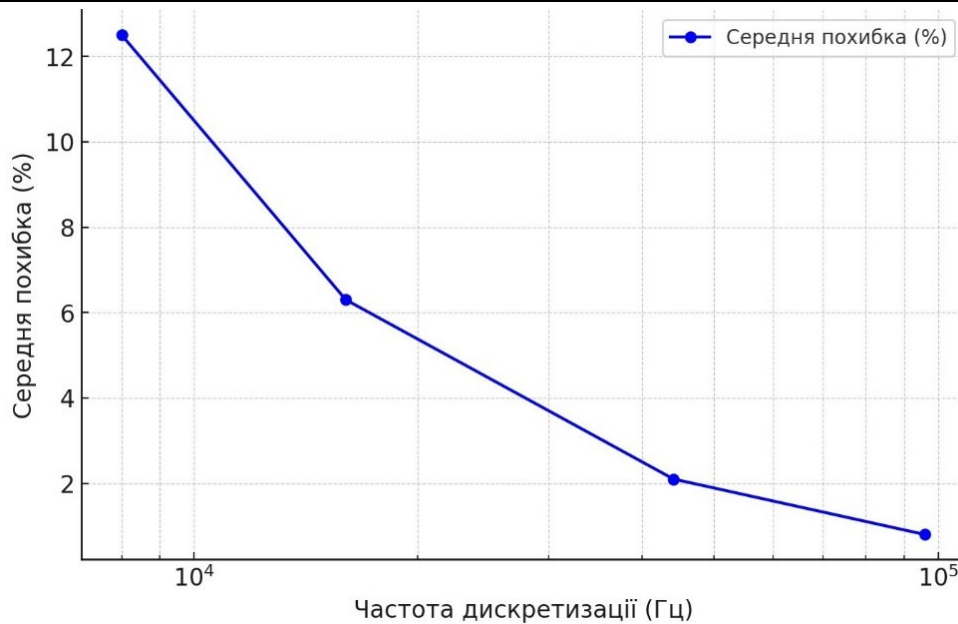


Рис. 1. Вплив частоти дискретизації на якість відновлення даних

Методи реалізації та параметри дискретизації впливають на якість отриманих даних. Основним принципом дискретизації є теорема Котельникова-Шеннона, згідно з якою відновлення даних (сигналу) можливе, якщо частота дискретизації не менше як удвічі перевищує максимальну частоту сигналу f_{max} :

$$f_s \geq 2f_{max} \tag{1}$$

Ерозія ґрунту є важливою екологічною проблемою, що впливає на родючість земель і екосистеми. Моніторинг цього явища здійснюється за допомогою інформаційних систем, які збирають дані з сенсорів і супутникових знімків. Ці дані є неперервними у просторі та часі, тому їх необхідно дискретизувати для цифрової обробки та аналізу. Дискретизація є важливим етапом цифрової обробки даних у дослідженнях ерозії ґрунту. Обирається рівномірна та нерівномірна дискретизації неперервної інформації, визначаються їх математичні основи, методи реалізації та вплив на точність аналізу ерозійних процесів. Ілюстрація ефективності різних підходів до дискретизації в математичних моделях подається в таблицях, графіках тощо.

Рівномірна дискретизація є критично важливою у цифровій обробці неперервної інформації. Вибір відповідних параметрів дискретизації дозволяє мінімізувати похибки відновлення та покращити якість отриманих даних. Процес дискретизації неперервної інформації $x(t)$ через рівні проміжки часу T_s (період дискретизації) описується виразом:

$$x[n] = x(nT_s), n \in Z \tag{2}$$

де $T_s = \frac{1}{f_s}$ – період дискретизації, f_s - частота дискретизації.

Фур'є-образ дискретизованого сигналу $X_d(f)$ можна представити як періодичну копію спектра аналогового сигналу $X(f)$:

$$X_d(f) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(f - kf_s) \tag{3}$$

Це означає, що спектр початкового сигналу повторюється з періодом f_s .

Квантування аналогового сигналу з рівномірними рівнями квантування можна описати так:

$$x_q[n] = Q(x[n]) = \Delta \cdot \text{round}\left(\frac{x[n]}{\Delta}\right) \tag{4}$$

де крок квантування Δ визначається через діапазон значень сигналу X_{max} та кількість рівнів квантування L :

$$\Delta = \frac{2X_{max}}{L} \tag{5}$$

а кількість рівнів квантування визначається числом бітів B за формулою:

$$L = 2^B \tag{6}$$

Якість відновлення дискретизованого сигналу (неперервної інформації) оцінюється середньоквадратичною похибкою (Mean Squared Error, MSE):

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x[n] - x_q[n])^2 \tag{7}$$

Чим менше значення MSE, тим точніше відновлюється сигнал (неперервна інформація).

Нерівномірна дискретизація здійснюється за нерівномірними інтервалами часу або простору. Це може бути корисним у випадках, коли дані змінюються нерівномірно (наприклад, в залежності від погодних умов або типу ґрунту). Для нерівномірної дискретизації момент часу вибірки t_n змінюється за певною функцією $f(n)$:

$$t_n = f(n), n = 0,1,2, \dots \tag{8}$$

де $f(n)$ може бути будь-якою монотонною функцією, що визначає, як змінюється частота вибірок

залежно від характеристик ерозійних процесів. Є кілька моделей нерівномірної дискретизації неперервної інформації.

Логарифмічну дискретизацію використовуємо тоді, коли ерозія ґрунту може розвиватися повільно на початку, а потім прискорюватися (частота вимірювань змінюється відповідно до логарифмічного закону):

$$t_n = T_0 \log(1 + kn) \quad (9)$$

де T_0 – початковий інтервал дискретизації, k – коефіцієнт нерівномірності.

Якщо ерозія прискорюється (наприклад, через інтенсивні опади або сильний вітер), частоту вимірювань потрібно збільшувати з часом і можна використати експоненційну функцію:

$$t_n = T_0 e^{-\alpha n} \quad (10)$$

де α – коефіцієнт швидкості зміни процесу ерозії (визначає швидкість зростання кроку дискретизації). Ця модель добре працює, коли потрібне частіше вимірювання під час інтенсивних ерозійних процесів.

Ерозія може бути нерегулярною, особливо в природних умовах. У такому випадку моменти вибірки можуть визначатися випадковими змінними (випадковий вибір моментів часу) для дискретизації:

$$t_n = t_{n-1} + \xi_n \quad (11)$$

де ξ_n – випадкова змінна з певним розподілом (наприклад, нормальним або експоненційним).

Якщо ерозія ґрунту залежить від динамічних змін параметрів (наприклад, швидкості вітру або вологості), можна використовувати адаптивний крок дискретизації:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{c}{|dx/dt|_{t_{n-1}}} \quad (12)$$

де C – масштабний коефіцієнт (константа), а $|dx/dt|$ – модуль швидкості зміни досліджуваного параметра. Ця формула забезпечує частіше вимірювання під час швидких змін факторів ерозії (наприклад, при сильному дощі або вітрі).

Оскільки ерозія ґрунту залежить від багатьох факторів, можна побудувати комплексну модель дискретизації, що враховує, наприклад, вітер (W), вологість (H), температуру (T) та тип ґрунту (S):

$$t_n = t_{n-1} + \frac{c}{|aW + bH + cT + dS|} \quad (13)$$

де a, b, c, d – вагові коефіцієнти для кожного параметра. Ця модель дозволяє змінювати частоту дискретизації в залежності від комбінації факторів, що впливають на ерозію.

Якщо дискретизація нерівномірна, стандартне перетворення Фур'є не застосовується. В такому випадку використовують, наприклад, перетворення Нюїста-Шеннона для нерівномірних вибірок:

$$x(t) = \sum_n x_n \cdot \text{sinc}\left(\frac{t-t_n}{T}\right) \quad (14)$$

де $\text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$.

Для порівняння ефективності рівномірної та нерівномірної дискретизації неперервної інформації можна скористатися середньоквадратичною похибкою для відновлюваного сигналу. Для інформаційної системи ерозії ґрунту розглянемо кілька параметрів, наприклад, вітрові показники, температура, вода, тип ґрунту, нахил ґрунту тощо. Нижче наведено приклад таблиці даних для дослідження ерозії ґрунту за параметром «рослинний покрив». Таблиця містить результати аналізу даних, отриманих при рівномірній дискретизації та за різними видами нерівномірної дискретизації: логарифмічною, експоненційною, стохастичною, адаптивною, а також моделлю з урахуванням комбінованих факторів. Для кожного методу взято значення показника «рослинний покрив» (умовний показник, що характеризує ступінь покриття рослинністю, який може впливати на процеси ерозії) рівний 72% та відповідне квадратичне відхилення.

Таблиця 2

Квадратичне відхилення для методів дискретизації неперервної інформації

Час (дні)	Рівномірна дискретизація	Нерівномірна дискретизація				
		Логарифмічна	Експоненційна	Стохастична	Адаптивна	Комбінована
0	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5	0.75%	0.6%	0.7%	0.5%	0.6%	0.6%
10	1.2%	1.1%	1.2%	1.0%	1.1%	1.1%
15	1.75%	1.6%	1.7%	1.5%	1.6%	1.5%
20	2.4%	2.1%	2.2%	2.0%	2.1%	2.0%
25	2.8%	2.6%	2.7%	2.5%	2.6%	2.6%
30	3.4%	3.1%	3.2%	3.0%	3.1%	3.0%

Серед основних чинників, що впливають на оцінку ерозії ґрунтів, можна виділити, наприклад, схил місцевості, дощові опади, індекс рослинності, тип ґрунту, способи землекористування тощо.

Таблиця 3

Основні чинники, що впливають на ерозію ґрунтів

Нахил місцевості (°)	Дошові опади (мм)	Індекс рослинності (NDVI)	Тип ґрунту	Землекористування	Висота шару ґрунту (см)
5	0	0.7	Чорнозем	Пасовище	100
10	15	0.65	Супісок	Рілля	98
15	25	0.6	Суглинок	Ліс	95
12	10	0.68	Чорнозем	Пасовище	92
20	30	0.55	Супісок	Рілля	88
18	20	0.58	Суглинок	Ліс	85
25	40	0.5	Піщаний	Рілля	81
22	35	0.52	Супісок	Пасовище	78
30	50	0.4	Піщаний	Рілля	75

Після детального аналізу чинників можемо зробити висновок, що ефективність застосування нерівномірної дискретизації неперервної інформації для оцінки ерозії ґрунту краща, ніж при рівномірній дискретизації (наприклад, для параметра «висота ґрунту»).

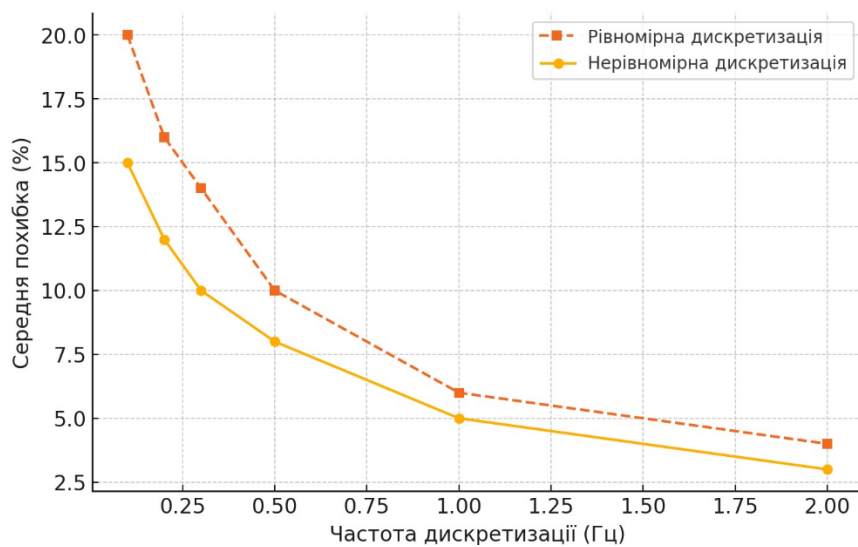


Рис. 2. Залежність оцінки ерозії для рівномірної та нерівномірної дискретизації від частоти

Середня похибка (%) - це значення похибки для відповідного типу дискретизації і частоти, яке показує точність оцінки ерозії ґрунту. У реальних умовах середню похибку можна оцінити з використанням методів аналізу даних і математичного моделювання на основі ерозійних параметрів. Із графіка бачимо, що з ростом частоти дискретизації точність оцінки покращується, зменшуючи середню похибку. Рівномірна дискретизація дає більш плавний спад похибки, а нерівномірна дискретизація, хоча й має високу початкову похибку, також покращує точність з ростом частоти. Нерівномірна дискретизація дозволяє ефективніше обробляти дані, адаптуючи частоту вимірювань до змінних умов. Для практичного використання вибір моделі (логарифмічної, експоненційної, стохастичної або адаптивної) залежить від конкретного застосування, наприклад, оцінки вітрової ерозії ґрунту.

Для інформаційної системи ерозії ґрунту доцільно використовувати нерівномірну дискретизацію, оскільки такі фактори, як вітер, температура, вологість, тип ґрунту можуть змінюватися з різною швидкістю. Рівномірна та нерівномірна дискретизації мають свої переваги та недоліки у дослідженні ерозії ґрунту. Рівномірна дискретизація є простою у реалізації, але може не враховувати динамічні зміни. Нерівномірна дискретизація дозволяє точніше аналізувати швидкоплинні зміни, але потребує складніших алгоритмів обробки. Логарифмічна та експоненційна моделі підходять для довгострокового моніторингу ерозії, адаптивна модель корисна при різких змінах погодних умов, стохастична модель підходить для випадкових змін природних процесів, комбінована модель дозволяє враховувати всі важливі фактори ерозії. Ці моделі можуть бути використані для оптимізації збору даних в інформаційній системі моніторингу ерозії ґрунту, щоб отримати точні результати без зайвих витрат ресурсів.

Висновки

Вибір між рівномірною та нерівномірною дискретизацією неперервної інформації залежить від специфіки дослідження. Встановлено, що вибір методу дискретизації значно впливає на точність оцінки ерозійних процесів та ефективність обробки великих обсягів просторово-часових даних. Рівномірна

дискретизація забезпечує простоту реалізації та швидкість обчислень, проте її застосування в умовах високої варіативності природних процесів може призводити до втрати важливих деталей. Натомість нерівномірна дискретизація дозволяє адаптувати частоту вибірки залежно від локальної динаміки змін, що сприяє більш точному моделюванню ерозійних процесів. Використання адаптивних методів дискретизації, зокрема алгоритмів машинного навчання та аналітичних підходів на основі ГІС-технологій, забезпечує підвищену точність прогнозування та оптимізацію використання обчислювальних ресурсів. Для загального аналізу та швидкої обробки даних ефективним є рівномірний підхід, тоді як для детального вивчення складних екосистем доцільним є використання нерівномірної дискретизації.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення інформаційних систем моніторингу ерозії ґрунту, що сприятиме своєчасному виявленню зон підвищеного ризику та розробці ефективних заходів збереження ґрунтового покриву. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку гібридних методів дискретизації, які поєднують переваги рівномірного та нерівномірного підходів, а також їх інтеграцію з сучасними супутниковими та сенсорними технологіями.

Література

1. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В. Агрофізика ґрунту: підручник. – К.: Видавництво НУБіП, 2021. – 315 с.
2. Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шаповров В.П., Моїсєєв В.Ф. Геоінформаційні технології в екології: навчальний посібник. – Чернівці: ЧНУ, 2012. – 273 с.
3. Єпішев В.П., Кудак В.І., Мотрунич І.І., Періг В.М., Найбауер І.Ф., Гураніч П.П., Сусла А.І., Кошкін М.І. Аналіз фотометрії супутника «СІС-2» на багаторічному інтервалі спостережень // *Космічна наука і технологія*. – 2023. – Т. 29, № 2. – С. 86-96.
4. Баранов Г.Л., Барабаш О.В. Моніторинг стану навколишнього середовища засобами ГІС. – Київ: Державна екологічна академія, 2018. – 52 с.
5. Жежнич П.І., Осика В.О. Геоінформаційні системи на основі просторово-часових моделей даних // *Вісник НУ «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі*. – 2010. – № 689. – С. 149-157.
6. Удовенко С.Г., Дудінова О.Б. Обробка картографічних зображень в геоінформаційній системі екологічного контролю // *Інформаційні технології в освіті, науці і виробництві: Матеріали 5-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*. – Луцьк, 2015. – С. 61–63.

References

1. Bulyhin S.Iu., Vitvitskyi S.V. Ahrofizyka gruntu: pidruchnyk. – K.: Vydavnytstvo NUBiP, 2021. – 315 s.
2. Pitak I.V., Nehadailov A.A., Masikevych Yu.H., Pliatsuk L.D., Shaporev V.P., Moiseiev V.F. Heoinformatsiini tekhnologii v ekolohii: navchalnyi posibnyk. – Chernivtsi: ChNU, 2012. – 273 s.
3. Yepishev V.P., Kudak V.I., Motrunych I.I., Perih V.M., Naibauer I.F., Huranych P.P., Susla A.I., Koshkin M.I. Analiz fotometrii suputnyka «SICH-2» na bahatorichnomu intervali sposterezhen // *Kosmichna nauka i tekhnolohiia*. – 2023. – T. 29, № 2. – S. 86-96.
4. Baranov H.L., Barabash O.V. Monitorynh stanu navkolyshnoho seredovyshcha zasobamy HIS. – Kyiv: Derzhavna ekolohichna akademiia, 2018. – 52 s.
5. Zhezhnych P.I., Osyka V.O. Heoinformatsiini systemy na osnovi prostоровo-chasovykh modelei danykh // *Visnyk NU «Lvivska politekhnika». Informatsiini systemy ta merezhi*. – 2010. – № 689. – S. 149-157.
6. Udovenko S.H., Dudinova O.B. Obrobka kartohrafichnykh zobrazen v heoinformatsiinii systemi ekolohichnoho kontroliu // *Informatsiini tekhnologii v osviti, nautsi i vyrobnytstvi: Materialy 5-yi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. – Lutsk, 2015. – S. 61–63.