



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З ПИТАНЬ ГЕОДЕЗІЇ,
КАРТОГРАФІЇ ТА КАДАСТРУ**

**ГО «ВСЕУКРАЇНСЬКА СПІЛКА СЕРТИФІКОВАНИХ
ІНЖЕНЕРІВ-ЗЕМЛЕВПОРЯДНИКІВ»**

**ГО «ВСЕУКРАЇНСЬКА СПІЛКА СЕРТИФІКОВАНИХ
ІНЖЕНЕРІВ-ГЕОДЕЗИСТІВ»**

«СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ»

**Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної
конференції**

19 – 20 червня 2025 року



ОДЕСА – 2025



MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE ODESA STATE AGRARIAN UNIVERSITY

STATE SERVICE OF UKRAINE FOR GEODESY, CARTOGRAPHY AND CADASTRE

NGO "ALL-UKRAINIAN UNION OF CERTIFIED LAND SURVEYORS"

NGO "ALL-UKRAINIAN UNION OF CERTIFIED ENGINEERS-GEODESISTS"

«CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF GEODESY, LAND MANAGEMENT AND NATURE MANAGEMENT»

**Proceedings of the International Scientific-practical
Conference**

June 19- 20, 2025



ODESA – 2025

фотограмметричній обробці за допомогою автоматизованого програмного забезпечення. Вихідними матеріалами програми Agisoft PhotoScan є цифрові растрові зображення, координати центрів фотографування, матеріали калібрування оптичних систем фотоапаратів, координати опорних точок на місцевості, контрольні лінійні вимірювання на об'єкті зйомки [3].

На зараз перспективи програми фотограмметричної обробки стають дедалі більш затребуваними у багатьох галузях, таких як архітектура, будівництво, сільське господарство, екологія. Розвиток хмарних технологій дозволить зробити процеси ще більш автоматизованими та доступними, що сприятиме їхньому поширенню та ефективності у майбутньому.

Аерофотознімання, як високотехнологічний метод отримання просторової інформації, відіграє ключову роль у розробці топографічних планів, містобудівних проєктів і геоінформаційного моделювання. Його переваги полягають у високій точності, автоматизації процесів та широкій сфері застосування. Завдяки сучасному програмному забезпеченню та розвитку безпілотних літальних апаратів, можливості аерофотознімання постійно зростають, що робить його незамінним інструментом для різноманітних галузей діяльності, де важливе значення має просторовий аналіз і точність. У майбутньому розвиток хмарних технологій і штучного інтелекту ще більше підвищить продуктивність та доступність цього методу.

Бібліографічний список:

1. Лекція про геоінформаційні технології. URL: <https://scholar.google.com.ua/scholar?oi=bibs&cluster=14815911603542973703&btnI=1&hl=uk> (дата звернення: 05.06.2025)
2. Бовш А.В., Бутенко Є.В. Землевпорядне забезпечення просторового розвитку населених пунктів. URL: <https://scholar.google.com.ua/scholar?oi=bibs&cluster=8731694211797982876&btnI=1&hl=uk> (дата звернення: 05.06.2025)
3. Бутенко Є. В. Застосування автоматизованих земельних інформаційних систем в управлінні земельними ресурсами. URL: https://dglb.nubip.edu.ua/bitstream/123456789/9703/1/Butenko_posibnyk_Zemelni_informatsiini_systemy.pdf (дата звернення: 05.06.2025)

КАПНОС Наталія, к.е.н, доцент, завідувач кафедри геодезії та землеустрою
ГРИМАЙЛО Марина, асистент кафедри геодезії та землеустрою
ПАНАСЕНКО Руслан, здобувач вищої освіти
Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЄФУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗОН ФОРМУВАННЯ ЯРІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДДЯХ

Яркова ерозія є одним з найінтенсивніших проявів деградації земель, що набуває особливої актуальності в умовах сільськогосподарського освоєння територій. Формування ярів призводить до стрімкого руйнування ґрунтового покриву, втрати орних площ, погіршення гідрологічного режиму та зниження екологічної стійкості агроландшафтів. Цей процес часто супроводжується незворотними змінами у структурі землекористування та зростанням екосистемних ризиків.

Причини активізації яркоутворення мають як природний, так і антропогенний характер. Зокрема, ключову роль відіграють геоморфологічні чинники, зокрема крутизна схилів, тип геологічних порід, кліматичні особливості, кількість і інтенсивність атмосферних опадів. Разом із тим, не менш значущим є людський вплив: перевипас худоби, суцільне розорювання схилів, вирубування лісосмуг і порушення сівозмін істотно підвищують вразливість ґрунтів

до ерозії. В регіонах України, де переважає розчленований рельєф із чергуванням долин, балок та схилів, ці фактори взаємодіють особливо потужно, стимулюючи розвиток лінійної ерозії навіть за відносно незначних збурень.

Оцінка територіальної вразливості до яркової ерозії потребує залучення просторово-точних інструментів, здатних комплексно відображати морфометричні властивості поверхні. Одним із найперспективніших рішень у цьому контексті є застосування цифрових моделей рельєфу (DEM), що надають кількісну основу для геоінформаційного аналізу рельєфу. DEM дозволяє моделювати основні параметри, які визначають динаміку водного стоку і характер його концентрації на схилах, зокрема похил, експозицію, довжину схилу, профільну кривизну тощо.

У поєднанні з інструментами геоінформаційних систем цифрові моделі рельєфу дають змогу не лише відображати сучасний стан ландшафту, а й прогнозувати розвиток ерозійних процесів. Особливо цінним є те, що такі методи дозволяють виділяти потенційно небезпечні ділянки задовго до появи візуально виражених ерозійних форм. Це відкриває перспективи для запровадження превентивних заходів, зокрема адаптивного планування землекористування та реалізації протиерозійних практик на науково обґрунтованій основі.

Цифрові моделі рельєфу (ЦМР) є ефективним інструментом для просторового аналізу ерозійних процесів, що дозволяє з високою точністю визначати морфометричні параметри поверхні землі. ЦМР формуються у вигляді регулярної сітки, кожна комірка якої містить значення абсолютної висоти. Це забезпечує можливість розрахунку рельєфних показників, які мають безпосередній вплив на розвиток водної та яркової ерозії: похилу, експозиції, довжини схилів, кривизни поверхні, напрямку та накопичення стоку [1].

Одним з основних кількісних індикаторів ерозійної активності в межах моделей просторового прогнозування є LS-фактор. У моделі Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) він слугує оцінкою впливу довжини (L) і крутизни (S) схилу на інтенсивність ґрунтових втрат. Його розрахунок відбувається за формулою:

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m \cdot (\sin \theta)^n \quad (1)$$

де:

λ - довжина схилу, м;

θ - кут похилу, рад;

m, n - емпіричні коефіцієнти [2; 3].

Для розрахунку кута похилу використовують чисельні похідні з моделі висот за напрямками X і Y:

$$S = \arctan \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2}, \quad (2)$$

де z - висота над рівнем моря, x, y -- просторові координати [1].

У геоінформаційній системі QGIS реалізовано інтегровані інструменти для гідрологічного та морфометричного аналізу. Зокрема, модулі SAGA GIS та GRASS GIS дозволяють автоматизовано створювати шари напрямків стоку (Flow Direction), накопичення стоку (Flow Accumulation), водозбірних басейнів (Watersheds) і гідрографічної мережі (Channel Network) [4]. Суміщення цих шарів із картою похилів дає змогу виділяти ділянки з максимальним ерозійним навантаженням, тобто зони, де існує найвища ймовірність формування ярів.

На практиці ерозійно небезпечні території ідентифікуються шляхом накладання порогових значень показників: похил $> 5^\circ$, LS-фактор > 6 , накопичення стоку > 1000 клітин DEM. Така методика, адаптована з настанов USDA [2], дозволяє створювати карти ризику з високим рівнем достовірності.

Тип вихідної DEM визначає точність просторового моделювання. Для регіонального аналізу доцільно використовувати глобальні цифрові моделі висот, зокрема **SRTM** (роздільна здатність 30 м). Для локального аналізу, зокрема в межах сільськогосподарських

угідь, рекомендовано використовувати більш детальні моделі, отримані за допомогою LiDAR або фотограмметрії з БПЛА, що дозволяє виявити дрібномасштабні морфоструктури, невидимі на DEM з нижчою роздільністю [5].

Цифрове моделювання рельєфу, з опорою на геоінформаційні технології, створює підґрунтя для науково обґрунтованої оцінки ерозійної небезпеки та обґрунтування заходів з охорони земель. Такий підхід особливо важливий для сільськогосподарських районів, де рельєфний чинник відіграє провідну роль у деградації ґрунтового покриву.

Поєднання цифрового рельєфного моделювання та інструментів геоінформаційного аналізу дає змогу оперативно оцінити ерозійну вразливість територій, виявити ділянки формування ярів і створити підґрунтя для прийняття рішень щодо протиерозійного облаштування сільськогосподарських ландшафтів.

Інтеграція цифрових моделей рельєфу у просторовий аналіз ерозійних процесів відкриває нові можливості для ідентифікації територій, вразливих до яркоутворення. За допомогою геоінформаційних систем, зокрема середовища QGIS, можна здійснювати всебічну морфометричну оцінку ландшафтів - обчислювати параметри похилу, довжини схилів, напрямку та накопичення поверхневого стоку. Комбіноване використання цих показників дозволяє обґрунтовано визначати ділянки з підвищеною ерозійною небезпекою та формувати просторові моделі ризику.

Застосування LS-фактора як інтегрального індикатора дозволяє кількісно оцінити вплив геоморфологічних умов на ерозійні втрати. При цьому точність прогнозування залежить від якості вхідної цифрової моделі рельєфу. Для регіональних оцінок доцільно використовувати DEM із роздільною здатністю 30 м, тоді як локальні дослідження потребують високоточного лазерного сканування або фотограмметрії з використанням БПЛА.

Результати, отримані на основі DEM та геоінформаційного аналізу, можуть стати основою для прийняття рішень у сфері охорони земель і планування сільськогосподарського виробництва. Завчасне виявлення ерозійно небезпечних територій сприяє впровадженню превентивних заходів - впорядкуванню сівозмін, збереженню лісосмуг, обмеженню розорювання крутих схилів, реалізації протиерозійних інженерних рішень.

Системне використання цифрового моделювання рельєфу у поєднанні з геоінформаційними технологіями забезпечує науково обґрунтований підхід до збереження ґрунтового покриву. Такий підхід є важливою складовою стратегії сталого землекористування, зокрема в умовах зростаючого антропогенного навантаження та кліматичних змін, що посилюють ризики деградаційних процесів у сільськогосподарських ландшафтах.

Бібліографічний список:

1. Hengl T., Reuter H.I. *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. Amsterdam : Elsevier, 2009. 765 p.
2. Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. – USDA Agriculture Handbook No. 703. Washington, D.C. : United States Department of Agriculture, 1997. 404 p.
3. Moore I.D., Burch G.J. Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation // *Journal of Soil and Water Conservation*. 1986. Vol. 47(2). P. 422–428.
4. QGIS Documentation. Hydrological analysis in QGIS URL: https://docs.qgis.org/latest/en/docs/training_manual/processing/hydro.html (дата звернення: 10.06.2025).
5. Haneberg W.C. *Computational Geosciences with Mathematica: Application to Lithospheric Flexure, Topography, and Landscape Evolution*. Springer, 2004. 264 p.