

УДК 528.94

## **Оцінювання факторів ерозії ґрунтів методом аналізу ієрархій**

*Голован Ю.М.*

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного  
простору НАН України, м. Київ. Е -  
mail:dirrecta@gmail.com

Необґрунтоване використання земельних ресурсів призводить до їх деградації. Погіршення спричиняється дією багатьох факторів, які в свою чергу мають великий спектр значень, додайте це в динамічне середовище і людську діяльність, отримаємо надзвичайно складну і динамічну систему. Для раціонального управління якої необхідно розробити інструменти підтримки прийняття рішень, оскільки людина не в змозі оцінити весь діапазон факторів та їх взаємодію. На сучасному етапі розвитку технологій доцільно використовувати геоінформаційні технології.

Задачі з підтримки прийняття рішень при управлінні земельними ресурсами є багатокритеріальними. З використанням геоінформаційних технологій ми можемо оцінити вплив різних факторів на утворення ерозійних процесів. Однак без методів та інструментів підтримки прийняття рішень це буде неможливо. Однією з технічних проблем при моделюванні є побудова узагальненого сценарію розвитку негативних явищ та оцінювання впливу кожного фактора. Це завдання вирішується за типовою схемою:

1. Визначення загальної кількості факторів зовнішнього та внутрішнього впливу на розвиток водної ерозії;
2. Створення ієрархічна схеми структури факторів, цілей та впливів;
3. Розрахунок ваги кожного фактора та їх нормалізація.

Визначення факторів було здійснено в попередніх дослідженнях. Але розрахунок вагів цих факторів ще не було здійснено. Перед усім необхідно звернути увагу на недостатньо обґрунтований склад показників водної ерозії та критерії оцінювання стану ґрунтів.

Розвиток водної ерозії ґрунтів спричинено дією різних факторів, зокрема ґрунтовими умовами, рельєфом та іншими. Постає питання, як оцінити фактори, щоб визначити їх загальний вплив на утворення водної ерозії. Для вирішення цієї задачі необхідно використовувати багатокритеріальний аналіз. Першим кроком є оцінювання ваги кожного фактору.

Зазвичай при багатокритеріальному аналізі враховують фактори однієї "природи". При завданні оцінювання розвитку деградаційних процесів фактори можна розділити на: природні відносно сталі (ґрунти, рельєф), природні динамічні (кількість опадів) та антропогенні (обробіток ґрунту). Крім того, при визначенні ваги фактори, необхідно оцінити через призму екологічного, економічного та соціального ефекту.

Через велику розрізненість факторів досить важко зробити різноманітня оцінювання ваги в наборі в цілому. Розв'язання цієї проблеми знайдено у попарних порівняннях, в яких порівнюються тільки два критерії за один раз, що значно полегшує процес зіставлення факторів, і зробить ваги більш стійкими. Крім того, використовуючи попарні порівняння ми можемо порівняти фактори, які зазвичай не піддаються ефективній кількісній оцінці. Мова йде про характеристики, які змінюються не тільки в просторі і часі, а і набагато важливіше, змінюють своє значення в сукупності з іншими факторами. Це дозволяє оцінити вплив різних компонентів системи на всю систему та знаходимо пріоритети цих компонентів. Цю методику розробив Т. Сааті і вона відома як метод аналізу ієрархій (MAI).

Для розв'язання поставленої задачі розроблено ієрархічну модель впливу факторів прояву розвитку ерозійних процесів. Було проаналізовано широкий набір показників ґрунтових, кліматичних, ландшафтних та антропогенних показників які відображають особливості розвитку водної ерозії. При розробці ієрархії виконується декомпозиція цільової функції на більш прості показники, що об'єднуються у відповідні рівні ієрархічної схеми. Для формалізації експертної процедури будується множина матриць попарних порівнянь для кожного рівня та за кожною складовою даного ієрархічного рівня. Здійснюється їх нормалізація та оцінка векторів пріоритетів з точки зору ступеню їх впливу на складові

попереднього рівня. Оброблення матриць дає можливість розрахувати вектори пріоритетів відповідних рівнянь, компоненти яких визначають їхні пріоритети з точки зору експерта. Значення оцінювати дозволяють встановити перевагу того чи іншого альтернативного варіанта системи за всією сукупністю проаналізованих факторів.

Для прикладу розглянемо матрицю визначення ваги причин утворення водної ерозії (талб. 1). Так швидкість потоку води буде мати більшу вагу перед об'ємом води. Через це елементу, яких знаходиться на перетині рядка 3 та стовпця 1 присвоєно значення 3. Після визначення значень коефіцієнтів залежності факторів знаходимо особистий вектор, шляхом розрахунку кореня в степені  $n$  від суми всіх елементів рядка (де  $n$ - кількість значень матриці). Отриманий результат нормалізується, щоб сума всіх елементів дорівнювала одиниці.

Таблиця 1

Визначення ваги причин утворення водної ерозії

	Об'єм потоку	Розподіл води по поверхні	Швидкість потоку	Енергія часточки ґрунту	Особистий вектор
Об'єм потоку	1	3	1/3	5	0,27
Розподіл води по поверхні	1/3	1	1/5	3	0,12
Швидкість потоку	3	5	1	5	0,54
Енергія часточки ґрунту	1/5	1/3	1/5	1	0,07
	$\lambda_{\max}=4,26$		$IU=0,09$		$IU=0,10$

З розрахунків ми бачимо що для умов рельєфу найбільший вплив має *крутизна схилів, площа водозбору та тип водозбору*, для ґрунтових умов – *потужність гумусового горизонту та механічний склад*, для кліматичних умов – *інтенсивність опадів* та для рослинного покриву – *захист ґрунтів від рослин*. Якщо взяти більше факторів, то через надзвичайно малу всукупності вони дають такий самий результат і тільки збільшується об'єм розрахунків

Достовірність отриманих розрахункових даних суттєво залежить від виконання умов узгодженості у матрицях порівнянь. Оцінку ступеню узгодженості вихідних даних здійснено шляхом розрахунку: головного власного значення ( $\lambda_{max}$ ) індексу узгодженості (ІУ) і відношення узгодженості (ВУ) для кожної матриці. Результати обчислень за кожною з матриць попарних порівнянь, менше припустимих за МАІ 10 %, отже дані дослідження математично узгоджені. Це дослідження є базовим для багатокритеріального оцінювання водної ерозії шляхом формування комплексного критерію оцінки якісних показників ґрунтів.