

// Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. Матеріали міжн.семінару. – Львів, 2008. – с. 135 – 140.

УДК 551.4

## **ВИСВІТЛЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РЕЛЬЄФУ МЕТОДАМИ ArcGIS**

**Галина Байрак**

*Львівський національний університет імені Івана Франка*

Однією з найбільш ефективних функцій, яку виконують геоінформаційні програми і, зокрема, ArcGIS, є дво- і тривимірні представлення рельєфу. Двовірне представлення – це відображення поверхні рельєфу у вигляді плоскої моделі у координатних площинах  $X$  та  $Y$ . Двовірна модель рельєфу відображена у модулі ArcMap програми ArcGIS у вигляді трикутної нерегулярної мережі з відтіненими схилами, що створює ефект об'єму. Тривимірну модель отримують у просторі  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Цією моделлю можна керувати у модулі ArcScene, якщо задавати азимут огляду, кут нахилу моделі та віддаль до спостерігача.

Моделі рельєфу у геоінформаційних програмах називають цифровими (подібно до математичних моделей), оскільки вони представлені числовими значеннями. Отримують *цифрову модель рельєфу (ЦМР)* векторизацією (оцифруванням) горизонталей у робочому вікні геоінформаційної програми і присвоєнням їм значень висот у табличній формі. Кожна горизонталь стає головним компонентом цифрової моделі і формує зовнішній вигляд рельєфу. Її можна заново виділити, редагувати конфігурацію, присвоювати інше значення висот. ЦМР є частиною цифрової моделі місцевості (ЦММ), яка включає також оцифровані дороги, квартали лісів, будівлі та ін. споруди чи типи використання земель.

ЦММ набули поширення в епоху розвитку ГІС-технологій, спрощення процесу отримання та доступу до наявної геоінформації. Першу ЦММ розробили ще у 1957 р. у Масачусетському технологічному інституті (США) для планування автомобільних шляхів сполучень. У СРСР такі моделі теж почали створювати, проте інформація була секретною, відомо лише, що перша публікація з цього приводу з'явилася у 1964 р. ЦММ найперше зацікавилися такі організації, як Держбуд, ГУГК та Міноборони. До кінця ХХ ст. ЦММ отримували шляхом дигіталізації карт на спеціальному пристрої (дигітайзері). У даний час програмне забезпечення ГІС дозволяє виконувати процес «дигіталізації» натисканням і пересуванням клавіші миші. Нове покоління ГІС, до яких належить і ArcGIS, включає в себе функції багатьох програм (ArcView, ArcInfo, ArcReader), має більш логічно побудовані діалогові вікна, універсальну палітру інструментів, ширші можливості прикладних досліджень. Завдяки цим інструментам отримують більш досконалу картину адекватних ЦММ на екрані монітора.

Після векторизації горизонталей, записаних у вигляді шейп-файла (.shp), ArcGIS будує об'ємну модель рельєфу. Ця модель відома за назвою DEM – Digital Elevation Model. Однією з реалізацій DEM є система неупорядкованих трикутників, які поєднуючись, формують поверхню рельєфу (рис. 1). Така система трикутників має назву TIN – Triangular Irregular Network (трикутна нерегулярна мережа). Нерегулярною вона є тому, що розміри трикутників різні в залежності від щільності горизонталей.

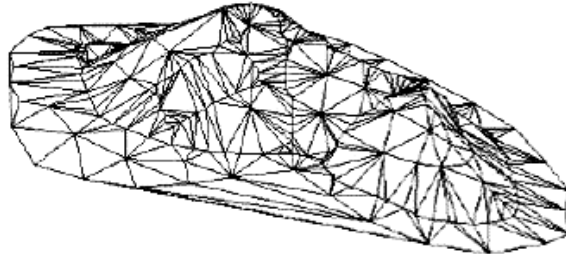


Рис. 1. TIN, яка відображає форму рельєфу.

Окрім перетворення векторних даних у TIN, програма виконує класифікацію рельєфу за значеннями його висот (рис. 2). Кожній градації висот при цьому присвоєний певний колір. Збільшенням чи зменшенням кількості класів, дістають густішу чи рідшу градацію висот, внаслідок чого зростає чи знижується гіпсометрична деталізація рельєфу. Детальність відображення поверхні рельєфу задають перед класифікацією, виставлянням розмірів комірок моделі (cell size).

Після отримання TIN, настає можливість оцінити ряд морфометричних показників рельєфу. До таких показників, які можна отримати шляхом аналізу ЦМР, відносять: 1) відносне перевищення висот; 2) горизонтальне розчленування рельєфу; 3) крутизна схилів та їхній ухил; 4) експозиція схилів; 5) поздовжня і поперечна кривизна контурів; 6) частота і густина розміщення об'єктів; 7) форма контурів об'єктів.

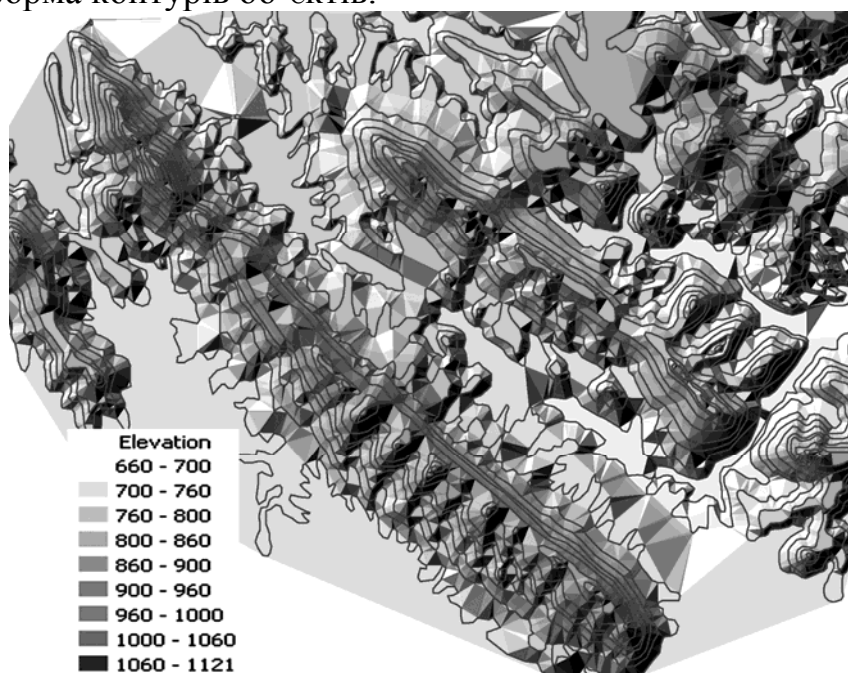


Рис. 2. ЦМР, класифікована за відмітками висот

Деякі із зазначених показників отримують автоматично, шляхом перекласифікації ЦМР, інші визначають аналітичним способом. Перекласифікація ЦМР означає групування значень за іншими критеріями, відмінними від попередніх. Такими критеріями, окрім значень висот, крутизна, є експозиція та кривизна поверхні. У програмі наявні пункти підменю «slope» – задання крутизни схилів, «aspect» – експозиції, «curves» – кривизни поверхні у меню «Surface analysis» модуля 3d Analyst. Вибіранням зазначених пунктів, дістаємо представлення ЦМР у палітрі кольорів, кожен відтінок кольору якої відповідає крутизні схилів (від 0 до 90°), експозиції (від 0 до 360°) (рис. 3) чи кривизні ( $-0,1 \leq 0 \leq 0,1$ ) [3]. Ухил схилів (у %) обчислюють як відношення висоти перерізу горизонталей до величини їхнього закладення, перпендикулярного ізолінії в даній точці.

Крутизна схилів є важливою характеристикою для вибору площадок під будівництво споруд, прокладання гірськолижних трас різної складності, закладання сільськогосподарських угідь певного типу. Експозиція схилів вказує на нерівномірне освітлення схилів, що в свою чергу впливає на швидкість досягання культур, активізацію екзогенних процесів, розміщення житлових будівель. Кривизна поверхні є основою для визначення затрат при прокладанні трас трубопроводів та різного роду шляхів сполучень.

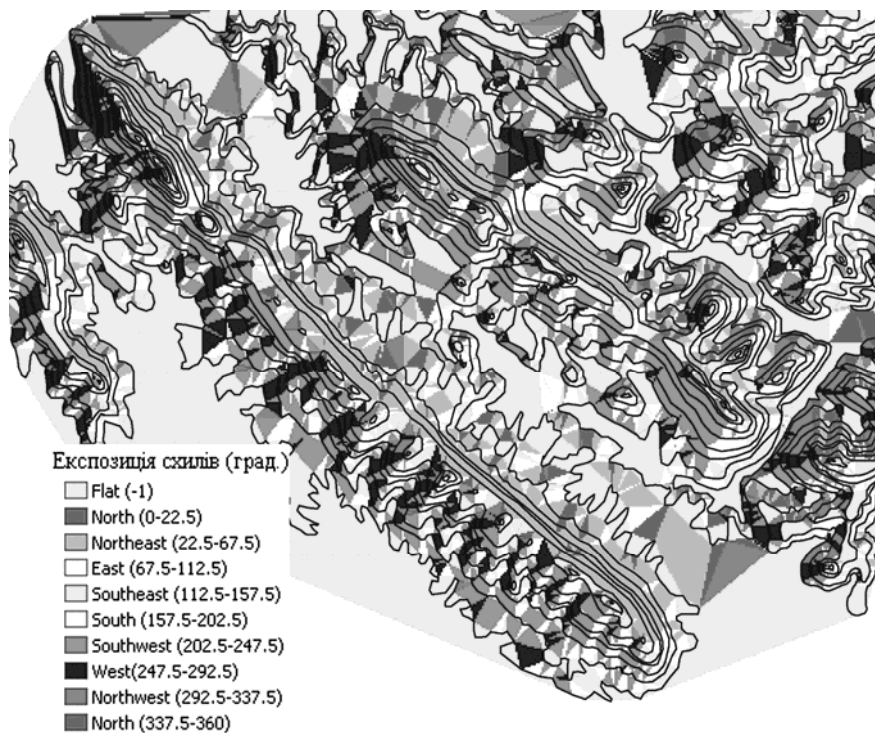


Рис. 3. ЦМР, класифікована за експозицією схилів

Такі морфометричні показники, як відносні перевищення вершин над долинами рік, горизонтальне розчленування рельєфу, частоту і густоту розташування об'єктів, форму поверхонь здобувають виконанням вимірювань у просторі ЦМР і подальшими розрахунками за формулами.

Відносні перевищення висот ЦМР обчислюють як відношення різниці найбільшої ( $H_{max}$ ) і найменшої ( $H_{min}$ ) висоти місцевості [1]:

$$\Delta H = H_{max} - H_{min}.$$

Окрім відносних перевищень, за відмітками абсолютних висот, зазначених у легенді ЦМР, встановлюють середню висоту місцевості та амплітуду абсолютних висот.

Горизонтальне розчленування визначають як відношення суми довжин ліній, що розчленовують місцевість ( $\sum L$ ), до площі досліджуваної території ( $S$ ):

$$\Delta D = \frac{\sum L}{S}.$$

Показниками горизонтального розчленування є середня площа елементарних схилових поверхонь, їхня середня відносна висота, середня довжина орографічних ліній, сумарна довжина рік, густина орографічних ліній.

Умовою обчислень є те, що ЦМР повинна бути геокодованою, тобто прив'язаною до географічних координат чи кілометрової геодезичної мережі. Тоді у робочому вікні програми вимірювання проводитимуться не в невідомих величинах – Unknown units (фактично у розмірах величини пікселя екрана), а в реальних одиницях довжини.

Частоту зустрічності явищ чи об'єктів обчислюють за формулою

$$\omega = \frac{n}{S}, \text{ де}$$

$\omega$  – частота зустрічності,  $n$  – кількість об'єктів, зображених на ЦМР,  $S$  – площа території, на якій вони поширені [2].

Густину розміщення явищ чи об'єктів розраховують так:

$$\rho = \frac{S_{ob}}{S}, \text{ де}$$

$\rho$  – густина розташування,  $S_{ob}$  – площа, яку займають дані об'єкти,  $S$  – загальна площа території, на якій вони поширені.

Показник форми означають словесним способом, без застосування вимірювальних процедур. Тут важливим є виявлення відношень вписаних і описаних в даний контур кіл. Визначають також ступінь випуклості чи ввігнутості форм.

Під час обчислення морфометричних показників рельєфу з використанням його цифрової моделі виникає потреба виокремити певні градації висот, верхнє і нижнє значення яких не співпадає з градаціями, виділеними програмою автоматично. Наприклад, поверхні вирівнювання Скибових Карпат знаходяться на певних висотах. Їх треба задати у просторі ЦМР. Звичайно, можна задати стільки класів, щоб рельєф став розбитий за висотами майже через один метр. Тоді виділити потрібні градації. Та з великою класифікацією погано справляється оперативна пам'ять.

У цьому випадку виконують обчислення. Нехай нам потрібно розбити проміжок висот  $[H_{\min}, H_{\max}]$  на  $k$  підпроміжків так, щоб серед точок розбиття зустрічались деякі задані висоти  $L_{\min}$  та  $L_{\max}$ . Тоді слід визначити найбільший спільний дільник трьох чисел  $NSD(H_{\max} - H_{\min}, L_{\max} - L_{\min}, L_{\min} - H_{\min})$ . Число  $k$  обчислюємо за формулою

$$\frac{H_{\max} - H_{\min}}{NSD(H_{\max} - H_{\min}, L_{\max} - L_{\min}, L_{\min} - H_{\min})}$$

Далі редагуємо легенду ЦМР і виставляємо висоти через  $k$  інтервалів. У робочому вікні програми виділяться потрібні проміжки відповідним кольором (рис. 3).

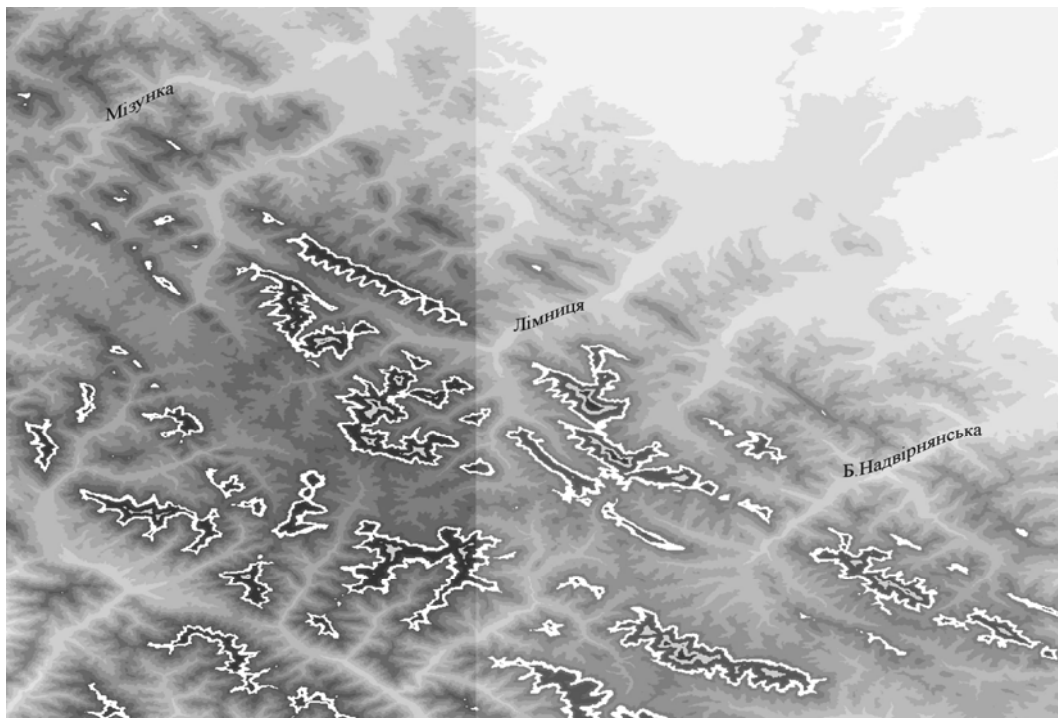


Рис. 3. Залишки Бескидської поверхні вирівнювання у Горганах (світлими кольорами виділено висоти 1300–1400 м і 1600–1700 м).

Задаючи інтервали висот, виділяють структурні лінії рельєфу, такі як лінії ерозійної мережі, вододілів, а також оконтурюють басейни рік.

Характерно, що в різних ГІС-пакетах інструменти аналізу ЦМР рельєфу подібні. Всі пакети відображають зазначені вище морфометричні показники рельєфу. Окрім візуалізації та аналітичного обчислення показників, можна також виконувати графічні операції.

ЦМР в подальшому стає основою для накладання на неї шарів різних фізико-географічних характеристик. Це, наприклад, такі скалярні поля, як метеорологічних чи кліматичних елементів – опадів, температури, тиску, поля гідрологічних характеристик – поверхневого чи підземного стоку, поля

фізичних чи хімічних характеристик ґрунтів, а також поля екологічних показників – забруднення повітря, ґрунтів, водойм тощо.

**Список літератури:**

1. Байрак Г.Р., Гнатюк Р.М., Горішний П.М. Практикум з курсу «Геоморфологія». Навч-метод. посібн. для студ. геогр. ф-тів – Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. І.Франка, 2008. – 76 с.
2. ДеМерс М.Н. Географические информационные системы. – М.: Изд-во СП Дата+, 1999. – 491 с.
3. Світличний О.О. Плотницький С.В. Основи геоінформатики: Навч. посібн. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.

**REFLECTION OF MORPHOMETRIC INDEXES OF RELIEF  
by the METHODS of ARCGIS**

**Galina Bayrak**

*Ivan Franko National University of Lviv*

In the articles considered types of morphometric indexes of relief, which can be presented and calculate in the ArcGIS.