

ПЕРЕДИСКРЕТИЗАЦІЯ ДАНИХ ASTER GDEM 2 ДЛЯ ПОТРЕБ КАРТУВАННЯ ҐРУНТІВ

Ю.М. Дмитрук, В.Р. Черлінка

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна, *dmytruky@i.ua*

Розглянута необхідність використання середньомасштабних глобальних моделей рельєфу для оптимізації підготовчого етапу у картуванні ґрунтового покриву шляхом виділення ряду додаткових морфометричних характеристик. Показані шляхи та способи підвищення якості результативних карт при екстрагуванні геоморфологічних показників.

Ключові слова: цифрова модель рельєфу, морфометричні показники, Aster GDEM 2, ґрунти.

Постановка проблеми. Рельєф – один з найважливіших геофізичних чинників ґрунтоутворення. Переконливих фактів на цей рахунок чимало в історії досліджень та й сама логіка процесу свідчить, що перерозподіл вологи, тепла, світла, літодинамічних потоків пов'язані з морфологічною формою земної поверхні. Окрім того, інші чинники ґрунтоутворення, зокрема клімат, геологія, живі організми а також власне час є й факторами рельєфогенезу, тобто все це – комплекс взаємозв'язаних підсистем. Тому питання відповідності опису і характеристики системних процесів, пов'язаних з рельєфом незначною кількістю його параметрів (як правило висоти, крутизни та експозиції схилів) за величезного набору й різноманітності форм рельєфу, стоїть дуже гостро і знаходиться на передньому краю науки [1, 2].

Саме тому питання виділення додаткових морфометричних показників, які описують структури рельєфу у незвичний і цілісніший для ґрунтознавців спосіб і які надають можливості різностороннього опису їх впливу на процеси ґрунтоутворення є досить важливим. Оскільки обчислення і виділення параметрів такого роду наразі не обмежується рівнем розвитку сучасних геоінформаційних систем, доцільно використовувати їх при картуванні ґрунтів. Аналіз морфометричних показників вимагає підготовленої топографічної основи, а оскільки у крупномасштабному вимірі це процес дуже тривалий, скрупульозний і витратний, то на підготовчому етапі з рекогносцирувальною метою є сенс у використанні глобальних моделей рельєфу [3-7], які за певних умов можна використати для таких цілей.

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій. Хоча геоморфологія на даний час оперує значною кількістю морфометричних характеристик [1], у сучасному ґрунтознавстві, за рідким виключенням, використовують лише три з

наведених вище. Використання альтернативних показників, зокрема горизонтальної та вертикальної кривизни [8] та площі водозбору тією чи іншою мірою дискусійне і ще не дістало (здебільшого це торкається горизонтальної та вертикальної кривизни поверхні) великого поширення. Це один з прикладів того, як деякі важливі відкриття залишаються певний час за поза увагою дослідників: ряд важливих понять, які розширили геоморфометрію як науку, виникли саме в ґрунтознавстві, де вплив схилового перерозподілу речовини і енергії на формування та властивості ґрунтів найбільш очевидний [9-10, цит. за 1].

Дослідження [11] показали, що запропоновані [10, цит. за 1] 1-й та 2-й механізми акумуляції описуються горизонтальною та вертикальною кривизнами відповідно. Області з від'ємною горизонтальною кривизною (області конвергенції) за термінологією Аандала є увігнутими, а з позитивною (області дивергенції) – опуклими відрогами. Аналіз історії розвитку цих понять свідчить, що паралельно розвивалась теорія “потокво-орієнтованих структур” [8, 12], в якій втілено ідею “листа” Девіса, згідно котрої цілісність земної поверхні полягає в єднанні русел та схилів [13]. Запропонований Степановим термін “морфоізографа” – відповідає “наскрізній” лінії, яка об'єднує за точками планової (зокрема нульової) кривизни все різноманіття перегинів горизонталей в одне ціле – потік, тобто пласке зображення рельєфу на картах переводиться в об'ємне не за градієнтами абсолютних висот, а за різницею основних елементів рельєфу і за характером кривизни їх опуклих форм. Тобто за основу було взято лише так звану тангенціальну кривизну [14].

Єдності у термінології на даний час ще не досягнуто і зображення таких структур у літературі носить різні назви: карт оглядових властивостей місцевості [15], карт відрогів [9, цит. за 1], тангенціальної кривизни [14], карт пластики рельєфу [8, 12, 15] чи гравібод [8, 17].

Зовсім мало уваги приділяється ґрунтознавцями областям, які виділяються на основі вертикальної кривизни (від'ємні значення – ввігнуті, а позитивні – опуклі тераси, відповідно). Тому поєднання всіх цих видів морфометричних характеристик робить можливим на якісно новій основі характеризувати процеси, що зумовлюють хід ґрунтоутворення з врахуванням рельєфу [16], а саме: поверхневий стік речовини у різному фізичному стані, розсіченість місцевості, геоморфологічні форми схилів (пов'язані з історією та пам'яттю ландшафту), термічний режим і висотну поясність.

Відмітимо неоднозначну реакцію і неприйняття рядом дослідників нових напрямів, зокрема так званого «недокучаєвського» ґрунтознавства [18, 19] та гостру дискусію щодо використання розширеного набору морфометричних показників і їх значення у процесі ґрунтоутворення, яка триває вже кілька десятиліть. Зокрема, статистично ще не доведено домінування того чи іншого механізму акумуляції над іншим, хоча при використанні дискримінантного аналізу показано [20, цит. за 1], що найбільша кореляція спостерігається між місцями початку яротворення та зонами відносної акумуляції. В інших роботах цього напрямку [21] тангенціальну кривизну використовували для визначення перерозподілу Цезію-137 по елементах мікрорельєфу ерозійних і ерозійно-акумулятивних земель, хоча однозначних статистично обґрунтованих результатів отримано також не було.

Для поглиблення аналогічних досліджень на різних ландшафтах і виділення ряду вищезгаданих характеристик доцільно використати дані дистанційного зондування (ДЗЗ). З огляду на потреби у точності вихідних даних, такі глобальні моделі рельєфу як Etopo2 [3], GTOPO30 [4] тощо із роздільною здатністю 1 аркхвилина (~1 км на місцевості) не підходять. Дані GMTED2010 [5] з просторовим дозволом 1000, 500 і 250 метрів (30, 15 і 7,5 кутових секунд) для такої мети занадто генералізовані.

Наявні для більшості території світу дані SRTM [6] із горизонтальною роздільною здатністю 30 метрів (~1 arcsec) для США і 90 м (~3 arcsec) – для інших держав, також не зовсім придатні для нас, оскільки просто відсутній ряд елементів мезорельєфу. З огляду на це, найдоступнішим шляхом отримати результати потрібної роздільної здатності є використання даних ASTER GDEM, які зараз розповсюджуються у версії 2 [7] з дозволом 1 arcsec (~30 м на місцевості) у форматі GeoTIFF (16 біт) у горизонтальному датумі WGS84 і вертикальному EGM96.

Дозвіл 30 м вже можна вважати відповідним для належного наукового аналізу на регіональ-

ному рівні, проте для отримання коректніших результатів оцінки нахилу, орієнтації, при обчисленні похідних першого та інших порядків тощо варто провести передискретизацію до дрібнішої роздільної здатності, як рекомендовано Valeriano з співавторами [22], хоча це й призведе до збільшення рівня деталізації вихідної цифрової моделі рельєфу (ЦМР).

Мета роботи – запропонувати методологію оптимізації підготовчого етапу картування ґрунтового покриву шляхом виділення ряду додаткових морфометричних характеристик рельєфу, які впливають на процес еволюції ґрунтів і ландшафтів загалом із використанням середньомасштабної глобальної моделі рельєфу та її передискретизацією до дрібнішої роздільної здатності.

Об'єкт досліджень – цифрова модель рельєфу регіонального рівня; предмет дослідження – методи виділення додаткових морфометричних характеристик рельєфу із застосуванням ГІС-підходів і аналіз можливостей використання такого підходу при картуванні ґрунтів, землевпорядних та екологічних обстеженнях.

Методика досліджень. Дослідження проводилися з використанням інструментальних засобів ГІС GRASS 6.4 [23, 24] у середовищі GNOME 3.2.1 [25] операційної системи Debian GNU Linux 7.0 [26] із дотриманням умов Загальної громадської ліцензії GNU GPL [27] щодо вживання цих програмних засобів. Для побудови ЦМР регіонального рівня (Чернівецька область) був надісланий запит і отримані дані через сервер NASA [28]. Отримана інформація була обмежена по попередньо відвекторизованому контуру Чернівецької області в датумі WGS84, що дозволило отримати растр вихідної ЦМР із наступними характеристиками: 9453x3420 комірок, min=6 м, max=1581 м у координатах (градуси десяткові): N: 48.67569445; S: 47.72569444, E: 27.53458334; W: 24.90875. Передискретизацію провели модулем GRASS r.resamp.rst шляхом інтерполяції регуляризованими напруженими сплайнами із параметрами по замовчуванню [29]. Виділення морфометричних характеристик проводили згідно підходів [14, 17] за допомогою модулів ГІС GRASS r.param.scale і r.slope.aspect.

Виклад основного матеріалу. Внаслідок переінтерполяційних процедур отримано ЦМР (рис. 1). Ця поверхня стала основою для наступного моделювання й аналізу. Конфігурація рельєфу автентична реальному і повністю відповідає існуючим топографічним картам.

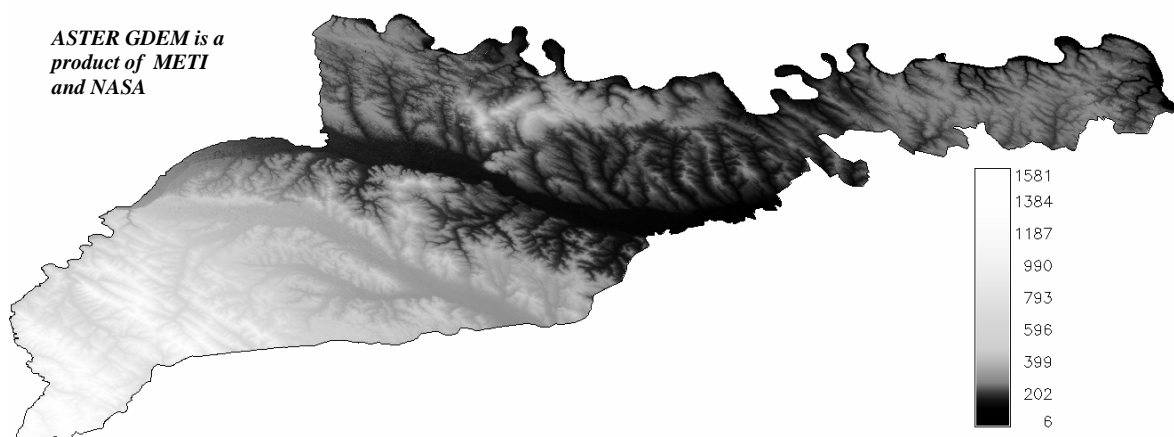


Рис. 1. Цифрова модель рельєфу Чернівецької області з роздільною здатністю 10 м/пкс

Фрагмент ЦМР до і після обробки модулем `g.resamp.rst` показано на рис. 2а. На геоморфологічних профілях (рис. 2б) чітко спостерігається зменшення «зубчастості» ліній внаслідок підвищення лінійної роздільної здатності у 3 рази і, відповідно, згладженості вихідного топографічного матеріалу. Процедура відмивки рельєфу модулем `g.shaded.relief` (рис. 2в) унаочнює ці ре-

зультати. Наступний геоморфологічний аналіз і виділення елементів рельєфу, які характеризуються рядом вищеописаних параметрів, показав, що за рахунок підвищеної роздільної здатності отримуються карти показників із чіткішими та вирівняними контурами, що необхідніше для рекогносцирувальних ґрунтознавчих потреб.

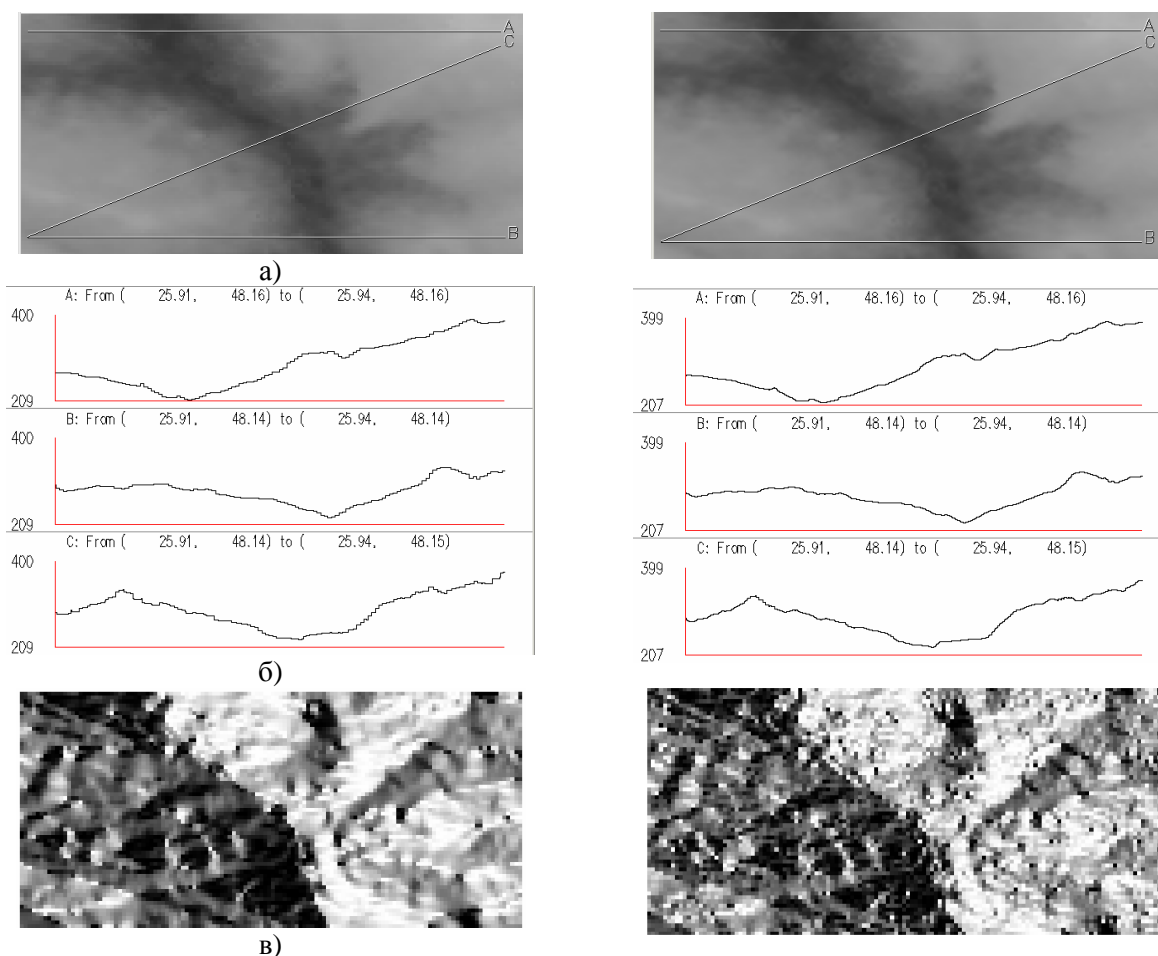


Рис. 2. Відмінності між оригінальними (зліва) та передискретизованими (справа) даними: а) ЦМР; б) геоморфологічний профіль; в) тіньовий рельєф

На отриманому масиві карт з континуальними показниками чітко прослідковуються деревовидні структури (гравібоди) та інші впорядковані побудови. Результати, отримані Трускавецьким з співавторами [30] свідчать, що контурність ґрунтів має деревовидну структуру. Вважаємо, що подальші дослідження геоморфологічних показників із ув'язкою з даними багатоспектральної космічної зйомки нададуть нові можливості для ґрунтознавства, які дозволять оптимізувати картування ґрунтів.

Висновки. Отже, якісне виділення розширеного переліку геоморфологічних показників засобами ГІС шляхом передискретизації середньомасштабних глобальних цифрових моделей рельєфу оптимізує підготовчий етап картування ґрунтового покриву. Отримані результати можуть застосовуватись не тільки у прикладних завданнях ґрунтознавства, а й для цілей землеустрою, екології, ботаніки, зоології тощо. З огляду на велику перспективність використання новітніх геоморфологічних методів у ґрунтознавстві, необхідне продовження досліджень на конкретному регіональному рівні матеріалі.

Список літератури

1. Шарый П.А. Геоморфометрия в науках о земле и экологии / П.А.Шарый // Известия СНИЦ РАН. Серия Биология. – 2006. – № 2. – С. 458–473.
2. Pike R. J. Bibliography of Terrain Modelling (Geomorphometry), the Quantitative Representation of Topography – Supplement 4.0 / Pike R. J. – Open-file report. - №02-465. – U.S. Geological Survey, MENLO PARK, California: 2002. – 158 p. – Режим доступу: <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of02-465/of02-465.pdf>
3. National Geophysical Data Center [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO2/>
4. Earth Resources Observation and Science [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/gtopo30_info
5. Danielson J.J., Gesch D.B. / Global multi-resolution terrain elevation data 2010 (GMTED2010) / J.J.Danielson, D.B.Gesch. – Open-file report. - №2011–1073. – U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2011. – 34 p. – Режим доступу: <http://pubs.usgs.gov/of/2011/1073/pdf/of2011-1073.pdf>
6. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
7. The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (GDEM) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lpdaac.usgs.gov/content/view/full/11033>
8. Степанов И.Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты / И.Н.Степанов. – М.: Наука, 2005. – 230 с.
9. Aandahl A.R. The characterization of slope positions and their influence on the total nitrogen content of a few virgin soils of Western Iowa / A.R.Aandahl // Soil Science Society of America Proceedings. – 1948. – V.13. – pp. 449-454.
10. Troeh F.R. Landform parameters correlated to soil drainage / F.R.Troeh // Soil Science Society of America Proceedings. – 1964. – V.28. – №6. – pp. 987-991.
11. Shary P.A. Land surface in gravity points classification by a complete system of curvatures / P.A.Shary // Mathematical Geology. – 1995. – V. 27. – №.3. – pp. 373-390. – Режим доступу: <http://www.springerlink.com/content/q586782j38453524>
12. Степанов И.Н. Пространство и время в науке о почвах: Недокучаевское почвоведение / И.Н. Степанов. – М.: Наука, 2003. – 184 с.
13. Дэвис В.М. Геоморфологические очерки / В.М.Дэвис. – М.: Изд-во ИЛ, 1962. – 456 с.
14. Mitašova H. Interpolation by Regularized Spline with Tension: II. Application to Terrain Modeling and Surface Geometry analysis / H.Mitašova, J.Hofierka // Mathematical Geology. – 1993. – Vol. 25. – №.6. – pp. 657–669.
15. Степанов И.Н. Формы в мире почв / Степанов И.Н. – М.: Наука, 1986. – 192 с.
16. Шарая Л.С. Количественный анализ пространственной изменчивости некоторых параметров экосистемы Жигули / Л.С.Шарая // Самарская Лука. – 2007. – Т. 16. – №4 (22). – С. 639-659.
17. Дмитрук Ю.М. Окремі аспекти організації території на основі виокремлення потоково-орієнтованих структур із використанням ГІС GRASS / Ю.М.Дмитрук, В.Р.Черлінка // Землеустрій і кадастр. – 2011. – № 3. – С. 57-64.
18. Гедымин А.В. О «Методі пластики рельєфа» / А.В.Гедымин, Н.П.Сорокина // Почвоведение. – 1988. – №6. – С. 110-120.
19. Дмитриев Е.А. Концепция пластики рельефа и почвоведение / Е.А.Дмитриев // Почвоведение. – 1998. – № 3. – С. 370-381.
20. Lanyon L.T. Land-surface morphology: 2. Predicting potential landscape instability in eastern Ohio / L.T.Lanyon, G.F.Hall // Soil Science. – 1983. – V. 136. – №6. – pp. 382-386.
21. Трофимец Л.Н. Использование карт пластики рельефа и структурных линий земной поверхности для оценки вторичного перераспределения Цезия-137 в бассейне Верхней Оки / Л.Н.Трофимец, И.П.Баранов // Ученые записки Орловского государственного университета. – Серия: естественные, технические и медицинские науки. – 2011. - №3. – С. 301-311.
22. Valeriano M.M. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission 90m data / M.M.Valeriano, T.M.Kuplich, M.Storino, B.D.Amaral, J.N.Mendes, D.J.Lima // Computers and Geosciences. – 2006. – V. 32, I. 8. – pp. 1169–1181. – Режим доступу: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2005.10.019>

23. Geographic Resources Analysis Support System [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://grass.fbk.eu/>
24. Черлінка В.Р. Особливості та актуальність використання системи підтримки аналізу географічних ресурсів (GRASS) / В.Р.Черлінка, Ю.М.Дмитрук // Ученые записки Таврийского национального университета им. В.И.Вернадского. – Серия: География. – 2011. – Т.24 (63). – №1. – С. 3-7.
25. GNU Network Object Model Environment [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gnome.org/gnome-3/>
26. Debian GNU Linux – the universal operating system [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.debian.org/index.en.html>
27. GNU GENERAL PUBLIC LICENSE [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>
28. The National Aeronautics and Space Administration (NASA): Reverb, the next generation metadata and service discovery tool [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>
29. Mitašova H. Interpolation by Regularized Spline with Tension: I. Theory and Implementation / H.Mitašova, L.Mitaš // Mathematical Geology. – 1993. – Vol. 25. – №.6. – pp. 641-655.
30. Трускавецкий С.Р. Методика составления электронных почвенных карт по материалам многоспектральной космической съемки / С.Р.Трускавецкий, Т.Ю.Бындыч, М.Н.Гичка, Т.П.Тененёва // Геопрофиль. – 2008. – №3. – С. 38-42.

THE ASTER GDEM 2 DATA OVERSAMPLING FOR THE NEEDS OF SOIL MAPPING

Y.M. Dmytruk, V.R. Cherlinka

The necessity of the mesoscale global terrain models use for the soil cover mapping preparatory phase optimization by providing some additional morphometric characteristics. The ways and means of the maps quality improving by the extraction of the geomorphic parameters.

Keywords: digital terrain model, morphometric parameters, Aster GDEM 2, soils

Одержано редколлегією 25.02.2012