

УДК 631.6.02:004.942

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕКСАГОНАЛЬНО-РАСТРОВОЇ ЦМР У ДОСЛІДЖЕННЯХ ХРОНОЛОГІЧНО-ХОРОЛОГІЧНОЇ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

В.Р. Черлінка, кандидат біологічних наук, доцент

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Розглянуто питання можливості побудови гідрологічно-коректної цифрової моделі рельєфу з використанням гексагональної растрової сітки. Окреслено шляхи її отримання та проблеми, які при цьому виникають. Запропоновано покласти такі моделі в основу методики крупномасштабного картографування ґрунтового покриву.

Ключові слова: цифрова модель рельєфу (ЦМР), гексагональний растр, моделі водних потоків D-8 та D-6.

Постановка проблеми. Співставлення результатів крупномасштабного картографування ґрунтів з результатами сучасних дистанційних методів зондування Землі показує ряд значних відмінностей у відображенні ґрунтової ситуації, і, особливо, чіткості проведення контурів [1]. Це обумовлено різноманітними причинами, зокрема недоліками як власне виконавчого рівня, так і методики. Так, за свідченнями учасників процесу в турі суцільного картографування, який проводився протягом 1956-1961 рр., внаслідок аврального режиму роботи відбувалися приписки в об'ємах виконаних робіт, наприклад, закладався 1 розріз на 500 га при нормі 1 на 100 га тощо. Оскільки ґрунт, як природно-історичне тіло, в геологічному часі динамічно розвивається, існує нагальна потреба у новому погляді як на процеси еволюції ґрунтів і дослідження хронологічних змін, що в них протікають, так і на встановлення закономірностей просторових змін ґрунтосфери. Оскільки сучасний етап розвитку науки характеризується широким за-

© Черлінка В.Р., 2014

стосуванням моделювання, в тому числі рельєфу, яке допомагає в камеральних умовах досліджувати динаміку широкого кола параметрів, питання вибору основоположних класів моделей є важливим та актуальним.

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій.

Існуючі на сьогоднішній день основні два класи моделей рельєфу (растрові та TIN) [2] мають широке застосування в різноманітних сферах наук про Землю. Проте якість отриманих на їх основі даних, зокрема про переміщення потоків речовини та енергії, значно коливається залежно від типу моделі [3]. Міграція речовини найчастіше відбувається з водними потоками (тимчасовими і постійними), а тому коректність фізичної моделі рельєфу є тісно пов'язаною з останніми. Вважаємо, що модель, яка найбільш повним і якісним чином описуватиме перерозподіл води, а, отже, і перерозподіл всіх інших показників, опосередковано пов'язаних із водним режимом, оптимізує розв'язок питань щодо поширення граничних ареалів тих чи інших ґрунтових процесів та площинної конфігурації ґрунтових відмін від типу до розряду включно.

Отже, здатність моделі рельєфу найточнішим способом описувати варіабельність просторових умов і умов поширення водних потоків є однією з відправних точок у дослідженні хорологічно-хронологічної варіабельності ґрунтового покриву. Тому пошук нових підходів для побудови якісно відмінних моделей для вирішення згаданої глобальної мети залишається актуальним.

Мета роботи. Проаналізувати підходи до побудови GRID-моделі в контексті оптимального опису розподілу водних потоків.

Об'єкт досліджень – класи цифрових моделей рельєфу; предмет дослідження – розгляд альтернативних регулярних сіток для побудови цифрових моделей рельєфу та досліджень напрямків поширення речовини та енергії.

Методика досліджень. Дослідження проводилися з використанням монографічного, порівняльно-логічного та методів аналізу і синтезу.

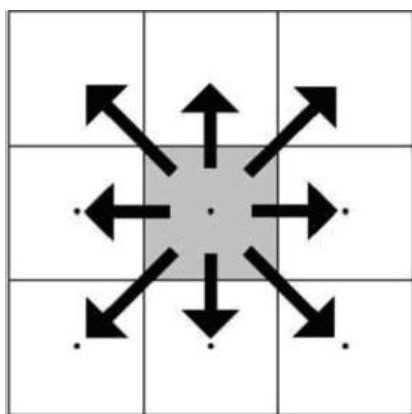
Виклад основного матеріалу. Як було зауважено, ЦМР на основі нерегулярної мережі трикутників не повною мірою задовольняють висунутим критеріям [4], хоча існують розробки, які мають ряд поліпшень у сфері гідрологічної коректності моделей TIN [5]. Саме тому значна увага дослідників протягом останніх декад концентрувалася на якості растрових ЦМР, що стимулювало суттєві зрушення як в їх теорії, так і здатності до практичного застосування, зокрема у гідрологічних додатках [6, 7].

Як визначено галузевим стандартом [8], растрова модель поверхні – це такий спосіб цифрового подання рельєфу, який відповідає або множині значень висоти у вузлах регулярної сітки (GRID-модель вузлова), або множині регулярно розташованих чарунок (комірок) однакового розміру та форми (чарункова GRID-модель). Основна увага при цьому зосереджена на ортогональній GRID-моделі з ідентифікацією вузлів (чарунок) парами $\langle i, j \rangle$ номерів ліній (інтервалів) по осях координат ОХ та ОУ відповідно [8]. Проте існують моделі такого роду іншої розмірності, детальніше описані в Міжнародному стандарті ISO 19123 [9]. Зокрема до таких належить GRID-модель на основі регулярної шестигранної сітки або множині регулярно розташованих чарунок у формі гексагонів. Тобто формою представлення растрових моделей у загальному вигляді, окрім ортогональних (як правило на основі квадратних/прямокутних комірок), можуть бути і гексагональні.

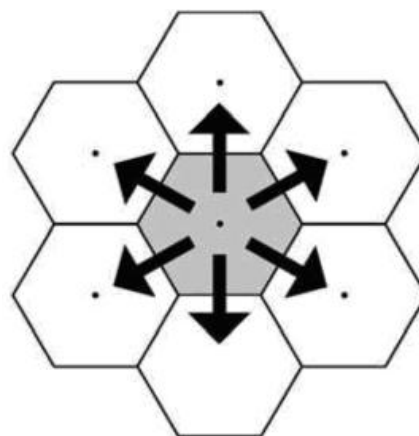
Кожна чарунка ортогональної сітки має чотирьох сусідів, з якими межує сторонами і ще чотири, з якими має спільні вершини. Така ситуація зумовлює певну просторову анізотропію: центри чарунок зверху, знизу та з боків знаходяться на ближчій віддалі, аніж центри по діагоналях (рис.). На противагу цьому, у гексагональній сітки відсутні невизначеності стосовно розподілу дистанцій: центри всіх шести сусідніх чарунок знаходяться на однакових відстанях від центру (рис. 1).

Гідрологічне моделювання на основі ЦМР завжди починається з визначення витрат води за напрямками від кожного осередку сітки. Традиційно результати отримують на основі алгоритму D-8 [11]. Вектори напрямків потоків є

напрямами до найближчих сусідніх комірок, а отже й найбільшої ймовірності їхнього шляху. Цей метод має деякі недоліки [12], тому були запропоновані моделі, які враховують ряд суміжних чарунок для мінімізації похибок та більш точного опису потоків води [13].



а) ортогональний растр



б) гексагональний растр

Рис. Відмінності між типами растрових ЦМР [10]

Незважаючи на свою обмеженість, D-8 модель залишається найпоширенішою для обчислення напрямів потоків для растрових ЦМР, хоча у гексагональних растрів набагато вищий потенціал для збереження інформації про оригінальний напрям потоку. Реалізації алгоритмів D-6 для гексагональних растрів присвячено наразі досить небагато робіт, зокрема [14], де дійшли цікавого висновку, що при меншій кількості можливих напрямів векторів – 6 отримується ліпший результат перерозподілу вологи, ніж при аналогічному D-8. Істотний відсоток наукових праць у цій сфері напрацьований у методології обробки зображень, де зокрема доведено, що за однакових умов ущільнення елементів у гексагональному GRID є найвищим [15]. За рахунок цього такі растри при однаковому кроці моделі здатні відображати більше деталей і з меншою зубчастістю, на відміну від ортогональних.

Виходячи з цього, перспектива розробки моделей рельєфу на основі гексагональних растрів та отримання на їх основі якісно та кількісно відмінних результатів є досить істотною. Можливим стане якісне врахування каркасу рельєфу та основних структурних ліній згідно з [16]; при використанні такого підходу буде

досягнуто гідрологічну коректність за найвищими критеріями, що дозволить будувати процесо-орієнтовані моделі водної ерозії. Відповідно, побудовані моделі мікро-, мезо- та макрорельєфу дозволять досліджувати хорологічну та хронологічну варіабельності ґрунтового покриву в динаміці.

Ряд питань побудови гексагональних ЦМР залишаються відкритими та дискусійними і вимагають окремого розгляду. Стосується це, зокрема, способів ресемплінгу ортогональної сітки в гексагональну [17]; питання адресації чарунок [18], вибору величини дискретизації, отримання супергексагональних структур [14], координування векторів, сегментації та інтерполяції по таких растрах тощо.

Висновки. Суттєве поліпшення якості растрових ЦМР та базованих на них моделях можливе при використанні теорії гексагонального растру, що може стимулювати суттєві зрушення здатності GRID-моделей до практичного застосування, зокрема у дослідженнях просторово-часової варіабельності ґрунтового покриву. Інноваційне дослідження процесів перерозподілу речовини та енергії дозволить відповісти на питання ідентифікації контурів та ареалів поширення ґрунтових відмін різного рівня геоморфологічної складності, що дозволить на якісно новій основі пропонувати методики крупномасштабного картографування ґрунтів.

Список використаних джерел:

1. 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.
2. Бурштинська Х.В. Теоретичні та методологічні основи цифрового моделювання рельєфу за фотограмметричними та картометричними даними : автореф. дис... д-ра тех. наук / Х.В. Бурштинська. — Львів, 2003. — 40 с.
3. Дмитрук Ю.М. Використання моделей водної ерозії при розв'язанні прикладних завдань землеустрою: геоінформаційний підхід / Ю.М. Дмитрук, В.Р. Черлінка // Землеустрій і кадастр. — 2012. — №1. — С. 12–18.
4. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение / А.В. Скворцов. — Томск : Том. ун-т, 2002. — 128 с.
5. Cvijetinić Ž. Procedures and Software for High Quality TIN Based Surface Reconstruction / Ž.Cvijetinić, D.Mihajlović, M.Vojinović, M.Mitrović, M.Milenković // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 21st Congress. — Commission IV, WG IV/4. — Vol. XXXVII, Part B4. — China, 2008. — pp. 629 – 634.
6. Li Z. Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology / Z.Li, Q.Zhu, C.Gold. — Boca Raton : CRC Press, 2005. — 319 p.

7. Brimicombe A. GIS, Environmental Modeling and Engineering / A.Brimicombe. — Boca Raton : CRC Press, 2010. — 376 p.
8. COY 742-33739540 0013:2010 – Правила цифрового опису рельєфу. Комплекс стандартів. База топографічних даних. — К. : Мінприроди України, 2010. — 34 с.
9. ISO 19123:2005(E). Geographic information – Schema for coverage geometry and functions. International standart. First edition. — Geneva : ISO, 2005. — 65 p.
10. Hengl T. Finding the right pixel size / T.Hengl // Computers & Geosciences. — 2006. — №32. — pp. 1283-1298.
11. O'Callaghan J.F. The extraction of drainage networks from digital elevation data / John F. O'Callaghan, David M. Mark // Computer Vision, Graphics, and Image Processing. — 1984. — Vol. 28, Iss. 3. — pp. 323 — 344.
12. Tarboton D.G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models / David G. Tarboton // Water resources research. — 1997. — Vol. 33. — №2. — pp. 309 — 319.
13. Endreny T.A. Maximizing spatial congruence of observed and DEM-delineated overland flow networks / Theodore A. Endreny, Eric F. Wood // International Journal of Geographical Information Science. — 2003. — Vol. 17. — №7. — pp. 699 — 713.
14. Sousa L. Assessing the accuracy of hexagonal versus square tilled grids in preserving DEM surface flow directions / Luís de Sousa, Fernanda Nery, Ricardo Sousa, João Matos // Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences (Ed. by M. Caetano and M. Painho). — Lisbon: Instituto Geográfico Português, 2006. — pp. 191 – 200.
15. Lester L.N. Computer graphics on a hexagonal grid / Lewis N. Lester, John Sandor // Comput. & Graphics. — 1984. — Vol. 8. — №4. — pp. 401 – 409.
16. Костріков С.В. Дослідження самоорганізації флювального рельєфу на засадах синергетичної парадигми сучасного природознавства / С.В. Костріков, І.Г. Черваньов. — Х.: ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2010. — 144 с.
17. Staunton R.C. The design of hexagonal sampling structures for image digitization and their use with local operators / R.C.Staunton // Image and Vision Computing. — 1989. — Vol. 7, Iss. 3. — pp. 162—166.
18. He X. Comparison of Image Conversions Between Square Structure and Hexagonal Structure / Xiangjian He, Jianmin Li, Tom Hintz // Proceedings 9th International Conference Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems ACIVS, Delft, The Netherlands, August 28-31, 2007. — LNCS 4678. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. — pp. 262 – 273.

В.Р. Черлінка. Применение гексагонально-растровой ЦМР в исследованиях хронологически-хорологической вариабельности почвенного покрова.

Рассмотрен вопрос возможности построения гидрологически-корректной цифровой модели рельефа с использованием гексагональной растровой сетки. Намечены пути ее получения и проблемы, которые при этом возникают. Предложено положить такие модели в основу методики крупномасштабного картографирования почвенного покрова.

V. Cherlinka. The use of the hexagonal-raster DEMs in studies of chronologically chorologic variability of soil cover.

The issue of constructing a hydrological-correct digital elevation models by means of hexagonal raster grid are considered in the article. It was proposed to put these models to the basis of the large-scale mapping soil methods.