

ЦИФРОВІ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ НА ТЕРИТОРІЮ КУОРТУ СХІДНИЦЯ

©Кузик З., 2009

В статье рассмотрены методы и способы цифрового моделирования рельефа. Построены векторные и растровые цифровые модели рельефа на горный карпатский регион курорта Схидниця в программах Surfer и ГИС Панорама. Сделано сравнительное описание ЦМР и практические рекомендации по их применению.

Methods and ways of digital terrain modeling are considered in the article. Vektor and raster digital terrain models for the resort Skhidnytsya in the mountain region of Carpathians are built in the programs Surfer and GIS Panorama. There is also done comparative analysis of DTM and practical recommendations concerning its application are given.

Постановка проблеми. Цифрові моделі земної поверхні, створені на основі даних про рельєф, є найосновнішим засобом для візуалізації та моделювання земних ландшафтів. При цьому рельєф розглядають як змінну функцію $f(x, y, z)$. Сукупність масиву координат точок земної поверхні та математичний спосіб їх подання утворюють цифрову модель рельєфу (ЦМР). Цифрові моделі рельєфу поділяються за способом одержання даних (картометричний, фотограмметричний, геодезичний тощо) та за впровадженим математичним алгоритмом утворення моделі поверхні. Оскільки у цифровій моделі рельєфу визначена геометрично кожна точка поверхні, то особливо велике значення приділяють точності створені ЦМР. Цифрові моделі рельєфу є предметом розгляду і дослідження у геоінформаційних системах, у моніторингу довкілля, зокрема для вирішення таких задач як топографічне картографування, побудова профілів, визначення вододілів та ліній стоку, розрахунок дренажної мережі, прокладання оптимальних трас доріг, каналів, водотоку, нафтопроводів, обчислення кутів нахилу та кривини схилів, експозиції схилів, розрахунок зон видимості/невидимості та ін.

Аналіз досліджень і публікацій. Необхідно відзначити, що проблемою пошуків оптимальних методик математичного моделювання рельєфу, представлення його структури з іншими географічними елементами та процесами займались у різні роки багато вчених. Зокрема, типи рельєфу та їх класифікацію проаналізував Бойко А.В. Автоматизацію визначення структурних ліній із врахуванням геоморфології рельєфу досліджував Рудий Р.М. Теоретичні і практичні аспекти цифрового моделювання рельєфу висвітлені у працях Лобанова О.М., Фінковського В.Я., Дорожинського О.Л.. Детальному аналізу точності цифрових моделей рельєфу, створених картометричним і фотограмметричним методом, присвятила свої праці Бурштинська Х.В. Алгоритми цифрового моделювання для растрових і векторних моделей рельєфу розробили К.Краус, Р.Фінстервальдер та ін. Маркус Н. успішно вирішив практичні задачі цифрового моделювання рельєфу. теоретичний опис та використання цифрових моделей рельєфу для ГІС-систем виконав Суховірський Б.І.

Формулювання цілей статті. Завданням даної статті є створення за відомими у геоінформаційних технологіях методами та аналіз цифрових моделей рельєфу для гірського масиву Карпат у районі курорту Східниця.



Мал.1. Гірський ландшафт курорту Східниця



Мал.2. Скелі у селі Урич

Виклад основного матеріалу. Цифрові моделі рельєфу, визначені як цифрові і математичні подання рельєфу місцевості на основі дискретної сукупності вихідних точок, дають змогу із заданою точністю віртуально відтворити реальну поверхню та її структуру. Це завдання здійснимо за допомогою спеціальних сучасних програмних засобів і технологій.

Зупинемось коротко на особливостях формування та характеристиках рельєфу курорту Східниця та її околиць. Східниця розташована в українських Карпатах у гірському масиві Сколівські Бескиди (мал1).

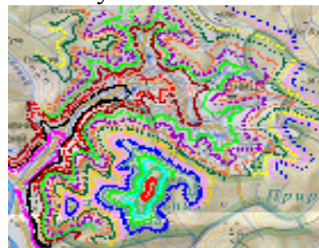
У мезозої та палеогеновому періоді кайнозою тут існував велетенський океан Тетіс, на дні якого нагромадилися потужні товщі намулу. Нинішні Карпати утворились близько 25 мільйонів років тому, в неогеновий період кайнозою. Східниця розташована над глибинним Раточинським розломом, що визначений у фундаменті земної кори на глибині 10км на Орівській скибі. Пласти Орівської скиби добре видно в мініатюрі на крутих високих берегах річки Східничанки. У процесі гороутворення з океанічного дна на поверхню землі виринули і камені-пісковики. В геологічній науці вони відомі як «Ямненські» (назва походить від с. Ямна). В одних місцях пісковики виступають у формі великих монолітних скель (мал.2), в інших — у формі безладно сформованих брил. Є багато тріщин, ніш, печер, в тому числі рукотворних. У крейдових та палеоценових геологічних пластах на глибині 300-400м є поклади нафти, а на глибині 100м утворюється мінеральна вода «нафтуса», відома своїми унікальними лікувальними властивостями.

Для побудови цифрових моделей рельєфу курорту Східниця та околиць обрано топографічну карту Національного Карпатського заповідника Сколівські Бескиди в масштабі 1:100 000. Площа досліджуваної території становить 24 км². Вона включає у себе Східницьку улоговину (басейн річки Східничанки), яка плавно переходить у долину річки Стрий, та навколишній гірський масив (околиці Східниці – височини Хашоватий, Яворники, Малий Базів, Мельнична, Гута). Згідно шкали класифікації основних типів рельєфу, на обраній ділянці району Східниці відповідно представлений рельєф типу «середньовисотні гори з крутизною схилів $\leq 20^{\circ}$ і відносною амплітудою висот від 350 до 1000м (V клас). Мінімальне значення висот на представленій ділянці – 500м (долина ріки Стрий), максимальне – 820м (гора Мельнична). Горизонталі проведені через 20м.

Збір даних виконано картометричним методом.

Моделювання рельєфу виконане у ПЗ Surfer7 та ГІС Панорама2005. Дігіталізація ізоліній здійснювалась по ізолініях дискретно з урахуванням складності форм рельєфу із щільністю 0.5 – 1.0мм. Загальна кількість точок для побудови цифрової моделі рельєфу становить понад 2700 (мал.3).

Цифрове моделювання рельєфу виконане у ПЗ Surfer7 та ГІС Панорама2005.



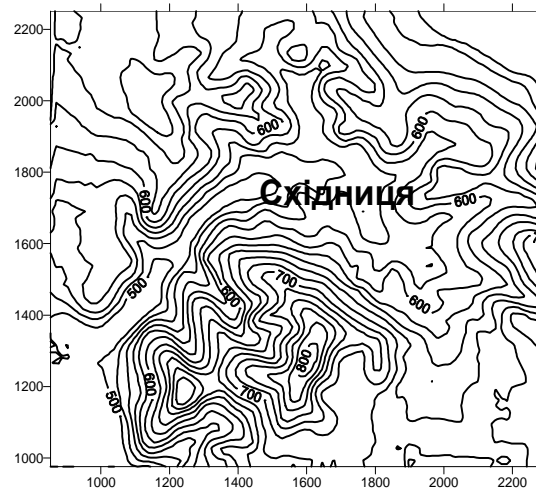
Мал.3. Вихідні дані – дискретно оцифровані горизонталі (кожна горизонталь позначена іншим кольором)

Математичне моделювання рельєфу у ПЗ Surfer здійснене на основі колокаційної моделі за методом Крайгінга. Для визначення вузла регулярної сітки висот задано 6 точок в октанті. Регулярна сітка побудована з кроком 17м вздовж осей x та y.

Оцінювання різниць висот реальних точок і відповідних точок цифрової моделі дозволяє визначити точність утвореної ЦМР на ізолініях, що становить $m = 6.2$ м стверджувати про достатню високу точність утворення цифрової моделі рельєфу (мал.4).

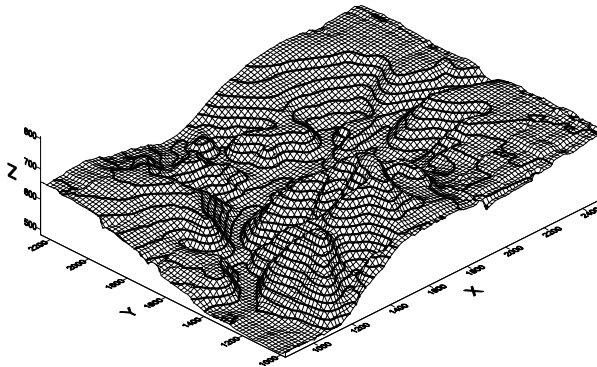
Surfer - [ZAHAL.blm]				
File Edit Format Data Window Help				
G2681				
	A	B	C	D
2677	1112,15	978,34	500	-1,71
2678	1098,58	975,98	500	0,99
2679	1086,78	982,47	500	-0,40
2680	1079,7	993,68	500	-0,82
2681	1076,16	1006,07	500	-1,25
2682	1073,21	1019,05	500	-1,66
2683	1069,08	1030,85	500	-1,41
2684	1066,72	1046,78	500	-2,41
2685	1064,36	1063,3	500	-1,58
2686	1063,77	1076,28	500	-1,67
2687	1062,59	1089,26	500	-1,72
2688	1060,82	1102,24	500	-2,35
2689	1056,69	1117,58	500	-2,05
2690	1051,38	1130,56	500	-3,34
2691	1044,89	1141,77	500	-4,15
2692	1034,86	1150,62	500	0,60
2693	1030,73	1167,73	500	-1,69
2694	1024,24	1185,43	500	-0,59
2695	1020,11	1205,49	500	-0,95
2696	1015,98	1217,88	500	-0,86

Мал.4. Координати точок (стовпці A, B, C) та різниці висот (D)

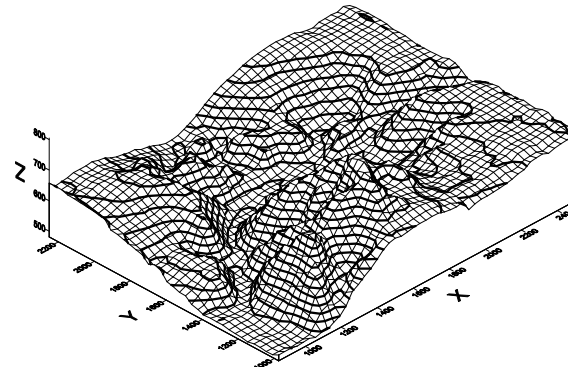


Мал.5. Карта горизонталей – 2,5 D ЦМР.

У ПЗ Surfer виконане двовимірне і тривимірне моделювання рельєфу у векторному форматі у вигляді карти горизонталей (їх ще називають 2,5D ЦМР) (мал.5) та ізометричної моделі (3D). У відповідних діалогових вікнах вказують параметри викреслення горизонталей їх графічне оформлення та функцію згладжування. На Мал.6 приведені для порівняння дві ізометричні моделі, регулярна сітка висот яких задана різним кроком, відповідно 17м і 34м. Січення висот становить 20м. На обох зображеннях у центрі знаходиться Східницька улоговина, обабіч розташована найбільша височина цього району – гора Мельнична висотою 820м. Очевидно, що щільна регулярна сітка висот (мал.6а) відтворює рельєф з більшою точністю та з врахуванням мікроформ поверхні, тоді як вдвічі рідша регулярна сітка висот зображає рельєф більш згладжено, без врахування мікроформ поверхні (мал. 6б). Представлення та моделювання рельєфу у тривимірному просторі дозволяє визначити по ЦМР та описати координатами x,y,z кожен точку на місцевості

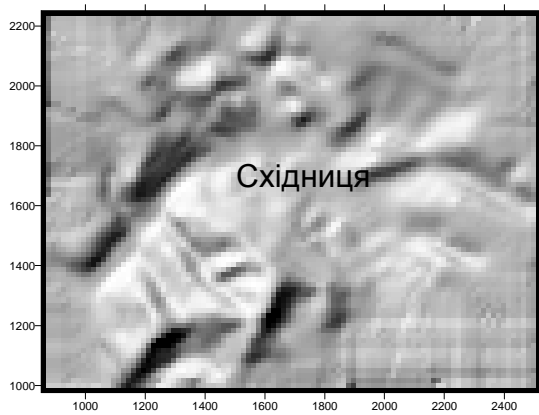


Мал.6.Ізометричні 3D цифрові моделі рельєфу а) Регулярна сітка висот з кроком 17м



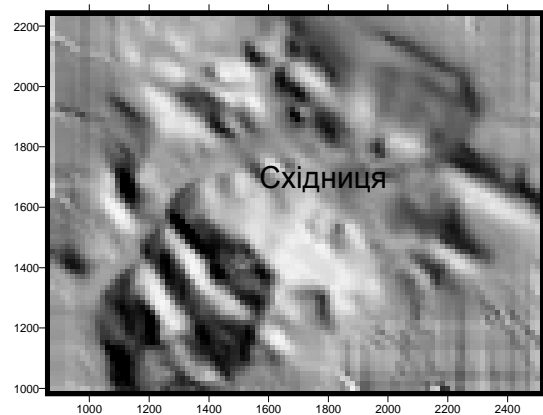
б) Регулярна сітка висот з кроком 34м.

Створена у ПЗ Surfer растрова цифрова модель рельєфу, або т.зв. «модель тіней» зображена на мал.7. Для побудови «тіньових» ЦМР у діалоговому вікні задають певні значення вертикального (азимут) та горизонтального кута на т.зв. локальному горизонті, що відповідає висоті Сонця на небосхилі. «Моделі тіней» застосовують для визначення експозицій досліджуваних ділянок рельєфу, інтенсивності танення снігового покриву в залежності від крутизни та експозиції схилів. Вони дозволяють виявляти деякі особливості рельєфу та змінювати морфологічну вираженість його форм та елементів. Кожний піксел описаний рівнем сірого тону, а це дозволяє визначити експозиції схилів та рівень сонячної енергії у кожній точці ЦМР. На мал.7а азимут локального горизонту становить 130 гон. При такому положення Сонця Східницька долина краще освітлена, а ЦМР більш пластична, власна тінь об'єктів найбільша на північних схилах високих гір. На мал.7б азимут становить 30 гон, контрасти на ЦМР значно більші, рельєф виразний, краще простежуються мікроформи поверхні, затіненими є південно-західні схили.



Мал.7. ЦМР «Моделі тіней».

а) Азимут локального горизонту – 130 гон



б) Азимут локального горизонту – 30 гон

Цифрові моделі рельєфу у ПЗ ГІС Панорама 2005 мають назву «матриці висот».

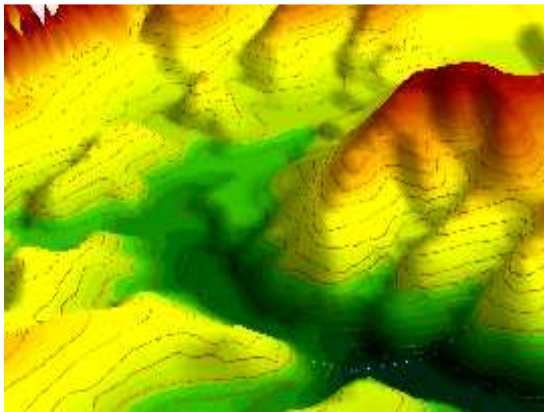
Матриця висот – тривимірна растрова модель місцевості (рельєфу), одержана в результаті перетворення вихідних векторних даних (карти горизонталей) у растровий вигляд. Цифрову карту горизонталей у ГІС Панорама 2005 створюють подібно як у ПЗ Surfer картометричним методом шляхом дигіталізації горизонталей по растровій основі. Вихідні дані аналогічні – топографічна карта розміром 24м² на район смт. Східниця. При цьому послуговуються інтегрованим електронним класифікатором для збору інформації та вибору об'єктів векторної карти – горизонталі основні, потовщені, пікети.



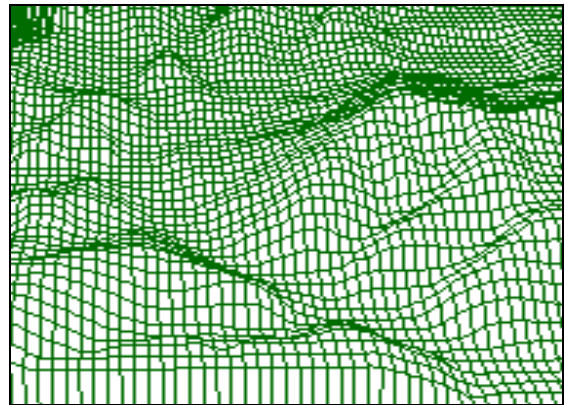
Мал.8. Векторна карта горизонталей району Східниця.

Векторна цифрова модель сформована інформаційним шаром з назвою «Рельєф суші» та містить масив дискретних точок з абсолютними висотами. Цифрова векторна карта – об'єктно-орієнтована. При наведенні на об'єкт висвітлюються інформаційне вікно, в якому вказані його код, назва та семантичні характеристики, які зберігаються у базі даних. У побудові матриці висот беруть участь також пікети або об'єкти рельєфу з відомими абсолютними висотами, значення яких присвоюють у діалоговому вікні «Семантика». Створений фрагмент векторної карти у масштабі 1:100000.

Поверхня, що відповідає абсолютному рельєфу місцевості, утворена середньоваговою інтерполяцією або методом лінійної інтерполяції по сітці висотних точок. Нижче приведені гіпсометрична та каркасна ЦМР. У центрі – Східницька долина, обабіч справа – гора Мельнична.



Мал.9. Гіпсометрична растрова ЦМР на територію Східниці та околиць.



Мал.10. Каркасна ЦМР на район Східниці, утворена регулярною сіткою планово-висотних точок.

Висновки. Побудовані цифрові моделі рельєфу на район Східниці та її околиць, виконані у ПЗ Surfer ґрунтуються на математичному алгоритмі Крайгінга. Середня квадратична помилка, обчислена для ізоліній - 6.2м, що становить менш як 1/3 січення рельєфу. У ПЗ Surfer більше можливостей для побудов та цифрового моделювання рельєфу, ніж у ГІС Панорама. Зокрема, растрові 3D «моделі тіней» дозволяють визначити сонячну радіацію у кожному пікселі ЦМР та її зміну впродовж світлового дня. На цифрових моделях рельєфу з надійною точністю відображаються гірські вершини та впадини, хребти і тальвеги, що дозволяє визначити особливі відкриті вітрові зони та місця, небезпечні для затоплення.. Утворені ЦМР можна застосовувати для проектування та оптимального вибору місць розташування установок нетрадиційних джерел енергії – сонячної, вітрової та енергії малих річок.

Векторні карти горизонталей, гіпсометричні та каркасні ЦМР, створені у ПЗ ГІС Панорама строго за вимогами цифрового топографічного картографування, є також точними і наглядними носіями та джерелами інформації. Доповнивши їх деякою корисною інформацією шляхом утворення нових картографічних шарів, такі ЦМР знайдуть своє застосування для екологічного, лісового моніторингу, у туристичних ГІС, що особливо актуально для перспективного і неповторного у Європі курорту мінеральних вод Східниці.

1. Буришинська Х., Дорожнинський О., Зазуляк П., Засць О. Цифрове моделювання рельєфу з використанням пакету Surfer та геоінформаційної системи ArcGis. Геодезія, картографія і аерофотознімання. №63, 2003. с.196-200.
2. Дорожнинський О.Л., Тукай Р. Фотограмметрія. В-во НУ «Львівська політехніка». Львів. 2008. С. 181-182.
3. Бойко А.В. Методы и средства автоматизации съёмок. М. Недра. 1980.
4. Василюха І. Особливості цифрового моделювання складних типів рельєфу. Геодезія, картографія і аерофотознімання. №68. 2007. с.269-271.
5. Суховірський Б.І. Географічні інформаційні системи. Чернігів. 2000.
6. Стоцька Г. Цілющі води Східниці. «Афіша». Львів. С.16-17. 2008.
7. Kraus K. "Photogrammetrie". ВЗ. Koeln. 2000. S. 372-373.
8. GIS Panorama 2005. Електронний довідник.