

КАРТОГРАФІЯ

УДК 528.92

БУРШТИНСЬКА Х.В., ЗАЯЦЬ О.С., ЛЕЛЮХ Д.І.

Національний університет "Львівська політехніка"

ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ ЗА КАРТОМЕТРИЧНИМИ ДАНИМИ

© Бурштинська Х.В., Заяць О.С., Лелюх Д.І. 2004

Приведены результаты цифрового моделирования рельефа с использованием программных пакетов 3D Studio max и Surfer 8. Построение ЦМР выполнено на основе сканирования карты с использованием для моделирования методов Крайгинга и триангуляции. Для высокоточного моделирования рельефа методом Крайгинга необходимо правильно выбирать параметры моделирования.

The results of digital elevation modeling with 3DStudio Max and Surfer 8 software are shown. DEM construction is done on the base of scanning with usage of Kriging method and triangulation. For precise elevation modelling with Kriging method it is necessary to choose appropriate modeling parameters.

Постановка проблеми та аналіз літератури. Точність визначення відміток цифрової моделі рельєфу (ЦМР) залежить від методів отримання та способів задання вихідної інформації та методів математичного моделювання рельєфу. Основними методами отримання вихідної інформації для побудови ЦМР є геодезичний, фотограмметричний, картометричний методи та в останні роки – метод сканування місцевості. Вибір методу пов'язаний з двома основними чинниками: точністю визначення відміток точок та економічною доцільністю.

Якщо аналізувати загальні тенденції застосування методів, то геодезичний метод та сканування місцевості застосовують на невеликих обшарах території за вимог високоточного визначення відміток точок; фотограмметричний використовують в широкому діапазоні масштабів від дрібномасштабних до великомасштабних, часто для оновлення топографічної продукції та дослідження динаміки процесів, пов'язаних з рельєфом місцевості. Точність визначення вихідних точок цифрових моделей фотограмметричним методом залежить від висоти фотографування, типу знімальної камери, стану атмосфери, руху літального апарату, які впливають на роздільну здатність аерофотозображення і його вимірні властивості.

Картометричний метод пов'язаний із скануванням карт. Оскільки рельєф місцевості є величиною мало змінною в часі, то використання топографічних карт з метою побудови ЦМР є виправданим та економічно доцільним. Картометричний метод застосовують в основному для побудови ЦМР на значні обшари території, його можна використовувати і для розв'язку прикладних задач, якщо точність сканованої карти забезпечує вимоги точності побудови ЦМР.

Основними методами задання вихідної інформації для побудови ЦМР є рівнева, триангуляційна та растрова моделі [7].

В [3, 4] відзначено, що цілісною системою відображення морфології рельєфу є структурно-цифрова модель рельєфу. Така модель задається каркасними лініями, які визначають структуру рельєфу, і є найекономічнішою щодо кількості вихідних даних. Однак, зауважимо, що структурні лінії часто отримують на основі вихідної регулярної або рівневої моделі. За задання інформації структурними лініями доцільно для побудови ЦМР використовувати триангуляційну (TIN) модель.

В геоінформаційних системах широке застосування знайшла растрова модель як особливо зручна для запису і знаходження морфологічних характеристик, побудови карт нахилів та експозицій схилів. У растровій формі цифрову модель рельєфу будують безпосередньо за попередньо отриманою вихідною інформацією або до растрової моделі переходять від інших форм моделей.

В практиці побудови ЦМР часто використовують рівневу модель, особливо у випадку, коли моделювання здійснюється на основі сканування карт. Процес цифрування ізоліній є процедурою спрощеною і не вимагає високої кваліфікації виконавців.

Постановка завдання. В задачу дослідження входило порівняти точність передавання основних морфологічних елементів рельєфу, відтвореного за рівневою моделлю в різних програмних пакетах і з використанням різних математичних функцій для моделювання. Зокрема, використано програмні пакети 3D Studio max і Surfer 8. Цифрове моделювання рельєфу здійснено за методами триангуляції та Крайінга (Surfer) та триангуляції (3D Studio max).

Експериментальні дослідження. Для проведення експериментальних досліджень використано планшет топографічної карти масштабу 1 : 10 000 з перерізом рельєфу 5 м.

Сканування карти виконано з використанням сканера Scanexpress 1200 з роздільною здатністю 300 dpi. Цифрування проведено у програмі Digitals. Оцифровано понад 78 000 точок з кроком 0,5 мм на вигинах ізоліній до 1 см на ділянках із незначними морфологічними змінами. Рельєф ділянки передгірського типу, складний, із великою кількістю дрібнозрізаних лощовин, перепад висот 300 м.

Цифрове моделювання в 3D Studio max виконується після перетворення вихідного файлу в DXF-формат, модифікатор Terrain дозволяє побудувати тривимірну модель місцевості за методом триангуляції (TIN-модель) [2, 8].

Триангуляційна мережа представлена на рис. 1, а відтворена 3D-модель рельєфу на рис. 2. Для отримання гладкої поверхні використовуються неоднорідні раціональні В-сплайни [5].

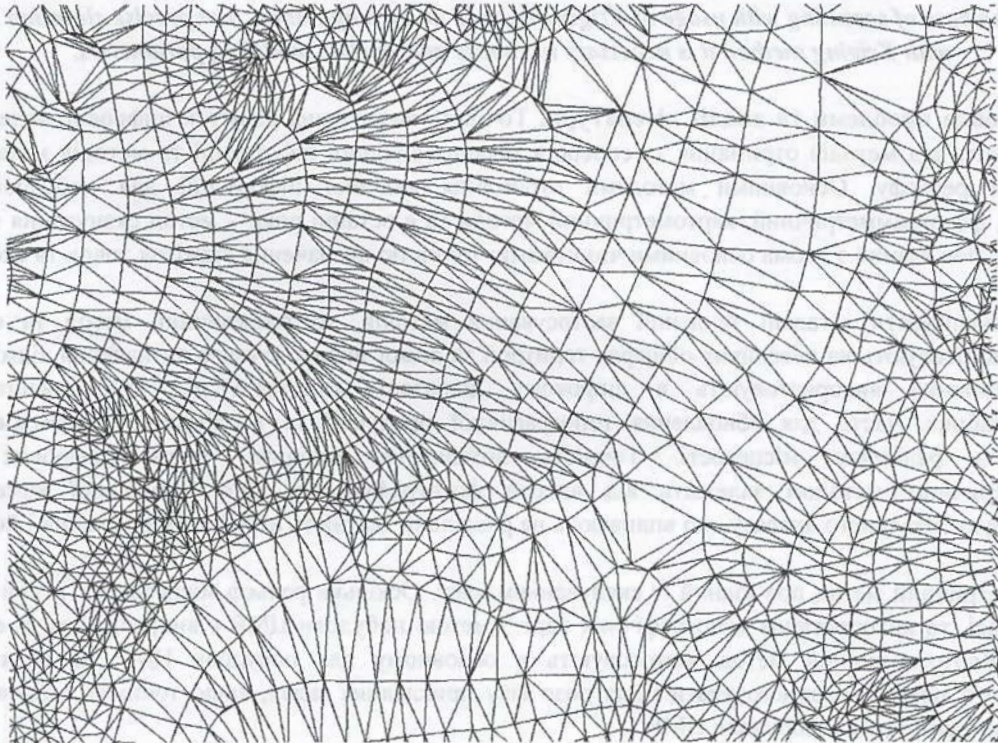


Рис.1. Фрагмент триангуляційної мережі

Неоднорідні раціональні В-сплайни забезпечують високоточне проектування різноманітних просторових образів інваріантні відносно афінних перспективних перетворень. В-сплайни задаються вихідними точками та пов'язаними з ними вагами.

Крива $C(u)$, яка є векторно визначеною кусковою раціональною поліноміальною функцією, визначається із залежності:

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^n W_i P_i N_{i,k}(u)}{\sum_{i=0}^n W_i N_{i,k}(u)}, \quad (1)$$

де W_i – ваги;

P_i – вихідні точки (вектор);

$N_{i,k}$ – нормалізовані В-сплайнові функції степеня k .

Ці В-сплайни рекурсивно визначають як:

$$N_{i,k}(u) = \frac{u - t_i}{t_{i+k} - t_i} N_{i,k-1}(u) + \frac{t_{i+k+1} - u}{t_{i+k+1} - t_{i+1}} N_{i+1,k-1}(u) \quad (2)$$

і $N_{i,0}(u) \leq 1$, якщо $t_i \leq u < t_{i+1}$,
 0 в інших випадках,

t_i – вузли, що утворюють вузловий вектор $U = (t_0, t_1, \dots, t_m)$.

Вузловий вектор однозначно визначає В-сплайни за (2).



Рис.2. 3D-модель рельєфу, відтворена з застосуванням програмного пакету 3D Studio max

Візуальне зображення 3D моделей, побудованих за ізолініями, свідчить про точне і детальне передавання морфологічних особливостей рельєфу, тільки у вузьких лошовинах спостерігаємо ефект терас. Оскільки інформація за використання рівневої моделі є значною, то дрібні вихідні елементи побудови дозволяють отримати точне відтворення поверхні.

Переваги побудови тривимірної моделі в програмному пакеті 3DStudio max полягають у тому, що можна переходити до великоформатного зображення, покращувати наочність візуалізації. В пакеті представлено також великий набір інструментів для опрацювання отриманої моделі місцевості, зручного проектування різних інженерних рішень. Особливий інтерес викликає можливість нанесення на побудовану модель різної пошарової інформації (ізоліній, гідрографії, доріг, населених пунктів тощо), як і можливість змінювати просторове положення моделі, розглядати її з різних сторін та під різними кутами джерела світла, що є важливим для виявлення морфологічних деталей та динамічних змін.

Представимо побудову цієї ж моделі в програмному пакеті Surfer 8 із застосуванням для моделювання методу Крайгінга як різновиду колокаційної моделі [1]. Для отримання статистичної характеристики рельєфу побудовано варіограму, подану на рис.3, яка має лінійний характер.

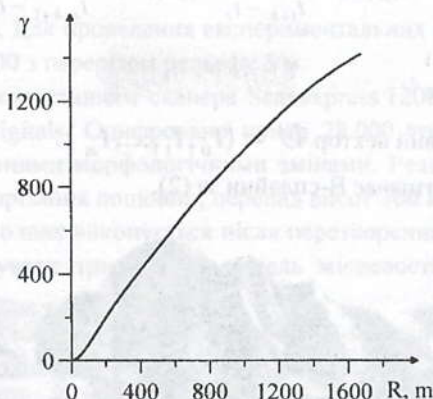


Рис.3. Варіограма

Для моделювання рельєфу вибрано по 8 точок в октанті, крок дискретизації моделі становить 10 м. Параметри моделювання залежать від типу рельєфу, їх вибрано на основі попередніх досліджень, поданих в [6], особливо впливає на точність відтворення моделі крок дискретизації. На рис. 4а представлено зображення вихідних (показано точками) та побудованих за ЦМР (суцільні лінії) ізоліній рельєфу з інтервалом дискретизації моделі 10 м. Їх аналіз свідчить про високоточне моделювання рельєфу, лише у вузьких ложовинах з малим нахилом схилу дна спостерігаємо згладження. На рис. 4б подано це ж зображення ізоліній, отримане з інтервалом дискретизації 25 м. Збільшення інтервалу викликає значне спотворення морфологічних деталей у вигляді гібридних ізоліній в місцях різкого перегину ізоліній у вузьких ложовинах з малим нахилом схилу дна, тобто складних морфологічних форм.

Перехід від TIN-моделі до растрової застосовують за потреби отримання різних похідних характеристик, пов'язаних з рельєфом. На рис. 5 подано зображення ізоліній, отриманих з використанням TIN-моделі (суцільні лінії) і вихідних ізоліній (поданих точками), відповідно для кроків дискретизації 10 м (рис. 5а) і 25 м (рис. 5б). Як бачимо, в рівнинних ділянках рельєфу і на вузьких вигинах ізоліній створюються гібридні ізолінії, що свідчить про неточне відтворення форм рельєфу через недостатню кількість інформації (відсутність структурних ліній).

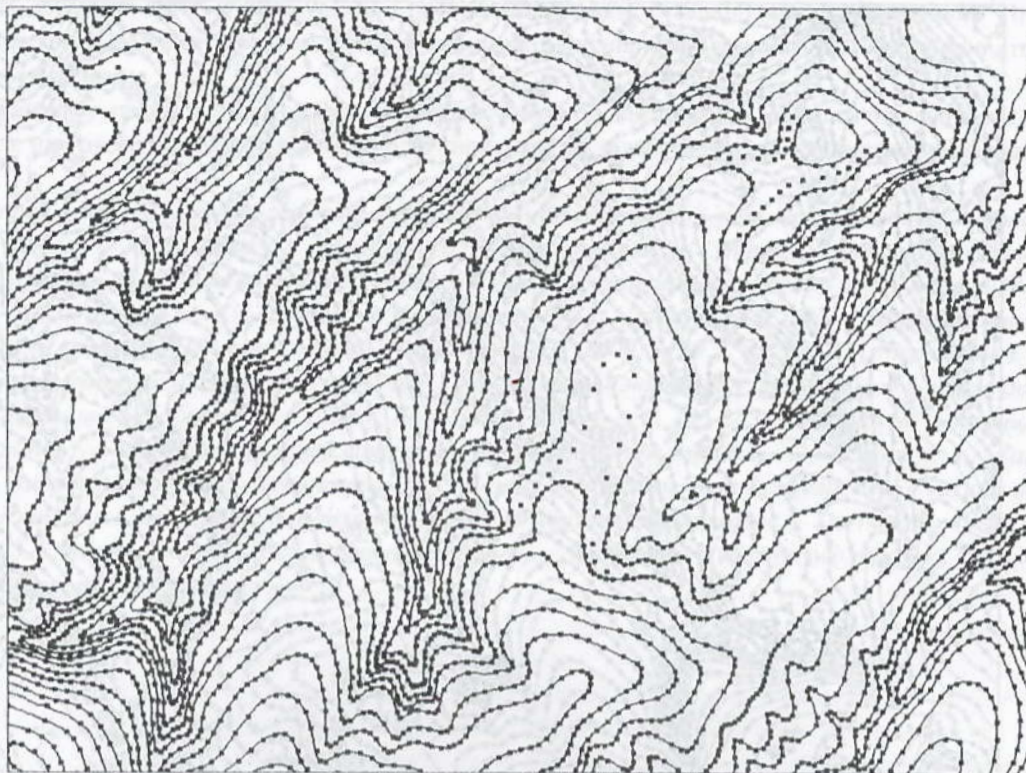
В таблиці наведено оцінку точності побудови ЦМР за методом Крайгінга і триангуляції, виконану за 6859 точками, вибраними випадково на ізолініях. Оцінка точності свідчить про краще відтворення моделі в програмному пакеті Surfer методом Крайгінга.

Таблиця

Оцінка точності побудови ЦМР методом Крайгінга та триангуляції з використанням Surfer 8

Метод	Крок ЦМР, м	Мінімальне відхилення, м	Максимальне відхилення, м	Середня квадратна похибка, м
Крайгінг	10	-2,3	2,9	0,3
триангуляція		-6,8	6,3	0,4
Крайгінг	25	-5,3	3,7	0,8
триангуляція		-5,4	3,5	0,9

а)



б)

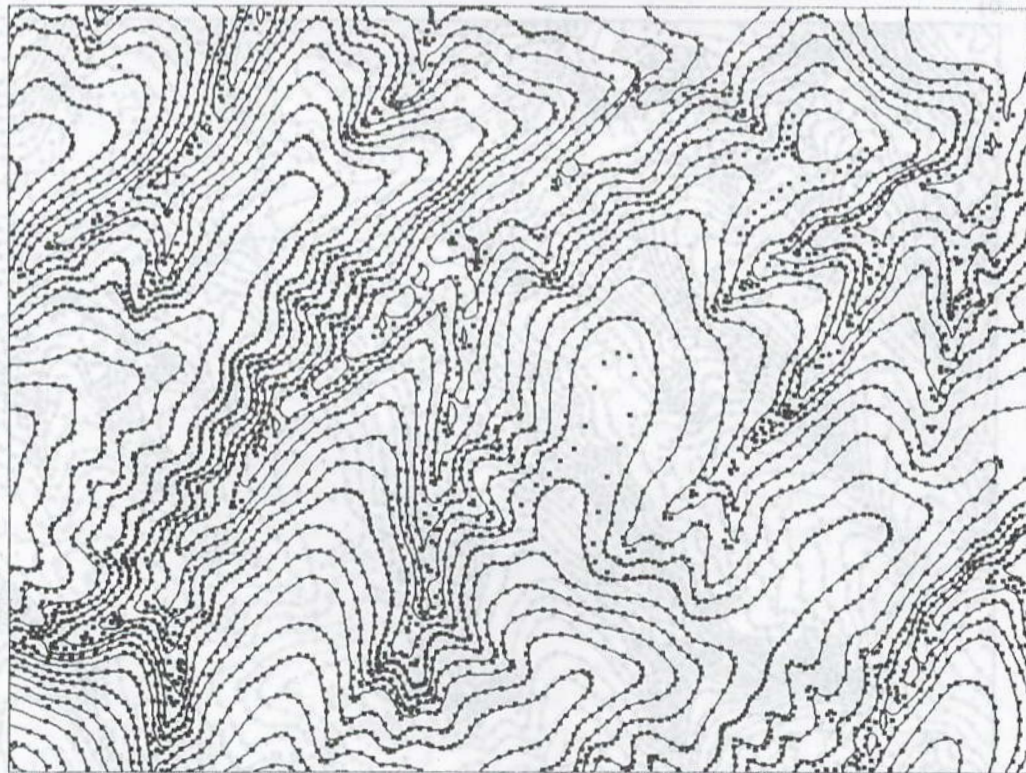
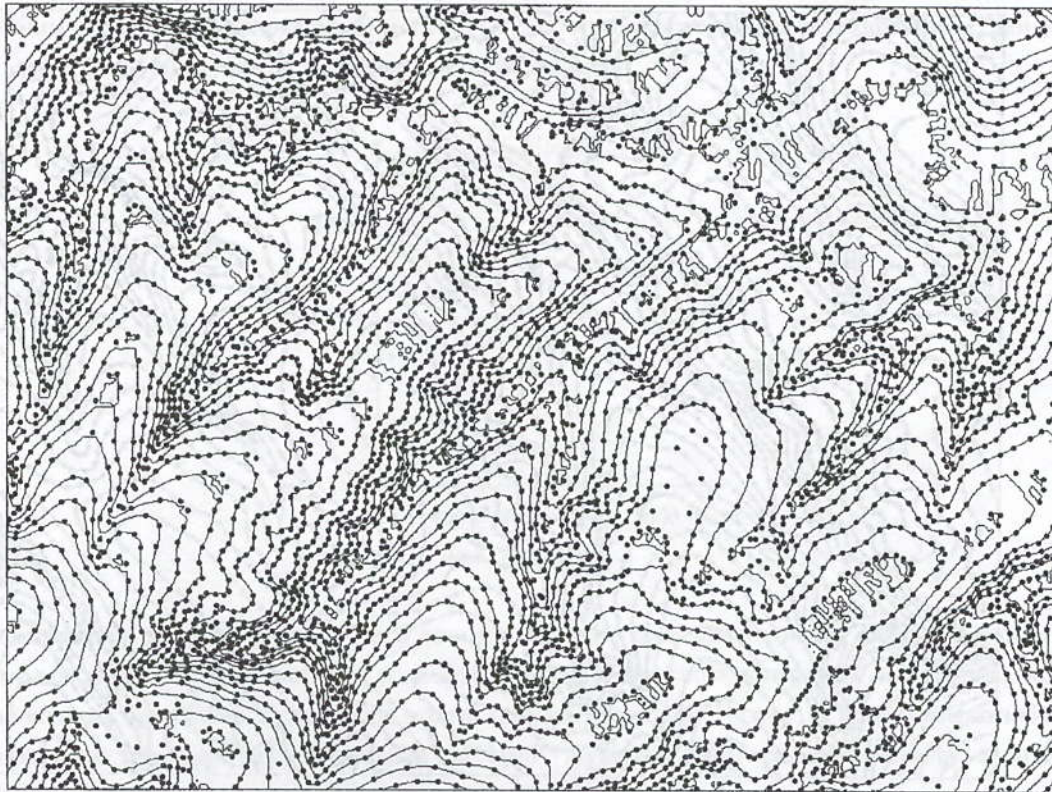


Рис 4. Відтворене зображення ізоліній із застосуванням для моделювання методу Крайгінга в програмному пакеті Surfer 8

а) інтервал дискретизації 10м; б) інтервал дискретизації 25м

а)



б)

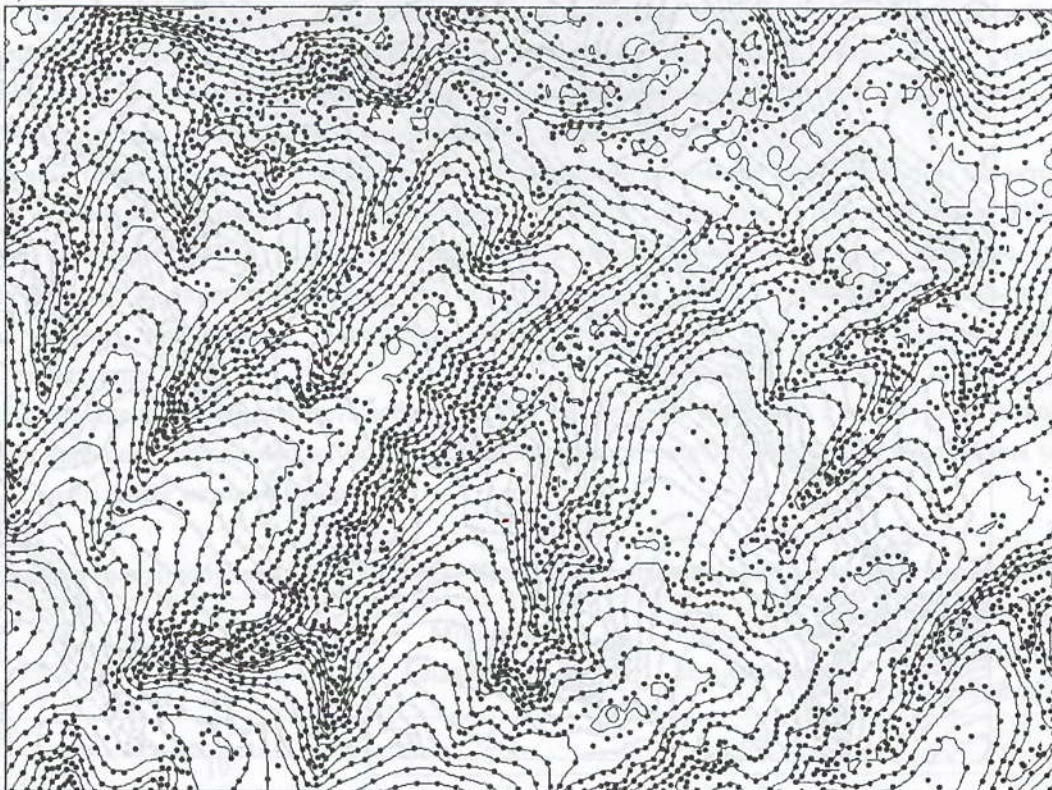


Рис. 5. Відтворення зображення ізоліній із застосуванням для моделювання методу триангуляції в програмному пакеті Surfer 8

а) інтервал дискретизації 10м; б) інтервал дискретизації 25м

Висновки. Представлені результати досліджень вказують на доцільність використання наведеної методики для побудови ЦМР з застосуванням програмного пакету 3DStudio max. Використання TIN-моделі, як методу побудови ЦМР з отриманням вихідної інформації за ізолініями дозволяє високоточно відтворювати дрібні елементи рельєфу.

В програмному пакеті Surfer 8 доцільно використовувати для цифрового моделювання рельєфу метод Крайгінга, але при цьому необхідно відповідно до типу рельєфу задавати вихідні параметри моделювання.

1. Буритинська Х. Колокація з умовами у цифровому моделюванні рельєфу // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – 2002. – вип. 62. – С. 103-110.
2. Буритинська Х., Сунрун І. Аналіз тривимірної моделі рельєфу, побудованої за різними вихідними даними // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. – Львів: Ліга-Прес. – 2004. – С. 230-233.
3. Карпінський Ю.О., Лященко А.А. Орографічно-триангуляційна цифрова модель рельєфу // *Вісник геодезії і картографії*. – 2000. – № 3. С 28-32.
4. Черваньов І. Досвід і перспективи космічного землезнавства у пізнанні і використанні інформації про рельєф // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. – Львів: Ліга-Прес. – 2004. – С. 236-243.
5. Altman M. About nonuniform rational B-splines – NURBS / www.wpi.edu/cgi-bin/finger.
6. Burshtynska Kh., Dorozhynskyy A., Zazulyak P., Zajac A. The comparative analysis of representation of a relief of a terrestrial surface with use of various software // *The 21th International Cartographic Renaissance (ICC) 'Cartographic Renaissance*. – Durban, South Africa, 10-16 August. – 2003.
7. Magnuszewski A. GIS w geografii fizycznej. – Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN, – 1999. – 187 s.
8. www.discreet.com/3dsmax/.