

УДК 528.92

ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ ЗАСОБАМИ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ НАЦІОНАЛЬНОГО КАРПАТСЬКОГО ЗАПОВІДНИКА “СКОЛІВСЬКІ БЕСКИДИ”

З. Кузик

Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: цифрове моделювання рельєфу.

Постановка проблеми

З часу виникнення та впровадження ГІС-технологій представлення рельєфу земної поверхні у цифровій формі набуло нового імпульсу. З'явилися нові засоби для реалізації алгоритмів, методів цифрового моделювання рельєфу та інтерполяції поверхонь. Рельєф розглядають як просторово 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 впровадженням математичним алгоритмом утворення моделі поверхні. Оскільки у цифровій моделі рельєфу визначена геометрично кожна точка поверхні, то особливо велике значення приділяють точності створеної 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, водо- та нафтопроводів, обчислення кутів нахилу та кривини схилів, експозиції схилів, розрахунок зон видимості/невидимості та ін.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

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 А.В. Бойко. Автоматизацію визначення структурних ліній із врахуванням геоморфології рельєфу досліджував Р.М. Рудий. Теоретичні і практичні аспекти цифрового моделювання рельєфу висвітлені у працях О.М. Лобанова, В.Я. Фінковського, О.Л. Дорожинського. Детальному аналізу точності ЦМР, створених картометричним і фотограмметричним методом, присвятила свої праці

Х.В. Бурштинська. Алгоритми цифрового моделювання та методи апроксимацій поверхонь розробили К. Краус, Р. Фінстервальдер та ін. Н. Маркус успішно розв'язав практичні задачі цифрового моделювання рельєфу. Теоретичний опис та використання цифрових моделей рельєфу для ГІС-систем виконав Б.І. Суховірський.

Формулювання цілей статті

Завданням даної статті є створення за відомими у геоінформаційних технологіях методами та аналіз ЦМР для гірського масиву Карпат в районі Сколівських Бескидів.

Виклад основного матеріалу дослідження

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 географічних та геологічних особливостях та характеристиках рельєфу на території Національного заповідника Сколівські Бескиди неподалік курорту Східниця.

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. Сколівські Бескиди розташовані над глибинним Раточинським розломом у фундаменті земної кори на глибині 10 км на Орівській скибі. Пласти Орівської скиби добре видно в мініатюрі на крутих високих берегах гірських річок. У процесі гороутворення з океанічного дна на поверхню землі виринули і камені-пісковики Урицькі скелі, Острий Кмінь, Моршинські скелі (т. зв. скелі Довбуша). В геологічній науці вони відомі як “Ямненські”. В одних місцях пісковики виступають у формі великих монолітних скель, в інших – у формі безладно сформованих брил. Є багато тріщин, ніш, печер, зокрема рукотворних. У крейдяних

та палеоценових геологічних пластах на глибині 300–400 м утворились нафти, а на глибині 100 м – мінеральна вода “Нафтуся”.

Для побудови цифрових моделей рельєфу обрано топографічну карту Національного Карпатського заповідника Сколівські Бескиди в масштабі 1:100 000. Площа досліджуваної території становить 30 км². Вона містить гірський масив та Східницьку улоговину (басейн річки Стрий). За шкалою класифікації основних типів рельєфу на обраній ділянці представлений рельєф типу “середньовисотні гори” з крутизною схилів $\leq 20^\circ$ і відносною амплітудою висот від 350 до 1000 м (V клас). Мінімальне значення висот на представлений ділянці – 500 м (долина ріки Стрий), максимальне – 820 м (гора Мельнична). Горизонталі проведені через 20 м.

Аналогово-цифрове перетворення карти виконано з роздільною здатністю сканера 1000dpi. Більшість програмних ГІС-технологій дає змогу виконувати прив'язку растра та збирання просторових даних картометричним методом. Шляхом дигіталізації ізоліній дискретно із щільністю 0,5–1,0 мм та із врахуванням структури рельєфу було одержано понад 3000 точок.

Цифрове моделювання рельєфу виконане у ПЗ Surfer 7, ГІС Панорама 2005 та ГІС Mapinfo 5.5.

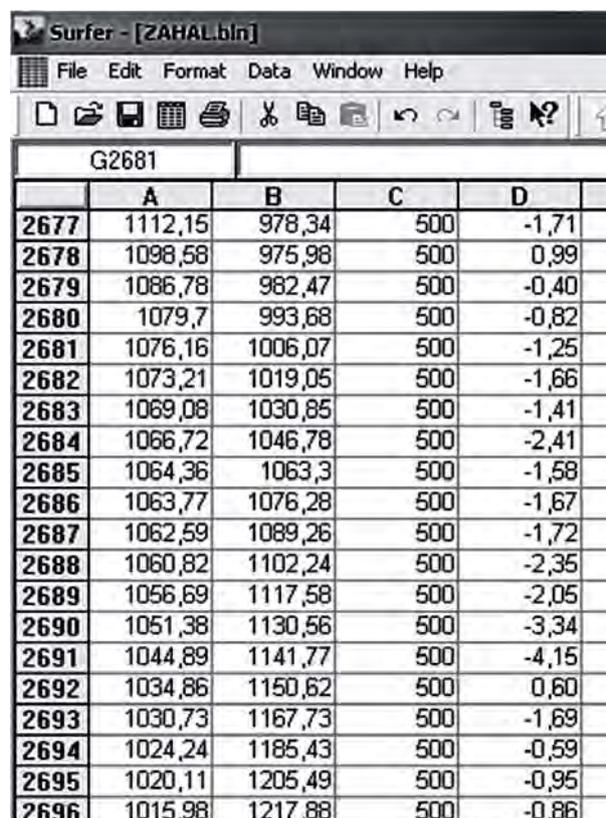
Математичне моделювання рельєфу у ПЗ Surfer здійснене на основі колокаційної моделі за методом Крайгінга. Для визначення вузла регулярної сітки висот задано 6 точок в октанті. Регулярна сітки побудована з кроком 17 м вздовж осей x та y.

Оцінюванням різниць висот реальних точок і відповідних точок цифрової моделі можна визначити точність утвореної ЦМР на ізолініях, що становить $m = 6,2$ м стверджувати про достатньо високу точність утворення цифрової моделі рельєфу (рис. 1).

У ПЗ Surfer виконане дво- і тримірне моделювання рельєфу у векторному форматі у вигляді карти горизонталей (їх ще називають 2,5D ЦМР) (рис. 2) та ізометричної моделі (3D). Вибрані параметри для викреслення горизонталей, графічного оформлення та сплайн – функцію згладжування.

На рис. 3 наведено для порівняння дві ізометричні моделі, регулярна сітка висот яких задана відповідно через 17 м і 34 м. Січення висот становить 20 м. На обох зображеннях у центрі знаходиться Східницька улоговина, обабіч розташована найбільша височина цього району – гора Мельнична висотою 820 м. Щільна регулярна сітка висот (рис. 3, а) відтворює рельєф з більшою

точністю та з врахуванням мікроформ поверхні, тоді як вдвічі рідша регулярна сітка висот зображає рельєф без врахування мікроформ поверхні (рис. 3, б). Візуалізація та моделювання рельєфу у тримірному просторі дає змогу визначити по ЦМР та описати координатами x, y, z кожен точку на місцевості.



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

Рис. 1. Координати точок (стовпці A, B, C) та різниці висот (D)

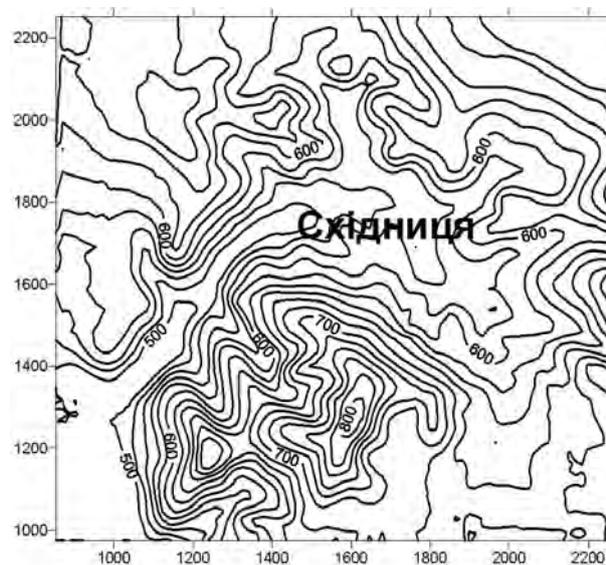


Рис. 2. Карта горизонталей – 2,5 D ЦМР

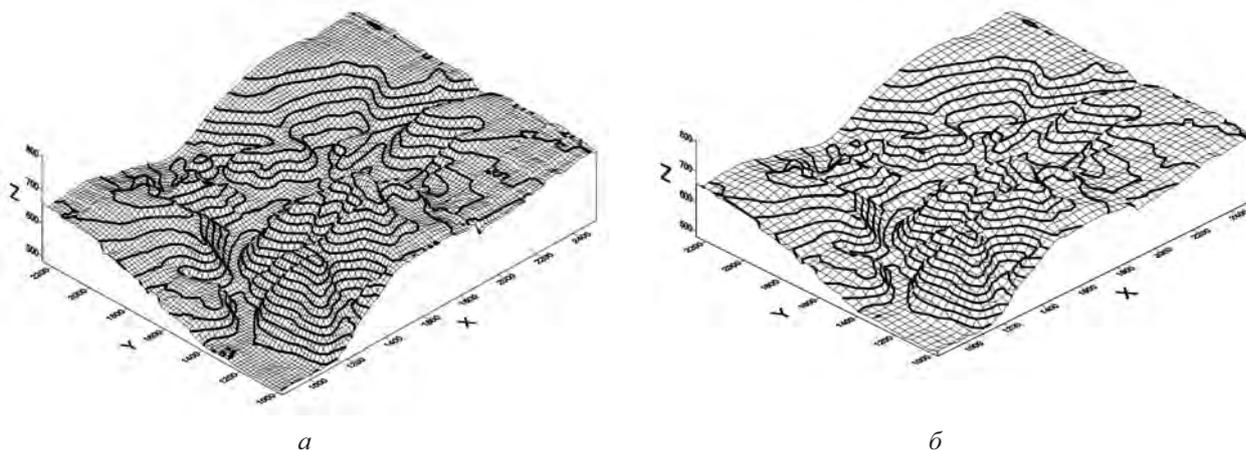


Рис. 3. Ізометричні 3D цифрові моделі рельєфу: а – регулярна сітка висот з кроком 17 м; б – регулярна сітка висот з кроком 34 м

Створена у ПЗ Surfer растрова цифрова модель рельєфу, або т. зв. “модель тіней” зображена на рис. 4. 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 залежно від крутизни та експозиції схилів. Вони дають змогу виявляти деякі особливості рельєфу та змінювати морфологічну вираженість його форм та елементів. Кожний піксел описаний рівнем сірого тону, а це дає змогу визначити експозиції схилів та рівень сонячної енергії у кожній точці ЦМР. На рис. 4, а азимут локального горизонту становить 130 гон. При такому положення Сонця Східницька долина краще освітлена, а ЦМР більш пластична, власна тінь об’єктів найбіль-

ша на північних схилах високих гір. На рис. 4, б азимут становить 30 гон, контрасти на ЦМР значно більші, рельєф виразний, краще простежуються мікроформи поверхні, затіненими є південно-західні схили.

Цифрові моделі рельєфу у ПЗ ГІС Панорама 2005 мають назву “матриці висот”.

Матриця висот – тримірна растрова модель 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 дискретної дигіталізації горизонталей по растровій основі. Вихідні дані аналогічні – обрана ділянка топографічної карти розміром 30 м² у районі смт. Східниця. При цьому послуговуються інтегрованим електронним класифікатором для збирання інформації та вибору об’єктів векторної карти – горизонталі основні, потовщені, пікети.

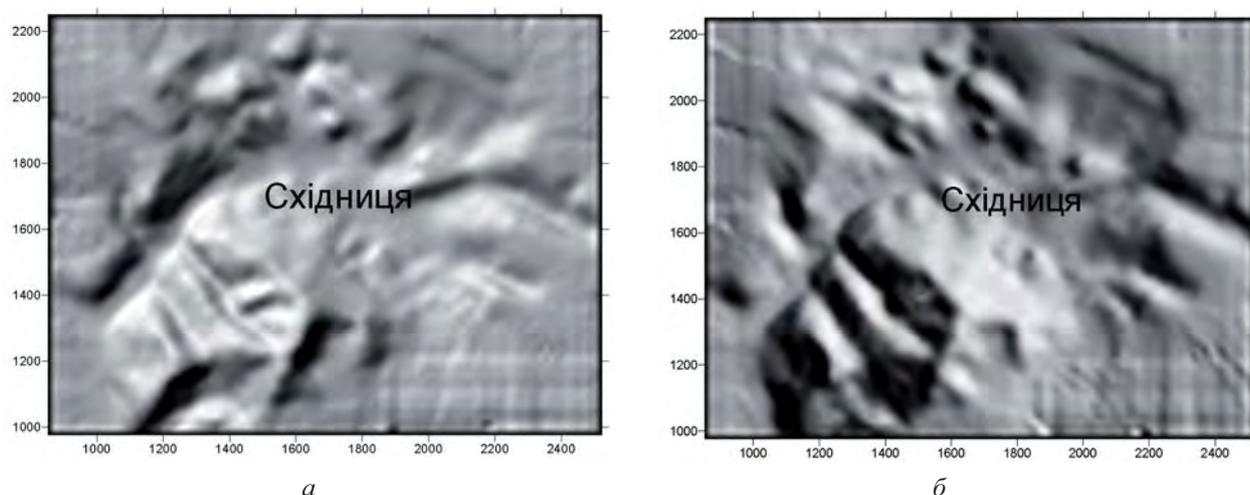


Рис. 4. ЦМР “Моделі тіней”: а – азимут локального горизонту – 130 гон; б – азимут локального горизонту – 30 гон

База даних для векторної цифрової моделі сформована інформаційним шаром з назвою “Рельєф суші” та містить масив точок з відомими абсолютними висотами. Цифрова векторна карта – об’єктно-орієнтована. Вибір об’єкта вказує його код, назву 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”. Поверхня, що відповідає абсолютному рельєфу місцевості, утворена середньоваговою інтерполяцією або методом лінійної інтерполяції за сіткою висотних точок. На рис. 5 приведені гіпсометрична та каркасна ЦМР, на яких представлена долини ріки Стрий та найвища в обраному регіоні гора Мельничка.

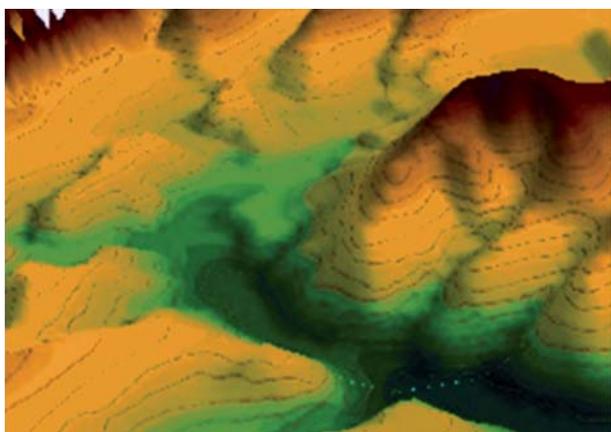


Рис. 5. Гіпсометрична растрова ЦМР, побудована у ГІС Панорама

Для відображення рельєфу у вигляді векторної двомірної ЦМР було застосовано також ПЗ Marinfo 5.5. Виконана прив’язка растра за 4-ма точками у системі координат план-схема та дигіталізація растра тієї ж ділянки топографічної карти. На рис. 6 представлено програмне середовище Marinfo, головне меню та панелі інструментів, за допомогою яких утворена таблична база даних – висоти оцифрованих горизонталей (електронне вікно-Рельєф_Список), яка візуалізована у вигляді векторної карти горизонталей (електронне вікно Рельєф_Карта), внизу – фрагмент оцифровування горизонталей картометричним методом за растром дискретно із врахуванням структурних форм рельєфу. Базу даних та векторну карту можна редагувати, а саме: виконувати районування, почергове згладжування горизонталей тощо. У цьому випадку ЦМР у вигляді векторної карти горизонталей утворена одним інформаційним шаром – “Рельєф”.

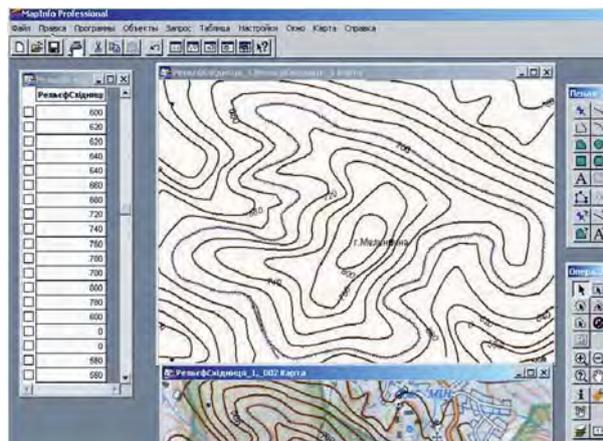


Рис. 6. Програмне середовище Marinfo, таблична база даних та векторна карта горизонталей у ПЗ Marinfo

Висновки

Побудовані ЦМР на ділянку Сколівських Бескидів виконані у ПЗ Surfer, ГІС Панорама та ГІС Marinfo. Зокрема, ЦМР, утворені у ПЗ Surfer, ґрунтуються на математичному алгоритмі Крайгінга. Середня квадратична помилка, обчислена для ізоліній – 6,2 м, що становить менш як 1/3 перерізу рельєфу. У ПЗ Surfer більше можливостей для побудов та цифрового моделювання рельєфу, ніж у ГІС Панорама та ГІС Marinfo. Зокрема, растрові 3D “моделі тіней” дають змогу визначити сонячну радіацію у кожному пікселі та її зміну впродовж світлового дня. На ЦМР з надійною точністю відображаються гірські вершини та впадини, хребти і тальвеги, отже, можна визначити особливі відкриті вітрові зони та місця, небезпечні для затоплення. Такі ЦМР можна застосовувати для проектування та оптимального вибору місць розташування установок нетрадиційних джерел енергії – сонячної, вітрової та енергії малих річок, для проектування нових нафтовидобувних установок.

2,5D, гіпсометричні та каркасні ЦМР, створені у ГІС Панорама та ГІС Marinfo за вимогами цифрового топографічного картографування, є точними і наочними носіями та джерелами інформації. Їх можна застосовувати у комплексі для різнопланових наукових досліджень та прикладних задач. ЦМР та ЦММ, утворені додатковими картографічними шарами, знайдуть своє застосування для екологічного, лісового моніторингу, у туристичних ГІС для неповторної у Європі рекреаційної курортної зони Національного Карпатського заповідника “Сколівські Бескиди”.

Література

1. Бурштинська Х., Дорожинський О., Зазук П., Засць О. Цифрове моделювання рельєфу з використанням ПЗ Surfer та ГІС ArcGis // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2003. – № 63. – С. 196–200.
2. Дорожинський О.Л, Тукай Р. Фотограмметрія. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2008. – С. 181–182.
3. Бойко А.В. Методи и средства автоматизации съемок. – М.: Недра, 1980.
4. Суховірський Б.І. Географічні інформаційні системи. – Чернігів, 2000.
5. Стоцька Г. Цілющі води Східниці. – Львів: “Афіша”. – 2008. – С. 16–17.
6. Kraus K. Photogrammetrie. – В3. Koeln. – 2000. – S. 372.

Цифрове моделювання рельєфу засобами ГІС-технологій для Національного Карпатського заповідника “Сколівські Бескиди”

З. Кузик

Розглянуто актуальні методи цифрового моделювання рельєфу. За допомогою ГІС-технологій Surfer, Панорама та Mapinfo побудовані векторні та растрові ЦМР для ділянки Національного Карпатського заповідника “Сколівські

Бескиди”. Дасться порівняльний аналіз та практичні рекомендації із застосування.

Цифровое моделирование рельефа средствами ГИС-технологий для Национального Карпатского заповедника “Сколевськіе Бескиды”

З. Кузик

В статье рассмотрены актуальные методы и способы цифрового моделирования рельефа. Построены векторные и растровые ЦМР для участка Национального Карпатского заповедника “Сколевськіе Бескиды” с помощью ГИС Surfer, Панорама и Mapinfo. Даны сравнительное описание ЦМР и практические рекомендации по их применению.

Digital terrain modeling by means of GIS technology for the Carpatian National Nature Reserve “Skolivski Beskydy”

Z. Kuzik

Aktuell methods of digital terrain modeling are considered in the article. Vektor and raster digital terrain models for the region of Carpathians “Skolivski Beskydy” are built in the GIS-programs Surfer, Panorama and Mapinfo. There is also done comparative analysis of DTM and practical recommendations concerning its application are given.

IV ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ “НАЦІОНАЛЬНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ – 2010”

Державна служба геодезії, картографії та кадастру, Інститут географії НАН України, Українська картографічна асоціація проводять 30 вересня – 1 жовтня 2010 р. IV Всеукраїнську науково-практичну конференцію “Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку” (Національне картографування – 2010).

Мета конференції – ознайомлення із сучасними досягненнями картографічної науки та виробництва, розширення контактів між фахівцями, окреслення завдань картографії у сучасних умовах та на перспективу.

Тематика конференції

- Національна інфраструктура геопросторових даних.
- Дистанційне зондування Землі.
- Тематичне та атласне картографування.
- Географічні інформаційні системи (цифрова картографія, картографічна інформація у мережі Інтернет, цифрові карти в навігації, навігаційні системи).
- Авторське право в картографії.
- Історія картографії.