

**О. Пашко, О. Тумська**

Національний університет “Львівська політехніка”

## **СТВОРЕННЯ ТУРИСТИЧНОЇ КАРТИ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ “СИНЕВИР” ЗАСОБАМИ ARCGIS**

© Пашко О., Тумська О., 2013

*Разработана методика создания туристической карты Национального природного парка "Синеvir" по данным дистанционного зондирования, туристических карт, цифровой модели рельефа ASTER и интернет ресурсов средствами программного обеспечения ArcGIS*

*There was developed the technique of a tourist map creating of the National Natural Park "Sinevir" using remote sensing data, tourist maps, digital elevation model ASTER and online resources by means of the software ArcGIS*

**Постановка проблеми.** Здобуття Україною незалежності призвело до істотних змін в організації картографування туризму. Було створено власну картографо-геодезичну службу – Головне управління геодезії, картографії та кадастру України. Водночас було ліквідовано монополію на видання картографічних творів. Тепер, відповідно до ліцензії, розроблення та тиражування картографічних творів дозволяється й іншим організаціям та приватним особам. Замість уніфікованих розробок за загальними редакційно-технічними матеріалами картографічних творів заздалегідь визначених тематики та змісту картографам надається можливість творчого пошуку нових форм відображення та оформлення картографічних творів [1, 2].

Труднощі, які переживає картографія туризму на початку XXI ст., викликані розривом стосунків між традиційними замовниками та виконавцями картографічних робіт, нестачею коштів на фінансування розроблення та видання карт, скороченням обсягів внутрішнього туризму та екскурсій в Україні за останнє десятиліття, низькою купівельною спроможністю населення.

Складені у минулих роках туристичні карти часто не відображають реального стану природних комплексів та об'єктів. Значно підвищити якість та оновити інформаційний зміст карт допомагають сучасні технології з використанням даних космічного знімання, інтернет-ресурсів та можливостей сучасних геоінформаційних систем. Дуже важливим аспектом проектування картографічних робіт є вибір програмного забезпечення для опрацювання різнорідних даних, у різних форматах та координатних системах. Не менш складне завдання – знайти в цій геоінформаційній системі ефективні технологічні рішення для створення та оновлення картографічних матеріалів з використанням широкого спектра наборів даних.

**Аналіз літературних джерел.** До 1991 р. картографування здійснювалось на загальносоюзному рівні [1, 3, 4]. Після здобуття Україною незалежності обсяги видань карт та атласів значно скоротились. Сьогодні більшість картографічних продуктів регіону Карпат являють собою перевидані топографічні карти Генерального штабу СРСР масштабів 1:50 000, 1:100 000 та 1:200 000. Це зокрема такі: топографічна карта “Українські Карпати” масштабу 1:200 000 (Київська військово-картографічна фабрика, 2001 р.), “Туристичні стежки Чорногори” масштабу 1:50 000, “Центральні Горгани” масштабу 1:60 000, “Карпати, Синяк” масштабу 1:50 000 [1, 5]. Також на основі топографічних карт масштабу 1:50 000 Генерального штабу СРСР громадська організація Івано-Франківська регіональна фундація “Карпатські стежки” спільно з чеськими розробниками фірми

Aurigus видали низку туристичних карт регіону Українських Карпат: “Свидовець. Полонина Красна. Горгани”, “Східні Beskidi”, “Східні Горгани”, атлас-путівник “Яремчанщина” [6].

**Постановка завдання.** Основним завданням роботи є розроблення методики та технології створення векторної туристичної карти на основі растрових топографічних карт з використанням супутникових зображень, матриць висот; створення класифікації умовних позначень, враховуючи особливості району робіт; нанесення на карту об’єктів туристичної інфраструктури та мережі пішохідних і велосипедних маршрутів.

**Виклад основного матеріалу.** Експериментальні роботи із дослідження методики створення туристичної карти за даними дистанційного зондування Землі виконано під час написання магістерської кваліфікаційної роботи на тему: “Методика створення туристичної карти Національного природного парку “Синевир” засобами ArcGIS”. У результаті виконання роботи отримано растрову цифрову туристичну карту масштабу 1:50 000 з перерізом рельєфу через 20 м в системі координат WGS-84.

Основним програмним забезпеченням, у якому виконано всі роботи із векторизації об’єктів, налаштуванню виду умовних позначень та підготовку до друку карти, є ArcGIS.

ArcGIS 9 – це інтегрований набір програмних ГІС-продуктів для створення повноцінної сучасної геоінформаційної системи [10].

Основні настільні продукти ArcGIS: ArcView, ArcEditor, ArcInfo. Ці програмні засоби мають спільну архітектуру, але відрізняються за рівнем доступної функціональності їхніх базових компонент ArcMap та ArcCatalog та за числом інструментів геообробки, що входять до них. Ці програмні засоби надають широкі можливості роботи з просторовими даними.

ArcMap – основний програмний модуль. Використовується для всіх видів картографічних задач, зокрема створення карт, аналізу карт і редагування даних. У цьому забезпеченні користувач працює із картами.

ArcCatalog – модуль, що відповідає за структурування даних ГІС-проектів. За допомогою інструментів цього модуля можна швидко та зручно створювати та шукати необхідні географічні дані, переглядати набори даних, а також структурувати файли проекту.

ArcToolBox – це програмний додаток, який містить велику кількість інструментів обробки геоданих, таких як конвертування, вибір картографічної проекції, геоінформаційний аналіз, інструменти класифікації, інструменти роботи із растровими даними та інші. Набір інструментів у ArcToolBox змінюється залежно від версії ліцензії ArcGis.

Для виконання поставленої задачі було сформовано технологічну схему, подану на рис. 1.

Вхідними матеріалами для створення туристичної карти є:

- растрові зображення топографічних карт масштабного ряду 1:50 000;
- супутникові знімки із веб-сервісів Google Maps та Yandex Map;
- цифрові моделі рельєфу Aster GDEM та SRTM;
- дані GPS-навігатора: точки шляху, треки;
- веб-сервіс <http://www.gpsies.com> [13], веб-сайт громадської організації “Карпатські стежки” <http://www.stezhky.org.ua> [6], веб-каталог туристичних послуг в Українських Карпатах <http://www.karpaty.info/> [14].

Топографічні карти складені за результатами аерознімання у 1949–1957 роках; виправлені за аерозніманням у 1976–1983 роках. Система координат 1942 року, система висот – Балтійська. Переріз рельєфу – 10 м. Роздільна здатність растрових зображень топографічних карт масштабу 1:50 000 – 6,3 м.

Супутникові зображення району робіт отримано з веб-сервісів Google Maps та Yandex Maps за допомогою програми SAS Planet [12]. Дані подано у вигляді кольорових растрових зображень, формату .jpg та файла прив’язки карти “.map” (Ozi Explorer). Система координат знімків – WGS-84. Просторова розрізненість космічних знімків – 3 метри на піксель.

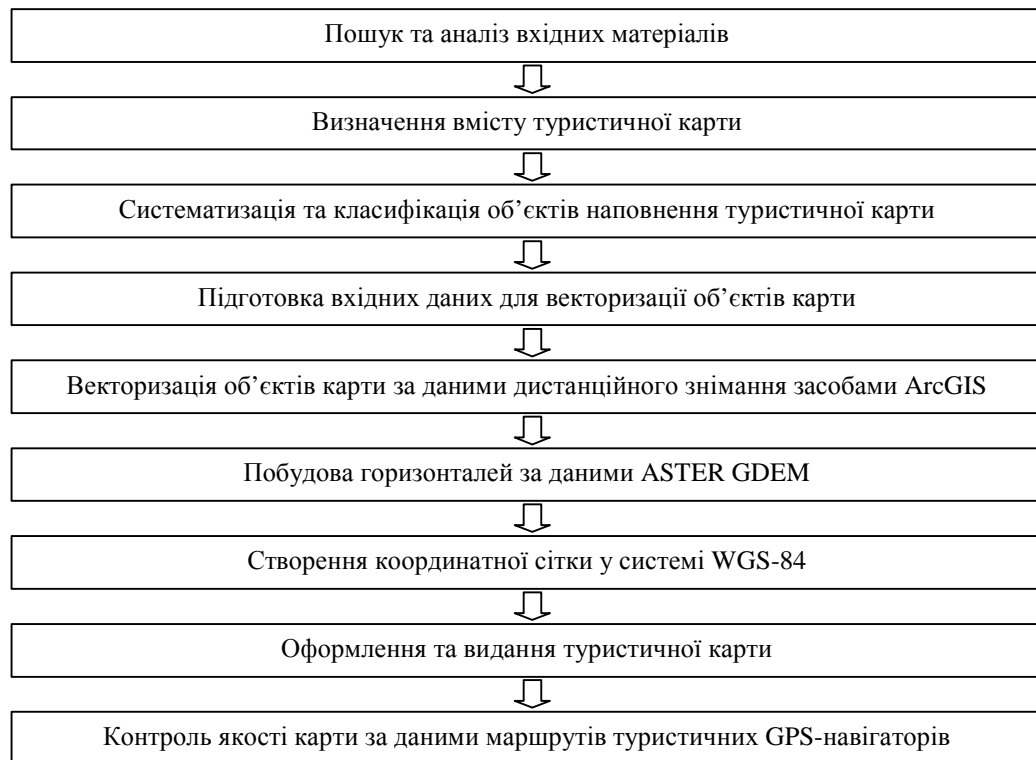


Рис. 1. Загальна технологічна схема створення туристичної карти

Цифрові моделі рельєфу ASTER та SRTM отримано за допомогою веб-порталу Global Data Explorer [7]. Дані подано у вигляді растрових зображень у форматі ArcASCII. Система координат – WGS-84. Просторова розрізненість даних: ASTER – близько 30 м на піксель, SRTM – близько 90 м на піксель.

ASTER – вдосконалений супутниковий радіометр теплового випромінювання і відбиття (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) [8]. Продукт ASTER GDEM розроблений спільно з METI – Ministry of Economy, Trade and Industry (міністерство економіки, торгівлі та промисловості Японії) та NASA – National Aeronautics and Space Administration (національне агентство аеронавтики та космонавтики Сполучених Штатів Америки). Оцінка точності (не гарантована) глобального продукту становить 20 м (95 % довірливого інтервалу) для даних по вертикалі та 30 метрів (95 % довірливого інтервалу) по горизонталі.

За допомогою точок та маршрутів, записаних на туристичний GPS-навігатор Magellan Triton 400, безпосередньо на місцевості зібрано дані про об'єкти туристичної інфраструктури: пам'ятки природи, музеї, старовинні храми, готелі та бази відпочинку, кафе та ресторани, магазини, інформаційні стенди, вказівники, місця для ночівлі, облаштовані місця відпочинку та ін. [13, 14].

Веб-портал <http://www.gpsies.com> призначений для завантаження, обміну та перегляду маршрутів, що записані на GPS-навігатор [13]. Маршрути, які завантажили інші користувачі, також використано для позначення на карті об'єктів, описаних вище.

Туристична карта, окрім картографічної основи, містить такі компоненти:

- схему основних шляхів Закарпатської області;
- пішохідні туристичні маршрути, марковані та не марковані на місцевості;
- історичні та природні пам'ятки;
- місця для відпочинку та ночівлі туристів.

Схема основних шляхів Закарпатської області містить такі елементи:

- державний кордон та межі області;
- залізничне сполучення між населеними пунктами області та сусідніми областями;

- міжнародні та регіональні автомобільні шляхи;
- населені пункти: обласний центр Ужгород, міста та селища міського типу, між якими існує залізничне чи автомобільне сполучення.

Пішохідні туристичні маршрути розділено на два інформаційні блоки: маршрути, марковані та маршрути, не марковані на місцевості. Розробляє, класифікує та маркує пішохідні туристичні маршрути в Українських Карпатах займається організація “Карпатські стежки” [6]. Маршрути, які розробила ця організація, на карті внесено до окремого інформаційного блоку: “Маршрути, марковані на місцевості”. Проте, на жаль, вони не проходили по всій території національного парку “Синевир”, і тому ми запроектували додаткові маршрути та внесли їх до блоку “Маршрути, не марковані на місцевості”.

Туристичні маршрути запроектовані по найвищих гірських хребтах та вершинах парку: хр. Кам’янка – маршрут №11, хр. Пішконя – маршрути №6, 7, 13, 15, 18, хр. Красний Верх – маршрути №2, 3, 4, 5, 14, по хребту східної границі парку “Синевир” – маршрути №1, 16, 19.

Найвизначніші історичні та природні пам’ятки і об’єкти готельно-ресторанного комплексів, що знаходяться на території Національного природного парку “Синевир”, мають індексну прив’язку до сітки координат карти.

Оскільки растрові зображення топографічних карт виконано в системі координат “СК-42”, а супутникові знімки, цифрові моделі рельєфу та дані з GPS-навігатора представлені у системі координат “WGS-84”, то для виконання роботи необхідно вибрати одну систему координат.

Оскільки більшість вхідних матеріалів є в системі координат “WGS-84”, то раціонально всі роботи виконувати в системі координат “WGS-84”, картографічна проекція “UTM Zone 34N”. Перетворено координати у програмі PhotoMod Geocalculator [11].

Для прив’язки топографічних карт на кожному планшеті вибрано 20 точок: 4 точки на ПнЗх, ПнСх, ПдЗх, ПдСх кутах рамки трапеції, та 16 в центрі, на перетині ліній координатної сітки так, щоб між кожною парою точок зміна координат по осі “X” чи по осі “Y” становила 5 км. Точність прив’язки растрових зображень топографічних карта 7,0 м, що приблизно відповідає розміру 1 пікселя растра.

Для порівняння точності відтворення горизонталей за Aster GDEM та SRTM було оцінено точність для тестової ділянки гірської місцевості (4x4) кв. км, у межах якої були як заліснені, так і відкриті території. Перепад висот у межах ділянки становив від 1050 до 1740 метрів. Для побудови ЦМР тестової ділянки були оцифровані на топокарті суцільні горизонталі, проведені через 50 метрів. Аналізуючи середні квадратичні помилки, встановили, що цифрова модель рельєфу Aster GDEM дає кращі результати, ніж SRTM як для відкритих (Aster – 14,1 м та SRTM – 16,3 м), так і заліснених (Aster – 17,6 м та SRTM – 18,1м) ділянок. Тому для побудови горизонталей використано ЦМР ASTER.

Для оформлення карти було створено класифікацію умовних позначень, враховуючи особливості району робіт. Згідно з класифікацією, на карту необхідно нанести такі групи об’єктів:

- дорожня мережа: шосейні автодороги, покращені ґрунтові дороги, вулиці та проїзди, ґрунтові дороги, польові та лісові дороги, пішохідні стежки;
- мережа гідрографії: ріки, ріки малі, струмки, водосховища та озера;
- рослинний покрив: ліси, зарослі молодого лісу, жереп, території лісових вирубок;
- будівлі в населених пунктах, території міст та селищ, окремі двори, окремі будівлі;
- об’єкти туристичної інфраструктури: готелі та мотелі, пансіонати, приватні садиби, місця для відпочинку у наметах, ресторани, кафе та бари, продовольчі магазини, історичні пам’ятки, пам’ятки природи, культові споруди, музеї, інформаційні стенди, місця для відпочинку (пікніків), питні джерела, поштові відділення, аптеки, автобусні зупинки, автозаправні станції, гірські вершини;
- туристичні маршрути: велосипедні маршрути, пішохідні маршрути.

Засобами програмного забезпечення ArcGIS для умовних позначень окремих об’єктів передбачено шрифти типу TrueType фірми ESRI. Умовні позначення наведено на рис. 2.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ			
▲ Популярні вершини	🏛 Музеї	⋯⋯⋯ Пішохідні маршрути	— Струмки
🏨 Готелі та мотелі	📄 Інфо-стенди	— Шосе	■ Водосховища, озера
🏠 Пансіонати, бази відпочинку	🏠 Облаштовані місця для відпочинку	— Покращені ґрунтові дороги	■ Ліси
🏡 Приватні садиби	🌳 Пам'ятки природи	— Вулиці та проїзди	■ Зарослі молодого лісу
🏕 Місця для ночівлі в наметах	💧 Джерела	— Ґрунтові дороги	■ Жереп
🍽 Ресторани	📧 Поштові відділення	— Польові і лісові дороги	⋯⋯⋯ Вирубки
☕ Кафе, бари	🏪 Аптеки	⋯⋯⋯ Пішохідні стежки	• Окремі будівлі
🛒 Продовольчі магазини	🚏 Автобусні зупинки	▭ Території міст, селищ	• Окремі двори
🏰 Історичні пам'ятки	🚗 Автозаправна станція	— Ріки	
🏛 Культурні споруди	⋯⋯⋯ Велосипедні маршрути	— Ріки малі	

Рис. 2. Умовні позначення туристичної карти

Для виділення на карті окремих гірських масивів було побудовано горизонталі за растровим зображенням ЦМР ASTER. Оскільки на зображенні ЦМР ASTER присутні артефакти, то було виконано 4-разову фільтрацію зображення фільтром усереднення засобами ArcGIS. У результаті за цими даними сформовано векторний шар горизонталей з кроком 20 м.

Для створення шару координатної сітки у програмі PhotoMod Geocalculator було обчислено значення координат точок рамки сітки з кроком дві кутові мінуси по широті та довготі у системі WGS-84. За цими даними у програмному забезпеченні ArcGIS було побудовано координатну сітку.

Засобами ArcGIS виконано графічне оформлення туристичної карти – підписи міст, селищ, річок, гірських хребтів, напрямки сторін світу та зарамкове оформлення. У відповідних місцях розміщено компоненти карти: туристичні маршрути, схему основних шляхів Закарпатської області, історичні та природні пам'ятки.

Умовні позначення, використані на карті, винесено в легенду карти. Також розміщено лінійний та числовий масштаби і у вільному місці карти розташовано вказівник півночі. Фрагмент карти наведено на рис. 3.

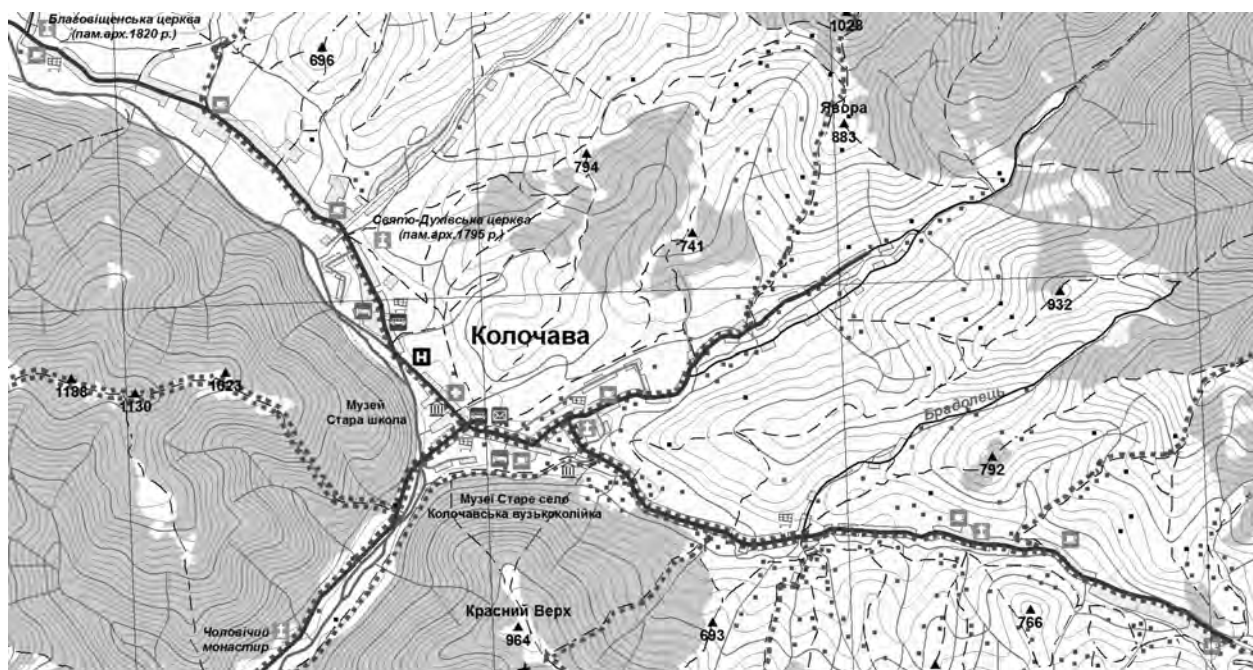


Рис. 3. Фрагмент створеної туристичної карти Національного природного парку "Синевир"

Контроль якості карти виконано за даними маршрутів, записаних на GPS-приймач та отриманих з мережі Інтернет [13, 14]. Аналізуючи отримані результати, встановлено, що значні відхилення, які в масштабі карти становлять близько одного міліметра, найчастіше присутні в околі об'єктів дорожньої мережі “Пішохідні стежки” та “Польові та лісові дороги”, оскільки векторизація цих об'єктів, за даними супутникового знімання, інколи була неможливою через якість растрових зображень (хмари, неможливість точно ідентифікувати об'єкт карти чи інше).

Скомпоновану та оформлену туристичну карту наведено на рис. 4.

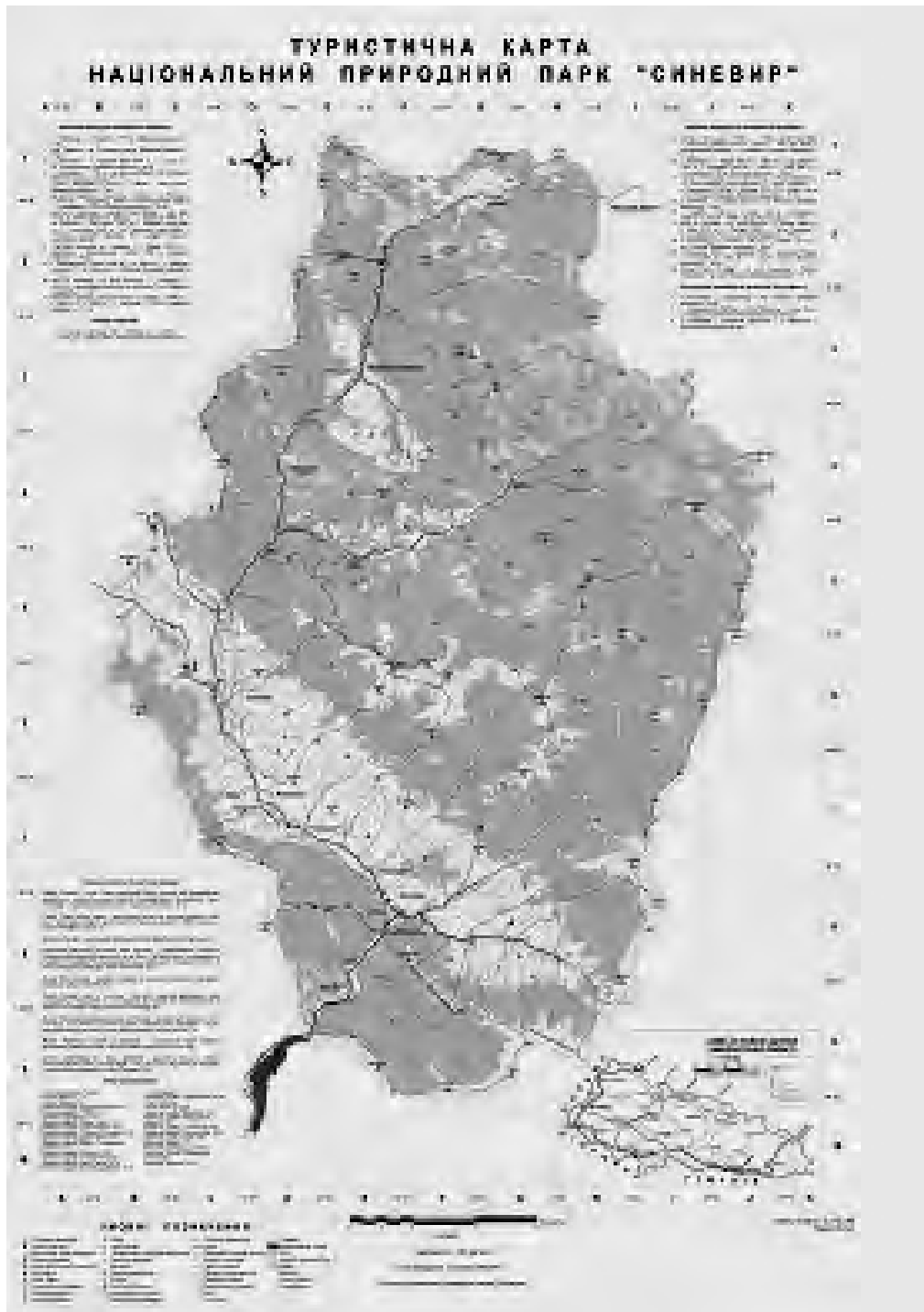


Рис. 4. Туристична карта Національного природного парку “Синевир”

### Висновки

1. Запропоновано методику створення туристичної карти Національного природного парку "Синевир" з використанням даних дистанційного зондування Землі, топографічних карт, цифрової моделі рельєфу ASTER та інтернет-ресурсів, яка дає змогу отримувати якісні картографічні продукти необхідної точності.

2. Порівняно матриці висот Aster GDEM та SRTM для залісненої та відкритої гірської місцевості тестової ділянки. У результаті середніх квадратичних помилок встановлено, що цифрова модель рельєфу Aster GDEM дає кращі результати, ніж SRTM як для відкритих (Aster – 14,1 м та SRTM – 16,3 м), так і заліснених (Aster – 17,6 м та SRTM – 18,1 м) ділянок.

3. Точність прив'язки растрових зображень топографічних карт становила 7,0 м, що приблизно відповідає розміру 1 пікселя растра.

4. Запроектовано мережу туристичних пішохідних та велосипедних маршрутів, які охоплюють найцікавіші місця Національного природного парку "Синевир".

5. Виконано перевірку туристичної карти за даними маршрутів, записаних на GPS-приймач та отриманих з мережі інтернет.

6. Контроль якості карти виконано за даними маршрутів, записаних на GPS-приймач та отриманих з мережі Інтернет та встановлено, що значні відхилення, які в масштабі карти становлять близько одного міліметра, найчастіше присутні в околі об'єктів дорожньої мережі "Пішохідні стежки" та "Польові та лісові дороги", оскільки векторизація цих об'єктів, за даними супутникового знімання, інколи була неможливою через якість растрових зображень.

1. *Петранівський В.Л., Рутинський М.Й. Туристичне краєзнавство: навч. посібник / За ред. Ф.Д. Застваного. – 2-ге вид., виправл. – К.: Знання, 2008. – 575 с.* 2. *Дорожинський О., Колб І., Дорожинська О. Фотограмметрія, геоінформатика, дистанційне зондування в дослідженнях культурного ландшафту // Геодезія, картографія і аерофотознімання: Міжвідомчий наук.-техн. збірник. – Львів, 2009. – Вип. 71. – С. 108–121.* 3. *Грицьків Н. Створення тематичної карти курорту Східниця з використанням базових картографічних матеріалів // Геодезія, картографія і аерофотознімання: Міжвідомчий наук.-техн. збірник. – Львів, 2009. – Вип. 71. – С. 35–41.* 4. *Сосса Р.І. Стан та перспективи картографічного забезпечення України // Геодезія, картографія і аерофотознімання: Український міжвідомчий наук.-техн. збірник. – Львів, 2001. – № 61. – 176 с.* 5. *Барладін О., Миколенко Л., Скляр О. Геоінформаційний підхід та проблематика щодо оновлення планово-картографічних матеріалів з використанням аеро- та космічних знімків // Геодезія, картографія і аерофотознімання: Міжвідомчий наук.-техн. збірник. – Львів, 2009. – Вип. 71. – С. 185–191.* 6. *Івано-Франківська регіональна фундація "Карпатські стежки" <http://www.stezhky.org.ua>.* 7. *Global Data Explorer <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex>.* 8. *<http://gis-lab.info/qa/aster-gdem>.* 9. *<http://gis-lab.info/qa/srtm>.* 10. *<http://www.dataplus.ru/Soft/ESRI/ArcGIS/Structure9>.* 11. *PhotoMod Geo Calculator <http://www.racurs.ru/?page=323>.* 12. *SAS Планета <http://sasgis.ru/sasplaneta>.* 13. *Веб-портал <http://www.gpsies.com>.* 14. *Веб-каталог туристичних послуг в Українських Карпатах <http://www.karpaty.info>.*