

УДК 528.7

Аналіз вимог до точності аерокосмічних знімків та цифрових карт і розробка підходів щодо їх підвищення

В.Г. Бурачек¹, В.І. Зацерковний², В.Ю. Беленок²

¹Київський інститут землевпорядкування та інформаційних технологій при
Національному авіаційному університеті

²Чернігівський державний інститут економіки і управління

У статті описано основні вимоги, що висуваються до сучасних даних дистанційного зондування Землі, відмічено основні фактори, які впливають на їх точність, розглянуто вимоги до цифрових карт в аспекті їх використання геоінформаційними системами та шляхи підвищення їх якості.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ТОЧНОСТИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ И ЦИФРОВЫХ КАРТ И РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ ПО ИХ ПОВЫШЕНИЮ, Бурачек В.Г., Зацерковный В.И., Беленок В.Ю. — В статье описаны основные требования, предъявляемые к современным данным дистанционного зондирования Земли, отмечены основные факторы, влияющие на их точность, рассмотрены требования к цифровым картам в аспекте их использования геоинформационными системами и пути повышения их качества.

ANALYSIS OF THE ACCURACY REQUIREMENT FOR AEROSPACE PICTURES AND DIGITAL MAPS AND DEVELOPMENT OF APPROACHES FOR SOFTWARE OF THEIR IMPROVEMENT, by Burachek V.G., Zatserkovniy V.I., Belenok V.Yu. — The main requests presented to modern data of remote sensing are presented in the article, the pacing factors influencing their accuracy are marked, requests to digital maps in aspect of their usage by geoinformatic systems, and methods of rise of their quality are considered.

Ключевые слова: дистанционные аэрокосмические методы; критерий построения цифровых карт ландшафтов.

Key words: remote sensing methods; criteria of landscape digital maps construction.

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

Динаміка розвитку сучасного українського суспільства висуває на передній план проблеми, пов'язані з управлінням територіями, ефективним використанням природних і людських ресурсів, моніторингом екологічної ситуації тощо. Ці проблеми неможливо комплексно оцінити (не кажучи про їх вирішення) без інтегрованого інформаційного забезпечення, котре містить в собі дані про територію, її географічні, природні, екологічні, соціально-економічні, культурно-етнічні та інші характеристики. На даний час створені і постійно поповнюються величезні масиви інформації про всілякі об'єкти, споруди, системи, транспортні магістралі, перерозподіл нерухомості тощо, котрі необхідні для управління економічними, соціальними, виробничими, екологічними та іншими процесами, але сучасне продукування цієї інформації в середовищі управління має певні проблеми через її неузгодженість, різномасштабність, суперечливість і різний ступінь генералізації відомчих даних, регіональні відмінності і рівні вивченості територій, різноманітність типів носіїв інформації, проблеми просторово-часового розв'язання задач, недостатньої питомої ваги цифрової інформації до загальної її суми, обмеження на доступ до інформації та інші організаційні, технічні і правові питання [1].

Геоінформаційна система (ГІС) є важливою підсистемою управління територіями, яка пов'язує підсистему збору інформації і підсистему підготовки та прийняття рішень, забезпечує прогнозування розвитку ситуації та зворотний зв'язок при управлінні.

Картографічну основу ГІС складають цифрові та електронні моделі місцевості. Оскільки ГІС, як правило, є багатоцільовою системою, то інформація в ній повинна бути представлена від дрібномасштабних до великомасштабних картографічних зображень [2].

Однак, як свідчить практичний досвід, навіть при простому суміщенні в одній цифровій карті шарів з даними декількох джерел, стає очевидною значна (передусім, з правової точки зору) координатна і масштабна неузгодженість ресурсів, що ускладнює повноцінну інтеграцію таких ресурсів. Проявляється дивна річ: з однієї сторони, сучасні геодезичні і супутникові технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволяють вимірювати координати з сантиметровою точністю (в будівництві — з міліметровою і навіть краще), з іншої — значення координат можуть розходитися на десятки метрів, і навіть форма об'єктів в різних базах може істотно різнитися. Основні причини — відмінності методик вимірів і збір даних з картографічних джерел різної точності, масштабу і давнини.

Без правильної організації інформації неможлива побудова ефективно діючої ГІС. Добре підготовлена цифрова карта є основою будь-якої ГІС [2].

На сьогодні склалася парадоксальна ситуація, пов'язана з тим, що ГІС використовує лише інформацію, яка до неї надходить, а не ту, яка їй потрібна для ефективного забезпечення управління територіями. Зрозуміло, що важко отримати високоточні результати просторового аналізу ГІС, якщо вхідні дані не вселяють довіри. Для створення повноцінної ГІС повинна бути система “ГІС — джерела даних” зі зворотнім зв'язком, тобто необхідно сформулювати вимоги до інформації, яка надходить до ГІС, а джерела цих даних повинні їх забезпечити.

Актуальність роботи визначається обґрунтуванням підходів до створення та оновлення топографічних карт і планів із застосуванням методів ДЗЗ і геоінформаційних технологій (ГІТ), підвищення їх якості для забезпечення ефективного і економічно обґрунтованого управління територіями, проведення земельної реформи, планування, розвитку територіальних ресурсів тощо.

2. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Сучасна і достовірна інформація в ГІС про стан територій та їх ресурси дає можливість приймати правильні управлінські рішення керівникам різного рівня при наявності своєчасних високоякісних картографічних матеріалів, підтримка яких в актуальному стані становить досить серйозну проблему.

Дані, що використовуються в ГІС для побудови карт, повинні містити інформацію, придатну для створення картографічних шарів в усіх основних масштабах — від 1:500 до 1:1 000 000. Відсутність картографічних деталей деякої частини території, описуваної в ГІС, враховуючи багатоцільовий інформаційний характер ГІС, являтиметься “білою плямою”, яка ускладнює управління територіями.

Очевидно, що найбільшу складність і трудність представляє збір інформації для великомасштабних картографічних шарів.

Розглянемо *вимоги до цифрових карт* і вагомість великомасштабних шарів карт в ГІС. Усі вимоги до якості цифрових карт можна розділити на дві категорії. По-перше, загальні вимоги традиційної картографії, начебто цифрова карта буде застосовуватись тільки як підкладка, або по ній будуть проводитись тільки картометричні виміри (обчислення довжин, площ, кутів, координат): коректність семантичної інформації; коректність системи ідентифікації об'єктів; “гладкість”, точність векторизації і метрична інформативність; рівень деформації вихідного матеріалу; однорідність правил формування моделі цифрової карти. По-друге, спеціальні вимоги, властиві цифровим картам як моделям місцевості: дотримання топологічних відносин; точна передача форми об'єктів; облік логіки взаємного розташування об'єктів.

Можна ввести три ступені оцінки складності карт: перша, коли критичні ситуації розподілені усюди по території ділянки, займаючи 60–100% його площі; друга, коли вони займають у середньому 30–60% площі; третя, коли критичні ситуації займають 0–30% площі.

З такого визначення складності карти випливає, що для різних типів “ситуацій”, ступінь складності цифрової карти буде різною.

Робоча схема проведення оцінки (у самому складному варіанті) включає: вибір ділянки обстеження, складання схеми його розташування на карті; оцінку ступеня складності для кожної ділянки і кожного типу вимог; складання переліку помилок із внесенням у таблицю і оцінка по кожній ділянці і типу вимог; за остаточної вимоги по кожному типу приймаються найнижчі оцінки; заповнення відомості перевірки якості цифрової карти.

Коректність семантичної інформації. Цей критерій є досить значимим, оскільки семантика — найважливіша складова цифрової карти, і її перевірка в більшості випадків може бути тільки візуальною. Вона включає виконання наступних основних вимог:

- *перевірка правильності інтерпретації умовних знаків* проводиться шляхом порівняння вихідного оригіналу і цифрової карти. Дуже зручно використовувати операції тематичного виділення (створення тематичної карти), відобразивши об'єкти умовними знаками, максимально наближеними до топографічних, а характеристики об'єктів — у вигляді підписів;
- *синтаксичний контроль* включає перевірку на синтаксичні помилки, “зайві” прогалини в текстових характеристиках, контроль відповідності кодів характеристик або їхніх розшифровок класифікатору (якщо він є в наявності). Для цих цілей досить зручно використовувати SQL-запити з групуванням по досліджуваному полю контролю.

Коректність системи ідентифікації об'єктів. Як відомо, більшість ГІС використовує для зв'язку метрики і семантики призначувані користувачем ідентифікатори — цілі числа. Загальна обов'язкова вимога до всіх ідентифікаторів є їх унікальність. У ряді випадків (наприклад, при створенні карт різноманітних кадастрів) до системи ідентифікації можуть бути пред'явлені особливі вимоги: *впорядкування за визначеним правилом* (наприклад, ліворуч праворуч, зверху праворуч, зверху вниз); *створення наскрізної ідентифікації*; *виділення діапазонів ідентифікаторів для кожного листа карти і кожного шару*; *відсутність “пропусків” в ідентифікаторах*.

Контроль унікальності ідентифікаторів, коли карти представлені в єдиній системі координат, може здійснюватися вибірково з використанням одночасного завантаження однойменних шарів суміжних планшетів і відображення їх у рамках однієї карти [3]. У більшості поширених ГІС (MapInfo, ArcView, GeoDraw та ін.) такі можливості реалізовані.

“Гладкість”, точність векторизації і метрична інформативність. Ламана лінія, що представляє собою контур лінійного об’єкта, повинна бути, по-перше, як можна більш “пальною”, по-друге, точно передавати характерні зміни напрямку об’єкта, наприклад, прямі кути. Найбільш поширеними помилками цифрування, породженими недотриманням цих вимог, є скошені кути і зубцювата (зигзагоподібна) лінія або в окремому випадку викид; та зсуви лінії контуру лінійного об’єкта щодо базової лінії, тобто розташовуватися ближче до одного з країв растрового зображення лінійного об’єкта.

При цифруванні готового картографічного матеріалу враховують наступні фактори:

- *рівень деформації вихідного матеріалу.* Одна з головних задач при підготовці цифрової карти — не вносити в неї погрешностей, пов’язаних з недостатньою якістю вихідного матеріалу. Найбільш точним є спосіб створення цифрових карт із вихідних розчленованих оригіналів на пластику. Деформація пластику (як і будь-якого іншого “твердого” носія) дуже мала: до 0,1 мм/м, підкоряється простому закону і легко може бути виправлена програмними засобами. Деформація паперу складає більш 2–3 мм/м (у картону трохи менше) і розподіляється по поверхні картографічного матеріалу нерівномірно (“пузирями”), що ускладнює її контроль і виправлення;

- *однорідність виконання правил формування моделі цифрової карти.* До найбільш поширених помилок такого роду належать помилки створення семантики та помилки топології.

Спеціальні вимоги до якості. Традиційна карта містить величезний обсяг інформації, який заданий в неявній формі, але людина, що вміє читати карту, легко її розуміє. Цифрова карта є моделлю місцевості, котра інтерпретована відповідним програмним забезпеченням і тому повинна явно містити опис цієї інформації. Неявна інформація поділяється на три групи: фундаментальна; похідна; та семантична.

Топологічні відносини. Ці відносини можливі тільки в межах одного тематичного шару. На вихідних картографічних матеріалах топологічні відносини зазвичай не виконуються, тому при створенні цифрової карти, оператору необхідно корегувати метрику об’єктів. Особливу увагу треба звернути на те, як це виконано, оскільки в традиційній картографії є поняття твердих, або опорних, і рухливих контурів.

Опорні контури визначаються з більшою точністю і довше зберігають своє положення з часом. Цифрова карта повинна бути створена таким чином, щоб об’єкти, які представляють собою тверді контури, залишалися нерухомими, а рухливі корегувалися. Крім того, допуски на точність положення контурів різних типів об’єктів є різними. Прикладом може слугувати ліс, розташований вздовж берегу ріки, де контур ріки визначається з більшою точністю, тому він залишається незмінним, а контур лісу підлягає коригуванню.

При перевірці топологічної коректності між тематичними шарами карти необхідно враховувати помилки, що з’являються через округлення або наявність нераціональних алгоритмів перерахування в деяких ГІС, при значеннях збільшення карти більш 1,5 до 1.

Перевірка коректності топології в ГІС, що підтримують ланцюгово-вузлову модель даних у рамках одного шару (рівня, покриття), досить проста і неодноразово описувалася в літературі. Коректність топологічної структури в ГІС, які не підтримують топологічні відносини між різними шарами (рівнями, покриттями), перевіряють переглядом обраних ділянок при середньому збільшенні в 2–3 рази в порівнянні з вихідним масштабом. Якщо виявлений зсув ліній (або точки примикання) більш ніж на 1–2 пікселя, це вважається незначною помилкою, якщо більш — значною.

Встановлення цієї межі продиктовано впливом на відображення об’єктів, помилок округлення, які мають місце в деяких ГІС [2, 4].

Вимоги до передачі форми об’єктів. Правильна геометрична форма деяких об’єктів — будівель (багатокутники з прямими кутами), заводських труб (окружності) та ін. — при відображенні на традиційній карті спотворюється внаслідок обмеженої графічної точності.

Об’єкти, зображення яких на вихідній карті (у межах графічної точності), наприклад є прямокутними, повинні залишатися прямокутними (але тепер уже з абсолютною точністю) і на цифровій карті. Ця вимога повинна виконуватися у випадку, якщо цифрову карту передбачається сильно збільшувати, наприклад, для друкування схем, де зміст карти слугує як супутня інформація.

Врахування логіки взаємного розташування об’єктів. На карті існують об’єкти, які не можуть сполучатися певним чином (накладатися, перетинатися тощо). Наприклад, будівля не може знаходитися в руслі ріки без наявності або острова, або іншої спеціальної указівки. Такі відносини є неприпустимими.

Кількість таких сполучень є надзвичайно великою, хоча існують найбільш типові і широко поширені випадки, наприклад русло річки, не виражене в масштабі карти і горизонталі; границя населеного пункту; границя населеного пункту, дороги та інженерні комунікації (для дрібномасштабних карт); болота. Інші приклади неприпустимих (негативних) відношень: перетинання “ліс–озеро”, перетинання

“болото–озеро”, вкладки “будинки–озеро”, перетинання “горизонталь–горизонталь”. Перелік неприпустимих відносин визначається логікою сполучення об’єктів карти, але найкраще, якщо він буде визначений явно (наприклад, як неприпустимі відносини між деякими класами об’єктів) у технічному завданні. Для пошуку помилок такого роду зручно застосовувати просторові запити (типу графічного розширення SQL), така можливість реалізована в багатьох інструментальних ГІС. Правила оцінки помилок даного типу аналогічні правилам оцінки топологічних відносин.

Для деяких спеціалізованих задач необхідні особливі правила локалізації об’єктів, на відміну від правил, прийнятих для топографічних карт і планів. Зазвичай, кількість вимог подібного роду є невеликою і детально описана в технічних завданнях по створенню цифрових карт.

Аналіз перерахованих вимог до цифрових карт показує, що карти в ГІС виконують метричну функцію, у зв’язку з чим точність сітки карти, точність координат об’єктів і їх геометрії є важливою характеристикою, яка тісно пов’язана з фактором великомасштабності; семантична інформація в ГІС, як правило, повинна розглядатися в великомасштабних і спеціальних надвеликомасштабних шарах, представляючи плани і фотографії об’єктів з даними вимірювань, враховуючи ці обставини, слід вважати роздільну здатність цифрової карти і точність оцінки просторового положення на ній зображень об’єктів (наземних і підземних) її головними характеристиками.

Одним з найважливіших джерел актуальної інформації про території, форму та склад місцевості, класифікацію, призначення та стани об’єктів, розташованих на цій місцевості, є дані ДЗЗ, котрі дозволяють разом з даними наземних геодезичних вишукувань створювати просторову геодезичну основу та наповнювати її картографічним змістом.

Отримання даних ДЗЗ може забезпечуватися методами ДЗЗ: космічним та аерофотозніманням. Перевагами традиційного способу аерофотографування із застосуванням фотоплівки є: висока фотографічна розрізненість знімка та велике кутове поле зору (більше 100°), що забезпечується аерофотооб’єктивами. Це дозволяє отримати високу якість знімків великого масштабу з висот до 10 000 м [5].

В той же час, до недоліків цього способу слід віднести: великий відсоток ручних технологій при обробці результатів знімання (до 85%) та необхідність проведення наземних геодезичних робіт по прив’язці опознаків на території знімання.

Необхідно відмітити, що вже сьогодні виконання цифрового знімання з невеликих висот (до 1000 м) дозволяє отримати високу якість великомасштабних знімків [6]. Відмітимо також, що сучасна технологія космічного знімання забезпечує отримання цифрових знімків з високою розрізненістю (при малому полі зору), наприклад, з наявних на сьогодні на ринку ДЗЗ-продуктів для робіт по міській території підходять зображення з супутників Ikonos (розрізненість монохромного зображення ± 1 м, розрізненість багатозонального зображення ± 4 м) та QuickBird (відповідно $\pm 0,61$ м і $\pm 2,44$ м) [6, 7].

Основні тенденції розвитку аерокосмічних комплексів створення цифрових знімків (у тому числі, для застосування в ГІС і системі управління територіями) характеризується переходом до повної автоматизації та комп’ютеризації знімальних робіт, геодезичної прив’язки знімків і обробки даних.

В той же час способи цифрового аерофотознімання з використанням багатоелементних фотоприймачів для отримання великомасштабних знімків сьогодні мають обмежені можливості, що пов’язані з недостатньою розрізненістю мішений цифрових камер.

Перспектива переходу від традиційної технології до автоматизації процесу електронної фотозйомки в аспекті великомасштабного картографування пов’язана, насамперед, з можливістю досягнення необхідної точності складових приладів, блоків і елементів знімального комплексу, зокрема:

- розрізненості цифрової камери (ЦК);
- точності визначення координат ЦК і центральної точки знімка;
- точності орієнтації ЦК відносно місцевості;
- точності фотограмметричних вимірювань;
- точності визначення висоти ЦК тощо.

На похибки визначення координат і конфігурації об’єктів місцевості на цифровому плані впливає розрізненість електронного фотознімка (більш детально якість зображення на знімку може бути описана за допомогою функції передачі модуляції) [8].

Розрізненість ЦК (об’єктив — ПЗЗ-матриця, тут ПЗЗ — прилад із зарядовим зв’язком) пов’язана з її конструктивними характеристиками: розміром пікселя матриці, заданим полем зору, фокусною відстанню об’єктиву f' , залишковими аберациями оптичної системи та ін., при цьому вимоги мінімальних маси й габаритів ЦК суперечать вимозі підвищення розрізненості.

Розрізненість ЦК визначається, головним чином, розрізненістю фотоприймальної матриці та величиною фокусної відстані об’єктиву f' . Розмір пікселя в ПЗЗ-матрицях, що випускаються, є стандартним, як правило 0,0065 мм, а обмеження габаритів ЦК зазвичай не дозволяє забезпечити фокусну відстань більше 100–200 мм. Якщо прийняти $f' = 100$ мм, об’єм квадратної матриці 12 Мегапікселів (розмір рядка

≈ 3500 пікселів), отримаємо поле зору 2ω : $\operatorname{tg} \omega = \frac{14 \text{ мм}}{100 \text{ мм}} = 0,14$, звідки $2\omega = 13^\circ$.

Для аерознімання поле зору є недостатнім, а тому необхідно застосовувати матриці з більшим числом пікселів і зменшувати f' , або застосувати багатоматричні (багатоканальні) варіанти камер.

На фотознімку при стандартному розмірі фотоплівки 18–30 см розрізненість становить 5–10 мкм і, якщо порівняти з вищенаведеною ПЗЗ-матрицею й прийняти її розрізнення в один піксель, то одержимо відносне розрізнення по одній із осей: для фотознімку не гірше $0,5 \cdot 10^{-4}$; для електронного фотознімку $\sim 3 \cdot 10^{-4}$, тобто електронний фотознімок поступається приблизно в 6 разів, що є істотним при вирішенні завдання великомасштабного знімання. В цьому аспекті застосування субпіксельних технологій зйомки може наблизити якість електронного знімку до фотографічного.

Можливими шляхами вирішення проблеми збільшення поля зору ЦК при достатній розрізненості знімка є:

1. Побудова багатоканальних або багатоматричних ЦК [9]. Кількість пікселів у таких сучасних цифрових знімальних системах досягає 80 млн. і більше, що забезпечує розрізненість, близьку до фотографічної. Проте можливість виготовлення ПЗЗ-матриць великого розміру обмежена технологічно. Зазвичай сенсор цифрових кадрових аерофотокамер складається з 4, 9 або більше ПЗЗ-матриць. Наприклад, чорно-білий сенсор аерокамери ULTRA CAM D фірми Vexcel складається з 9 матриць, має розмір зображення $11\,500 \times 7\,500$ пікселів з розміром пікселя 9 мкм, розрізненість на місцевості при висоті знімання 500 м (300 м) відповідно складає 5 см і 3 см [10].

2. Застосування скануючих пристроїв в ЦК, зокрема:

- сканування вузькою полосою, наприклад, в системі ADS-40 [6, 12, 13, 14] в фокальній площині об'єктива паралельно розташовані три пари ПЗЗ-лінійок по 12000 пікселів у кожній з лінійок, одна з них забезпечує панхроматичне знімання в напрямку “вперед”, друга — в надир, а третя — в напрямку “назад”. Особливістю цієї системи є те, що лінійки в парах зміщені одна відносно одної на 0,5 пікселя, що забезпечує розрізненість в здвоєній лінійці як при використанні лінійки з 24000 пікселів. Крім панхроматичних, у фокальній площині розташовані чотири окремі лінійки по 12000 пікселів для мультиспектрального знімання в чотирьох вузьких зонах спектру (червоному, синьому, зеленому, ближньому інфрачервоному).
- покадрове сканування, наприклад, що описане в роботі [11], сутність цього способу цифрового аерофотознімання полягає в тому, що полоса матриць утворюється за рахунок покадрової розгортки сумарного поля зору в напрямку перпендикулярно до вектору курсу літального засобу, а експозиції виконують дискретно з врахуванням заданих перекриттів. Одночасно зі скануванням оптично виконують коливання зображення місцевості в картинній площині камери, діючи ультразвуковим методом (за допомогою п'єзоелектричних шайб) на елементи оптичного тракту цифрової аерознімальної камери. При цьому визначають моменти взаємної компенсації руху зображення за рахунок кутових коливань оптичного елементу (“ефект антизмазу”) і в ці моменти в зоні центра кадру проводять експозиції.
- лазерно-локаційне сканування (за допомогою лідару) [6, 12, 13] має недостатню точність для отримання знімків великих масштабів, прив'язаних до місцевості, наприклад, сканерна система ALTM 3100 канадської фірми “Optech Incorporated” з частотою генерування імпульсів 100 кГц, висотою польоту $H = 80 - 3500$ м, шириною смуги захоплення від 0 до 0,93 Н, кутом сканування $0 - 25^\circ$, точністю визначення віддалі, висоти та планового положення 1 см, 15–35 см і $1/2000$ Н, відповідно [6].

Інші вищевказані складові точності автоматичного цифрового знімання мають перспективу зменшення похибок, враховуючи розвиток навігаційних GPS і постобробки їх даних, можливість підвищення точності гіростабілізації, застосування лазерних висотомірів та іншої сучасної техніки.

Таким чином, на етапі аерокосмічного знімання виконують важливу умову знімку — точність і детальність зображення місцевості в різних масштабах, включаючи великий масштаб, що являється основою майбутньої карти.

3. ВИСНОВКИ

1. Геоінформаційна система є важливою підсистемою управління територіями, яка пов'язує підсистему збору інформації і підсистему підготовки та прийняття рішень, забезпечує прогнозування розвитку ситуації та зворотний зв'язок при управлінні. Для створення ефективної багатоцільової ГІС потрібна організована структурована інформація. Картографічну основу ГІС складають цифрові та електронні моделі місцевості. Оскільки ГІС, як правило, є багатоцільовою системою, то інформація в ній повинна бути представлена від дрібномасштабних до великомасштабних картографічних зображень.

2. Основні тенденції розвитку аерокосмічних комплексів створення цифрових знімків і карт (у тому числі, для застосування в ГІС і системі управління територіями) характеризується переходом до повної автоматизації та комп'ютеризації знімальних робіт, геодезичної прив'язки знімків і обробки даних, при

цьому, сучасні технології створюють передумову для ефективного підвищення точності цифрових карт в ГІС шляхом комплексного підходу до рішення проблеми в системі “управління територіями — ГІС — ДЗЗ”.

3. Найбільші труднощі представляє збір інформації для великомасштабних картографічних шарів.

4. Аналіз перерахованих вимог до цифрових карт показує, що карти в ГІС виконують метричну функцію, у зв'язку з чим точність сітки карти, точність координат об'єктів і їх геометрії є важливою характеристикою, тісно пов'язаною з фактором великомасштабності; семантична інформація в ГІС, як правило, повинна розглядатися в великомасштабних і спеціальних надвеликомасштабних шарах, а тому розрізненість цифрової карти і точність оцінки просторового положення на ній зображень об'єктів (наземних і підземних) є її головними характеристиками; для створення і оновлення цифрових карт великих масштабів можна використовувати як матеріали аерофотознімання, так і матеріали космічних знімків; сучасні програмні засоби мають весь необхідний інструментарій для реалізації завдань створення і оновлення цифрових карт згідно з їхніми вимогами.

1. Зацерковний В.І., Кривоберець С.В., Левченко М.Г. Застосування GPS-приймачів для актуалізації топографічних та кадастрових карт // Вісник Причорномор'я. — 2010. — № 52.
2. Бурачек В.Г., Зацерковний В.І. Основи ГІС. — Чернівці: ЧДІЕУ, 2009. — 180 с.
3. Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И. Картоведение. Учебник для вузов / под ред. А.М.Берлянта. — М.: Аспект Пресс, 2003. — 477 с.
4. Капранов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика: учебник для студ. вузов / под ред. В.С.Тикунова. — М.: Издательский центр “Академия”, 2005. — 480 с.
5. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. — М.: Карт-геоцентр — Геодезиздат, 2001. — 228 с.
6. Дорожинський О.Л. Тукай Р. Фотограмметрія: Підручник. — Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2008. — 332 с.
7. Бакланов А.И. Системы наблюдения и мониторинга. — М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009. — 234 с.
8. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. — Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1983. — 696 с.
9. Патент на винахід № 73298, Україна, 7 GO3B 37/04, GO2B 13. Спосіб цифрової аерофотозйомки / Крельштейн П.Д., Бурачек В.Г., Летучій О.М., Панченко А.О., Радченко М. В. — Опубл. 15.07.2005, Бюл.№ 7, 2005 р.
10. Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. — М.: КолосС, 2006. — 334 с.
11. Патент на винахід № 79505, Україна, G02B 13/08, G03B 37/00. Спосіб цифрового аерофотознімання / Бурачек В.Г., Железняк О.О., Крельштейн П.Д., Надточій О.В., Шульц Р.В. — Опубл. 25.06.2007, Бюл.№ 9.
12. Медведев Е.М., Данилин И.М., Мельников С.Р. Лазерная локация земли и леса: Учебное пособие. — М.: Геолидар, Геоскосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН, 2007. — 230 с.
13. Островський А.Л., Мороз О.І., Тарнавський В.Л. Геодезія. Частина II. Підручник для вузів. — Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2007. — 508 с.
14. LH System ADS 40, XIX ISPRS Congress Amsterdam, July, 2000.

Надійшла до редакції 5.11.2010