Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского
Серия «ГЕОГРАФИЯ» Том 19 (58) № 2 (2006) 3-10

УДК 528.7

ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ ВИСОКОЇ ПРОСТОРОВОЇ РОЗРІЗНЕНОСТІ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ФОТОАТЛАСУ МІСТА (НА ПРИКЛАДІ КИЄВА)

Барладін О.В., Ярошук П.Д.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Застосування космічних знімків високої просторової розрізненості, особливо отриманих супутниками IKONOS та Quick Bird для створення або оновлення крупномасштабних карт на сьогодні вже є одним із новітніх стандартів у картографічній науці. Матеріали такої космічної зйомки придатні для створення середньо- та дрібномасштабних карт. Зазначимо широкі можливості застосування матеріалів космічної зйомки для багатоаспектних цілей картографії, а саме:

- Просторова розрізненість знімків з різних супутників зумовлює масштаби тематичних карт, розроблених на базі цих космічних знімків.
- Векторні дані оцифрованих карт можуть інтегруватися з растровими даними космічних знімків для просторових запитів та оновлення картографічних баз даних.
- З використанням космічних знімків для створення просторової бази даних у форматі карти можливою є розробка створення спільної легенди для поліграфічної версії та подання растром інформації з космічних даних на відповідних електронних векторних шарах.
- Висока просторова розрізненість знімків Quickbird може використовуватися для вирішення широкого кола задач: міське землекористування, картографування транспортної інфраструктури та зв'язку, кадастрові дослідження, забудова мікрорівня та інші.
- Дані з космознімків високої просторової розрізненості є дуже корисними для верифікації міських будівельних планів, оцінки податків на нерухомість, моніторингу дорожнього руху, пошуку місця для розташування нових об'єктів житлової забудови та сфери послуг, загального розвитку міста і для вирішення інших задач.
- Різноманітні характеристики міських об'єктів, в тому числі тип забудови та її призначення (об'єкти промислово-складської нерухомості, котеджне та багатоповерхове будівництво, трущоби), комерційні, промислові, рекреаційні, державні установи, та інші типи об'єктів можуть бути визначені, чи ідентифіковані з картою.
- Транспортні мережі, різні типи шляхів і проїздів основні дороги, тротуари, дорожні розділювачі, маркери, острівці безпеки тощо – все це може бути закартографовано з використанням знімків QuickBird.

• Також можуть бути закартографовані такі об'єкти інфраструктури, як електричні підстанції, заправки, елементи каналізаційної системи, телекомунікаційні мережі та базові станції безпровідного зв'язку, зупинки транспорту.

• Точкові об'єкти (такі як фонтани, бювети, цистерни з водою та бензином), лінійні об'єкти (огорожі, труби, лінії електропередач) також можуть бути виявлені за знімками QuickBird.

Без залучення космофотоматеріалів традиційні картографічні документи, що відображають ситуацію на певну дату, дуже швидко стають застарілими (у великих містах щорічно), оновлюються рідко і, фактично, цілісної актуальної картини сучасного стану та використання території міста зазвичай немає. Всі наявні у різних міських відомствах картографічні матеріали не дають загальної картини змін, які відбуваються в місті. До того ж, як показує наш досвід, у багатьох випадках на топографічних картах вже від початку в їхньому створенні бувають істотні помилки та неточності, які не пов'язані із змінами, що відбулися. Аерознімки є секретними і внаслідок цього не є придатними для всіх потенційних користувачів. Для проведення аерозйомки потрібно чимало організаційних заходів (отримання дозволів, планування зальотів)

В Інституті передових технологій вперше в Україні було створено космічну фотокарту м. Києва на основі космічних знімків QuickBird. Дана стаття присвячена викладенню методології даної роботи.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ:

• Застосування різних методів обробки зображення (підвищення якості зображення, синтез зображень тощо) для виділення різних класів та підвищення ступеня інтерпретованості знімку.

• Інтегрування даних ДЗЗ з векторними даними геоінформаційної системи (ГІС) на дану ділянку території з подальшою візуалізацією на екрані для визначення та внесення змін.

• Підготовка поліграфічної версії комп'ютерного космофотоатласу для друку.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЯГНЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Хоча матеріали аерокосмічної зйомки використовуються для оновлення картографічних матеріалів досить давно, проте ще донедавна космічні знімки з високою роздільною здатністю були засекречені. Крім того, висока ціна зарубіжних космічних знімків крупного масштабу та відсутність аналогічних вітчизняних знімальних систем обмежували використання цих даних у вітчизняній картографії. Тому публікації на тему використання космічних зйомок для створення космофотокарт територій майже відсутні.

Важливе значення мають фундаментальні узагальнення інтеграції ДЗЗ та цифрового опрацювання зображень на космознімках [1-3], матеріали трьох томів атласів з дешифрування космознімків, зокрема „Космічні методи геоекології (1998, МДУ)", досвід розробки тематичних цифрових карт на базі космознімків, введених

до ГІС, узагальнення розробок нового виду продукції -- комп'ютерних космофотокарт у Росії [8]. Найбільш актуальними досягненнями є визначення напрямків змін географічної ситуації (процесів росту міст, змін у межах міста, маятникової міграції населення, змін типів міст) на основі космознімків з високою роздільною здатністю та придатності знімків з розрізненістю об'єктів розміром 15 – 5 м – для наукових досліджень і таких господарських сфер, як промисловість, сільське господарство, екологічна безпека тощо; до півметра – для архітектурно-планувальних робіт, а 0,30 – 0,20 м – для топографічного картографування [1].

У практиці картографічних фотовидань за кордоном відомими є аероатласи Будапешта та Праги.

В Україні також висвітлювалися питання удосконалення власної системи ДЗЗ [2], використання космофотоматеріалів у ГІС різних рангів і призначення, зокрема для актуалізації міських ГІС на прикладі м. Одеси [9]. Нами на конференції в Алушті (2004) підіймалося питання про використання космічних знімків QuickBird для актуалізації карт адміністративних районів Києва [10].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

До сьогодні в Україні фотоатласи практично не тиражувалися. Завданням даної роботи є висвітлення деяких методичних аспектів створення поліграфічного космофотоатласу м. Києва, на основі інтеграції різночасових космічних знімків та векторних картографічних шарів.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вибір знімків

Космічні знімки QuickBird найкраще придатні для створення космічних фотокарт великого масштабу (1:5000 – 1:2500) завдяки таким властивостям:

- найвища на сьогодні доступна для комерційного використання просторова розрізненість – 0,61 м у зйомці в надирі та 0,66 м при зйомці з відхиленням в 15° від надиру. Оскільки 90 % знімків, отриманих супутником QuickBird мають кут відхилення від надиру 0°-15°, то таку роздільну здатність можна порівняти з аерозйомкою середнього масштабу;
- багатоспектральність -- супутник QuickBird окрім панхроматичного каналу забезпечує мультиспектральне зображення, яке складається з чотирьох каналів у синьому (0,45—0,520 мкм), зеленому (0,52—0,60 мкм), червоному (0,63—0,69 мкм) та інфрачервоному (0,76—0,90 мкм) спектральних діапазонах, з просторовою розрізненістю 2,4 м;
- радіометрична чутливість – дані QuickBird мають динамічний діапазон 11 біт (2048 відтінків сірого), який може бути розтягнутий у будь-який діапазон для покращення візуалізації.
- висока позиційна точність – знімки QuickBird можуть бути геометрично опрацьовані із застосуванням методики орторектифікації з урахуванням точної моделі сенсору або за допомогою коефіцієнтів раціонального поліному.

- великий розмір знімку – ширина смуги огляду QuickBird становить 16,5 – 18 км, що дозволяє одним знімком покрити формат середнього обласного центру.

В компанії ECOMM, офіційного дистриб'ютора в Україні фірми Eurimage, яка є постачальником знімків QuickBird, нами були замовлені знімки на Київ. Так як протяжність Києва із заходу на схід майже 40 км, то знадобилося три стрічки зйомки супутником QuickBird для покриття всієї території міста. Дві стрічки, що покривають лівобережну та центральну частину Києва було відзнято 9-го квітня 2005 року о 14:04. Стрічку, що покриває західні околиці правобережного Києва, було відзнято 5-го травня 2005-го року (рис. 1). Така затримка у зйомці майже на місяць була спричинена погодними умовами, що не давали змоги отримати безхмарне зображення.

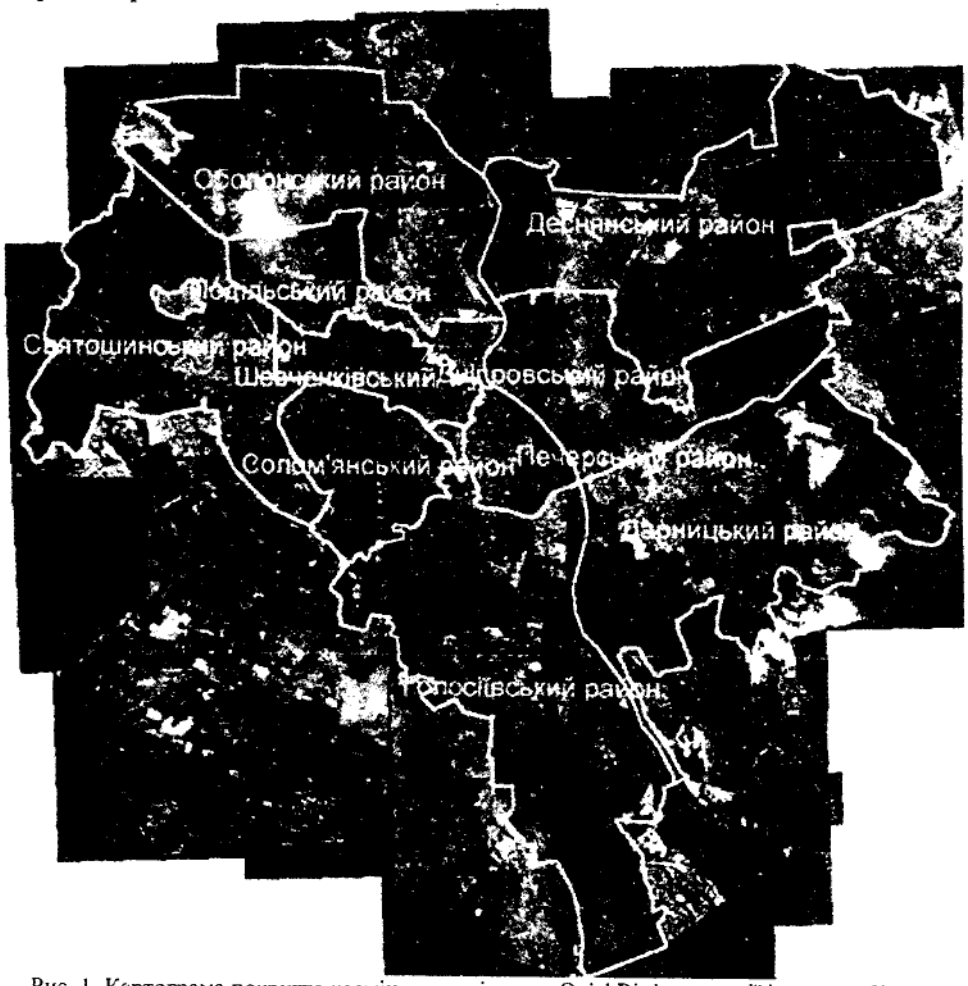

Рис. 1. Картограма покриття космічними знімками QuickBird території і околиць Києва.

Спеціалісти, що працюють з матеріалами аеро- або космічної зйомки знають, наскільки складно створювати мозаїчне зображення із знімків, отриманих навіть просто у різний час доби – такі знімки мають різні спектральні властивості, що

пов'язані з різною висотою сонця у момент зйомки. Тому зображення у різних стрічках відрізнялося освітленням, довжиною та глибиною тіні. І це лише вплив різного часу доби зйомки. За умови різниці в даті зйомки, причому навесні, за місяць із квітня по травень встиг розпочатися процес вегетації, що вплинуло на мозаїку різними кольорами зон рослинності.

Методика обробки знімків

Для покращення візуальних характеристик знімку та використання з векторними шарами проводяться такі види обробки: сенсорна корекція (System Correction), радіометрична корекція (Radiometric correction), геометрична корекція (Geometric correction). У даному дослідженні сенсорна корекція не проводилася, тому що була проведена постачальником зображення.

Для цілей картографування бажано мати повнокольорове зображення території задля кращого розпізнавання різних тематичних шарів, бо в кожній вузькій зоні електромагнітного спектру фіксуються ті чи інші окремі компоненти навколишнього природного середовища Тому нами було здійснено процедуру злиття мультиспектрального зображення (без інфрачервоного каналу) з панхроматичним для одержання кольорового зображення з роздільною здатністю 0,61 м. Процедура була виконана у програмі Erdas Imagine із застосуванням методу заміни основної компоненти, що забезпечило максимальне збереження оригінальної радіометрії багатоспектрального знімку.

Дані з супутника QuickBird постачаються в динамічному діапазоні, що дорівнює 11 біт/піксел (2048 градацій сірого), в той час як програмне забезпечення для обробки зображень зазвичай працює зі знімками у 8-бітовому діапазоні (256 градацій сірого), починаючи з чорного – 0, і закінчуючи білим -- 255. Тому отриманий знімок здається абсолютно чорним. Для того щоб підвищити контрастність і збільшити кількість дискретних чисел, зображення ремасштабується. Супутникові зображення, особливо в оптичному діапазоні часто обмежуються лише невеликою частиною динамічного діапазону. Для того, щоб покращити візуальні характеристики знімку, зображення трансформується до того, поки воно не займе весь динамічний діапазон. Даний метод називається розширенням меж контрастності (contrast stretching). Він дає змогу розширити динамічний діапазон до максимального рівня, підвищуючи контрастність всього знімку в цілому. При розширенні гістограми в цілому існує два методи покращення контрастності зображення – лінійне розширення гістограми і її вирівнювання. Під час вибору ми зупинилися на вирівнюванні гістограми, оскільки розподіл шарів "сірого" на виході є пропорційним частоті появи в зображенні, що корегується вихідною кількістю дискретних даних (пікселів). На додачу, для зрівняння кольору стрічок під час створення мозаїки, отриманих у різний час, знадобилося балансування гістограми окремих каналів зображення, щоб забезпечити максимальну візуальну подібність стрічок.

Процедура геометричної корекції призначена для мінімізації спотворень, що спричинені відхиленням території зйомки від надиру, кривизною земної поверхні,

рельєфом місцевості й іншими геометричними факторами. Компанією Eurimage знімки QuickBird постачаються з первинною геометричною прив'язкою за орбітальними параметрами в системі координат UTM WGS 84. Але внаслідок різного кута зйомки й інших орбітальних параметрів, знімки QuickBird мають абсолютне позиційне відхилення та відносне (між різними стрічками), що подекуди сягає десятка метрів. Тому була необхідною нова геометрична прив'язка знімків. Із двох існуючих методів геометричної корекції в даній роботі ми застосували метод з використанням наземних контрольних точок. Числові значення були вираховані для наземних точок на знімку. Було досягнуто точність 0,8 піксела за просторового розрізнення 0, 61 м. Знімки QuickBird були географічно прив'язані до векторної карти кварталів Києва масштабу 1: 2000 шляхом набору 20-ти контрольних точок з точно відомими координатами у місцевій системі координат. Така кількість контрольних точок була введена для використання під час трансформації знімків методу поліноміальної трансформації третього порядку, відповідно до формули $N=(t+1)(t+2)/2$, де N – кількість опорних точок, t – ступінь полінома. Третій ступінь поліному під час трансформації дав можливість досягти середньої квадратичної похибки між контрольними точками на вихідному зображенні менше 1-го пікселя. Також нами було визначено, що при такій трансформації вихідне зображення максимально збігається з векторною картою масштабу 1:2000, в порівнянні з поліноміальними трансформаціями першого та другого порядку. При трансформації зображення використовувався метод білінійної інтерполяції (інтерполяція геометричної поверхні за допомогою двох лінійних функцій), як такий, що дає кращий ефект, в порівнянні з методом найближчого сусіда (метод дискретизації зображень, у якому елемент вихідного зображення формується на основі параметрів його найближчих пікселів) і який має менше спотворень у порівнянні з методом кубічної конволюції – дискретизації з кубічною згорткою (метод інтерполяції, що базується на обчисленні зваженого середнього по 16-ти найближчих елементах зображення на ділянці 4x4 піксела навколо ділянки вихідного зображення, що опрацьовується). Таким чином точність географічної прив'язки трансформованих знімків QuickBird становила менше 1,5 м карти для масштабу 1:2 000.

Приведені до місцевої системи координат знімки суміщались у ГІС-середовищі Esri ArcView з раніше створеними в Інституті передових технологій картографічними шарами плану міста Києва. Це дало змогу оновити векторні шари шляхом внесення змін у планове положення наявних об'єктів або нанесення нових об'єктів на карту. В першу чергу оновлювався тематичний шар вулиць та будинків.

Підготовка космофотоатласу до друку

Оновлені векторні картографічні шари були експортовані з формату ArcView Shape у формат поліграфічної програми Adobe Illustrator. Космічний знімок QuickBird було конвертовано з триколірного режиму зображення RGB у режим чотириколірного зображення CMYK для видавництва і сумішено з картографічними шарами номерів будинків, назв вулиць, символів та назв різних об'єктів міста (рис 2).

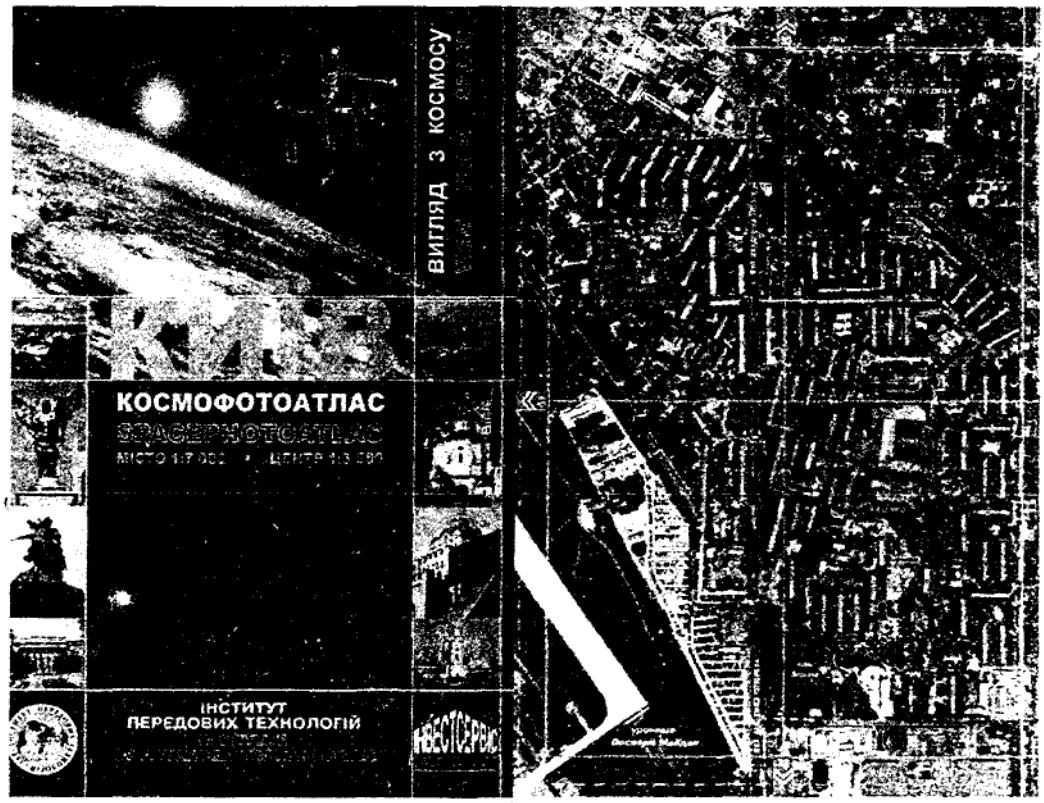

Рис. 2. Обкладинка та сторінка з космофотоатласу Києва

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження показали, що використання космознімків з високим ступенем розрізненості об'єктів (60 см) дає змогу шляхом поетапного опрацювання на комп'ютері за допомогою певних засобів програмного забезпечення ввести ідентифіковане зображення в ГІС міста та виготовити якісний актуалізований картографічний продукт не лише в електронному, а й у поліграфічному вигляді [6, 7].

Космофотоатлас складається з 216 сторінок масштабу 1:7000 (1 см – 70 м), а центральна частина має масштаб 1:35000 (1 см -- 35 м).

Перспектива подальших розробок

Класичним методом представлення висот на фотокартах є нанесення горизонталей. Сучасні технологій візуалізації матеріалів дистанційного зондування за умови поєднання їх з цифровою моделлю рельєфу дають можливість представити висоту місцевості "в натурі" шляхом створення панорамних карт (рис. 3). В Інституті передових технологій готується до випуску така продукція.

Рис. 3. Панорамне зображення Майдану Незалежності у м. Києві.

Список літератури

1. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аерокосмические снимки для карт XXI века.-//Картография 21 века: теория, методы, практика: Докл. 2-ой Всерос. научн. конф. по картографии, посвящ. Памяти А.А.Лютого.М.: Изд-во Ин-та геогр.РАН.-С.272-278.
2. Лялько В.И., Попов М.А., Зубко В.П., Рябоконенко А.Д. Состояние и перспективы развития дистанционных методов исследования Земли в Украине.//Ученые записки ТНУ. Серия: География,2004.-Т.17(56).-№2.-С.64-71;
3. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие.-М.: Логос, 2001.-263 с.
4. Triglav Mihaela. Novi komercialni visokoresolucijski satelitski sistemi.-/Geod.vestn.2002.46, No. 3.-C.219-227.
5. Triglav Mihaela. Analisa uporabnosti in gospodarnosti Ikonosa v Sloveniji.-/Geod.vestn.2002.46,No. 3.-C.219-227.
6. Київ. Центр міста. Вигляд з космосу. План міста 1:30 000/Вид-во ІПТ, Київ, 2004.
7. Космофотоатлас м. Києва / Вид-во ІПТ, Київ, 2006.
8. Киенко Ю.П., Колесников С.В. Компьютерная космофотокарта – новый вид продукции.-Геодезия и картография, 2002.-С.29-32.
9. Стадников В.В., Шпилевой А.А., Степовая О.Ю., Пискарева И.А. Применение материалов космической съемки для актуализации муниципальной геоинформационной справочной системы города Одессы//Ученые записки ТНУ. Серия: География, 2004.-Т.17(56).-№2.-С.96-98.
10. Барладін О. В. Методичні аспекти інтегрування космознімків в ГІС-Києва. //IX Міжнародний науково-технічний симпозіум: Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища – GPS- і GIS-технологій. – Алушта: Львівське АГП, 2004. – с. 72-74.

Статья поступила в редакцию 21.04.06