

УДК 528.72/73

О. Дорожинський, С. Почкін

Національний університет «Львівська політехніка»

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ КАДАСТРОВИХ РОБІТ

© Дорожинський О., Почкін С., 2007

Предложены три главных критерия, на основании которых можно рекомендовать (или не рекомендовать) использовать аэро-и/или космические изображения для формирования картографической составляющей кадастровых работ.

The article offers three main criteria for considering whether to recommend (or not recommend) use of aerial or satellite images for the development of the mapping component of cadastral works.

Постановка проблеми. В Україні підходять до завершення роботи, пов'язані з видачею актів на право власності на землю замість сертифікатів, що було скріплено Угодою між урядом України та Світовим банком [1]. Проте друга складова-розвиток системи кадастру – є задачею без часових обмежень, бо система потребуватиме постійного моніторингу, оновлення, доповнення та уточнення.

Зв'язок з важливими науковими й практичними завданнями. Роботи по земельному кадастру в Україні знаходяться в стадії реалізації, що є предметом діяльності і зацікавленості парламенту, уряду, органів місцевого самоврядування. З прийняттям Земельного Кодексу та переходу до ринку землі проблеми картографічного забезпечення кадастрових робіт набули особливої ваги та є проблемою національного значення.

Аналіз основних досліджень та публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми. В останні роки інтерес до картографічного забезпечення кадастрових робіт сильно виріс, що пов'язано з необхідністю ефективного функціонування кадастрової системи з однієї сторони, а з іншого боку-з новими можливостями аерокосмічних знімальних систем, які дозволяють ефективно виконувати завдання з картографування територій. Такий інтерес є загальносвітовою тенденцією [2,3,5,6,7].

Невирішені частини загальної проблеми. В суперечливих відомостях про можливості аерокосмічних знімальних систем, які часто носять комерційно-рекламний характер, необхідно користуватись аргументованою методикою оцінки точності і якості зображень. Тому метою роботи була розробка та опис критеріїв об'єктивної оцінки аеро-та космічних зображень для виконання кадастрових робіт.

Постановка завдання. Розробка критеріїв оцінки придатності аерокосмічних зображень для картографування земельних ділянок вимагає:

- аргументувати параметри точності кадастрових, аерознімальних та фотограмметричних робіт;
- на підставі отриманих результатів та виходячи з аналізу реальних можливостей знімальних систем розробити критерії оцінки точності та якості знімків на предмет їх можливого застосування в кадастрі.

Виклад основного матеріалу. До картографічної компоненти згаданого Проекту [1] висувається перелік вимог, що фактично відображає прийняті в Україні вимоги до кадастрового знімання.

До геодезичної основи висуваються вимоги:

- до густоти геодезичних пунктів – 3 пункти на 100 га;
- до точності в плановому положенні: в містах 10 см, в райцентрах 20 см, в сільській місцевості 40 см.

Кінцевим картографічним продуктом є ортофотокарта в масштабах:

$$\begin{aligned} 1:10000 & \text{ (розмір пікселя } 0,9\text{м}\times 0,9\text{м}) \\ 1:5000 & \text{ (розмір пікселя } 0,5\text{м}\times 0,5\text{м}) \\ 1:2000 & \text{ (розмір пікселя } 0,15\text{м}\times 0,15\text{м}) \end{aligned} \quad (1)$$

При значних обсягах робіт (по суті на території всіх областей України) рекомендовано використовувати аерофотознімання в трьох масштабах, в залежності від характеру території:

$$\begin{aligned} 1:40000 & \text{ з допустимою похибкою } m_x = 60 \text{ см} \\ 1:25000 & \text{ з допустимою похибкою } m_x = 40 \text{ см} \\ 1:8000 & \text{ з допустимою похибкою } m_x = 15 \text{ см} \end{aligned} \quad (2)$$

В деяких випадках як альтернатива допускається використання супутникових зображень; тоді допускам є:

$$\begin{aligned} \text{для Ikonos 2 } m_x &= 100 \text{ см} \\ \text{для Quick Bird } m_x &= 60 \text{ см} \end{aligned}$$

Оскільки це інструктивний документ, то, ясна річ, тут не обґрунтовуються висунені вимоги і не висвітлюються питання про критерії оцінки аеро-та космічних матеріалів для такого виду робіт. Тому в роботі запропоновано підхід до планування та проектування картографічних робіт в кадастрі на основі сформульованих нижче критеріїв. Такий шлях носить більш загальний характер і може відображати та враховувати реальні зміни в земельних оцінках.

Критерій 1: вимоги до точності картографічної продукції як функції вартості (нормативно-грошової оцінки) земельної ділянки, витрат на картографічні роботи, часової компоненти, деяких інших факторів.

Критерій 2: просторова роздільна здатність аеро- або космічного зображення, яка дозволяє / не дозволяє задовольняти необхідну точність картографування.

Критерій 3: радіометрична роздільна здатність аеро- або космічного зображення, яка дозволяє розрізнити об'єкти на земній поверхні (наприклад, дешифрувати лінійні або точкові об'єкти).

Можна сформулювати й інші критерії, проте вони носитимуть другорядний характер, а три вищенаведені є домінуючими.

Розглянемо суть кожного з них та визначимо їх вплив на формування «картографічної політики» в кадастрових роботах.

Вплив нормативно-грошової оцінки землі на вимоги щодо точність картографічних матеріалів

В роботі [3] показано, що нормативно - грошова оцінка є F - функцією, куди входять як важливий параметр площа земельної ділянки S та оціночні коефіцієнти. Похибка ΔB в оцінці B виражається як диференціал цієї функції або ж так:

$$\Delta B = \sum_1^n K_i \Delta X_i, \quad (3)$$

Де K_i - коефіцієнти (часткові похідні $\frac{\partial F}{\partial x_i}$),

Δx_i - похибка i -го параметра.

Похибка ΔS визначення площі спричиняє похибку у вартості ΔB (якщо функція F є лінійною):

$$\Delta B = K \times \Delta S \quad (4)$$

Якщо прийняти до уваги рекомендації (1), то для ортофотокарти у вказаних масштабах отримаємо:

$$\begin{array}{ll}
 1:10000 & \Delta B_1 = K \times 0,9 \times 0,9 \text{ м}^2 = 0,81 \times K \\
 1:5000 & \Delta B_2 = K \times 0,5 \times 0,5 \text{ м}^2 = 0,25 \times K \\
 1:2000 & \Delta B_3 = K \times 0,15 \times 0,15 \text{ м}^2 = 0,0225 \times K
 \end{array} \quad (5)$$

При рівних умовах вартості заниження вартості становитиме:

$$\begin{aligned}
 \lambda_1 &= \frac{\Delta B_1}{\Delta B_2} = 3,24 \\
 \lambda_2 &= \frac{\Delta B_1}{\Delta B_3} = 36 \\
 \lambda_3 &= \frac{\Delta B_2}{\Delta B_3} = 11,1
 \end{aligned} \quad (6)$$

Отримані величини (б) наводять на висновок, що існуватимуть реальні обставини, коли заниження площі в 36 разів буде недопустимим, і навпаки, в деяких умовах, така зміна не викличе особливих нарікань. Тому врахування цього фактору повинно опиратися на зміну абсолютної вартості, про що вказано в нашій роботі [3].

Отже, критерій 1 є важливим показником вибору масштабу картографування, і його слід переглядати в кожному конкретному випадку, особливо при зростанні вартості ділянки. А цю тенденцію ми спостерігаємо в останні роки, особливо в привабливих економічних та рекреаційних зонах.

Вплив просторової роздільної здатності знімків

З теорії фотограмметрії, наприклад [4], відомо, що при використанні аерофотознімка похибка m_x планового положення пункту на землі обчислюється так:

$$m_x = \frac{H}{f} \times m_\phi = m \times m_\phi \quad (7)$$

де H – висота фотографування,
 f – фокусна віддаль камери,
 m_ϕ – похибка фотограмметричних вимірів,
 m – знаменник масштабу аерофотознімка,

Оскільки допуском на точність картографування є величина 0,2мм в масштабі карти 1:М, то замінивши m_x на цю величину отримаємо

$$0,2 \text{ мм} \times M = m \times m_\phi. \quad (8)$$

Звідси отримаємо бажаний масштаб аерознімання

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{M} \times \frac{m_\phi}{0,2 \text{ мм}} \quad (9)$$

Сучасні аерофотокамери (знімальні системи) та вимірювальні прилади (вимірювальні системи) дозволяють отримувати похибку $m_\phi = 0,007 \div 0,015 \text{ мм}$.

Тому для масштабного ряду карт (планів) маємо теоретичні значення:

$$\begin{aligned}
 &1:10000 \text{ при } m_{\phi}=0,007\text{мм} \quad 1:m=1:285000 \\
 &\quad \quad \quad m_{\phi}=0,015\text{мм} \quad 1:m=1:133000 \\
 &1:5000 \text{ при } m_{\phi}=0,007\text{мм} \quad 1:m=1:143000 \\
 &\quad \quad \quad m_{\phi}=0,015\text{мм} \quad 1:m=1:67000 \\
 &1:2000 \text{ при } m_{\phi}=0,007\text{мм} \quad 1:m=1:57000 \\
 &\quad \quad \quad m_{\phi}=0,015\text{мм} \quad 1:m=1:27000
 \end{aligned} \tag{10}$$

Тут ми наголосили, що ці розрахунки носять суто теоретичний характер і стосуються переводу похибки на знімку в похибку на місцевості. Ці результати (10) виглядають досить фантастично, бо, наприклад, для карти в масштабі 1:10000 можна проводити аерознімання з коефіцієнтом зменшення в 13,3 раза. Але фотографічна якість сучасних камер таке дозволяє. Достатньо візуально оцінити приведений в підручнику [4] аерофотознімок, отриманий камерою RC-30 (Leica) та його фрагмент, збільшений в 15 разів без втрати якості зображення!

Розрахунки (10) не враховують фототріангуляційних побудов, які знижують величину m_{ϕ} в декілька разів. Це зниження залежить від кількох чинників: це маршрутна чи блочна фототріангуляція, яка кількість опорних точок в маршруті чи блоці, яке розміщення опорних точок, задіяні чи ні під час аерофотознімання високоточні GPS та інерційно-навігаційні системи INS. Досвід показує, що точність фотограмметричних побудов зменшує величину m_{ϕ} в середньому в 3-5 разів. Тому розраховані з (10) масштаби аерознімання будуть такими (при коефіцієнті 3):

$$\begin{aligned}
 &1:10000 \quad 1:m=1:95000 \\
 &\quad \quad \quad 1:m=1:44000 \\
 &1:5000 \quad 1:m=1:48000 \\
 &\quad \quad \quad 1:m=1:22000 \\
 &1:2000 \quad 1:m=1:19000 \\
 &\quad \quad \quad 1:m=1:9000
 \end{aligned} \tag{11}$$

Отримані величини (11) наближаються до рекомендацій [1], проте за умови, що $m_{\phi}=0,015\text{мм}$. Це свого роду «перестраховання», прояв невпевненості і недовіри до фотограмметричних побудов.

Дещо інші розрахунки стосуються цифрових знімальних систем. На підставі досвіду встановлено, що похибка в плановому положенні обчислюється так:

$$m_x = k \times P \tag{12}$$

де P - просторовий розмір пікселя (на землі),

k - деякий коефіцієнт, що коливається в межах $0,5 \div 0,9$.

Тоді коефіцієнт зменшення становитиме:

$$c = 0,2\text{мм} \times M / (k \times P) \tag{13}$$

Для різних масштабів карти отримаємо коефіцієнт зменшення величин $1:M$, що дасть нам масштаб знімання $1:m$ ($k=0,5$)

$$\begin{aligned}
 &1:10000 \quad P=0,9\text{м} \quad c=4,4 \quad 1:m=1:44000 \\
 &1:5000 \quad P=0,5\text{м} \quad c=4,0 \quad 1:m=1:20000 \\
 &1:2000 \quad P=0,15\text{м} \quad c=5,3 \quad 1:m=1:11000
 \end{aligned} \tag{14}$$

Порівняння значень (11) та (14) показує, що маємо практично однакові результати. Цей критерій (його часто називають геометричною характеристикою) однозначно буде покращуватися з використанням ПЗЗ - сенсорів з кращою роздільною здатністю. Тому і дослідникам, і практикам необхідно постійно слідкувати за розвитком і поступом в цьому перспективному напрямку.

Вплив радіометричної роздільної здатності

З практики використання цифрових систем, особливо для топографічних задач, відомо, що на точність та якість впливає такий важливий чинник як радіометрична характеристика зображення. Під цим терміном розуміють передачу системою контрасту та яскравості об'єкта. Ця характеристика стосується цифрових зображень, отриманих як в результаті сканування фотознімків, так і отриманих цифровими камерами аеро-чи космічного базування. Вона має дуже серйозне теоретичне підґрунтя, пов'язана як з перетворенням аналогового сигналу в дискретне значення, так і з теорії інформації (ентропією як мірою невизначеності), що дозволяє обґрунтувати запис інформації в кожному пікселі (степенів сірого відтінку або кольору) в n-біт.

Опускаючи ці теоретичні міркування, які описані в спеціальній літературі з цифрового опрацювання зображень, звернемось до оцінки якості радіометричних показників, відомих з практичних робіт. Доведено, що прийнявши 256 позицій для запису оптичної щільності, ентропія становить $E=8$. Це означає, що для запису значення треба 8 біт на піксел. В деяких системах радіометрична роздільна здатність є вищою, від 8 до 12 біт.

Одним з важливих показників зображення є його придатність для якісного дешифрування, яке залежить від радіометрії образу, просторової роздільної здатності, кількості та складу спектральних каналів. Покращення дешифрувальних можливостей досягається за допомогою радіометричної корекції або ж одночасним поєднанням панхроматичних (чорно-білих) зображень високої роздільної здатності з кольоровими знімками (які практично завжди мають в кілька разів гіршу роздільну здатність). Такий підхід стосується як цифрових аерознімальних систем, так і супутникових сканерних багатозональних систем.

Виходячи з десятилітнього досвіду використання багатозональних знімальних систем, саме такий шлях на сьогодні видається досить перспективним. Тому аерознімальні та космічні сенсорні багатоканальні системи дозволяють покращити інформативну компоненту зображень, що є особливо важливим і цінним для кадастрових робіт

Нагадаємо, що цифровий сенсор ADS 40 (Leica) має 7 лінійок, з яких три відносяться до діапазону RGB та одна-до інфрачервоного. Поєднання кольорових зображень, які мають високу радіометрію та низьку просторову роздільну здатність, з панхроматичними образами високої роздільної здатності дозволяють чітко дешифрувати будівлі, дороги, границі між сільськогосподарськими угіддями. На цей позитивний аспект накладається ще й економічна вигода-всі образи (панхром + RGB + інфрачервоний) отримують одночасно і нема потреби літати над територією кілька разів.

В супутникових системах ситуація є аналогічною[7].

Нижче подаємо дані деяких систем:

Супутник	Радіометрія	Канали(мкм) панхром	RGB	інфрачервоний
Ikonos-2	11 біт	0,45-0,90	0,45-0,72	0,77-0,88
QuickBird 2	11 біт	0,45-0,90	0,45-0,69	0,76-0,90
OrbView-3	8 біт	0,50-0,90	0,45-0,69	0,76-0,90
Eros-B	8 біт	0,50-0,90	немає	немає

Отже, критерій радіометричної характеристики знімальної системи є дуже важливим при плануванні картографічної компоненти кадастрових робіт. При цьому необхідно брати до уваги, чи йдеться про оновлення існуючих планів, чи про створення нових. При виконанні першої задачі вимоги до знімальної системи можуть бути пом'якшеними, проте при створенні нових планів ці вимоги будуть більш жорсткими.

На завершення вкажемо ще на один фактор, який впливає на виконання комплексу кадастрових робіт-організаційний.

Якщо з аерозніманням в українських умовах ситуація є некритичною (хоча може погіршитись через часові терміни), і можемо розраховувати на послуги 4-5 підприємств, то з космічними знімками ситуація виглядає дещо гіршою (в порівнянні з країнами Америки чи Європи). Україна хоча і є космічною державою, проте не має своїх знімальних систем високої роздільної здатності. Це означає, що потенційний користувач мусить купувати знімки через дистрибуторську мережу у власників таких систем (Ikonos-Space Imaging, США; Quick Bird-Digital Globe, США; ErosB-Image Sat Int, Ізраїль; OrbView-Orbimage, США; та інші).

Навіть при оформленні замовлення, попередній оплаті, наявності доброї погоди (безхмарності) термін виконання замовлення розтягується на кілька місяців. З нашого досвіду відомо, що деякі постачальники космічних зображень відмовляються приймати замовлення без пояснення причин відмови. А створення такої ситуації на ринку послуг не сприяє популяризації космічних методів. Проте сподіваємось, що це тимчасове негативне явище, яке в найближчому часі буде ліквідоване.

Висновок. На підставі проведених досліджень рекомендується при плануванні кадастрових робіт керуватись критеріями точності карт матеріалів для кадастру, реальною здатністю аерокосмічних зображень, об'єктивною оцінкою радіометрії образу, а також вивчити ринок надання космічних зображень через дистрибуторську мережу в Україні та поза її межами.

1. Державний Комітет України по земельних ресурсах Проект видачі державних актів на право власності на землю в сільській місцевості та розвиток систем кадастру. Позика №4709-UA, Київ, 2006. 2.Перович Л.М. Теоретичні засади функціонування кадастрової системи в Україні // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр.- Львів, 2006.-С. 55-64. 3. Дорожнинський О.Л., Почкін С.В., Дорожнинська О.О. До питання визначення площ і вартості земельних ділянок за матеріалами космічного знімання// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. – Львів, 2007. - С. 248-255. 4. Дорожнинський О.Л. Основи фотограмметрії // Підручник для студентів ВНЗ. Вид-во НУ «Львівська політехніка» - Львів, 2003. С. 196. 5. Butowtt I., Kjczyński R. Fotogrametria // Wojskowa Akademia Techniczna –Warszawa, 2003. S. 375. 6.Kurczyński Z., Preuss R . Koncepcja wytworzenia ortofotomapy Polski dla potrzeb systemu identyfikacji działek relnych – LPIS. Szansa i wyzwania // GEODETA, № 8 (87) – Warszawa, 2002. S. 6-10. 7. Сторінку INTERNET: www.digitalglobe.com Space imaging North America: www.spaceimaging.com Orbimage: www.Orbimage.com

УДК 528.72/73

В. Глотов, Ю. Дубик, В. Чижевський
Національний університет "Львівська політехніка"

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ФРОНТАЛЬНИХ ТА ІНТЕР'ЄРНИХ ПЛАНІВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ РЕСТАВРАЦІЙНИХ РОБІТ АРХІТЕКТУРНИХ ПАМ'ЯТОК

©Глотов В., Дубик Ю., Чижевський В., 2007

Представлен анализ технологической схемы цифровой съемки фасадов и интерьеров архитектурных памятников, которые подлежат реставрации. Обращается внимание на составление совместного проекта съемки и обработки снимков с реставраторами. Предлагается использование телескопической штанги для съемки цифровой камерой