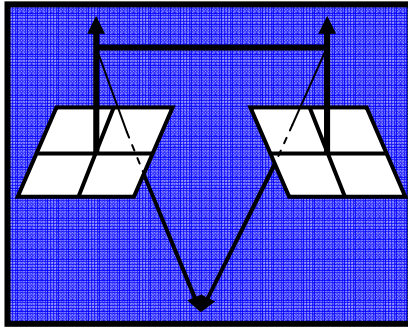




ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

УДК 528.7

В.О. Катушков,
Б.І. Денисюк

ТЕХНОЛОГІЯ НАЗЕМНОГО ЗНІМАННЯ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ФРОНТАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ КРУПНИХ МАСШТАБІВ

Розглянуто технологію наземного фотограмметричного знімання для отримання фронтальних великомасштабних векторних планів на забудованих міських територіях. Виявлено можливість використання неметричних цифрових камер з малими розмірами сенсорів та фокусних відстаней об'єктивів.

Ключові слова: технологія наземного знімання, масштаби знімання, фронтальні плани, цифрові камери.

Вступ. Під час збирання фронтальної інформації про будівельні споруди потрібно виконати комплекс польових і камеральних робіт. Польова частина робіт складається з ознайомлення з місцевістю, планування знімального процесу, фотографічного знімання, виконання геодезичної прив'язки. Знімання проводять не в масштабі фронтального плану, а в зменшеному, що сприяє зменшенню кількості моделей, отже і зниженню собівартості виконаних робіт. Камеральна частина комплексу означає також обробку відзнятої інформації на сучасному комп'ютерному обладнанні. У розглянутому випадку обробку растрових знімків виконано на цифровій фотограмметричній станції (ЦФС) "Дельта" Вінницької фірми «ГЕОСИСТЕМА».

Аналіз останніх досліджень. У попередніх традиційних технологіях знімання застосовували широкоформатні плівки або скляні фотопластили, які використовували на метричних знімальних камерах – фототеодолітах. Виконано знімання з діапазоном масштабів 1:50 – 1:200. Вибраний масштаб знімання залежить від точності складання графічної векторної інформації (фронтальних планів, перерізів, профілів, координат характерних точок конструкції). Після заміни аналогової технології знімання й оброблення на цифрову отримання великомасштабних векторних фронтальних планів залишається актуальним завданням.

Постановка завдання. Метою роботи є вдосконалення технології наземного знімання з використанням растрових знімків цифрових неметричних камер для отримання точних великомасштабних фронтальних планів.

© В.О. Катушков, Б.І. Денисюк, 2014

Виклад основного матеріалу. Знаменник масштабу знімання за відстані до середньої проекційної площини $Y_{\text{сер}}$ розраховують за формулою

$$m = \frac{Y_{\text{сер}}}{f}, \quad (1)$$

де m – масштаб знімання; f – фокусна відстань знімальної камери.

Зважаючи на підвищену точність оброблення знімального матеріалу на цифровій фотограмметричній станції (ЦФС), масштаб знімання можна зменшити до значення, за якого утримується дозвільна точність фронтальних планів з найменшою кількістю знімків. Пропонується такий діапазон знаменників знімальних масштабів:

$$m = \frac{Y_{\text{сер}}}{nf} = \frac{Y_{\text{сер}}}{(3 \div 10)f}. \quad (2)$$

Відомо, що точність не повинна перевищувати значення 0,1 – 0,4 мм в масштабі плану. Оскільки фронтальні плани будуються на площині, з осями X , Z , то похибки координати точок об'єкта не повинні перевищувати теоретичної величини, що визначається нерівністю

$$m_{x,z} \leq 0,1 \text{ мм}, \quad (3)$$

на плані, місцевості, чи досліджуваного об'єкта

$$M_{x,z} \leq 0,0001 \cdot m_{x,z} (\text{м}), \quad (4)$$

де M – знаменник масштабу фронтального плану. Наприклад, за масштабу фронтального плану 1:50 похибка розрахунку координат повинна бути не більш, як 0,005 м, або 5 мм, але практично допускається реальна величина 0,3 – 0,4 мм від масштабу плану.

Похибки просторових координат залежать від ряду причин, основною з яких є довжина базису зйомки, яка обчислюється за формулою

$$B_{\text{сер}} = \frac{Y_{\text{сер}} m_p}{f m_Y}, \quad (5)$$

де m_p – похибка вимірювання поздовжнього паралакса; m_Y – похибка у визначенні координати Y як найгіршої за точністю координати.

Аналізуючи взаємні зв'язки похибок m_x , m_Y , m_z , визначимо, що похибка m_Y залежить від похибок m_x , m_z :

$$m_Y = m_x / k_x = m_z / k_z, \quad (6)$$

де коефіцієнти k_x , k_z залежать від співвідношення розмірів кадру та величини фокусної відстані $k_x = x / f$, $k_z = z / f$. Зважаючи на це, формулу (5) виражаємо інакше, замінюючи m_Y на m_x, m_z :

$$B_{\text{сер}} = \frac{Y_{\text{сер}} m_p x}{f^2 m_x} = \frac{Y_{\text{сер}} m_p z}{f^2 m_z}. \quad (7)$$

Одержану довжину базису можна збільшити в два-три рази, що відповідно зменшить похибку розрахунку координат точок об'єкта. Це дасть змогу використати знімки для згущення ряду контрольних точок, потрібних для подальшої обробки матеріалів знімання.

З огляду на велику різницю у масштабах ближнього та дальнього планів за наземного знімання до визначення базису можна підійти, зважаючи на різні відстані $Y_{\max}$, $Y_{\min}$. Розрахунок базису та відстані виконують за умови дотримання допустимої точності в m_y оскільки вона має більшу похибку, ніж координати X , Z . Вихідною формулою для визначення базису $B_{\min}$ та відстані $Y_{\max}$ служить формула попереднього розрахунку середньої квадратичної помилки визначення відстані

$$m_Y = Y_{\max}^2 m_p / (Bf). \quad (8)$$

У наведеній формулі два вихідних параметри – Y та B , тому задача має множину рішень.

Беручи до уваги допустиму помилку в положенні контуру на плані $\delta_{\text{пл}}$, запишемо

$$\delta_{\text{пл}} = m_Y / M_{\text{пл}} = Y_{\max}^2 m_p / (M_{\text{пл}} B_{\min}) = m Y_{\max} m_p / (M_{\text{пл}} B_{\min}) = R Y_{\max} m_p / B_{\min}, \quad (9)$$

де $m_Y = Y_{\max} / f$ – знаменник масштабу знімання дальнього плану на знімку; R – коефіцієнт збільшення масштабу знімання дальнього плану до масштабу фронтального (векторного, графічного) плану.

Зі співвідношення $R = m / M_{\text{пл}} = Y_{\max} / (f M_{\text{пл}})$ отримуємо розрахункову формулу для визначення відстані

$$Y_{\max} = f M_{\text{пл}} R. \quad (10)$$

За $\delta_{\text{пл}} = 400 \text{ } \mu\text{м} = 0,4 \text{ мм}$, $m_p = 10 \text{ } \mu\text{м} = 0,01 \text{ мм}$ відповідно до виразу (9) отримаємо робочу формулу

$$Y_{\max} = 40 B_{\min} / R, \quad (11)$$

звідки

$$B_{\min} = Y_{\max} R / 40, \quad (12)$$

або, зважаючи на формулу (10),

$$B_{\min} = f M_{\text{пл}} R^2 / 40 = Y_{\max}^2 / (40 f M_{\text{пл}}). \quad (13)$$

Формули (10) – (13) дають змогу за відомого базису розраховувати найбільшу відстань $Y_{\max}$, чи навпаки, за заданого $Y_{\max}$ визначити $B_{\min}$.

Мінімальне значення базису $Y_{\min} \approx 4B$ обмежене можливістю отримати стереоскопічний ефект на ближньому плані.

Під час стереофотограмметричної зйомки споруд виникає потреба вишукувати оптимальну величину поздовжнього паралакса і відстань, яка дасть можливість дотримати заданої точності визначення координат за найбільшого просування робіт. Оптимальний поздовжній паралакс [1] можна дістати на підставі рівняння (8):

$$m_Y = Y_{\max}^2 m_p / (Bf) = \bar{X} y m_p / x B = \bar{X} f m_p / x p = \bar{X} f m_p / (l - p) p, \quad (14)$$

де $\bar{X}$ – протяжність частини зображення споруди, в натурі; x – відповідна протяжність споруди на знімку; l розмір кадру камери вздовж осі x .

Диференціюючи функцію (14) за dp й аналізуючи результат, дійдемо висновку, що мінімальне значення похибки визначення відстані за заданої X буде, якщо $2p - l = 0$. Оптимальне значення поздовжнього паралакса дорівнюватиме

$$p_{\text{опт}} = 0,5l = x_{\text{max}}. \quad (15)$$

Отже, оптимальною величиною поздовжнього паралакса під час знімання споруд слід вважати поздовжній паралакс, що дорівнює половині розміру кадру камери на осі x або максимальному значенню абсиси на знімку. За вибраного оптимального значення поздовжнього паралакса $p_{\text{опт}}$ гранична відстань Y_{max} , що забезпечує отримання заданої точності за максимального просування робіт, становить

$$Y_{\text{max}} = \frac{m_Y}{m_p} p_{\text{опт}}. \quad (16)$$

Значення базису знімання знайдемо аналогічно відношенню $Y = B \frac{f}{p}$:

$$B_{\text{опт}} = \frac{Y_{\text{max}}}{f} p_{\text{опт}} = \frac{p_{\text{опт}} m_Y}{f m_p} = \frac{Y_{\text{max}}}{f} x_{\text{max}} = m \cdot x_{\text{max}} = \bar{X}_{\text{max}}. \quad (17)$$

Співвідношення Y_{max} та $B_{\text{опт}}$ зручно задавати за коефіцієнтом, за відомих параметрів знімальної камери. У разі використання фотоплівкової неметричної камери ІФ45/0606 з $f = 45$ мм та $l = 60$ мм оптимальний базис дорівнюватиме $B_{\text{опт}} = 0,7Y_{\text{max}}$.

Наземне знімання можна виконувати, застосовуючи геодезичне орієнтування, знімаючи зі штативів (нормальний метод) або без використання геодезичного обладнання і штативів (загальний метод).

Відповідно до обох методів бази фотографування слід цілодобово орієнтувати паралельно основним (фронтальним) проектувальним площинам об'єкта (стінам). Таке розміщення базисів і фотостанцій сприяє найбільшій точності за найменшою кількістю фотостанцій і знімків. На рис. 1 показано чотири створні напрями a , b , c , d із співвідносною кількістю знімків 2, 5, 6, 7. Напрямок a є найпростішим: з двох ширококутних знімків складено просторову модель торця споруди.

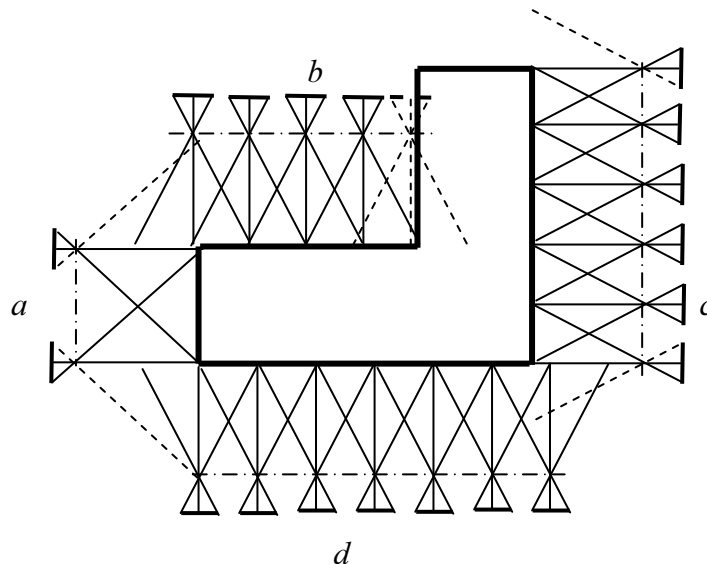


Рис. 1. Розміщення базисів і станцій знімання навколо знімального об'єкта

Якщо з одного базису знімання всієї поверхні виконати неможливо, то її поділяють лінії створу (b, c, d), на яких через розрахункове значення довжини базису послідовно встановлюють знімальні камери.

Просторова модель будується на перекритті, яке становить 55-60%. Бокові промені крайніх знімків, які не містять інформації про знімальну поверхню, показані штрихами. На створному напрямку b штрихами відображений знімок, який не збігається з проектним розміщенням. Це виникає тому, що на прилеглій (боковій) стіні не можна розміщувати знімальну станцію. При цьому станцію встановлюємо, дещо не доходячи до прилеглої стіни. Базис знімання у такому разі буде скорочений, тобто меншим за розрахунковий. Але слід звернути увагу на те, що базис можна скоротити на дозвільну величину, за якої не порушується точність фронтального плану.

Знімаючи високі споруди, слід розраховувати значення відстані, за якої можливе охоплення поверхні за висотою:

$$Y = \frac{Z_{\max}}{z_{\max}} f, \quad (18)$$

де $Z_{\max}$ – висота споруди відносно камери; $z_{\max}$ – максимальне значення аплікати на знімку.

Якщо в натурі відстань Y менша за розрахункове (17) значення $Y_{\max}$, то знімання слід виконувати або з більш високих точок, або за нахиленої оптичної осі фотокамери. Варіант з нахиленим напрямом основного променя є гіршим, оскільки на нахилених знімках ускладнюється процес стереоскопічних спостережень та виникають «мертві» зони.

Застосовуючи загальний метод знімання, можна значно скоротити час робіт завдяки наближеному орієнтуванню знімальної камери, тобто виконувати знімання без використання штативів та оптичних приладів для орієнтування. Крім того, за однієї точки стояння можна застосовувати метод, запропонований професором М.Н. Русиновим, коли стереомодель виникає під різними напрямками основних променів (кути $\alpha < 7^\circ$), або збирати інформацію складанням квазізнімків [2], утворених з ряду окремих знімків з малим площинним охопленням фронтальної поверхні.

У межах однієї моделі (стереопари, стереопар) має бути намічено не менш як чотири опорні точки – опознаки, розміщені на зовнішніх кутах знімальної поверхні. Координування опознаків виконують в різний спосіб – геодезичний, фотограмметричний.

У разі геодезичного способу використовують прямі та зворотні кутові, лінійні засічки, технічне нівелювання нижніх опознаків та лінійні проміри до верхніх опознаків. Зручно використовувати тахеометричне визначення опознаків. Візування виконують за допомогою трипеліпризм, відбивних марок або на відбивному промені. Для знімання забудованих територій на кафедрі ГіФ розроблено спеціальні методи: вільних станцій, контрольного вектора, переносного жезла, загального випадку знімання [3].

Фотограмметричне згущення опорних точок виконують за допомогою наземної фототріангуляції. Спільна кількість опознаків, контрольних, головних, зв'язкових точок на окрему модель різна, що залежить від знімальної апаратури. Якщо знімальна апаратура метрична, досить чотирьох точок, якщо неметрична – треба визначати 10-12

точок, що не важко зробити, використовуючи сучасну технологію оброблення матеріалу на ЦФС. Опознаки слід маркувати, що сприяє підвищенню точності не тільки фотограмметричних, а й геодезичних робіт для визначеності їх координат. Маркувальні знаки зручно виготовляти на щільному папері і закріплювати на споруді. Форми маркувального знака (марки) можуть бути різними (хрест, коло, ромб, трикутник, прямокутник тощо). Тональність чи колір марки залежить від кольору фонові поверхні. Наприклад, на світлу поверхню закріплюють темну марку, а на темну поверхню – світлу. Розмір марки S потрібно обирати таким, щоби дешифрування на зображенні знімка можна було виконати без її збільшення додатковою оптикою. Обчислюють розмір марки залежністю $S_{\min} = 0,05m$.

Виконавши попередній розрахунок довжини базису фотографування, розпочинаємо польові роботи, зважаючи на апаратуру для знімання. До недавнього часу знімання у будівельних вишукуваннях або реставраційних зніманнях виконували за допомогою метричних приладів – фототеодолітів (РНОТНЕО1318, UMC1818, SMK0808). Матеріал знімання оброблювали такими аналоговими приладами, як СПР, СД, стереоавтограф, технократ, топокарт та ін.

Тепер таке обладнання на виробництві не використовують, оскільки змінилися і технологія знімання, і технологія оброблення. Знімання виконують цифровими камерами, переважно неметричними, хоча за кордоном застосовують метричні цифрові камери та наземні (лазерні) сканери. Процес технології знімання та попереднього розрахунку в основному не змінився, що пов'язане з отриманням орієнтованих базисів та знімків відносно оброблюваної поверхні. Орієнтовані до 3° знімки з 55-відсотковим перекриттям P для окремої моделі дасть змогу будувати стереоскопічні (просторові) моделі, що потрібно для оптимального збирання векторного матеріалу.

Оброблення матеріалу на ЦФС дає можливість застосовувати відомий, але невикористовуваний загальний випадок знімання. У такому разі кути Ейлера – відхилення у напрямках головного променя α , ω , κ – не дорівнюють нулю.

Застосовуючи цифрову неметричну камеру (замість фототеодоліта чи лазерного сканера), можна скористатися удосконаленою та спрощеною системою опрацювання, що складається з таких етапів:

1. Умовний поділ базисного створу вздовж знімальної поверхні;
2. Перспективне орієнтування камери без використання штатива;
3. Процес знімання з фіксацією у пам'яті межі попередніх кадрів на об'єкті;
4. Перехід на наступну точку знімання;
5. Перспективне орієнтування камери на другій точці;
6. Процес знімання аналогічно до п. 3.

Додамо, що перспективний метод орієнтування камери [3] був запропонований професором В.М. Сердюковим.

Досвід робіт свідчить, що загальний випадок знімання потребує порівняно з традиційним методом, на малих об'ємах, у чотири рази менше часу. Чим більший обсяг робіт, тим вони менш тривалі.

Застосування технологій оброблення матеріалу на цифрових фотограмметричних станціях за загальним методом знімання дає змогу обробляти знімки з більшими кутами нахилу ($10^\circ - 15^\circ$), під час дійсних чи умовних

стереоскопічних спостережень (подвійне монокулярне спостереження) та необмежених під час блочних спостережень з обробкою за аналітичним методом на ЦФС типу «Дельта», PHOTHEO за допомогою прикладних програмних пакетів «Modeler», «Vzaor», «Foto».

Знімаючи дзеркальною (фотоплівковою), чи цифровою (сенсорною) камерою за загальним методом, орієнтування головного променя виконують таким чином:

- до мінімуму приводять кут розвороту камери α , аналізуючи перспективне зображення споруди відносно рамкового вікна або приводячи горизонтальну трапецію до прямокутника з розворотом камери навколо умовної прямовисної осі;
- аналогічно виконують розворот на кут нахилу ω розворотом камери навколо горизонтальної осі;
- останнім виконують розворот за кутом κ або розворотом камери навколо головного променя.

При цьому слід стабільно утримувати попередній розворот камери. Після трьох послідовних розворотів на кути α , ω , κ виконують процес знімання, натискаючи на кнопку затвора. Так без додаткових орієнтирних пристроїв та штативів орієнтують цифрові камери.

Зображення поверхні з орієнтуванням камери «на око» не завжди дає змогу отримати традиційну зорову стереоскопічну модель й ускладнює обробку матеріалу на цифровій станції. Ускладнення виникає за наявності поздовжнього паралаксу на однакої відстані, унаслідок неточного орієнтування базису та знімальних камер між собою. При цьому замість стереоскопічного наведення та спостереження, виконують подвійне наведення на лівому та правому знімках на однакові точки (контури) моделі. Незважаючи на ускладнення, технологія обробки загального методу придатна для складання прямовисних фронтальних моделей на недоступних, місцях багатоповерхових будівельних споруд.

Для використання цифрових камер послуговуємося параметрами, які дають можливість виконати проектування технології наземного знімання. Якщо на «мильницях» та напівпрофесійних камерах фірм **Sigma**, **Fujifilm**, **Canon** розміри сторін сенсорів подані у міліметрах, проблеми не виникають. Але для малих сенсорів розміри ($1/n''$) та фокусні відстані надані в еквівалентних величинах, заважає виконувати проектні та інші розрахунки, тому що їх надано у невідомих неметричних одиницях, як у першому рядку табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики цифрових камер

Тип матриці ПЗЗ розмір екв, мм	Матриця $m \cdot n$ пікс, обсяг, Мпік	Формат запису	Фокус, мм, діафр f/d	Кут огляду 2β
Fujifilm Fint PIX x 5700 CCD 1/3,6"	3072×2304 7,4	J,R,M-J,W	38-380 f/3,5	47,8°
Fujifilm Fine PIX S5PRO CCD 23,5 x 15,7	4256×2848 12,3	J, R	дз.	-
Canon EOS 5D CMOS 36 x 24	4368×2912 13,3	J, R, R+J	дз.	-
Hasselblad H3DII CCD 36,7 x 49	4080×5440 30	R	дз., 28 мм f/4	83,5°

Для проектування спочатку треба з'ясувати розміри сторін сенсора (знімального кадру), довжину фокусної відстані, роздільну здатність.

Для усунення проблеми еквівалентних вихідних даних, у табл. 2 подано співвідносні метричні величини сторін конкретних сенсорів усього виготовленого ряду.

Коефіцієнт переведення K є відношенням еквівалентного фокуса об'єктива цифрової камери до значення дійсного фокуса у міліметрах. Для розрахунку треба брати сторону матриці та фокусну відстань, перераховану за допомогою коефіцієнта K .

Таблиця 2

Еквівалентні одиниці сенсорів у метричних розмірах

Специфікація еквівалента	$K=f_{\text{екв}}/f$	Розміри, мм		Пляма розсіювання, $\mu\text{м}$
		довжина	ширина	
1	2	3	4	5
1/3,6"	8,64	4	3	2,9
1/3,2"	7,68	4,54	3,42	3,3
1/3"	7,2	4,80	3,60	3,5
1/2,7"	6,5	5,27	3,96	3,9
1/2"	5,4	6,40	4,80	4,6
1/1,8"	4,84	7,18	5,32	5,2
2/3"	3,93	8,80	6,60	6,4
1"	-	12,80	9,60	9,2
4/3"	-	18,00	13,50	13,0

Наприклад, у процесі використання цифрових камер з малими розмірами сенсорів та співвідносно малими фокусними відстанями виникають менші масштаби знімання в режимі фокусування, ніж гіперфокальні відстані без коефіцієнта збільшення ($\text{zoom} = 1$). В об'єктивах цифрових звичайних та дзеркальних камер застосовано принцип наближення до знімального об'єкта за зміни фокусної відстані у великих діапазонах, коли збільшується коефіцієнт zoom . Загальна величина збільшення залежить від оптичного zoom та сягає величин 15-20 крат. Тобто, фокусна відстань об'єктива цифрової камери збільшується від 15 до 20 разів, що дає можливість аналогічно збільшувати масштаби знімання. Наведемо приклад попереднього розрахунку точності для наведених сенсорів найменшого та найбільшого розмірів.

Під час використання цифрової камери з найменшим сенсором 1/3,6" довжина його сторін – 3 x 4 мм. Змінна фокусна відстань об'єктива в еквівалентній формі – 28 – 84 мм (див. табл. 1) насправді дорівнює 3,2 – 9,7 мм за zoom від 1 до 3. Масштаби знімання від робочої віддалі, як це часто трапляється у великомасштабному зніманні, до знімальної поверхні 18 м, становлять від 1:5600 до 1:1800. За точності надпиксельного вимірювання 0,1 пікселя (коли піксел має розмір 5 мкм) умовну точку зображення в натурі можна отримати з точністю $0,5 \times 5600 = 2800 \text{ мкм} = 2,8 \text{ мм}$ за масштабу знімання 1 : 5600 та $900 \text{ мкм} = 0,9 \text{ мм}$ за масштабу 1:1800.

Дзеркальна камера Hasselblad H3DII зі сторонами сенсора 49x36,7 мм та вибраним об'єктивом із серії HC має більші можливості знімання. Комплект об'єктивів

до камери Hasselblad достатньо великий. Найменша фокусна відстань об'єктива HCD 4/28 дорівнює 28 мм та має постійне значення. При цьому масштаб знімання на ту саму відстань 18 м дорівнює 1 : 640. За розміру пікселя 9 мкм точність вимірювання становить $0,9 \times 640 = 0,6$ мм.

Крім субпіксельної точності вимірювання трапляються інші помилки: за дисторсію об'єктива, за дешифрування, за кореляційне наведення тощо [4], з якими сумарна величина викривлень сягає десятків мікронів, через що можна вийти за точність визначення просторового положення окремої точки.

Висновки. Наведений підхід до попереднього розрахунку точності дає можливість зорієнтуватися в масштабі знімання, обрати камеру, знайти правильний результат та утриматись в нормативних допусках відповідно до великомасштабного фронтального знімання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сердюков В.М. Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве / В.М. Сердюков. – М.: Недра, 1977. – 245 с.
2. Могильний С.Г. Оцінка точності стереопари з квазізнімків / С.Г. Могильний, А.О. Луньов // Вісник геодезії та картографії. – 2007. – №.6 – С. 21 – 24.
3. Катушков В.О. Загальний випадок знімання для складання фронтальних цифрових моделей / В.О. Катушков // Вісник геодезії та картографії. – 2008. – №4. – С. 31–34.
4. Шульц Р.В. Точність вимірювання цифрових знімків при мобільному цифровому зніманні доріг / Р.В. Шульц // Каталог ГІС – Форуму – 2007. – К.: – С. 65 – 69.

Надійшла до редакції

29.05.2013

УДК 528.001 + 681.518

Т.М. Квартич

АНАЛІЗ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Розглянуто алгоритми класифікації цифрових зображень та методику комплексного використання інформації з декількох джерел для визначення змін об'єктів місцевості з метою оновлення бази топографічних даних.

Ключові слова: база топографічних даних, дистанційне зондування Землі, класифікація зображень.

Вступ. В умовах стрімкого розвитку геоінформаційних систем, цифрових технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) оброблення зображень та цифрової