

УДК 528.72

д.т.н., доц. Катушков В.О., Звягінцев І.І.,
д.т.н., доц. Шульц Р.В., Сосса Д.Р.,

Київський національний університет будівництва і архітектури.

СПРОЩЕННЯ ФОТОГРАМЕТРИЧНОГО НАЗЕМНОГО ЗНІМАННЯ.

Про спрощення виконання наземного цифрового знімання застосовуючи опорний вектор та загальний випадок знімання с точок які не закріплюються, виключенням з робіт процесу вимірювання базисів, що разом дозволяє підняти продуктивність робіт у 4–5 разів.

При крупно масштавному зніманні на забудованій території існує проблема виконання зйомки в стиснутих умовах. Головною проблемою стиснутих умов є замкнутість простору, яка не дозволяє проводити знімання з: наперед розрахованого базису та проїзної частини вулиці, коли рух автотранспорту не можна припинити. При цьому вимір базису фотографування ускладнює роботу і збільшує час перебування виконавців на небезпечній для життя ділянці.

За таких умов при виконанні топографо-геодезичних робіт на об'єктах “Фонова забудівля Подолу” та заповідника “Стародавній Київ” застосовано метод знімання без вимірюного базису. В основу було покладено вимірювання опорних векторів на площині об'єкта. При цьому для обчислення базису за вимірюваним на об'єкті опорним вектором $DC=S$ виведена формула за встановленими умовами. Нехай вектор горизонтальний і строго рівнобіжний базису фотографування мал. 1. Тоді за виміром знімка величина S буде:

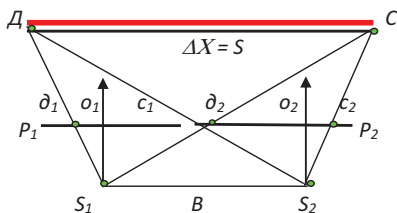
$$S = X_d - X_c = \frac{B}{p}(x_o - x_c), \quad (1)$$

звідкіля розмір базису дорівнює

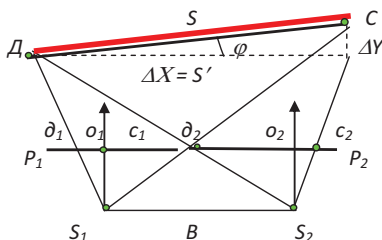
$$B = \frac{Sp}{(x_o - x_c)}, \quad (2)$$

де x_d , x_c – координати точок вектора DC на стереоскопічній моделі; X_d , X_c , – координати точок вектора на місцевості; p – поздовжній паралакс точок D , C .

При умові, що кут $\varphi \neq 0$, мал. 2 поздовжні паралакси на крайніх точках D і C відрізняються – $p_o \neq p_c$ а довжина $S \neq S'$, тоді S' дорівнюватиме:



Мал. 1. Базис та вектор паралельні

Мал.2. Базис і вектора непаралельні (на φ)

$$S' = X_D - X_C = S \cos \varphi = \frac{B(x_o p_c - x_c p_o)}{p_o p_c} \cos \varphi, \quad (3)$$

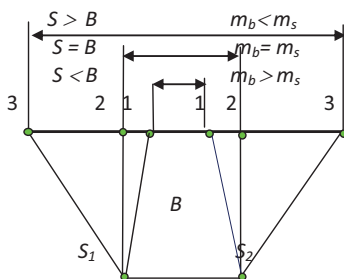
Підставивши значення

$$\Delta Y = \frac{B f(p_c - p_o)}{p_o p_c}, \quad \Delta X = \frac{B(x_o p_c - x_c p_o)}{p_o p_c} \quad (4)$$

$\cos \varphi = \cos(\arctg(f(p_c - p_o)/(x_o p_c - x_c p_o)))$, у (3) отримаємо базис:

$$B = \frac{S p_o p_c \cos(\arctg(f(p_c - p_o)/(x_o p_c - x_c p_o)))}{x_o p_c - x_c p_o}. \quad (5)$$

На мал. 1,2 літерами ∂_i , o_i , c_i позначені відповідні точки опорного вектора, та головних точок на знімках p_i . Точки S_i відповідають центрам проєкцій.



Мал. 3. Розміри базису і вектора, із залежними похибками

Для визначення середньоквадратичної похибки базису, що обчислюється, можна диференціювати функцію (2), або обмежитися залежностями

$$\frac{m_B}{B} = \frac{m_S}{S} = \frac{m_p}{p}. \text{ Результат виходить однаковий. Вважаючи, що відношення } B/S =$$

k отримаємо: $m_B = \frac{B}{S} m_S = k m_S$. За результатами аналізу цієї функції встановлено, що похибка обчислення базису практично не залежить від похибки виміру знімків і поздовжнього паралакса, а залежить від відношення базису до довжини вектора S мал. 3. Отже, похибка визначення базису за обмірюваним вектором дорівнює похибці виміру вектора, якщо $k = 1$. Тобто, коли B за довжиною дорівнює вектору S .

Якщо $B > S$, то $k > 1$, а $m_B > m_S$. При $k < 1$ похибка визначення базису буде менше похибки обмірюваного вектора $m_B < m_S$.

Змінюючи в полі відношення базису до вектора S можна впливати на m_B залишаючи значення m_S постійною величиною. В табл. 1 надана точність визначення базису m_B при змінному коефіцієнті k .

Залежність визначення m_B від зміни довжини опорного вектора S . Таблиця 1.

Змінний коефіцієнт k	Похибка визначення m_B (мм) від змінювання коефіцієнта k з покроковою зміню точності вимірювання m_S (мм)		
	10	5	1
1	10	5	1
0,5	5	2,5	0,5
0,25	2,5	1,25	0,25

Для аналізу і контролю в процесі робіт виконані вимірювання базису та вектору розташованого на будівлях. Для експерименту кінцеві точки вектора не маркувалися, а розташовувалися на контурах віконних чи дверних прорізів які добре дешифруються. При цьому точність вимірювання вектора була порядку $m_S = \pm 5$ мм, при виборі точок розташованих на контурах, а точність вимірювання базису $m_B = \pm 2$ мм. За виміряними векторами обчислені базиси. Результат приведений в табл. 2.

Достатня збіжність обчисленого і виміряного базисів з табл. 2 дозволяють виключити безпосередні виміри базисів з польового процесу робіт. На споруді вектор може орієнтуватися довільно, якщо він визначається прирістами координат опорних точок, обчисленими за геодезичними вимірюваннями, або рішенням фототріангуляційних рядів. Спільну точність виконання обмірних робіт можна підняти, коли точки опорного вектора позначаються марками, закріпленими на стіні.

До аналізу вимірних та обчислених базисів.

Таблиця 2.

№ базису	Довжина базису, м		Різниця, мм
	Натуральні виміри	Обчислені	
15	3,925	3,924	1
13	2,195	2,189	6
10	3,629	3,628	1
8	2,796	2,793	3
6	3,478	3,481	3
5	6,039	6,040	1
4	5,693	5,683	10
3	5,176	5,170	6
2	3,931	3,940	9
20	3,301	3,294	6
21	2,507	2,503	4
22	2,711	2,711	0

Досвід виконаних робіт [1, 2, 4] показує – можна не дотримуватися строгої паралельності базису фотографування до проекційної площини.

Похибка за величину кута непаралельності, не повинна перевищувати графічну точність плану. Розрахуємо гранично допустимий кут непаралельності $\varphi_{\text{доп}}$ між базисом та вектором, розташованим на стіні дослідного об'єкта:

$$\varphi_{\text{доп}} = \arccos\left(\frac{S - \Delta S}{S}\right) = \arccos\left(1 - \frac{\Delta S}{S}\right) = \arccos\left(1 - \frac{3M}{10^4 S}\right), \quad (6)$$

де ΔS – похибка S за вплив кута φ , M – знаменник масштабу знімання.

Допустимі значення φ в градусах, для застосування в реставраційній архітектурі при різних масштабах знімання та довжинах S за (6) наведено в табл. 3.

Припустимі значення φ (°) для споруд.

Таблиця 3.

Довжина S , м	1:100	1:200	1:500
10	4,4	6,3	9,9
20	3,1	4,4	7,0
50	2,0	2,8	4,4
100	1,4	2,0	3,1

З таблиці видно, що для найбільш вживаних масштабів знімання (1 : 100 – 500) допустимі величини непаралельності досить великі і дозволяють орієнтувати базис на “око” без витрати часу на додаткові вимірювання і встановлення приладів у робоче положення. Термін “око” визначає не повністю вільне орієнтування знімальної камери, а використанням спрощеного методу орієнтування з регульованими кутами нахилу головного променя який в свій час запропонував професор В.М. Сердюков. Спрощений метод орієнтування

знімальної камери за рамкою кадра (сенсора) названий – перспективним методом орієнтування, без використання геодезичних приладів про що докладно дано у [3]. При використанні цифрової фотограмметричної станції для опрацювання відзнятого матеріалу, кути непаралельності базису та головної площини споруди можуть досягати значень до $10-12^\circ$, тому як прив'язка іде до просторових координат опознаків.

Просторові координати опознаків так саме можна визначати за допомогою опорного вектора, коли враховується властивість будівельної споруди: площинність стіни, вертикальність кутів, горизонтальність цоколя інш. Безумовно, використання лазерного методу знімання значно автоматизує процес польового знімання, але забувати метод збирання растрового матеріалу за допомогою цифрових звичайних чи дзеркальних камер ще рано. А враховуючи невеликі працезатрати та собівартість робіт можна пропонувати застосовувати описану технологію для виробництва в теперішній час.

Швидкість виконання польових робіт при зйомці з незакріплених, вільних станцій відносно довільного орієнтування базису з виключенням його виміру та виконання знімання з “рук” зростає в 4 – 5 разів.

Список література:

1. Катушков В.О., Пряха Б.Г. Просторова цифрова інформація за неметричними моделями // Інженерна геодезія, вип. 54. – К.: КНУБА, 2008. - С. 71–80.
2. Катушков В.О. Загальний випадок знімання для складання фронтальних цифрових моделей // Вісник геодезії та картографії, № 4. – Київ, 2008. - С. 3–34.
3. Катушков В.О. Просторова фронтальна фото триангуляція з опорним вектором // Інженерна геодезія, вип. 56. – К.: КНУБА, 2011. - С. 225–237.
4. Катушков В.О. Технологія оброблення неметричних знімків для складання фронтальних, векторних планів 1:50 масштабу // Містобудування та територіальне планування, вип. 44. К.: КНУБА, 2012. - С. 249–258.

Аннотация

Про упрощение производства наземной, цифровой фотограмметрии: применением опорного вектора и свободного случая съемки, с произвольных точек стояния; исключением из производства работ измерения базисов, что в общем повышает производительность работ в 4–5 раз.

Annotation

About the simplification of land digital photogrammetry: realization by using reference vector and a free case of shooting with any standing points; by excluding bases measurement from the production work, that increases productivity in 4–5 times.