

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ НАЗЕМНОГО ФОТОГРАММЕТРИЧНОГО ЗНІМАННІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЦИФРОВОЇ НЕМЕТРИЧНОЇ КАМЕРИ

Виконано аналіз стандартного підходу до розрахунку параметрів фотографування при використанні метричних камер і фототеодолітів. Вказано, що існуючі вирази для розрахунку параметрів фотографування не можуть бути використані при зніманні цифровою неметричною камерою. Існуючі вирази було перетворено до цифрової форми. Визначено, що при використанні цифрової неметричної камери з попереднім калібруванням відбувається багаторазове відображення однієї області об'єкту на різних частинах знімка і багаторазове вимірювання однієї точки, що необхідно враховувати при розрахунках. Запропоновано методу розрахунку параметрів фотограмметричного знімання з використанням цифрових неметричних камер.

Постановка проблеми Останнім часом для виконання фотограмметричних робіт все частіше використовують цифрові неметричні камери. Незважаючи на невисоку, у порівнянні із метричними камерами, геометричну якість зображення цифрові неметричні камери з успіхом можуть бути використані для вирішення завдань архітектурного знімання, визначення деформацій інженерних споруд, дослідження моделей споруд та ін. Така популярність цифрових неметричних камер викликана значними досягненнями у галузі розроблення програмного забезпечення. На відміну від перших версій програмних продуктів для оброблення цифрових зображень, сучасне програмне забезпечення дозволяє виконувати автоматичний пошук зв'язуючих точок на практично необмеженій кількості знімків (можливості обмежені тільки технічними характеристиками обчислювальних засобів), автоматично розраховувати та враховувати деформації зображення, викликані дисторсією об'єктиву та недосконалістю ПЗЗ-матриці. Таке програмне забезпечення не вимагає від користувача спеціалізованих знань з фотограмметрії і дозволяє створювати тривимірні моделі об'єктів за фотографічними зображеннями високої якості. Проте, оскільки цифрові камери, та особливо неметричні, необладнані засобами орієнтування і не зберігають стабільні значення елементів внутрішнього орієнтування, при фотографуванні необхідно дотримуватись певних умов. Зокрема необхідною умовою є відображення

кожної точки мінімум на 3-х і більше знімках, уникнення знімання з гострим кутом конвергенції, додаткове фотографування з повернутим кадром та ін. Окрім цих, суто технічних вимог, у будь-якому випадку необхідно дотримуватись, хоча б наближено, оптимальної відстані фотографування та відстані між станціями фотографування. Розрахунок цих параметрів з врахуванням особливостей знімання цифровою неметричною камерою є актуальним завданням фотограмметрії.

Огляд попередніх публікацій У теперішній час при наземному зніманні використовують загальновідомі вирази отримані у 70-х – 80-х роках минулого сторіччя. При вирішенні завдань топографічного знімання використовують наприклад вирази [1,2]. При зніманні інженерних споруд, для яких умови фотографування є дещо іншими, використовують вирази [3]. До теперішнього часу ці вирази використовують з простою заміною розміру кадру фототеодолітної пластини на розмір ПЗЗ-матриці. При цьому не враховується надлишковість вимірів за цифровими знімками та особливості вимірювання координат точок на цифрових знімках.

Постановка завдання. Метою роботи є отримання адаптованих до умов цифрового знімання неметричною камерою, виразів для розрахунку параметрів фотографування.

Основний зміст роботи. Проектування фотографічного знімання традиційно розпочинається з рекогностування та складання наближеної схеми фотографування на якій вказують наближену геометрію знімання. Вибір місць для фотостанцій є важливим етапом робіт. Ці місця визначають виходячи з умов, перелічених у постановці завдання. В залежності від форми споруди розташування фото станцій може бути різним рис. 1.

Після визначення реальних умов знімання розраховують параметри фотографування. До основних параметрів належать: відстань фотографування - Y ; базис фотографування - B . Ці параметри визначають масштаб фотографування, ефективність та швидкість робіт, точність отриманих результатів [3]. Масштаб та фокусна відстань пов'язані наступною відомою залежністю:

$$\frac{1}{m} = \frac{Y}{f}. \quad (1)$$

Відстань фотографування розраховують:

$$Y = \frac{Bf}{p}, \quad (2)$$

де B і f – постійні

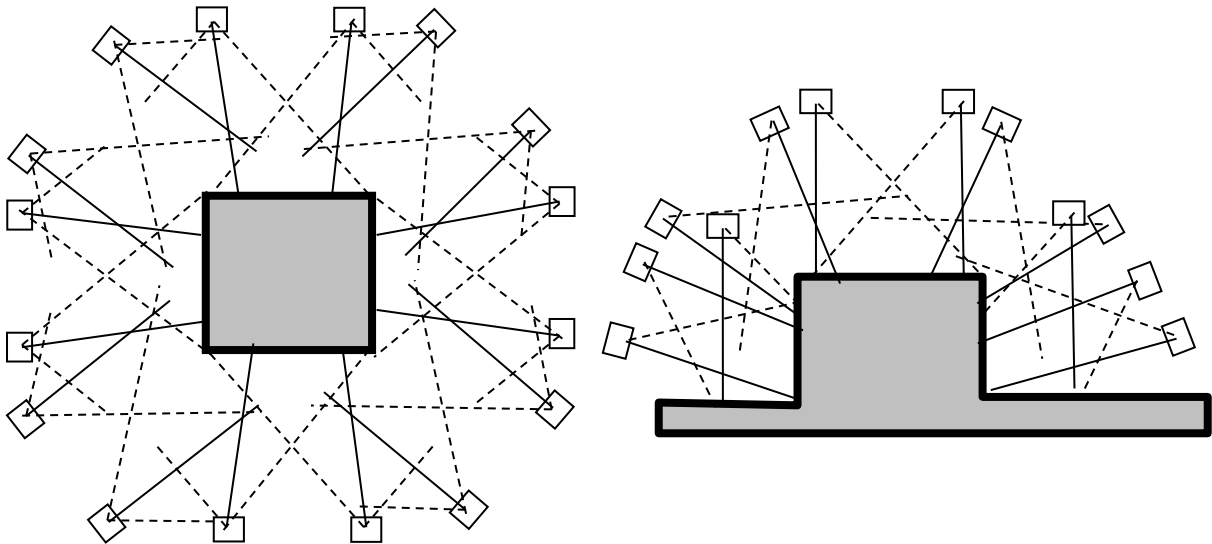


Рис. 1. Вільне розміщення фотостанцій при фотографуванні неметричною камерою

Прийmemo, що допустима відстань фотографування залежить від точності визначення відстані до об'єкту m_Y . За дослідження проф. Сердюкова В.М., максимальна швидкість фотографічних робіт досягається при значенні поздовжнього паралаксу $p_{opt} = l_{pix} \frac{N}{2}$ рівному половині кадру, тоді допустима відстань фотографування буде:

$$Y_{max} = \frac{m_Y}{m_p} l_{pix} \frac{N}{2}, \quad (3)$$

де, l_{pix} - розмір пікселя ПЗЗ-матриці; N - кількість пікселів по горизонталі; m_p - СКП вимірювання поздовжнього паралаксу.

Раніше було вказано, що точність та ефективність знімання неметричною камерою залежить від очікуваної кількості відображень точки на знімку та точності вимірювання координат точки на цифровому знімку. Для точності вимірювання поздовжнього паралаксу можна записати:

$$m_p = \sqrt{m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2}, \quad (4)$$

де, m_{x_i} - СКП вимірювання координат окремої точки на цифровому знімку. Цю СКП розраховують як

$$m_{x_1} = \sqrt{m_{dist}^2 + m_{vymir}^2}, \quad (5)$$

де, m_{dist} - СКП залишкової дисторсії зображення, після калібрування неметричної камери; $m_{vymir} = 0,5l_{pix}$ - СКП фіксації точки на цифровому знімку. Тоді матимемо:

$$m_{x_1} = \sqrt{m_{dist}^2 + 0.25l_{pix}^2} . \quad (6)$$

Відстань між станціями фотографування розраховують за виразом:

$$B_{opt} = Y_{max} \frac{l_{pix} \cdot N}{f} , \quad (7)$$

Захват об'єкту по висоті розраховують як:

$$Y = \frac{Z}{l_{pix} \cdot M} f , \quad (8)$$

де, M - кількість пікселів ПЗЗ-матриці по вертикалі.

Тепер враховуємо, що при використанні цифрової неметричної камери з попереднім калібруванням відбувається багаторазове відображення однієї області об'єкту на різних частинах знімка. Використаємо наступну вихідну умову:

$$m_Y = \frac{Y_{max}^2}{Bf} \sqrt{2m_{dist}^2 + 0.5l_{pix}^2} . \quad (9)$$

Розрахуємо кількість вимірювань окремої точки на парах знімків. Для цього використаємо формулу розміщення. Тоді кількість вимірювань точки буде:

$$r = \frac{n!}{k!(n-k)!} , \quad (10)$$

де, $k = 2$ - кількість знімків у парі, n - загальна кількість знімків на яких відобразилась точка.

З врахуванням цієї величини, точність визначення відстані до об'єкту m_Y буде:

$$m_Y = \frac{Y_{max}^2 \sqrt{2m_{dist}^2 + 0.5l_{pix}^2}}{Bf \sqrt{r}} . \quad (11)$$

Тоді отримаємо вираз для розрахунку максимальної відстані:

$$Y_{max} = \frac{m_Y \sqrt{r}}{\sqrt{2m_{dist}^2 + 0.5l_{pix}^2}} 0.5l_{pix} \cdot N . \quad (12)$$

Важливим фактором є використання контрольних марок відповідного розміру. Кількість та розташування контрольних та опорних точок на споруді

залежить від точності обмірних робіт, положення фотокамери відносно споруди, стабільності та точності визначення елементів внутрішнього орієнтування. При фотографуванні неметричною камерою мінімальна кількість опорних точок дорівнює 8, що забезпечує надійне визначення елементів внутрішнього орієнтування і коефіцієнтів дисторсії об'єктиву.

Розмір марок залежить від роздільної здатності цифрової камери. Кругова марка повинна бути мінімум 4 пікселі в діаметрі, а прямокутна марка 10-15 пікселів на знімку.

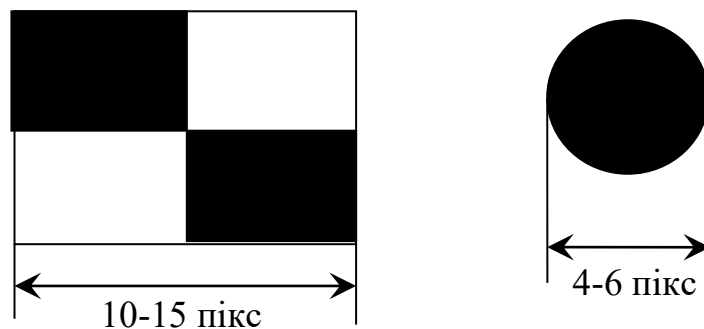


Рис. 2. Розміри опорних марок

Для обчислення розміру марки слід знати роздільну здатність камери, фокусну відстань та відстань фотографування. Існують певні обмеження на розміри контрольних марок. Кругові марки при фотографуванні під значним кутом засічки зображуються як еліпси. В більшості сучасних фотограмметричних програм реалізовано автоматичний алгоритм суб – піксельного вимірювання точок в автоматичному режимі. Ці алгоритми працюють при розмірі точки на знімку мінімум 5 пікселів, звичайно для кращої точності розмір марки повинен бути 8 і більше пікселів. Розрахунок діаметра марки виконують за виразом:

$$D_{\min} = \frac{d \cdot Y_{\max} \cdot L_N}{N \cdot f}, \quad (13)$$

де d - діаметр марки в пікселях на знімку; Y_{\max} - максимальна відстань фотографування; L_N - фізичний розмір ПЗЗ-матриці по горизонталі або розмір знімка в міліметрах; l_{pix} - розмір ПЗЗ-матриці або знімка по горизонталі в пікселях; f - фокусна відстань.

На останок відмітимо, що для при використанні цифрових знімків важливо знати очікувану роздільну здатність на місцевості, а також захват камери і глибину різкості. Тому ми пропонуємо після встановлення максимально допустимої відстані фотографування використовувати

спеціалізоване програмне забезпечення, яке дозволить знаючи фокусну відстань та відстань фотографування підібрати цифрову камеру з необхідною роздільною здатністю та можливим розфокусуванням. Найзручніше користуватися спеціалізованими програмами, наприклад CCTV Design Lens Calculator. Нижче наведено вигляд робочого меню програми.

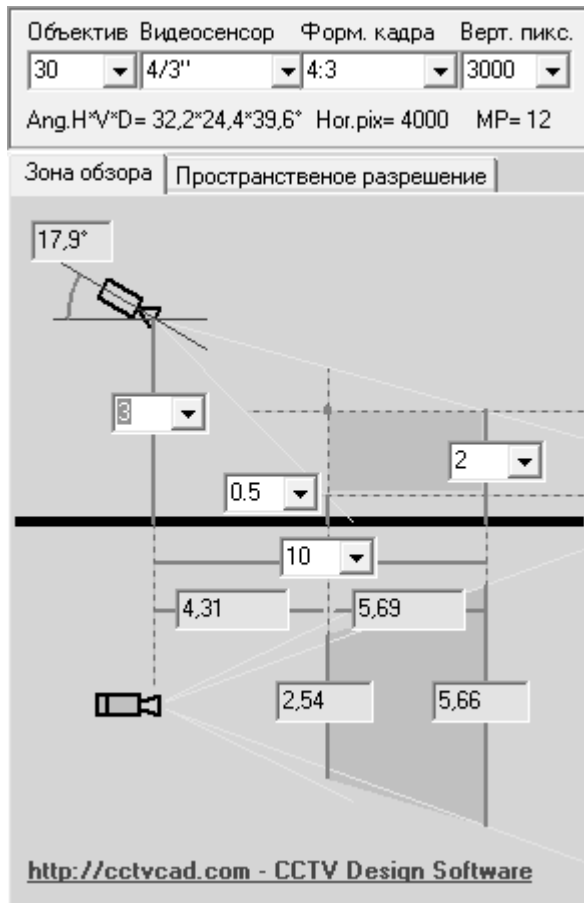


Рис. 3. Параметри фотографування



Рис. 4. Розрахунок роздільної здатності

Ця програма дозволяє легко обрати необхідний об'єктив, висоту та місце встановлення камери; розрахувати зони захвату; підібрати оптимальне значення роздільної здатності та розрахувати просторову роздільну здатність і кут поля зору.

Висновки. Використання цифрових неметричних камер для фотограмметричного знімання є одним з найбільш перспективних напрямків досліджень в сучасній фотограмметрії. Тому знання умов (відстань, роздільна здатність та ін.) при яких можуть бути використані такі камери є вкрай важливим. В роботі наведено удосконалену методику розрахунку основних параметрів наземного фотограмметричного знімання при використанні цифрової неметричної камери та отримано вираз для розрахунку максимальної відстані фотографування.

Список літератури

1. Дорожинський О.Л. Аналітична та цифрова фотограмметрія. - Л.: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2002 - 163с.
2. Могильный С.Г., Беликов И.Л. Фотограмметрия. – К-Д.: Вища школа, 1984. – 200 с.
3. Сердюков В.М. „Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве” М., 1977. – 275 с.

Аннотация

Выполнен анализ стандартного подхода к расчету параметров съемки при использовании метрических камер и фототеодолита. Указано, что существующие выражения для расчета параметров съемки не могут быть использованы при съемке цифровой неметрической камерой. Существующие выражения было преобразовано в цифровой форме. Определено, что при использовании цифровой неметрической камеры с предварительной калибровкой происходит многократное отражение одной области объекта на различных частях снимка и многократное измерение одной точки, необходимо учитывать при расчетах. Предложена методика расчета параметров фотограмметрической съемки с использованием цифровых неметрических камер.

Annotation

The analysis of a standard approach to the calculation of the shooting settings with use of metric cameras and phototheodolites was made. It is indicated that there is an expression for calculating the shooting settings can not be used under shooting by non-metric digital camera. Existing expression has been converted into digital form. It has been determined that when using non-metric digital camera with pre-calibration occurs multiple imaging of one region of the object in different parts of the image and repeated measurement of one point, it is necessary to take into account in the calculations. The method for calculating photogrammetric survey parameters using non-metric digital camera was offered.