Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 75 (1977)

Heft: 11

Artikel: Genauigkeitsschätzung bei terrestrischen Überweitwinkelkammern

Autor: Rady, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-228778

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Genauigkeitsschätzung bei terrestrischen Überweitwinkelkammern

J. Rady

Résumé

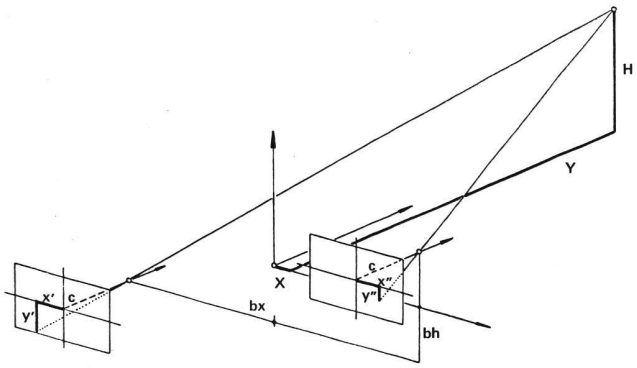
L'engagement de nouvelles chambres de prise de vues demande un changement dans les dispositions de prises de vues et une nouvelle estimation d'erreurs. Dans l'exemple de la chambre de prise de vues super-grand-angulaire Wild P 31/45 l'exactitude théorétique est recherchée. Ensuite des formules approchées pour l'erreur d'un point dans un plan perpendiculaire à la direction de la plus grande pente sont déduites.

Die moderne Technologie hat z. T. mit dem Einsatz von Computern die Konstruktion von neuen Objektiven und Messkammern ermöglicht, deren Parameter und Eigenschaften den bisherigen um einiges überlegen sind. Diese Tatsache sollte nun auch den Benützer des neuen Instrumentariums dazu bewegen, sich mit den veränderten Gegebenheiten auseinanderzusetzen; denn einige der bisherigen Maximen haben ihre Gültigkeit verloren oder sind nur noch bedingt anwendbar.

Eine Gewohnheitsregel der Stereo-Photogrammetrie, die von der klassischen Luftphotogrammetrie übernommen wurde, besagt, dass die Lagegenauigkeit etwa zweimal grösser ist als diejenige der Höhe. In der terrestrischen Photogrammetrie wurde diese Regel auf die zu erwartenden Querfehler und Entfernungsfehler (Tiefenfehler) angewendet. Dies gilt nach wie vor für den sogenannten Normalfall mit parallelen Aufnahmeachsen und Modellen mit 60 bis 70 % Überdeckung. Deshalb begnügen sich auch die meisten Untersuchungen mit der Bestimmung der Tiefengenauigkeit unter der Annahme, dass die Querfehler klein genug sind und ihr Einfluss auf den Fehlerhaushalt beinahe bedeutungslos bleibt. Wie sieht nun diese Situation beim Einsatz von Überweitwinkelkammern aus? Können die Querfehler hier auch noch vernachlässigt werden?

Betrachten wir die Verhältnisse bei der Verwendung einer terrestrischen Aufnahmekammer mit Überweitwinkelobjektiv an einem Beispiel der Architekturphotogrammetrie. Die Parameter der terrestrischen Universalkammer P 31 von Wild sollen hier als Beispiel dienen: Die Brennweite ist 45 mm, das nutzbare Bildformat 118 × 92 mm. Nimmt man die Verzeichnung für unsere Betrachtung als belanglos an, so erhält man ein unverformtes, streng zentralperspektivisches Strahlenbündel.

Um noch genügend Details zu erkennen, sollte der Bildmassstab nicht kleiner als 1:300 sein. Daraus ergibt sich eine maximale Aufnahmeentfernung von 13,5 m. Legt man die Objekt-Tiefenausdehnung von ca. 2 m in eine Aufnahmeentfernung zwischen 9 und 11 m, so resultiert daraus für ein mittleres Basisverhältnis von 1:8 eine auch bei den Stereokammern gebräuchliche Basislänge von 1,2 m. Da das Problem symmetrisch ist, wählen wir den Ursprung des lokalen Koordinatensystems in der Basismitte. Die folgende Abbildung veranschaulicht die verwendeten Bezeichnungen:



Die horizontale Parallaxe ergibt sich als Differenz der Bildkoordinaten zu:

$$px = x'' - x' \tag{1}$$

Ferner gilt die Beziehung

$$\frac{Y}{c} = \frac{bx}{px}. \tag{2}$$

Mit px als Messgrösse ergibt sich mit der Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes die bekannte Formel für den Entfernungsfehler

$$m_Y = \frac{bx \cdot c}{px^2}\, m_{px} = \frac{Y^2}{bx \cdot c}\, m_{px}. \tag{3}$$

Die Fehler an der Kammerkonstante c und der Basis bx haben systematischen Charakter und wirken sich somit als Massstabsfehler aus. Die Nachbargenauigkeit der gemessenen Modellpunkte wird dadurch praktisch nicht beeinflusst.

Ausgehend von ähnlichen Überlegungen soll nun der Querfehler hergeleitet werden. Aus der geometrischen Doppelbeziehung

$$\frac{X + \frac{bx}{2}}{x'} = \frac{bx}{px} = \frac{X - \frac{bx}{2}}{x''} \tag{4}$$

kann die X-Koordinate explizit geschrieben werden als

$$X = \frac{-\frac{bx}{2}(x' + x'')}{x'' - x'}.$$

Die Taylorentwicklung nach den beiden Bildkoordinaten ergibt für den Querfehler

$$m_X^2 = \left[\frac{-bx \cdot x''}{(x'' - x')^2}\right]^2 m_{x'}^2 + \left[\frac{-bx \cdot x'}{(x'' - x')^2}\right]^2 m_{x''}^2$$

oder bei mit gleicher Genauigkeit gemessenen Bildkoordinaten ist $m_{x'} = m_{x''} = m_x$ und

$$m_X = \pm \frac{bx}{px^2} \sqrt{x'^2 + x''^2}\; m_x. \qquad (5)$$

Die Bildkoordinaten der Objektpunkte sind jedoch nur selten bekannt. Um bei den Analoggeräten oder schon vor der Aufnahme die zu erwartende Genauigkeit abschätzen zu können, kann die Formel (5) durch Einsetzen von (2) und (4) zu einer Funktion der Modellgrössen umgeformt werden. Somit ist

$$m_X = \pm \frac{Y}{c \cdot bx} \sqrt{2X^2 + \frac{bx^2}{2}}\; m_x,$$

und entsprechend zu (3) mit $m_{px} = m_x \cdot \sqrt{2}$ wird der Querfehler

$$m_X = \pm \frac{Y}{c \cdot bx} \sqrt{X^2 + \left(\frac{bx}{2}\right)^2}\; m_{px}. \qquad (6)$$

Aus der entsprechend (4) für die Höhe gültigen Beziehung

$$\frac{H + \frac{bh}{2}}{y'} = \frac{Y}{c} = \frac{H - \frac{bh}{2}}{y''}$$

kann die einfache und auch für Analoggeräte anwendbare Form abgeleitet werden:

$$H = \frac{Y}{c} \cdot \frac{y' + y''}{2}. \qquad (7)$$

Die Taylorentwicklung mit der Entfernung und den Bildkoordinaten als Variablen ergibt für den Höhenfehler

$$m_H^2 = \left(\frac{y' + y''}{2c}\right)^2 m_Y^2 + \left(\frac{Y}{2c}\right)^2 m_{y'}^2 + \left(\frac{Y}{2c}\right)^2 m_{y''}^2$$

und mit bereits verwendeter und in dieser Beziehung durchaus vertretbarer Vereinfachung für die Genauigkeit von einzelnen Bildkoordinaten – $m_{y'} = m_{y''} = m_x = m_{px}/\sqrt{2}$ – und Einsetzen von (3) wird

$$m_H^2 = \left[\left(\frac{y' + y''}{2c} \cdot \frac{Y^2}{bx \cdot c}\right)^2 + \left(\frac{Y}{2c}\right)^2\right]^2 m_{px}^2,$$

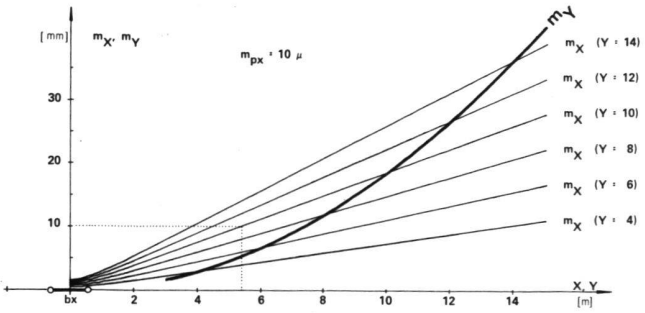
womit der Ausdruck für den Höhenfehler unter Berücksichtigung von (7) auf praktische und mit (6) übereinstimmende Form

$$m_H = \pm \frac{Y}{bx \cdot c} \sqrt{H^2 + \left(\frac{bx}{2}\right)^2}\; m_{px}$$

gebracht werden kann.

Eine bereits früher und auf einem anderen Wege erworbene Erkenntnis ist somit bestätigt, dass nämlich die Quer- und Höhenfehler eines an der relativen Orientierung nicht beteiligten Punktes bei gleichem Abstand von der Modell-Symmetrieachse und bei fehlerfreien Orientierungselementen äquivalent sind. Ferner ist aus einem Vergleich der Ausdrücke (3) und (6) ersichtlich, dass Quer- bzw. Höhenfehler den Entfernungsfehlern dann gleich werden, wenn $Y^2 = X^2 + bx^2/4$, oder bei stereoskopisch auswertbaren Basisverhältnissen annähernd bei $Y \cong X$. Vereinfacht zusammenfassend kann also gesagt werden, dass die *Quer- und Höhenfehler im überquadratischen Raum (Öffnungswinkel > 100g) grösser sind als die Entfernungsfehler.*

Die folgende Abbildung zeigt einerseits die Beziehung zwischen den Quer- und Entfernungsfehlern, anderseits veranschaulicht sie die ziemlich progressive Genauigkeitsabnahme bei steigenden X- und Y-Werten.



Will man ± 1 cm als Genauigkeit im Aufriss erreichen, so erkennt man in bezug auf das erwähnte Beispiel, dass diese nicht in der ganzen, insgesamt zur Verfügung stehenden Fläche erhältlich ist. Dem obigen Nomogramm kann man entnehmen, dass für Y = 10 m nur eine Fläche innerhalb von ca. ± 5,4 m, von der Modellmitte aus gemessen, eine Genauigkeit bis zu 10 mm aufweist. Dabei sollte man nicht ausser acht lassen, dass die Orientierungselemente als fehlerfrei angenommen wurden und dass deren zusätzlicher Fehlereinfluss durch die Annahme eines grösseren Parallaxenfehlers ($m_{px} = 10\ \mu$m) nur teilweise ausgeglichen wird.

Schlussfolgerung: Die Querfehler sind für dieselbe Aufnahmeentfernung nicht konstant. Die mit wachsender Modellausdehnung zunehmenden Querfehler können nicht immer vernachlässigt werden. Kleinere Aufnahmeentfernung, optimiertes Basisverhältnis, allenfalls konvergente Aufnahmeanordnung können Abhilfe schaffen und die Querfehler im gewünschten Rahmen halten.

Adresse des Verfassers:
Jan Rady, dipl. Ing. ETH, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie ETHZ, 8093 Zürich