Compensation des réseaux de triangulation : calcul global des coordonnées provisoires

Autor(en): **Chevallier, J.-J.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **76 (1978)**

Heft 9

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-229228

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Compensation des réseaux de triangulation – calcul global des coordonnées provisoires

J.-J. Chevallier

Zusammenfassung

Eine vermittelnde Ausgleichung setzt voraus, dass für die Unbekannten Näherungswerte bekannt sind. Bei der geschlossenen Ausgleichung von Triangulationsnetzen ist aber die Berechnung von Näherungskoordinaten über sukzessiv fortschreitende Einzelpunkteinschaltungen schwierig zu automatisieren.

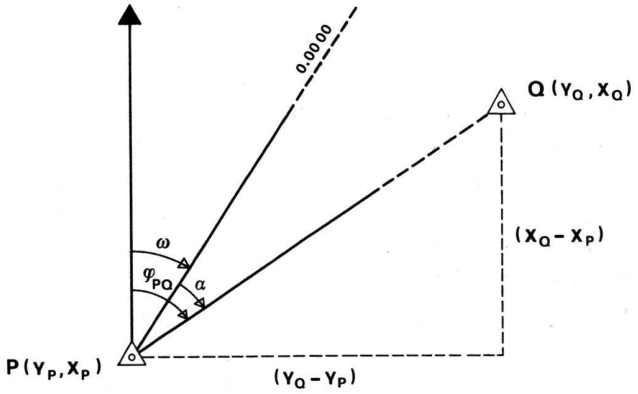
Der Aufsatz beschreibt dazu ein neues Verfahren und dessen völlig automatische Durchführung auf einem Tischcomputer.

1. Généralités

Les méthodes de compensation d'observations médiates supposent connues des valeurs approchées des inconnues. S'il est facile d'obtenir ces valeurs pour l'échelle des mesures linéaires et l'orientation des stations, il n'en est pas de même pour les coordonnées. Leur calcul «point par point» n'est pratiquement réalisable que si le réseau ne comprend que peu de points nouveaux. Mais ce procédé n'est pas automatisable sans autre et difficilement applicable aux réseaux plus importants.

Le problème s'est posé en particulier lors des calculs de la nouvelle triangulation du Bade-Wurtemberg, qui conduisit à la compensation globale de très gros réseaux (plusieurs milliers de points); il fallait trouver un moyen d'obtenir automatiquement des coordonnées provisoires pour les points nouveaux, sur la base des mesures et des points connus. On trouvera dans [1] la description de la méthode astucieuse et très simple établie dans ce but à l'Institut de Géodésie Appliquée de l'Université de Stuttgart.

Dans [2] est décrit de façon détaillée un ensemble de programmes de triangulation, réalisé à l'Institut de Géodésie et Mensuration de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, sur un ordinateur de table Hewlett-Packard 9830A. Ces programmes sont prévus pour des réseaux de 50 points au maximum, déterminés essentiellement par mesures angulaires (directions) et linéaires (distances). La méthode décrite dans [1] a été intégrée à cet ensemble de programmes, en la limitant à l'exploitation des mesures angulaires, mais en poussant au maximum l'automatisation du procédé. On a en outre cherché à améliorer la qualité de ces coordonnées provisoires pour éviter, dans la mesure du possible, d'avoir à procéder à des itérations, et limiter ainsi les temps de calcul.



2. Méthode (selon [1], limitée aux mesures de directions)

Considérons une station P (Y_P, X_P) et un point Q (Y_Q, X_Q) visé depuis P (Fig.).

Les coordonnées de P et Q et le gisement φ doivent satisfaire la relation:

$$(Y_Q - Y_P) \cos \varphi - (X_Q - X_P) \sin \varphi = 0 \qquad (2.1)$$

où φ est obtenu par la somme de la direction mesurée α et de l'angle d'orientation ω de la station.

Pour chaque mesure de direction, on peut poser une équation du type (2.1).

Si le réseau comprend n points nouveaux et m directions mesurées ($m > 2n$) avec au moins 2 points connus, ces équations constituent un système linéaire surdéterminé $m \times 2n$, que l'on résoud par la méthode des moindres carrés; les équations (2.1) peuvent s'écrire sous la forme

$$(Y_Q - Y_P) \cos (\omega + \alpha) - (X_Q - X_P) \sin (\omega + \alpha) = v \qquad (2.2)$$

la résolution fournit alors les valeurs Y_i, X_i qui rendent [vv] minimum.

Dans le cas des calculs du réseau du Bade-Würtemberg, les compensations ont été effectuées sur gros ordinateurs, et on a procédé par itération. Des essais ont montré que les valeurs des gisements φ peuvent être données de façon très imprécise (mesurées magnétiquement, par exemple). On a constaté que des écarts accidentels de 25^g (!) fournissent des coordonnées provisoires encore suffisantes pour assurer la convergence d'un calcul de compensation ultérieur.

Pour intégrer cette méthode aux programmes décrits sous [2], nous nous sommes fixés les objectifs suivants:

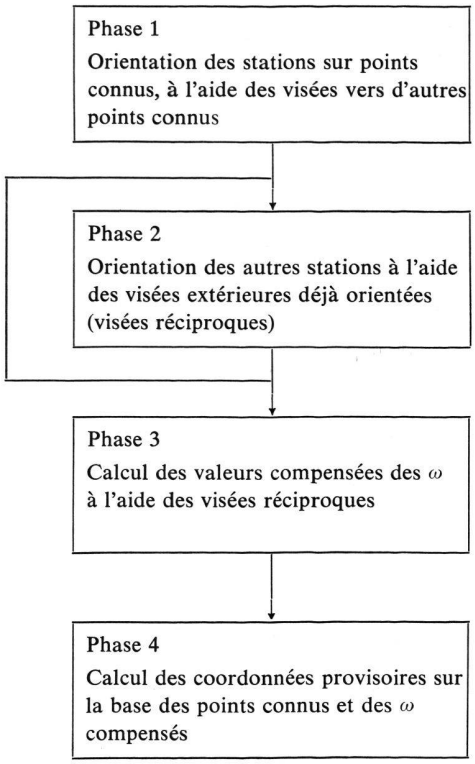
- limiter les temps de calcul et la capacité de mémoire nécessaire
- automatiser le procédé au maximum.

Pour ce faire, nous avons cherché à améliorer au maximum la qualité des coordonnées provisoires et réalisé un calcul automatique et global des orientations ω.

3. Calcul des orientations des stations

3.1 Principe

L'ensemble de l'opération peut être schématisé de la façon suivante:



On voit qu'il s'agit en fait de la décomposition de la *compensation en deux étapes:* compensation des *orientations seules,* puis compensation des *coordonnées seules.*

3.2 Vecteurs et tableaux utilisés

Dans les phases 1, 2 et 3, on ne considère que les stations, à l'exclusion des points déterminés par des visées extérieures seulement. Soit k le nombre de ces stations.

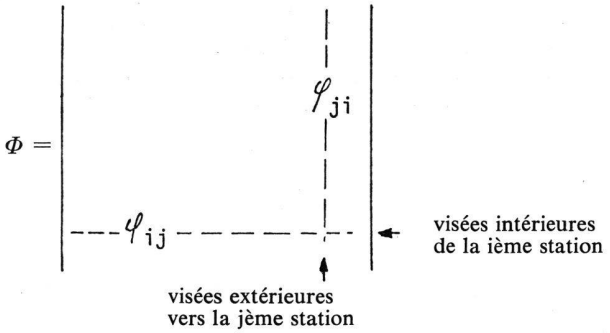
On utilise dans ces 3 phases deux tableaux Ω et Φ:

Ω contient les valeurs des orientations des k stations

$$\Omega = \begin{vmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \omega_k \end{vmatrix}$$

Φ représente toutes les visées possibles entre les k stations.

L'élément φ_{ij} correspond à la visée de la ième station vers la jème, alors que φ_{ji} correspond à la visée réciproque (j vers i).



3.3 Détail des différentes phases du calcul

3.3.1 La phase 1 calcule le ω_i *de chaque station de coordonnées connues,* sur la base des visées vers les autres stations de coordonnées connues; on calcule les gisement φ_{ij} correspondants aux directions mesurées α_{ij}:

$$\varphi_{ij} = \omega_i + \alpha_{ij} \tag{3.1}$$

le tableau Φ est donc garni *ligne par ligne* (station par station).

Si ce calcul ne peut être effectué (aucune direction mesurée entre deux stations de coordonnées connues), on doit introduire manuellement la valeur d'un ω_i, aussi précise que possible; ce cas devrait cependant être l'exception.

3.3.2 Dans la phase 2, on oriente les *autres stations* par le procédé suivant:

- soit i l'indice d'une telle station; selon le § 3.2, la ième colonne de Φ contient les gisements (directions orientées) obtenus à l'aide des visées extérieures vers la station i;
  on cherche dans cette colonne une visée φ_{ji} qui a fait l'objet d'une observation réciproque α_{ij};
  on obtient ω_i par la relation

$$\varphi_{ij} = \varphi_{ji} \pm 200 \tag{3.2}$$

  ou, en introduisant (3.1)

$$\omega_i = \varphi_{ji} - \alpha_{ij} \pm 200 \tag{3.3}$$

- on oriente ensuite les *visées intérieures* de la station i, et place les valeurs obtenues dans *la ligne* correspondante de Φ.

Le cas particulier d'une station dont aucune visée n'a fait l'objet d'une observation réciproque a délibérément été laissé de côté vu son invraisemblance; il fait l'objet d'un message d'erreur, et le programme s'arrête.

3.3.3 Lorsque toutes les stations sont orientées, on vérifie que les visées orientées réciproques φ_{ij} et φ_{ji} satisfont dans des limites «convenables» la relation

$$\varphi_{ij} \cong \varphi_{ji} \pm 200^g \tag{3.3.1}$$

Ceci permet de déceler des fautes grossières sur les mesures. En pratique, on a admis arbitrairement qu'un écart de 20^C ne conduirait pas à des erreurs intolérables sur les coordonnées provisoires.

3.3.4 Dans la phase 3, on procède à une compensation globale des *visées réciproques* pour obtenir des ω cohérents sur l'ensemble du réseau. Pour esquisser la représentation du procédé, considérons deux visées réciproques $P \rightarrow Q$ et $Q \rightarrow P$; les gisements correspondants sont

$$\varphi_{PQ} = \omega_P + \alpha_{PQ} \qquad \varphi_{QP} = \omega_Q + \alpha_{QP} \tag{3.3.2}$$

ces gisements étant obtenus par mesures de directions (donc entachés d'erreurs), on obtient, à partir de (3.3.1)

$$\omega_P + (\alpha_{PQ} + v_{PQ}) - \omega_Q - (\alpha_{QP} + v_{QP}) \pm 200 = 0 \tag{3.3.3}$$

ou, en introduisant les valeurs φ_{PQ} et φ_{QP} obtenues lors des phases 1 et 2 ci-dessus:

$$d\omega_P - d\omega_Q + v_{QP} - v_{QP} + (\varphi_{PQ} - \varphi_{QP} \pm 200) = 0 \tag{3.3.4}$$

Chaque paire de visées réciproques donne une équation (3.3.4). Le système ainsi formé peut être résolu par les moindres carrés (méthode des observations conditionnelles avec inconnues).

Sans entrer dans le détail de cette résolution, mentionnons simplement deux faits intéressants:

1. le terme constant de l'équation (3.3.4) est obtenu immédiatement à partir de deux éléments correspondants φ_{PQ} et φ_{QP} de la matrice;
2. la résolution de ce système par la méthode des «v fictifs» ([3], p. 511–512) permet de substituer pas à pas à la matrice Φ une matrice N de même dimension (coefficients des équations normales corrélatives), de la manière suivante:
   - les termes diagonaux de Φ sont annulés;
   - si i est l'indice correspondant à la station P et j celui correspondant à la station Q, la contribution d'une équation (3.3.4) aux coefficients de N est la suivante:
     les termes diagonaux n_{ii} et n_{jj} sont augmentés de 1; les termes n_{ij} et n_{ji} prennent la valeur -1; comme les valeurs φ_{ij}, φ_{ji} ne sont plus nécessaires à la suite du calcul, on peut les remplacer par les termes n ci-dessus.

Ce procédé permet de n'avoir qu'un seul tableau pour Φ et N, donc d'économiser beaucoup de place-mémoire.

3.3.5 A partir de ces orientations compensées, on peut appliquer sans autre la méthode du § 2, et en déduire les coordonnées provisoires recherchées.

4. Exemple

Pour donner une idée de la précision du résultat, citons simplement l'exemple suivant:

- nombre de points connus 3
- nombre de points nouveaux 13
- nombre de stations 16
- nombre total de directions 174
  (longueur moyenne des visées 1,3 km)

L'écart entre les coordonnées provisoires, calculées selon la méthode ci-dessus, et les coordonnées compensées rigoureusement atteint au maximum 6 cm et vaut en moyenne 3,8 cm.

Le temps de calcul sur le système HP 9830 A de l'Institut de Géodésie et Mensuration est de l'ordre de quelques minutes.

Bibliographie

[1] L. Gründig: VII. Internationaler Kurs für Ingenieurvermessung hoher Präzision, Darmstadt 1976.
Ausgleichung grosser geodätischer Netze; Bestimmung von Näherungskoordinaten, Ausgleichungstechniken und Fehlersuche.

[2] P. Howald, J.-J. Chevallier, H. Dupraz: Gestion des données et calculs de compensation des réseaux topographiques sur ordinateur de table, en mode conversationnel. Publication de l'Institut de Géodésie et Mensuration, juin 1977, revue MPG 11/77.

[3] Jordan, Eggert, Kneissl: Handbuch der Vermessungskunde, Band I.

Adresse de l'auteur:
J.-J. Chevallier, ing. géom., Institut de Géodésie
et mensuration EPFL, Av. de Cour 33, 1007 Lausanne

Ein Sonderfall von Siedlungskorrektur: Stalldislokationen in Simplon-Dorf

E. Strebel

Résumé

Parmi les mesures d'amélioration de la structure de l'agriculture suisse l'on trouve entre autre le transfer d'exploitations agricoles hors des agglomérations vers d'autres zones. Or, dans le village de montagne Simplon, les circonstances sont telles qu'il fallut agir de façon contraire. De nombreuses étables très éloignées du village servirent pendant l'hiver à l'affouragement du foin. Le bétail restait donc pendant une période considérable dans ces étables et les paysans étaient obligés de s'y rendre journalièrement pour la traite. Or l'on trouve tout autour du village des régions sujettes aux avalanches, de sorte que les étables se trouvèrent isolées du village et l'accès devint périlleux pour les exploitants. C'est pourquoi, dans le cadre d'une action exceptionnelle, l'on a reconstruit les étables qui se trouvaient dans ces régions exposées, en sécurité à proximité du village.

Das Leitbild der schweizerischen landwirtschaftlichen Siedlungspolitik ist nach wie vor der Dienst an einer möglichst rationellen Bodenbewirtschaftung. Dies will sie erreichen durch die Verlegung von Landwirtschaftsbetrieben in dorfabgelegene oder sonstwie nur mit grossem Aufwand oder über Hindernisse (Hänge, belebte