

Stanisław LISIEWICZ
Osiedle Bolesława Śmiałego 7 m. 12
60-682 Poznań
katgeo@au.poznan.pl

Prüfung der Stetigkeit der Bezugspunkte und Bestimmung der Vertikalverschiebung von Objekten durch Anwendung geometrischer bzw. trigonometrischer Höhenmessung

ZUSAMMENFASSUNG

In der Ausarbeitung wurde das System PION2004 zur Bestimmung von Vertikalverschiebungen beschrieben. Im Vergleich zu den bisher angewendeten Lösungen für das derartige Problem wurden hier einige Änderungen eingeführt.

Erstens, das System sucht eine Sammlung von Bezugspunkten so durch, dass alle Gruppen von Punkten, welche gegenseitige Stetigkeitskriterien erfüllen, gefunden werden. Endgültige Verschiebungswerte werden in Anlehnung an die zahlreichste Gruppe gegenseitig konstanter Punkte bestimmt.

Zweitens, dasselbe System lässt eine Bestimmung von Verschiebungen sowohl in Anlehnung an die Messungen des geometrischen als auch der trigonometrischen Höhenmessung zu.

Drittens, die Messergebnisse sind mit keinen Verschiebungsrestwerten an Punkten, welche als konstante Punkte angenommen wurden, belastet. Die angewandte freie [sog, free] Höhenmessung bedarf lediglich der Annahme, dass die Summe der Verlagerungen an Punkten, welche als konstante Punkte angenommenen wurden, gleich Null ist.

Verschiebungen von Objekten, die mit geodätischen Methoden bestimmt wurden, zählen zu absoluten Verlagerungen. Zu ihrer Bestimmung müssen wir ein geodätisches Netz, welches zwei Arten von Punkten enthält, erstellen. Die erste Art von Punkten sind Bezugspunkte, die außerhalb des Bereiches der geplanten Verschiebungen vermarktet werden. Die zweite Art von Punkten sind kontrollierte Punkte, die am untersuchten Objekt so angeordnet werden, dass die bestimmten Verschiebungen dieser Punkte Verschiebungen des untersuchten Objekts widerspiegeln.

Um Verschiebungen in einem bestimmten Zeitintervall zu bestimmen, müssen wir am Anfang und am Ende dieses Zeitintervalls Messungen vornehmen, welche jeweils als Ausgangsmessung und aktuelle Messung, die alle Netzpunkte umfasst, bezeichnet werden.

Der Arbeitsschritt der Bestimmung, Stetigkeit welcher Punkte in dem für uns interessanten Zeitintervall durch die durchgeführten Ausgangsmessungen und die aktuellen Messungen bestätigt wurde, heißt Identifizierung der Bezugspunkte; die Punkte, wo die Unveränderlichkeit durch die durchgeführten Messungen bestätigt wird, werden als Festpunkte bzw. Anhaltspunkte bezeichnet.

Es gibt zwei Gruppen von Verfahren zur Identifizierung der Bezugspunkte: erstens durch Analyse von Differenzen der Ergebnisse der Ausgangsmessung und der aktuellen Messung, zweitens durch Analyse der Funktion der Differenz dieser Messungen. Hier nehmen wir die zweite Verfahrensgruppe in Anspruch. Als die Funktion der Differenz der Ausgangsmessungen und der aktuellen Messungen nehmen wir die relativen Verschiebungen an, welche bei der Annahme, dass ein von den Netzpunkten (hier an der letzten Position der Netzpunktaufstellung), nicht verschoben wurde, gewonnen werden.

Unterlag dieser Punkt tatsächlich keiner Verschiebung, so bekommen wir für alle Punkte, deren Stetigkeit durch die Ausgangsmessungen und die aktuelle Messungen bestätigt wurde, eine Null-Verschiebung. Im allgemeinen Fall, wo der letzte Netzpunkt (der als ein Festpunkt angenommen wurde) um einen gewissen Wert verschoben wurde, so werden Verschiebungen aller Netzpunkte mit demselben Wert belastet.

In diesem Zusammenhang ist das Problem der Suche nach Punkten, deren Stetigkeit durch die durchgeführten Ausgangsmessungen und die aktuellen Messungen bestätigt wurde, mit der Suche nach Punkten, deren relative Verschiebung (gewonnen bei der Annahme eines Punktes als des nicht verschobenen Punktes) gleich sind, identisch.

Infolge des Vorkommens von Zufallsfehlern kommt die Stetigkeitsbedingung eines Punktepaars: i, j mit folgender Abhängigkeit zum Ausdruck,

$$\left| h_i - h_j \right| \leq EL \sqrt{m_{h_i}^2 + m_{h_j}^2} \quad (1)$$

wo:

h_i, h_j relative Verschiebung der Punkte i, j ,

m_{h_i}, m_{h_j} mittlere Fehler dieser Verschiebungen,

EL Faktor des Stetigkeitskriteriums, wird nachfolgend besprochen.

Diese Bedingung muss aber für alle Punktekombinationen „jeder mit jedem“ erfüllt werden.

Wenn wir Punkte haben, die auf diese Art und Weise unter den Bezugspunkten ausgesucht wurden und deren gegenseitige Stetigkeit durch durchgeführte Ausgangsmessungen und aktuelle Messungen bestätigt ist, bei der Annahme einer Null-Verschiebung an diesen Punkten, bekommen wir die absoluten Verschiebungen aller Netzpunkte. Um die durchgeführte Messung nicht mit geringen und nicht erkannten Verschiebungen von Punkten, die als Festpunkte qualifiziert wurden, zu belasten, wurde die Bedingung der Nullverschiebungen an Festpunkten durch eine Bedingung ersetzt, dass die Summe der Verschiebungen an Festpunkten gleich Null ist. In diesem Zusammenhang wird die Bezeichnung „absolute Verschiebung“ in diesem Sinne verwendet, dass es sich um Verschiebungen gegenüber dem um das untersuchte Objekt liegenden Gelände handelt, auf welchem die Bezugspunkte angeordnet wurden.

Es ist aber nicht auszuschließen, dass gewisse Geländeteile um das untersuchte Objekt im Ganzen absinken bzw. einer Aufrichtung von Bodenschichten unterliegen werden. Ist auf dem jeweiligen verschobenem Geländeteil mehr als ein Bezugspunkt vorhanden, so können ihre relativen

Verschiebungen gleich sein, sie werden also die Kriterien gegenseitiger Stetigkeit erfüllen. Der in dieser Arbeit vorgeschlagene Algorithmus der Identifizierung der Bezugspunkte sucht alle Gruppen von Punkten aus, deren gegenseitige Stetigkeit durch Ergebnisse der Ausgangsmessung und der aktuellen Messung bestätigt wurde.

Endgültige Verschiebungswerte (behandelt als absolute Verschiebungen) sind in Anlehnung an die zahlreichste Gruppe von Punkten, welche Kriterien der gegenseitigen Stetigkeit erfüllen, bestimmt.

Bekanntlich, stellt der mittlere Fehler einen Wert dar, mit der Wahrscheinlichkeit, dass der Fehler unter dem für uns interessanten Wert bleibt, 0,68 beträgt. Soll es vorkommen, dass wir in der Formel (1), die ein Kriterium der Stetigkeit bei EL gleich 1 darstellt, keine erforderliche Anzahl von das Kriterium der Stetigkeit erfüllenden Punkten erlangen, so können wir dieses Kriterium im gewissen Bereich mildern, indem wir den Faktor EL erhöhen. Den Grenzwert dieses Faktors stellt der Wert 2.5 dar. Ist der Wert der Differenz relativer Verschiebungen eines Punktepaares größer, als das Produkt dieses Faktors durch den mittleren Fehler der Bestimmung dieser Differenz, so können wir das untersuchte Punktepaares als gegenseitig konstant nicht anerkennen, weil die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses unter 0,01 liegt.

Das vorgeschlagene Verfahren zur Identifizierung der Bezugspunkte und zur Bestimmung von Vertikalverschiebung werden wir am Beispiel eines kleinen Nivel-Netzes, das in der Zeichnung Nr. 1 dargestellt wurde, veranschaulichen. Dieses Netz beinhaltet 5 Bezugspunkte, die mit Quadraten markiert wurden, und 4 kontrollierte Punkte, die mit Kreisen markiert wurden.

Zur Ausführung der angenommenen Aufgabe wurde das System PION2004 ausgearbeitet. In jedem Computersystem ist die Bestimmung von zwei Dateien von Bedeutung: einer Datei „am Eingang“, welche alle zur Bestimmung der für uns interessanten Werte erforderliche Daten enthält, und einer Datei „am Ausgang“, welche die erforderliche Form der für uns interessanten Ergebnisse der Ausarbeitung darstellt.

Im Fall, wenn die Datei am Eingang beträchtlich ist, und dies ist der Fall im zu behandelnden Problem, ist eine Spaltung des vorgeschlagenen Systems in zwei separate Programme zweckmäßig. Mit dem Programm PIONI wird die für uns interessante Datei am Eingang zum Programm PIONJ angelegt, indem Daten über die Tastatur eingegeben werden. Mit dem Programm PIONJ wird die in dieser Art zusammengestellte Datei eingelesen, die Bezugspunkte werden identifiziert, die Verschiebungen bestimmt und die erlangten Ergebnisse werden in einer Datei am Ausgang dieses Programms dargestellt. Die derartige Teilung der Aufgaben hat den Vorteil, dass wenn in der Datei am Eingang ein Fehler gemacht wurde bzw. wenn wir eine Ausarbeitung für geänderte Daten erstellen wollen, so braucht die Datei am Eingang nicht erneut angelegt werden - in diesem Fall reicht eine Korrektur in der bestehenden Datei unter dem Editor aus.

Die Tabelle Nr. 1 enthält die Datei am Eingang für das Nivel-Netz, welches mit Hilfe der geometrischen Höhenmessung vermessen wurde (Zeichnung Nr. 1).

Die mit dem Programm PIONI am Ausgang dieses Programms aufgestellte Datei, deren Elemente in diese Datei über die Tastatur eingegeben wurden, stellt nach eventueller Korrektur eine Datei am Eingang zum Programm PIONJ dar. Das Programm PIONJ umfasst die Durchführung der Identifizierung der Bezugspunkte und die Durchführung der Bestimmung der Verschiebung. Die für uns interessanten Vertikalverschiebungen und die Bewertung ihrer Präzision in der Tabelle 2 stellen die Datei am Ausgang dieses Programms dar.