



Prüfung der Stabilität der Bezugspunkte und Bestimmung der Horizontalverschiebung von Objekten

Stanisław Lisiewicz,
Adam Zydrón

Es werden Wege aufgezeigt, aus Wiederholungsmessungen die Stabilität von Festpunkten in einem Lagenetz nachzuweisen.

1 Prüfung der Stetigkeit der Bezugspunkte

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 und die Richtung zum Nachbarpunkt (hier an der letzten Position der Netzpunktaufstellung), nicht verschoben wurde, gewonnen werden.

Unterlag diese Punkte tatsächlich keine 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.

Infolge des Vorkommens von Zufallsfehlern kommt die Stetigkeitsbedingung von zwei Punktepaaren i, j und k, l nach LAUDYN (1980) mit der Abhängigkeit

$$\begin{aligned} |\varphi_{ij} - \varphi_{kl}| &\leq EL \times \sqrt{m_{\varphi_{ij}}^2 + m_{\varphi_{kl}}^2} \\ |q_{ij} - q_{kl}| &\leq EL \sqrt{q_{ij}^2 + m_{q_{kl}}^2} \end{aligned} \quad (1)$$

Wo:

φ – Netzverkantung, also Änderung des Azimuts

q – Änderung der Netzskala, also Quotient der Längenänderung durch die Länge, ausgedrückt mit der Abhängigkeit

$$\varphi_{ij} = Bdx_i - Ady_i - Bdx_j + Ady_j$$

$$q_{ij} = -Adx_i - Bdy_i + Adx_j + Bdy_j$$

$$\text{wo: } A = \frac{x_j - x_i}{D^2} \quad B = \frac{y_j - y_i}{D^2}$$

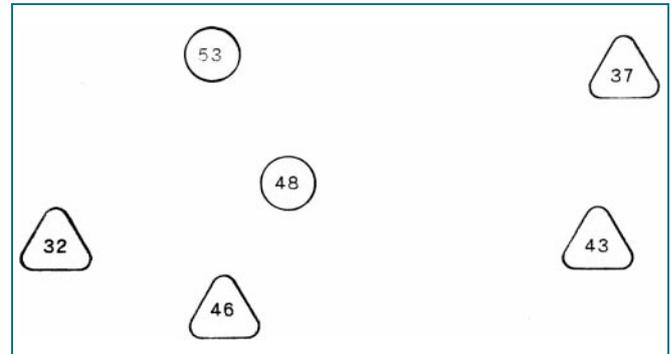


Abb. 1:

dx_i, dy_i, dx_j, dy_j – relative Verschiebung der Punkte i, j , 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. Hier kommen noch zwei Bedingungen hinzu – die Bedingung der Nullsumme der Verkantungen und der Nullsumme der Änderung der Netzskala (die letztere, wenn die Seiten nicht gemessen worden sind).

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 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

Tab. 1:

'OBJEKTBEZEICHNUNG						
'WINKELGRADE neue - alte				2		
'IDENTIFIZIERER ZUSATZ. DRUCKEN				2		
'ANZAHLBEZUGSPUNKTE				4		
'MINIMAL ANZAHL ANHALTZPUNKTE				4		
'ZULASSIG DIFFERENZ MESSUNGEN				500.0		
'MAXIMAL FAKTOR EL				2.5		
'MINIMAL FAKTOR EL				1.0		
'ZULASSIG FERRERO MITTEL FEHLER				10.0		
'FUR AUSGANGSMESSUNGS						
'-FESTER FEHLER ENTFERNUNGSMES.				.2		
'-FEHLER VERHALTNISMASS ENTFER.				1.0		
'-RICHTUNGS MESSFEHLER				.9		
'-WINKEL MESSFEHLER				1.3		
'FUR AKTUELLEMESSUNGS						
'-FESTER FEHLER ENTFERNUNGSMES.				.3		
'-FEHLER VERHALTNISMASS ENTFER.				2.0		
'-RICHTUNGS MESSFEHLER				.0		
'-WINKEL MESSFEHLER				.9		
'NUMMER UND PUNKTKOORDINATEN						
37	1912.15	3124.16				
43	503.75	1996.40				
46	1310.50	1309.40				
32	1720.45	312.10				
48	1622.50	2117.60				
53	2594.17	1002.44				
0	.00	.00				
'DATUM AUSGANGSMESSUNGS				'23.03.2004		
'DATUM AKTUELLEMESSUNG				'24.04.2005		
'GEMESSENE ELEMENTE						
'SEITE						
32	46	1078270.0	1.3	1078271	2.5	
46	48	866332.0	1.1	866336	2.0	
48	43	1125296.0	1.3	1125297	2.6	
48	53	1479096.0	5.0	1479097.0	3.3	
43	53	2314695.0	9.0	2314695.0	4.9	
0	0	.0	.0	.0	.0	
'RICHTUNGEN						
46	32	.0	.9	.0	.0	
46	53	541230.0	.9	541230.1	.0	
46	48	1363300.0	.9	1363300.0	.0	
46	43	2071410.0	.9	2071411.0	.0	
48	53	.0	.9	.0	.0	
48	37	1225230.0	.9	1225232.0	.0	
48	43	2350650.0	.9	2350654.0	.0	
48	46	2974930.0	.9	2974934.0	.0	
48	32	3220220.0	.9	3220221.0	.0	
43	46	.0	.9	.0	.0	
43	53	145910.5	.9	145911.0	.0	
43	48	463608.4	.9	463610.0	.0	
43	37	790607.8	.9	790608.0	.0	
37	43	.0	.9	.0	.9	
37	48	351537.0	.9	351538.0	3.0	
0	0	.0	.0	.0	.0	
'WINKEL						
37	53	48	231448.0	1.3	231449.0	.9
37	53	43	464459.0	1.3	464460.0	.9
53	32	46	740201.0	1.5	740200.0	.9
0	0	0	.0	.0	.0	

Tab. 1:

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 Ste-

tigkeit 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.

2 Zahlenbeispiel

Das vorgeschlagene Verfahren zur Identifizierung der Bezugspunkte und zur Bestimmung von Horizontalverschiebung werden wir am Beispiel eines kleinen Horizontal-Netzes, das in der Zeichnung Nr. 1 dargestellt wurde,

Tab. 2:
brzezno deutsch

PUNKTKOORDINATEN

37	1912.15	3124.16
43	503.75	1996.40
46	1310.50	1309.40
32	1720.45	312.10
48	1622.50	2117.60
53	2594.17	1002.44

SEITE

32	46	1078270.0	1078271.0	1.30	2.50	-1.0
46	48	866332.0	866336.0	1.10	2.00	-4.0
48	43	1125296.0	1125297.0	1.30	2.60	-1.0
48	53	1479096.0	1479097.0	5.00	3.30	-1.0
43	53	2314695.0	2314695.0	9.00	4.90	.0

RICHTUNG

46	32	.0	.0	.90	.00	.0
46	53	541230.0	541230.1	.90	.00	-.1
46	48	1363300.0	1363300.0	.90	.00	.0
46	43	2071410.0	2071411.0	.90	.00	-1.0
48	53	.0	.0	.90	.00	.0
48	37	1225230.0	1225232.0	.90	.00	-2.0
48	43	2350650.0	2350654.0	.90	.00	-4.1
48	46	2974930.0	2974934.0	.90	.00	-4.0
48	32	3220220.0	3220221.0	.90	.00	-1.0
43	46	.0	.0	.90	.00	.0
43	53	145910.5	145911.0	.90	.00	-.5
43	48	463608.4	463610.0	.90	.00	-1.6
43	37	790607.8	790608.0	.90	.00	-.2
37	43	.0	.0	.90	.90	.0
37	48	351537.0	351538.0	.90	3.00	-1.0

WINKEL

37	53	48	231448.0	231449.0	1.30	.90	-1.0
37	53	43	464459.0	464460.0	1.30	.90	-1.0
53	32	46	740201.0	740200.0	1.50	.90	1.0

OBJEKTBEZEICHNUNG - brzezno deutsch

MITTEL FEHLER IN AUSGEGLICHENEN SYSTEM m0 = .756

AUSANGSMESSUNGS WON 23.03.2004

AKTUELLE MESSUNG VON 24.04.2005

FAKTOR STETIGKEITSKRITERIUM EL 2.5

I	I	I	I	I MITTEL		I ELEMENTE FEHLER ELLIPSE						I				
				I	I	I FEHLER		I MITTLERER		I MAXIMALER			I			
I	NR	I	VERSCHIEBUNG	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I			
I	P-TU	I	DX	DY	I	I	I	I	I	I	I	I	I			
I	I	I			I	MX	MY	I	A	B	I	A	B	I	FI	I
I	37	I	3.5	5.4	I	3.4	7.5	I	8.1	1.7	I	30.0	6.5	I	76.2	I C
I		I			I			I			I			I		I
I	43	I	-.2	-3.0	I	2.4	3.3	I	3.3	2.4	I	12.3	8.8	I	100.4	I C
I		I			I			I			I			I		I
I	46	I	.2	-.0	I	1.5	2.9	I	3.0	1.4	I	11.0	5.2	I	83.6	I C
I		I			I			I			I			I		I
I	32	I	-3.5	-2.3	I	3.0	3.5	I	3.9	2.4	I	14.6	8.9	I	59.1	I C
I		I			I			I			I			I		I
I	48	I	.4	4.9	I	2.0	3.1	I	3.1	2.0	I	11.5	7.4	I	90.3	I
I		I			I			I			I			I		I
I	53	I	-6.0	-2.0	I	4.7	5.1	I	5.6	4.1	I	20.7	15.1	I	59.3	I

Tab. 2:

veranschaulichen. Dieses Netz beinhaltet 4 Bezugspunkte, die mit Dreieck markiert wurden, und 2 kontrollierte Punkte, die mit Kreisen markiert wurden. Zur Ausführung der angenommenen Aufgabe wurde das System POZI2005 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 POZII wird die für uns interessante Datei am Eingang zum Programm POZIJ angelegt, indem Daten über die Tastatur eingegeben werden. Mit dem Programm POZIJ 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 Horizontal-Netz (Zeichnung Nr. 1).

Die mit dem Programm POZII 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 POZIJ dar. Das Programm POZIJ umfasst die Durchführung der Identifizierung der Bezugspunkte und die Durchführung der Bestimmung der Verschiebung. Die für uns interessanten Horizontalverschiebungen und die Bewertung ihrer Präzision in der Tabelle 2 stellen die Datei am Ausgang dieses Programms dar. Auf der rechten Seite der Tabelle 2 Buchstabe C wurden Punkte markiert, deren Stetigkeit durch durchgeführte Ausgangs- und aktuelle Messungen bestätigt wurde.

Angenommen wurde die Möglichkeit der Berechnung des Winkelfehlers nach Ferrero-Formel und die Verwendung des Ergebnisses in diesen Berechnungen.

Die editorische Teil des Programms POZII, mit dem die Datei und die Messergebnismenge in der Tabelle 1 erfasst werden, sieht die Konversation mit dem System POZI in zwei Sprachen (Polnisch und Deutsch) vor. Dieser Teil enthält ausführliche Auslegung der Daten in der Tabelle 1 auf polnisch und auf deutsch.

Eine ähnliche Ausarbeitung samt System PION für Vertikalverschiebungen habe ich in meiner Arbeit (2005) dargestellt.

Zusammenfassung

In der Ausarbeitung wurde das System POZI2005 zur Bestimmung von Horizontalverschiebungen 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, die Messergebnisse sind mit keinen Verschiebungsrestwerten an Punkten, welche als konstante Punkte angenommen wurden, belastet. Die angewandte freie [sog, free] Horizontalmessung bedarf lediglich der Annahme, dass die

Summe der Verlagerungen an Punkten, welche als konstante Punkte angenommen 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.

Literatur

- [1] BRYŚ, H., PRZEWŁOCKI, S.: Geodezyjne metody pomiarów przemieszczeń budowli. PWN Wawa
- [2] LAUDYN, I.: Obliczanie przemieszczeń poziomych budowli. Prace ICIK Warszawa 1980
- [3] LAZZARINI, T.: Geodezyjne pomiary przemieszczeń budowli i ich otoczenia. Warszawa, PPWK, 1977.
- [4] LISIEWICZ, S.: Prüfung der Stabilität der Bezugspunkte und Bestimmung der Vertikalverschiebung von Objekten durch Anwendung geometrischer bzw. Trigonometrischer Höhenmessung. AVN 3/2005
- [5] MITTERMAYER, E.: Zur Ausgleichung freier Netze. Zfv 11/1972

Anschrift des Verfassers:
S. LISIEWICZ
Os. B. Smiateqo 7m.12
60-682 Poznan
Polen