

Problem der Anordnung von geodätischen Beobachtungen im horizontalen Netz bei der Annahme einer stetigen Ziel-Funktion

Stanislaw Lisiewicz, Poznań

Bei der Anordnung geodätischer Beobachtungen in horizontalen Netzen wird oftmals die Zielfunktion „geringe Vermessungskosten“ gesucht. Der Beitrag zeigt eine Lösung dahingehend auf, daß aus den möglichen Azimuten, Seiten, Winkeln und GPS-Sehnen eine Teilmenge gefunden wird, die alle gestellten Bedingungen erfüllt.

1 Einleitung und Stand der bisherigen Forschungen

Die mit der Anlegung eines geodätischen horizontalen Netzes notwendigen Tätigkeiten können auf zwei grundsätzlichen Etappen aufgeteilt werden.

Die erste Etappe der angenommenen Einleitung umfaßt die Bearbeitung des Netz-Projektes, die Geländeerkundung, die optimale Auswahl der Netzpunkten bei der Berücksichtigung der Sichtfreiheiten zwischen den geodätischen und für die GPS-Punkten. Diese Etappe beendet die Punktenvermarkung und -beschreibung und die Auftragung der Neupunkte auf die topographische Karte.

Die zweite Etappe umfaßt die Netzvermessungsarbeiten und die Ausgleichung der Beobachtungen. In traditionellen geodätischen Netzen hoher Genauigkeit, um die gestellten Genauigkeitsbedingungen zu erfüllen, mußten alle zu Vermessung möglichen Beobachtungen berücksichtigt werden.

Die hohe Meßgenauigkeit und Zuverlässigkeit der modernen Vermessungsinstrumente verursacht, daß von allen möglichen geodätischen Beobachtungen im Netz nur ein Teil zu Vermessung qualifiziert wird und das bei gleichwertiger Einhaltung aller Netzbedingungen.

Der Einfluß der einzelnen Meßfehler auf den Gesamtfehler der Beobachtungsfunktion, z. B. auf die Punktkoordinaten, ist in allgemeinem divers und deshalb auch ist es nicht egal, welche geodätischen Elemente gemessen werden.

Zwecks der rationellen Beobachtungen-Auswahl muß eine Menge mit allen im Netz zu Vermessung möglichen Azimuten, Seiten, Winkeln und GPS-Sehnen zusammengestellt werden.

Aus einer so entstandenen Menge kann eine bestimmte Anzahl von Teilmengen aufgestellt werden, deren Vermessung die vom Netz geforderten Bedingungen erfüllt, aber nicht im jeden Fall. Jede von den Teilmengen ist mit verschiedenen Vermessungskosten der in einer Teilmenge enthaltenen Elementen (abgehen von der angenommenen Kostenformel) verbunden.

Die Ausarbeitung eines Modus zum Suchen jener Teilmenge von Elementen, deren Vermessung die dem Netz gestellten Bedingungen bei den minimalsten von allen möglichen direkten Kosten erfüllt, ist Ziel dieser Abhandlung.

Das bedeutet, wenn eine Möglichkeit besteht, dieses Ziel zu erreichen (d. h. ein ingenieur-geodätisches Netz mit geforderter Genauigkeit und Zuverlässigkeit) bei unterschiedlichen Kosten, schlage ich zur Vermessung jene Teilmenge von Elementen vor, deren Beobachtung die gestellten Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsbedingungen bei den geringsten von allen direkten Vermessungskosten garantiert.

Die Triftigkeit der so gestellten These stellt nicht in Frage die Tatsache, daß die angenommene Formel der Ziel-Funktion die direkten Kosten nur angenähert ausdrückt, und daß die direkten Vermessungskosten nur geringen Teil der Gesamtkosten bilden (wie z. B. die Baukosten einer

Fabrik, deren Realisierungsnetz anlegt bzw. modifiziert wird).

Bisher wird die Auswahl der Beobachtungen-Elementen beliebig ausgeführt (stochastisch, intuitiv, nach der Netz-Bestimmbarkeit), recht häufig in einigen Varianten.

Die so bearbeiteten Varianten der Anordnung von Beobachtungen werden der Genauigkeitsanalyse unterzogen. Die Zusammenstellung der geodätischen Elementen, deren Vermessung die dem Netz gestellten Bedingungen erfüllt, wird zur Beobachtungen qualifiziert.

Das im Titel des Aufsatzes gestellte Problem betrifft die diskrete Null-Eins-Optimierung. Bei diesem Verfahren können die Unbekannten die Werte Null bzw. Eins annehmen.

Die Dimension des Vektors der Unbekannten, d. h. die Anzahl der Unbekannten, ist gleich der Zahl der zu Vermessung möglichen Elemente. Jedem Elementen des Vektors der Unbekannten entspricht ein bestimmtes Netz-Element. Die Annahme vom Vektor-Elementen der Unbekannten den Wort Eins bedeutet die Qualifizierung eines entsprechenden Netz-Elementen zur Vermessung. Eine Null bedeutet Aufgabe der Vermessung eines Netz-Elementen.

Ein so entstandener Vektor kann als zusätzlicher Vektor der Beobachtungen-Gewichte betrachtet werden, mit dem das Verbesserungsgleichungs-System multipliziert wird bei der Aufstellung der Normalgleichungen, unabhängig von dem ehernen Gewichtsausgleich des Verbesserungsgleichungs-System durch das Dividieren mit den vorgesehenen mittleren Fehlern der Azimuten, Seiten, Winkeln und GPS-Sehnen.

Zum Aufsuchen der Unbekannten-Worte kann die von LOWLER und BELL vorgeschlagene Methode angewendet werden (1966).

Diese Methode basiert auf dem linearen Zurechtstellen des Raumes der zulässigen Auflösung und deren Überblick mit den optimalen Unbekannten, die die dem Netz gestellten Bedingungen bei dem minimalen Wort der Ziel-Funktion erfüllen.

Die Berechnungszeit des vorgeschlagenen Algorithmus ist beträchtlich, was die Anwendung nur auf kleine Netze begrenzt.

Solche Lösung des gestellten Problems wurde in der Bearbeitung (1999) dargestellt.

In diesem Aufsatz wurde der bisherige Stand über die Forschungen des Problems der Anordnung von Beobachtungen und die aus der Literatur entnommene angenäherte Formel der Ziel-Funktion – der direkten Netz-Vermessungskosten, beschrieben.

Eine genauere Lösung habe ich in der Fachliteratur nicht getroffen.

Die vorgeschlagene Methode der Bestimmung der Anordnung von Beobachtungen besteht aus zwei Programmen – OPTY I und OPTYD (bei einer diskreten Optimierung). Mit dem Programm OPTY I wird die zu Bestimmung der Anordnung unentbehrliche Datei angelegt. Mit dem Programm OPTYD wird der vorgeschlagene Algorithmus zum Suchen der uns interessierten Untermenge von Elementen mit der Methode von LOWLER und BELL realisiert.

2 Bestimmung der Anordnung der Beobachtungen in einem größeren Netz

Wie gesagt, die Übersichtszeit des Raumes der zulässigen Lösungen nach der Methode von LOWLER und BELL ist beträchtlich. Das beschränkt die Anwendungsmöglichkeiten des in meiner Bearbeitung beschriebenen Verfahrens nur für kleine Netze.

Die Anwendung eines Supercomputers CRAY statt des einfachen PC erweitert die Möglichkeiten der vorgeschlagenen Methode in der Richtung größerer Netze.

In der vorliegenden Bearbeitung wird eine Änderung der Voraussetzung bezüglich der Werte des Vektors der Unbekannten, der Null-Eins, auf einen Vektor von Dezimalzahlen vorgeschlagen. Ich schlage vor die Berechnung der Werte bei der Bedingung der Minimum-Ziel-Funktion, und die so erhalte-

nen Werte der Unbekannten zum Wert Null bzw. Eins abzurunden.

Die geodätischen Elemente des Netzes, deren entsprechende Werte des Vektors der Unbekannten eine Eins erhalten – qualifizieren sich zu Vermessung.

Die übrigen Elemente werden bei den Beobachtungen, wie in 1999, fortgelassen. So wurde das aufgestellte Problem zur Aufgabe des Suchens des Minimum mit Beschränkungen bezüglich der Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsbedingungen des Netzes reduziert. Die Ziel-Funktion (minimalisierte Funktion) ist die angenommene Formel der direkten Kosten.

Das Problem der Suche des Minimums mit Beschränkungen, bei der Annahme der Stetigkeit der Ziel-Funktion ist vollständig nur für eine lineare bzw. quadratische Ziel-Funktion ausgearbeitet worden.

Bei der vorliegenden Aufgabe treten die Unbekannten schon für ein mittleres Netz in einer 100er Potenz. Die Potenz wächst beträchtlich bei der Ausbreitung des Netzes.

Für das Bestimmen des Minimums dieser Art von Funktionen gibt es einige Zehn Methoden, und bei der Berücksichtigung von Modifikationen sogar viel mehr. Sie bedeuten aber nur, so zu sagen, Wegweiser für die weitere Handlungsweise, die die Annahme einiger von der Ziel-Funktion-Spezifität abhängiger Parameter erfordert.

Die Parameter können nur empirisch bestimmt werden (z. B. die Anfangswerte der Unbekannten, die Dauer der Iterationsschritte, die Relation zwischen der Suche in benachbarten Iterationen, das Kriterium des Auslaufens der Iterationen usw.).

Die Werte der bestimmten Parameter entscheiden über die Konvergenz und die Geschwindigkeit des Iterationsprozesses bzw. über die Diskrepanz des Prozesses.

Zwecks der Lösung des im Aufsatz gestellten Problems wurden fast 20 Methoden angepaßt und etwa 30 geodätische Netze getestet.

Die Untersuchungen haben auf die

Methode der verschiebbaren Powell-Strafe-Funktion (1967) in Verbindung mit der Methode des konjugierten Gradienten in der Version von FLETSCHER und REEWS (1964) hingewiesen, die von FINDEISEN (1977) als optimale Lösung des gestellten Problems angesprochen wurde.

Mit der Methode von POWELL wird das Problem der Suche nach dem Minimum der primären Ziel-Funktion mit Beschränkungen auf das Problem der Suche des Minimums der modifizierten Ziel-Funktion ohne Beschränkungen transformiert.

Die modifizierte Ziel-Funktion bildet eine Kombination der primären Ziel-Funktion und Beschränkungen (Bedingungen der Netzgenauigkeit und -zuverlässigkeit).

Die Unbekannten, bei denen die modifizierte Ziel-Funktion die Minimum-Werte annimmt, werden nach der Methode des konjugierten Gradienten in der Version von FLETSCHER und REEWS bestimmt.

Die beiden obenerwähnten Methoden sind iterativ angenäherte Methoden. Das bedeutet, daß für jede Iteration einer Modifikation der Ziel-Funktion (bezeichnet als „äußere“) auch eine Iterations-Methode gesucht werden muß (als „innere“ bezeichnet), für die die modifizierte Ziel-Funktion ein Minimum erreicht.

Meine Untersuchungen dauerten fast 15 Jahre. Die Verlängerung der Forschungen wurde durch den viermaligen Computer-Wechsel verursacht: ODRA 1204, ODRA 1305, Mikrocomputer 8-Bit, Microcomputer 16-Bit.

So wurde ein Algorithmus bearbeitet, deren Konvergenz (verringern der Wert der Ziel-Funktion bei den folgenden Iteration) bei allen 30 Test-Netzen bestätigt wurde.

Die schnelle Konvergenz des Iterationsprozesses der ersten Iterationen gestattet die Berechnungen bei 4:5 Iterationen bewenden lassen.

Es kann festgestellt werden, daß die gestellte Aufgabe, die Bearbeitung eines Modus zur Suche einer Elementen-Untermenge, deren Ver-

messung die dem Netz gestellten Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsbedingungen bei den minimalsten von allen möglichen direkten Vermessungskosten erfüllt, erreicht wurde.

Die so erhaltenen Werte der Unbekannten müssen natürlich auf die Null bzw. die Eins abgerundet werden.

3 Diskretisation der berechneten Unbekannten

Die erste Tätigkeit bei dieser Aufgabe ist die Abrundung aller bestimmten Werte der Unbekannten, die größer von Eins sind, auf den Wert Eins.

Das Auftreten unter den bestimmten Unbekannten beträchtlich größerer Zahlen von Eins deutet auf zu große gestellten Genauigkeitsbedingungen bei relativ niedrigen Genauigkeitsparametern des vorhandenen geodätischen Instrumentariums.

Die zu Verfügung stehenden Vermessungsgeräte müssen auf präzisere Instrumente gewechselt werden.

Eine Diskretisation führt immer zu einer Erhöhung der Ziel-Funktion.

Soll diese Vergrößerung am geringsten bleiben, muß ein zusätzlicher Vektor mit der Gliederzahl, die gleich der Unbekanntenzahl ist, aufgestellt werden.

Diese Glieder drücken dann die Erhöhung der Ziel-Funktion bei der Abrundung der Unbekannten auf den Wert Eins aus.

Beispielweise, wenn die Einzelkosten der Azimut-Beobachtung als 10 angenommen werden, und der interessierte Wert der Unbekannten

Azimut-Beobachtung die Minimum Bedingung der Ziel-Funktion mit 0,15 erfüllt, die Erhöhung der Ziel-Funktion nach der Abrundung auf Eins beträgt 8,5. Das wird in der Tafel eingegeben.

Die erste Tätigkeit ist die Abrundung der Unbekannten zum Wert Eins. Dabei müssen die von ANGATH (1977) vorgeschlagenen Bedingungen erfüllt werden, nämlich: die geforderte Anzahl der Beobachtungen für jeden bestimmten Punkt bei der geringsten Vergrößerung der Ziel-Funktion.

Folgend wird eine bestimmte Anzahl der Unbekannten mit den größten Werten der Glieder des zusätzlichen Vektors zum Wert Null abgerundet.

Hat die Abrundung eine Verletzung der Begrenzungen verursacht (betrifft die dem Netz gestellten Bedingungen), dann wird zum Wert Eins diese Unbekannte abgerundet, derer entsprechender Element in der zusätzlichen Tafel am geringsten ist. Diese Tätigkeit wird wiederholt bis zur Abrundung aller Unbekannten ausgeführt.

4 Berechnungsbeispiel

Der vorgeschlagene Modus zum Suchen einer geodätischen Elementen-Untermenge, derer Vermessung die dem Netz gestellten Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsbedingungen erfüllt, wird am Beispiel eines Netzes REFE (Abb. 1) dargestellt.

Alle für die Auswahl notwendigen Daten beinhaltet die Tafel 1.

Eine ausführliche Beschreibung der Zusammenstellung von Daten mit dem Programmierer OPTYI ist in meiner Abhandlung (1998) dargestellt.

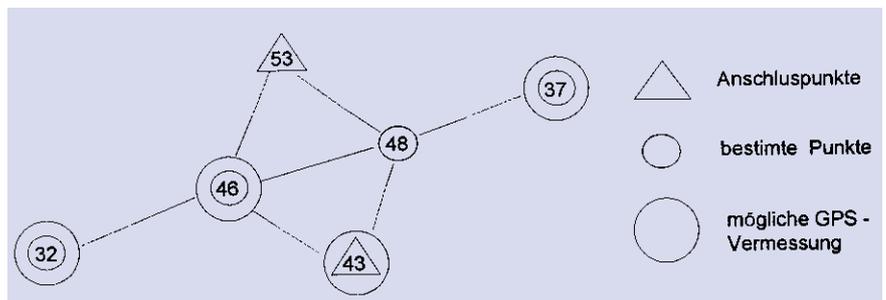


Abb. 1: Netze REFE

Tab. 2

OPTYC 06.02.1998 AUTOR S. LISIEWICZ OBJEKT refes mit gemessene elemente

NAME DES OBJEKTS - refes mit gemessene elemente

```

I
I   S C H E I T E L   I
I
-----
I
I   A Z I M U T E   I
I
I   S E I T E N   I
I
I   W I N K E L N   I
I
I   46   48   43   I
I
I   53   48   43   I
I
I   37   48   43   I
I
I           G P S   I
I
I   32   43   I
I
I   37   43   I
I
I   43   46   I
I
-----

```

UBERSCHUSS DER ERFÜLLUNG VON BEDINGUNGEN DER GENAUIGKEIT UND ZUVERLÄSSIGKEIT

LANGSFEHLER UND QUERFEHLER BEI DER RICHTUNGSANGABE in mm

NR VOM PUNKT	BERECHNETER FEHLER		ZULASSIGER FEHLER		UBERSCHUSS	
46	1.1	3.5	7.0	10.0	-5.9	-6.5
48	3.1	2.3	7.0	10.0	-3.9	-7.7
37	2.7	1.6	7.0	10.0	-4.3	-8.4

ELEMENTE DER ELLIPSE VOM RELATIVEN FEHLERN DES PUNKTENPAARS

NR VON PUNKTEN		BERECHNETER FEHLER		ZULASSIGER FEHLER	
32	48	1/ 373504	1/ 463528	1/ 200000	1/ 150000
46	37	1/ 584525	1/ 577863	1/ 200000	1/ 150000
32	37	1/ 638697	1/ 714498	1/ 200000	1/ 150000

PELZER-BEDINGUNGEN

NR DER PROJEKTIERTEN BEOBACHTUNG	FEHLER DES ELEMENTES NACH DER AUSGLEICHUNG/ FEHLER DER GEMESSENEN ELEMENTE
23	.64
25	.86
26	.64

AUGATH-BEDINGUNGEN - ANZAHL DER BEOBACHTUNGEN ZU BESTIMMENDEN PUNKTEN

9 5 7 7

tergrundes), muß in der mit dem Programm OPTY I zusammengestellten Datei für den Identifikatorwert die Null geschrieben werden.

Gleich danach werden Daten über die Sichtfreiheiten (Visuren) angegeben. Dieses stellt die Tafel 3 dar.

Als Endergebniss der Bearbeitung mit dem Programm OPTYC der so entstandener Daten erhalten wir die in Tafel 4 zusammengestellten Resultate.

Es ist die gesuchte Elementenmenge, derer Vermessung die dem

Netz gestellten Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsbedingungen (ohne der schon eher beobachteten Elemente) erfüllt.

5 Schlußbemerkungen

Das beschriebene Problem der Suche einer Elementen-Teilmenge, derer Vermessung die dem Netz gestellten Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsbedingungen bei den geringsten von allen möglichen direkten Vermessungskosten erfüllt, ist

eine Fortsetzung der vom Autor eher ausgeführten Untersuchungen. In meiner Bearbeitung (1992) habe ich eine Lösung des so angestellten Problems ohne Berücksichtigung von GPS-Beobachtungen vorgeschlagen, da die Vermessungsgenauigkeit damals noch einige Dezimeter betrug.

Meine letzte Bearbeitung (1999) über das diskutierte Problem enthält eine präzise Antwort auf die im Aufsatz gestellte Frage.

Unter dem Begriff der Exaktheit der Lösung der gestellten Frage verstehe ich, daß keine andere Elementen-Teilmenge vorliegt, deren Vermessung die gestellten Bedingungen bei geringeren direkten Kosten erfüllt. Diese Eigenschaft besitzt das im Beitrag vorgeschlagene Verfahren nicht.

Das angewandte Verfahren der Suche des Minimums der Funktion mit Beschränkung mit der Methode der verschiebbaren POWELL-STRAFE-Funktion in Verbindung mit der Version von FLETSCHER und REEVS, weist ein gute Konvergenz auf (einen verminderten Wert der Zielfunktion bei den einzelnen Iterationen), die in allen Fällen der 30 Test-Netzen bestätigt wurde.

Die Ergebnisse sind äquivalent, wenn dem Netz die Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsbedingungen von ANGATH gestellt werden. Sie unterscheiden sich beträchtlich, wenn dem Netz die Zuverlässigkeitsbedingungen in der von PELZER (1977) vorgeschlagener Form gestellt werden.

Der Vorteil des in dieser Abhandlung vorgeschlagene Verfahren zum Suchen einer Elementen-Teilmenge derer Beobachtungen die gestellten Netzbedingungen erfüllt, ist die akzeptable Berechnungszeit für ein beliebiges ingenieurgeodätisches Netz. Die Auswahl eines freien Netzausschlusses garantiert die Verringerung einer Netzverzerrung, die durch die Fehlerfortpflanzung der Netz-Anschluß-Fehler bewirkt wird.

Es muß betont werden, daß das vom Autor aufgestellte Problem, sich vom Problem der Bestimmung der

Tab. 3

'NAME DES OBJEKTS	'	'refes ohne gemessene elemente	'
'IDENTIFIKATOR DES DRUCKS	'	2	'
'ANZAHL DER BESTIMMTEN PUNKTEN	'	4	'
'PUNKTKOORDINATEN	'		'
37	1912.15	3124.16	
32	1720.45	312.10	
46	1310.50	1309.40	
48	1622.50	2117.60	
43	503.75	1996.40	
53	2594.17	1002.44	
0	.00	.00	
'IDENTIFIKATOR NETZ NEUEALTE	'	0	'
'SICHTBARKEITE ZWISCHEN PUNKTE	'		'
46			
32			
-53			
48			
43			
0			
48			
46			
-53			
37			
43			
0			
0			
'POTENTIELLE G P S - PUNKTE	'		'
32			
37			
43			
46			
0			
'FEHLER DER PROJEKTIERTEN BEOB.	'		'
'AZIMUT	'	3.20	'
'SEITE - KONST. TEIL	'	2.00	'
'SEITE - PROPOR. TEIL	'	2.00	'
'WINKEL	'	3.00	'
'G P S - SEHNE	'	5.00	'
'EINZELNEN PUNKTEN GEST. FORD.	'		'
'AZIMUT DER HAUPTRICHTUNG	'	60.00	'
'LANGSFEHLER	'	7.00	'
'QUERFEHLER	'	10.00	'
'PUNKTE	'		'
46			
48			
37			
0			
'PUNKTENPAAR GESTELLTE FORDERU.	'		'
'MASSSTABSFehler	'	.20	'
'ORIENTIERUNGSFEHLER	'	.15	'
'PUNKTEN - PAARE	'		'
32 48			
46 37			
32 37			
0 0			
'AUGATH - ZAHL	'	3	'
'PELZER - Koeffizient	'	.90	'
'EINHEITSKOSTEN DER BEOBACHTUNG	'		'
'AZIMUT	'	10.00	'
'SEITE	'	1.00	'
'WINKEL	'	.70	'
'G P S - SEHNE	'	.60	'

Beobachtungsgewichte der zu Vermessung qualifizierten Elemente in der deutschen Fachliteratur als GEWICHT-OPTIMIERUNG bezeichnet, merkbar unterscheidet.

Die von FRITSCH (1981), GRAFAREND (1975) und SCHMITT (1981) bearbeiteten Verfahren der Gewichtbestimmung basieren auf das Suchen der Beobachtungsgewichte für die früher bestimmten Netz-Elemente (die mittleren Fehler der Vermessungen) bei denen das Netz alle gestellten Anforderungen erfüllt.

Als bekannte Elemente wurden im vorgestellten Modus die mittleren Fehler der Vermessungen der projektierten Beobachtungen, und als die gesuchten, die Elementen-Teilmenge, derer Vermessung die dem Netz gestellten Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsbedingungen garantiert, angenommen.

Den Vorschlag eines so aufgestellten Problems hatten GRUNDIG und BAHNDORF (1985) und LISIEWICZ (1980) in seinen Abhandlungen dargestellt.

6 Literatur

- [1] AUGATH, W. (1977): The Design of Reliable Geodetic Networks. International Symposium of Optimizations of Design and Computations of Control Networks. Sopron, Hungary
- [2] FINDEISEN, W., SZYMANOWSKI, J., WIERZBICKI, A. (1977): Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji. Warszawa.
- [3] FLETCHER, R., REEVES, C. M. (1964): Funktion minimization by conjugate gradients, The Computer Journal: vol. 7, S. 149.
- [4] FRITSCH, D. (1981): Second order design of geodetic networks problem and. examples. VI International Symposium of Geodetic Networks and Computations. Munich.
- [5] GRAFAREND, E. W. (1975): Second order design of geodetic nets. ZfV 4.
- [6] GRUNDIG, I., BAHNDORF, J. (1985): Sequential optimization of geodetic networks with respect of accuracy and reliability. Proceedings of the 7th International Symposium of Geodetic Computations. Cracow.
- [7] LAWLER, E. L., BELL, M. D. (1966): A method for solving discrete optimization problems. Operat. Res. 15, S. 1098–1112.
- [8] LISIEWICZ, S. (1980): Optymalizacja całkowitoliczbowa w zastosowaniu do wyznaczenia rozmieszczenia obserwacji geodezyjnych. Geodezja i Kartografia, z. 2, S. 105–110.
- [9] LISIEWICZ, S. (1992): Problem doboru obserwacji w poziomej osnowie inzynieryjnej. ZN AR w Poznaniu, z. 238, Poznan.
- [10] LISIEWICZ, S. (1998): Beschreibung der Operateur-Anweisung des Computer-Systems OPTY98.
- [11] LISIEWICZ, S. (1999): Zum Problem der Verteilung von klassischer und GPS-Beobachtungen in horizontalen ingenieurgeodätischen Netzen mit der Anwendung der Null-Eins-Optimierung. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Darmstadt.
- [12] PELZER, H. (1977): Criteria for the Reliability of Geodetic Networks. Proc Int. Symposium on Optimization of Design and Computation of Control Networks. Sopron, Hungary.
- [13] SCHMITT, G. (1981): Optimal De-

Tab. 3

```

OPTYC 06.02.1998  AUTOR S. LISIEWICZ  OBJEKT refes ohne gemessene element
NAME DES OBJEKTS - refes ohne gemessene elemente
-----
I      S C H E I T E L      I
-----
I      S E I T E N      I
I
I      46      48      I
I
I      48      46      I
I
I      W I N K E L N      I
I
I      32      46      53      I
I
I      53      46      48      I
I
I      46      48      53      I
I
I      53      48      37      I
I
I      37      48      43      I
I
I      G P S      I
I
I      32      37      I
I
I      32      43      I
I
I      32      46      I
I
I      37      43      I
I
I      37      46      I
I
I      43      46      I
-----
UBERSCHUSS DER ERFULLUNG VON BEDINGUNGEN DER GENAUIGKEIT UND ZUVERLASSIGKEIT

LANGSFEHLER UND QUERFEHLER BEI DER RICHTUNGSANGABE in mm
NR VOM PUNKT  BERECHNETER FEHLER  ZULASSIGER FEHLER  UBERSCHUSS
46            2.1      6.3      7.0      10.0      -4.9      -3.7
48            2.7      6.0      7.0      10.0      -4.3      -4.0
37            3.0      6.2      7.0      10.0      -4.0      -3.8

ELEMENTE DER ELLIPSE VOM RELATIVEN FEHLERN DES PUNKTENPAARS
NR VON PUNKTEN  BERECHNETER FEHLER  ZULASSIGER FEHLER
32 48            1/ 602006  1/ 696853      1/ 200000  1/ 150000
46 37            1/ 796281  1/2272152     1/ 200000  1/ 150000
32 37            1/ 915519  1/2462228     1/ 200000  1/ 150000

PELZER-BEDINGUNGEN
NR DER PROJEKTIERTEN  FEHLER DES ELEMENTES NACH DER AUSGLEICHUNG/
BEOBACHTUNG          FEHLER DER GEMESSENEN ELEMENTE
10                    .67
12                    .67
15                    .76
18                    .76
21                    .87
24                    .87
26                    .69

AUGATH-BEDINGUNGEN - ANZAHL DER BEOBACHTUNGEN ZU BESTIMMENDEN PUNKTEN
8  7  11  6
    
```

sign of Geodetic Networks. International Symposium of Geodetic Networks and Computations, Munich.

[14] POWELL, M. J. D. (1967): A method for non-linear constraints in minimization problem, AERE Harwell Report TP 310.

Anschrift des Verfassers:
 STANISLAW LISIEWICZ, Os. Boleslawy Smialego 7/12, 60-682 Poznań
 E-Mail: lisiewicz@au.poznan.pl

Zusammenfassung

Im Beitrag wurde die Anordnung von geodätischen Beobachtungen im Netz vorgeschlagen, bei der die dem Netz gestellten Bedingungen bei den geringsten von allen möglichen indirekten Vermessungskosten erfüllt werden. Dieses Ziel wird erreicht durch die Zusammenstellung einer Menge mit allen im Netz zur Vermessung möglichen Azimuten, Seiten, Winkeln und GPS-Sehnen und nach der Auswahl einer Teilmenge, die alle gestellten Bedingungen erfüllt.

Für den vorgeschlagenen Algorithmus wurde das Computer-System OPTY'98 aufgestellt, dessen Berechnungszeit für jedes geodätische Netz als plausibel angenommen werden kann. Die für die obige Aufgabe erforderlichen Daten und die erhaltenen Ergebnisse wurden an einem Netz REFE präsentiert.

ABONNIEREN STATT KOPIEREN

Zeitschriften-Beiträge sind mit Sachverstand und Sorgfalt aus dem großen Berg von Informationen ausgewählt, geschrieben, zusammengestellt . . .

. . . ergeben zielgerechte Informationen: Erfahrungen, die man kaufen kann. Denn uns liegt daran, daß Sie als Leser mit erweitertem Wissen und vermehrten

Einsichten gut gerüstet sind.

Dies ist in Gefahr, wenn Zeitschriftenaufsätze kopiert werden!