

Stanisław LISIEWICZ
Akademia Rolnicza, Poznań

PROBLEMY IDENTYFIKACJI PUNKTÓW ODNIESIENIA W SIECI GEODEZYJNEJ WYZNACZENIA PRZEMIESZCZEŃ

Streszczenie. W proponowanym algorytmie rozpatrzono problem poziomu istotności identyfikacji punktów odniesienia, a więc dokładności, z jaką punkty unane za stałe mają spełniać kryteria niezmienności. Drugi uwzględniony problem dotyczy przypadku, gdy w sieci występuje więcej niż jedna grupa punktów stałych. Dla algorytmu uwzględniającego oba sygnalizowane problemy ułożono programy komputerowe w języku FORTRAN 77, jeden dotyczy przemieszczeń pionowych, a drugi przemieszczeń poziomych.

IDENTIFICATION PROBLEMS OF POINTS OF MINOR CONTROL IN GEODETIC NETWORK OF DEFORMATIONS DETERMINATION

Summary. In the proposed algorithm problem of accuracy in which points (admitted as constant) accomplish the stability criterie was examined. The second problem refers to case when in the network occur more than one group of mutual constant points. For algorithm including two signalized problems computer programs in FORTRAN 77 language, were arranged.

W sieci geodezyjnej wyznaczenia przemieszczeń występują dwa rodzaje punktów. Pierwszy rodzaj punktów, to punkty odniesienia posadowione poza zasięgiem przewidywanych przemieszczeń. Drugi rodzaj punktów, to punkty kontrolowane rozmieszczone na badanym obiekcie w taki sposób, aby ich przemieszczenia odzwierciedlały ruchy badanego obiektu. Wykonując okresowe pomiary całej sieci dążymy do określenia przemieszczeń punktów kontrolowanych w stosunku do punktów odniesienia.

Jednak samo zastabilizowanie punktów odniesienia poza zasięgiem przewidywanych przemieszczeń nie stanowi rękojmi ich stałości. Ich niezmiennosc musi zostać potwierdzona przez wykonane okresowe pomiary całej sieci. Badania, których stałość punktów odniesienia w interesującym nas czasie potwierdzają wykonane okresowe pomiary geodezyjne, nazywamy identyfikacją punktów odniesienia. Czynność tę można wykonać poprzez porównanie różnic uzyskanych wyników pomiaru tych samych elementów lub ich funkcji. W drugim przypadku pośrednim etapem analizy funkcji różnicy wyników pomiaru jest określenie przemieszczeń względnych. Przemieszczenia te uzyskamy przyjmując warunki nawiązania nie zniekształcające danej sieci.

Dla sieci niwelacyjnej wyznaczenia przemieszczeń pionowych warunkiem nawiązania nie zniekształcającym, umożliwiającym wyznaczenie przemieszczeń względnych jest zerowe przemieszczenie jednego punktu.

Dla sieci wyznaczenia przemieszczeń poziomych, w której dokonano pomiaru jedynie elementów kątowych, możemy przyjąć zerowe przemieszczenia dwóch punktów, natomiast gdy sieć zawiera pomierzone elementy liniowe, nie zniekształcimy jej warunkami nawiązania zakładając zerowe przemieszczenia jednego punktu oraz jednej współrzędnej punktu sąsiedniego.

Mając określone przemieszczenia względne punktów możemy sformułować warunki, jakie powinny być spełnione pomiędzy punktami wzajemnie stałymi. Dla sieci wyznaczenia przemieszczeń pionowych warunek niezmienności punktów, to ta sama wartość przemieszczenia względnego, czyli zerowa wartość różnicy przemieszczeń względnych. Dla sieci wyznaczenia przemieszczeń poziomych warunek niezmienności punktów odniesienia formułowany bywa jako zerowość skrótu i zmiany długości. Na skutek nieuniknionych błędów przypadkowych warunki te w ogólnym przypadku nie są spełnione, powinny być jednak spełnione w granicach dokładności pomiaru. Warunki te zapiszemy w ogólnej postaci:

$$df < mdf$$

a więc funkcja różnicy obserwacji pomiędzy punktami spełniającymi warunek stałości powinna być mniejsza od błędu średniego jej wyznaczenia.

Jak wiadomo z teorii prawdopodobieństwa, prawdopodobieństwo nieprzekroczenia błędu średniego wynosi 0,68, a więc prawdopodobieństwo przekroczenia, zwane poziomem istotności wynosi 0,32. Statystycznie oznacza to, że w sieci o np. 15 punktach stałych przytoczoną nierówność spełnia jedynie 10 punktów, a pozostałe zostają wyeliminowane z tej grupy. Aby temu zapobiec, wprowadzany bywa współczynnik kryterium stałości L pozwalający na uwzględnienie przypadków o mniejszym poziomie istotności:

$$df < L mdf$$

Potrzeba uwzględnienia tego współczynnika występuje szczególnie wówczas, gdy przy jego pominięciu, a więc pominięciu przypadków o prawdopodobieństwie wystąpienia poniżej 0,32, nie uzyskujemy wymaganej liczby punktów, których stałość potwierdzają wykonane obserwacje. Zależność pomiędzy wielokrotnością błędu średniego L , prawdopodobieństwem jego nieprzekroczenia W oraz poziomem istotności PI wyraża poniższa tablica.

Tablica 1

Zależność pomiędzy wielokrotnością błędu średniego L, prawdopodobieństwem jego nieprzekroczenia W oraz poziomem istotności PI

L	1	2,5	3,0	3,7
W	0,68	0,950	0,990	0,999
PI	0,32	0,050	0,010	0,001

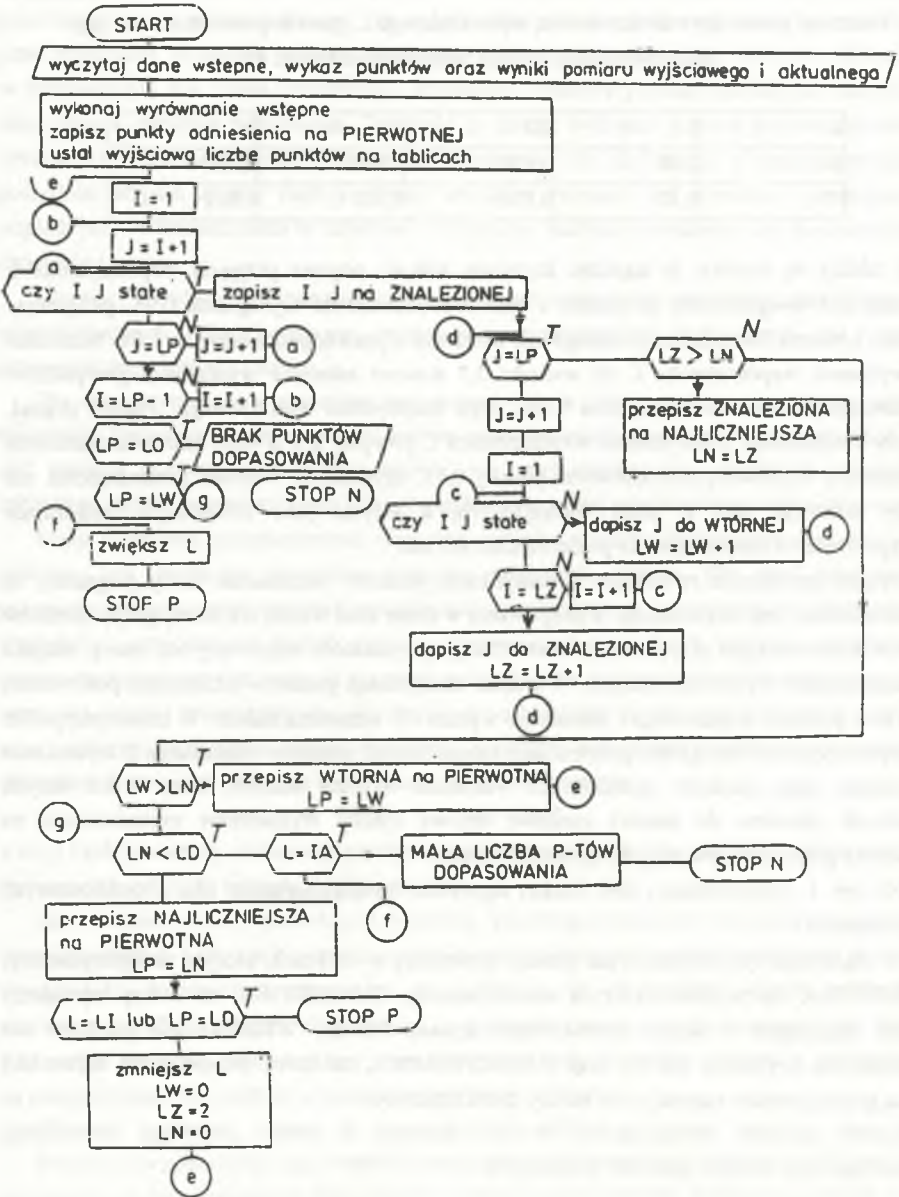
Z tablicy tej wynika, że łagodząc kryterium stałości poprzez przyjęcie współczynnika L równego 2,5 uwzględniamy przypadki o prawdopodobieństwie wystąpienia 0,05, przyjmując wartość L równą 3,0 zakładamy wystąpienie zdarzenia o prawdopodobieństwie 0,01. Natomiast podwyższenie współczynnika L do wartości 3,7 stanowi założenie wystąpienia przypadków o prawdopodobieństwie wystąpienia 0,001, czyli statystycznie niemożliwego. Panuje pogląd, że przy konieczności podwyższenia współczynnika L powyżej 2,5, a więc założenia zaistnienia przypadków o prawdopodobieństwie poniżej 0,05, uzyskanych wartości przemieszczeń nie należy traktować jako w pełni wiarygodnych, a jedynie jako orientacyjne, sugerujące występowanie na danym obiekcie przemieszczeń lub nie.

Drugim problemem związanym z identyfikacją punktów odniesienia, który pragniemy tu przeanalizować, jest ewentualność występowania w danej sieci więcej niż jednej grupy punktów stałych. Może wystąpić przypadek, że niewielka grupa punktów, rzędu trzy lub cztery, ulegnie przemieszczeniu o podobną wartość. W trakcie identyfikacji punktów odniesienia porównanie wyników pomiaru wyjściowego i aktualnego wykaże ich wzajemną stałość. W takim przypadku jedynym wyjściem wydaje się przeszukanie całego zbioru punktów odniesienia i wyszukanie wszystkich grup punktów spełniających wzajemnie kryteria stałości. Przy braku innych przesłanek odnośnie do stałości punktów, celowe byłoby wyznaczenie przemieszczeń na podstawie grupy punktów stałych najbardziej licznej.

Na rys. 1. przedstawiamy sieć działań algorytmu uwzględniającego oba z podnoszonych tu problemów.

W algorytmie tym rozpatrywane punkty zapisujemy w tablicach, którym nadajemy nazwy: PIERWOTNA dla punktów, których stałość badamy, ZNALEZIONA, na której zapisujemy punkty spełniające w danym poszukiwaniu kryteria stałości, WTÓRNA dla punktów nie spełniających kryterium stałości oraz NAJLICZNIEJSZA, na którą przepisujemy najbardziej liczną grupę punktów zapisanych w tablicy ZNALEZIONA.

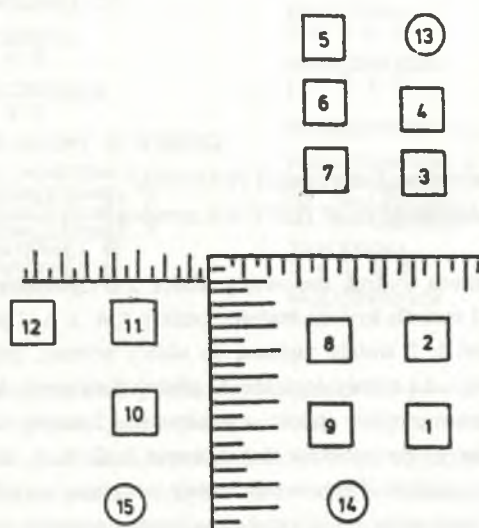
Liczby punktów występujących w tych tablicach w danym przebiegu identyfikacji oznaczymy odpowiednio przez LP, LZ, LW, LN.



Rys. 1. Sieć działań proponowanego algorytmu

Fig. 1. Processing network of the proposed algorithm

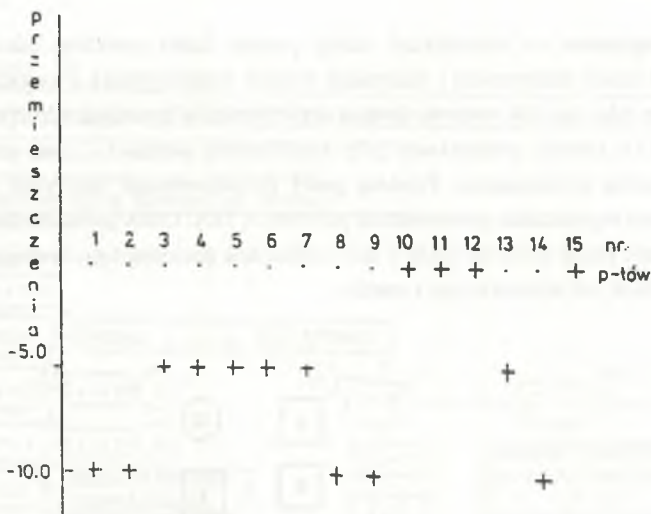
Przed przystąpieniem do identyfikacji należy poznać liczbę punktów odniesienia LO. Musimy również ustalić maksymalną i minimalną wartość współczynnika L oznaczoną w sieci działań algorytmu jako LA, LI, oraz minimalną liczbę punktów spełniających kryteria stałości (dopasowania) LD, których niez uzyskanie przy maksymalnej wartości L jest równoznaczne z niewyznaczalnością przemieszczeń. Przebieg pracy proponowanego algorytmu zilustrujemy na przykładzie sieci wyznaczenia przemieszczeń pionowych TESTOWA przedstawionej na rys. 2. W sieci tej założono uskok pionowy rzędu 5 mm wzdłuż linii poziomej tego rysunku oraz uskok rzędu 10 mm wzdłuż linii pionowej tego rysunku.



Rys. 2. Szkic sieci TESTOWA

Fig. 2. TESTOWA network

Sieć ta zawiera 12 punktów odniesienia oznaczonych 1-12 oraz trzy punkty kontrolowane oznaczone 13-15. Przy przyjęciu ostatniego punktu sieci 15 jako stałego uzyskano przemieszczenia względne zilustrowane na rys. 3.



Rys. 3. Wykres przemieszczeń względnych sieci TESTOWA

Fig. 3. Graph of relative deformations of TESTOWA network

Tok identyfikacji przedstawia wydruk stanowiący tablicę 2. Przy maksymalnej wartości L równej 2,5 para punktów 1,2 spełniła kryteria stałości, punkty 3, 4, 5, 6, 7 jako nie spełniające kryterium stałości z punktami 1, 2 zostały zapisane na tablicy wtórnej, punkty 8, 9 spełniły kryterium stałości z punktami 1, 2 i zostały dopisane do tablicy znalezionej, kolejne trzy punkty 10, 11, 12 jako nie spełniające warunków stałości z punktami 1, 2 zostały dopisane do tablicy wtórnej. W efekcie uzyskano grupę punktów dopasowania 1, 2, 8, 9, które wobec braku dotychczas liczniejszej grupy punktów dopasowania zostały przepisane na tablicę najliczniejszą. Wobec faktu, że liczebność tabeli wtórnej LW przekracza liczbę elementów tabeli najliczniejszej LN , musimy zbadać, czy wśród punktów tabeli wtórnej nie występuje grupa punktów dopasowania o liczbie punktów większej od dotychczas najliczniejszej LN . W tym celu tabelę wtórną przepisujemy na pierwotną i czynność identyfikacji powtarzamy.

Po znalezieniu pary punktów wzajemnie stałych 3, 4 punkty te wraz z punktami 5, 6, 7 spełniającymi z nimi warunki stałości zostały zapisane na tablicy znalezionej. Punkty 10, 11, 12 jako nie spełniające kryterium stałości z uzyskaną ostatnio grupą zostały zapisane na tablicy wtórnej. Ponieważ aktualna tablica znalezionej jest większa od dotychczas najliczniejszej, elementy tablicy znalezionej przepisujemy na tablicę najliczniejszą. Aktualnie tablica najliczniejsza jest większa od tablicy wtórnej, nie ma więc uzasadnienia dla kolejnego poszukiwania jeszcze jednej grupy punktów dopasowania spośród elementów tablicy wtórnej. W ten sposób przy współczynniku L równym 2,5, a więc na poziomie istotności 0,05 uzyskaliśmy grupę punktów dopasowania o liczebności większej od założonej minimalnej LD .

Tablica 2

Tok identyfikacji punktów

WSPÓŁCZYNNIK $L=2.5$	ZNALEZIONA
PARA PUNKTÓW 1 2	3 4 5 6 7
DO WTÓRNEJ 3	NAJLICZNIJSZA
DO WTÓRNEJ 4	3 4 5 6 7
DO WTÓRNEJ 5	WSPÓŁCZYNNIK $L=2.0$
DO WTÓRNEJ 6	PARA PUNKTÓW 3 4
DO WTÓRNEJ 7	DO ZNALEZIONEJ 5
DO ZNALEZIONEJ 8	DO ZNALEZIONEJ 6
DO ZNALEZIONEJ 9	DO ZNALEZIONEJ 7
DO WTÓRNEJ 10	ZNALEZIONA
DO WTÓRNEJ 11	3 4 5 6 7
DO WTÓRNEJ 12	NAJLICZNIJSZA
ZNALEZIONA	3 4 5 6 7
1 2 8 9	WSPÓŁCZYNNIK $L=1.5$
NAJLICZNIJSZA	PARA PUNKTÓW 3 4
1 2 8 9	DO ZNALEZIONEJ 5
POSZUKUJEMY Z WTÓRNEJ	DO ZNALEZIONEJ 6
PARA PUNKTÓW 3 4	DO ZNALEZIONEJ 7
DO ZNALEZIONEJ 5	ZNALEZIONA
DO ZNALEZIONEJ 6	3 4 5 6 7
DO ZNALEZIONEJ 7	NAJLICZNIJSZA
DO WTÓRNEJ 10	3 4 5 6 7
DO WTÓRNEJ 11	
DO WTÓRNEJ 12	

Dalej badamy, czy przy zmniejszeniu współczynnika L o pewną wartość, a więc zaostreniu kryterium stałości, uzyskana grupa punktów będzie dalej to zaostrene kryterium spełniać. Zaniechamy czynności zaostarzania kryterium stałości w dwóch przypadkach.

Po pierwsze, jeśli liczba punktów dopasowania osiągnie założoną minimalną ich liczbę LD . Po drugie, gdy współczynnik L osiągnie założoną minimalną wartość LI równą najczęściej jeden, a więc poziom istotności 0,32.

W wyrównaniu ostatecznym korzystne jest odrzucenie przyjęcia zerowej wartości przemieszczeń na punktach dopasowania, a przyjęcie zerowej sumy przemieszczeń na punktach dopasowania, przez co unikniemy zniekształcenia wyników pomiaru warunkami nawiązania.

W rozpatrywanej przez nas sieci TESTOWA ostateczne wartości przemieszczeń zostały wyznaczone na podstawie najliczniejszej grupy punktów dopasowania 3, 4, 5, 6, 7 uzyskanej przy współczynniku L równym jeden, czyli na poziomie istotności 0,32, których wydruk przedstawia tablica 3.

Dla proponowanego algorytmu identyfikacji punktów odniesienia ułożono programy komputerowe w celu wyznaczenia przemieszczeń pionowych o nazwie PION, i przemieszczeń poziomych o nazwie POZI. Przewidziano w nich możliwość uzyskania dodatkowych wydruków umożliwiających śledzenie działania algorytmu identyfikacji, które dla omawianej przykładowo sieci TESTOWA zawiera tablica 3.

Tablica 3

Wartości przemieszczeń w sieci TESTOWA

NAZWA OBIEKTU - testowa

POMIAR AKTUALNY Z DNIA 4.9.1993

WSPÓLCZYNNIK KRYTERIUM STALOCISCI L = 1.0

POMIAR WYJSCIOWY Z DNIA 30.07.93

OBLICZONE $m_0 = .01$ MM JAKO MINIMALNE PRZYJETO .10 MM

NUMER REPERU	PRZEMIESZCZENIE	SREDNI	MAKSYM.
1	-5.0	.3	1.0
2	-5.0	.2	.9
3	.0	.2	.7
4	.0	.2	.9
5	.0	.2	.8
6	-.0	.2	.9
7	-.0	.2	.7
8	-6.0	.3	1.0
9	-6.0	.3	1.1
10	5.0	.3	1.2
11	5.0	.3	1.1
12	5.0	.3	1.2
13	.0	.2	.9
14	-5.0	.3	1.2
15	5.0	.3	1.3

LITERATURA

1. Lazzarini T.: Geodezyjne metody badania przemieszczeń budowli i ich otoczenia. PPWK, Warszawa 1977.
2. Laudyn I.: Obliczanie przemieszczeń poziomych budowli. Prace IGiK, zeszyt 1 (64), Gliwice 1980.
3. Lisiewicz S.: Algorytm identyfikacji punktów odniesienia z wykorzystaniem analizy zmiany skreću i skali sieci. Przegląd Geodezyjny 1985, nr 10, s.14-16.

Recenzent: Doc. dr inż. Tadeusz Dziura

Abstract

The paper comprises two problems occurring in identification algorithm of reference points. First of them concerns accuracy with which, points qualified as constant, must accomplish the stability conditions. The solution of that problem by means of tempering – within a certain scope – the stability criterion, was proposed. The second problem concerns the occurrence, in the given set, of more than one group of points mutually accomplishing the stability criteria. In the elaborated algorithm the solution of the mentioned problem was proposed by means of finding out all point groups mutually constant and by basing deformation designation on the most numerous point group. Two computer programs, in FORTRAN 77 language, were elaborated for the proposed algorithm. One named PION concerns vertical deformations, the second POZI deals with horizontal deformations.