

JUSTYNA CHODOWICZ  
JANINA DERYŁO-STĘPNIAK

528.141 : 528.414 : 681.142.8—523.8

## **Program wyrównania wielowęzłowych sieci poligonowych na maszynie UMC-1**

### **A. Założenia programu**

#### *1. Krótki opis metody numerycznej*

Z uwagi na istniejące potrzeby produkcji geodezyjnej w pierwszym półroczu 1964 r. w Zakładzie Obliczeń Geodezyjnych Instytutu Geodezji i Kartografii opracowano program wyrównania sieci poligonowych na elektronowej maszynie UMC-1.

Z wielu możliwych rozwiązań tego zadania przyjęto metodę kolejnych przybliżeń z pewną modyfikacją, dotyczącą sposobu obliczenia wag dla funkcji obserwacji poddawanych wyrównaniu. Jako funkcje obserwacji przyjęto sumy kątów i sumy przyrostów współrzędnych obliczonych po wyrównaniu kątów na poszczególnych ciągach. Wyrównanie polega na obliczeniu w  $s$  przybliżeniach wartości azymutów i współrzędnych węzłowych za pomocą ogólnej średniej arytmetycznej.

Po otrzymaniu ostatecznych wartości węzłów następuje wyrównanie pojedynczych ciągów metodą przybliżoną.

W procesie iteracyjnym zmianom ulegają nie tylko wartości nieświadomych (tj. azymuty i współrzędne węzłowe), ale i wagi obserwacji.

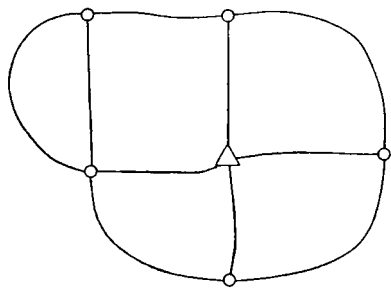
Zmiany wag następują zgodnie z regułami przyjętymi dla metody równoważnej zamiany i są stosowane dla ciągów będących połączeniem 2-ch wyrównywanych punktów węzłowych. Ten sposób jest powszechnie stosowany w przybliżonych wyrównaniach metodą punktów węzłowych.

Przy wyborze metody rachunku kierowano się prostotą wzorów, wymaganiami obowiązujących instrukcji wyrównania sieci poligonowych oraz możliwościami maszyny elektronowej.

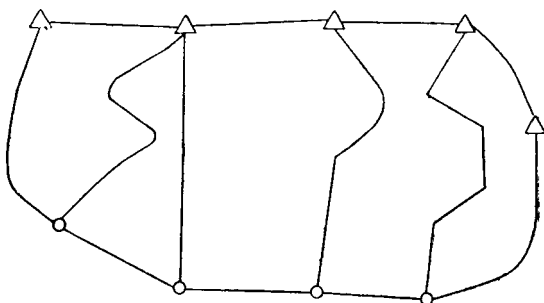
Szczegółowy przebieg pracy programu opisano w cz. B artykulu.

Obliczenie wag obserwacji i cały tok postępowania wyrównawczego są poprawniejsze, jeżeli ciągi poligonowe w sieci są prostoliniowe. Dla spełnienia tego warunku wskazane jest punkty węzłowe obierać tak, aby zawarte między nimi ciągi stanowiły odcinki prostoliniowe.

Dla oceny jakości przyjętej metody i porównania wyników obliczeń otrzymanych innymi sposobami wyrównano 2 sieci poligonowe, których kształt przedstawia rys. 1 i 2.



Rys. 1



Rys. 2

Sieć przedstawiona schematycznie na rys. 1 została przyjęta z eksperymentalnych pomiarów dokonanych przez Wydział Geodezji Politechniki Warszawskiej. Sieć ta charakteryzuje się błędem pomiaru kąta  $17^{\circ}$  i błędem względnym pomiaru boku  $1 : 25\ 000$ .

Wyrównanie przeprowadzono niezależnie przyjmując jako wartości stałe: współrzędne punktu centralnego sieci i kąt kierunkowy pomierzony na tym punkcie. Z wyrównania ścisłego metodą pośredniczącą uzyskano błędy średnie współrzędnych rzędu 2—4 cm. Dla 5-ciu węzłów tej sieci po wykonaniu 4-ch przybliżeń w porównaniu z metodą najmniejszych kwadratów uzyskano maksymalne różnice:

dla azymutów węzłowych  $34^{\circ}$ ,

dla współrzędnych punktów węzłowych 11 milimetrów. Przeciętna różnica dla współrzędnych wynosi 6 milimetrów.

Sieć poligonizacji precyzyjnej przedstawiona na rys. 2 zaczerpnięta została z archiwum Państwowego Przedsiębiorstwa Geodezyjnego i charakteryzuje się dokładnościami: błąd pomiaru kąta  $12^{\circ}$ , względny błąd pomiaru boku mniejszy niż  $1 : 30\ 000$ . Sieć ta, składająca się z 103 punktów została wyrównana metodą węzłów Popowa i metodą najmniejszych kwadratów w nawiązaniu do 5-ciu punktów o stałych współrzędnych i do 5-ciu kątów kierunkowych pomierzonych na punktach stałych.

Z wyrównania ścisłego uzyskano średnie błędy współrzędnych w granicach 2—10 cm.

Do wyrównania sposobem Popowa przyjęto 4 węzły wynikające z kształtu sieci (patrz rys. 2).

Dla wyrównania na maszynie omawianym programem przyjęto ogółem 14 węzłów, tworząc w przybliżeniu prostoliniowe odcinki ciągów oraz zakładając dodatkowo stałość 2-ch kątów kierunkowych, uzyskanych z pomiarów astronomicznych. Wagi wyrównywanych obserwacji zostały obliczone według wzorów podanych dalej bez uwzględnienia błędów średnich pomierzonych kątów i boków. Wyrównane współrzędne punktów węzłowych zostały obliczone po wykonaniu 8-u przybliżeń.

Porównane z dwiema wymienionymi metodami wyniki naszego wyrównania dla współrzędnych 14-tu punktów węzłowych zestawiono w poniższej tabelce:

$x - x_s$	$x_p - x_s$	$y - y_s$	$y_p - y_s$
+0,079	-0,025	-0,101	+0,033
-2	-5	+11	+2
-22	-30	+69	-12
-5	+22	+13	+1
+67	+34	+13	+9
+13	+28	+69	-16
+4	-10	+4	-5
+88	-18	-75	+4
-99	-43	-41	-4
-132	-24	-51	-28
+11	-10	-23	+12
+62	+5	-39	+7
+79	-9	-35	+17
+101	+16	-8	-7

gdzie:  $x_p, y_p$  — współrzędne uzyskane z wyrównania metodą Popowa (w metrach),

$x_s, y_s$  — współrzędne uzyskane z wyrównania na maszynie UMC-1,

$x, y$  — współrzędne uzyskane z wyrównania metodą najmniejszych kwadratów.

Z obliczeń różnic wyrównanych współrzędnych wynika, że zastosowana metoda wyrównania sieci poligonowych na maszynie UMC-1 daje wyniki obliczeń bardzo zbliżone do metody węzłów Popowa.

Z przytoczonych porównań wartości wyrównanych widać, że różnice między wynikami wyrównania elementów węzłowych metodą najmniej-

szych kwadratów i zastosowanym sposobem przybliżonym są rzędu wartości błędów średnich współrzędnych. Stąd nasuwa się wniosek, że za pomocą opracowanego programu można w uzasadnionych wypadkach wyrównywać również sieci poligonizacji precyzyjnej. Tym bardziej, że w programie przewidziano możliwość przyjęcia dowolnych wag obserwacji.

## 2. Dane wyjściowe

Zespół wartości początkowych wprowadzanych do maszyny stanowią informacje ogólne odnoszące się do całej wyrównywanej sieci i dane odnoszące się do poszczególnych ciągów. W informacjach ogólnych podaje się:

- a) liczbę punktów stałych  $N$ , na których pomierzono azymuty kierunków nawiązujących i dla których istnieją współrzędne  $x, y$ ,
- b) liczbę punktów węzłowych do wyrównania  $n$ ,
- c) liczbę wszystkich ciągów w sieci  $i$ ,
- d) wartość  $Y_0$  (cecha współrzędnej  $Y$ ) w przypadku redukcji w odwzorowaniu Gaussa-Krügera,
- e) numer sieci (obiektu),
- f) liczbę i numery punktów, na których istnieją tylko azymuty kierunków nawiązania, albo posiadających tylko stałe współrzędne  $x, y$ ,
- g) wartości azymutów kierunków nawiązania i współrzędnych punktów nawiązania,
- h) liczbę przybliżeń  $s$ .

Dla każdego ciągu sieci podaje się numery punktów, obserwowane wartości kątów i boków zawarte w dzienniku polowym oraz liczbę pomierzonych kątów  $n_k$  i liczbę punktów ciągu  $p$ .

Ze względu na ograniczone możliwości maszyny UMC-1, wyposażonej w stosunkowo mało pojemną pamięć, równocześnie może być wyrównywana sieć składająca się z kilkudziesięciu ciągów.

## 3. Sposób przygotowania danych

Przed wyrównaniem sporządza się schematyczny szkic sieci zawierający numery punktów, numery ciągów, oznaczenia kątów (lewe, prawe) i kierunek pomiaru ciągów.





w wykazie posiadał połączenie chociaż 1-nym ciągiem z punktem umieszczonym uprzednio.

W grupie punktów do wyrównania mogą się znaleźć również punkty o stałych współrzędnych lub punkty, na których są pomierzone azymuty boków. Wynika stąd konieczność obierania węzłów na tego rodzaju punktach.

Azymuty kierunków nawiązujących podawane są z dokładnością  $1^{\text{cc}}$  lub  $1''$ , a współrzędne (zawsze dodatnie) do 1 milimetra.

#### 4. Dokładność rachunku

Całość rachunku prowadzona jest z dokładnością  $1^{\text{cc}}$  (dla kątów) i 1 mm (dla współrzędnych).

Wagi kątowe liczone są z dokładnością 3 cyfr po przecinku, zaś wagi liniowe z dokładnością 4 cyfr po przecinku. Wartości funkcji sin i cos liczone są 7-cyfrowo.

Dla azymutów i współrzędnych węzłowych liczone są przybliżone błędy średnie z odchyłek kątowych i liniowych w ciągach jako błędy ogólnej średniej arytmetycznej.

#### 5. Wyniki ekonomiczne

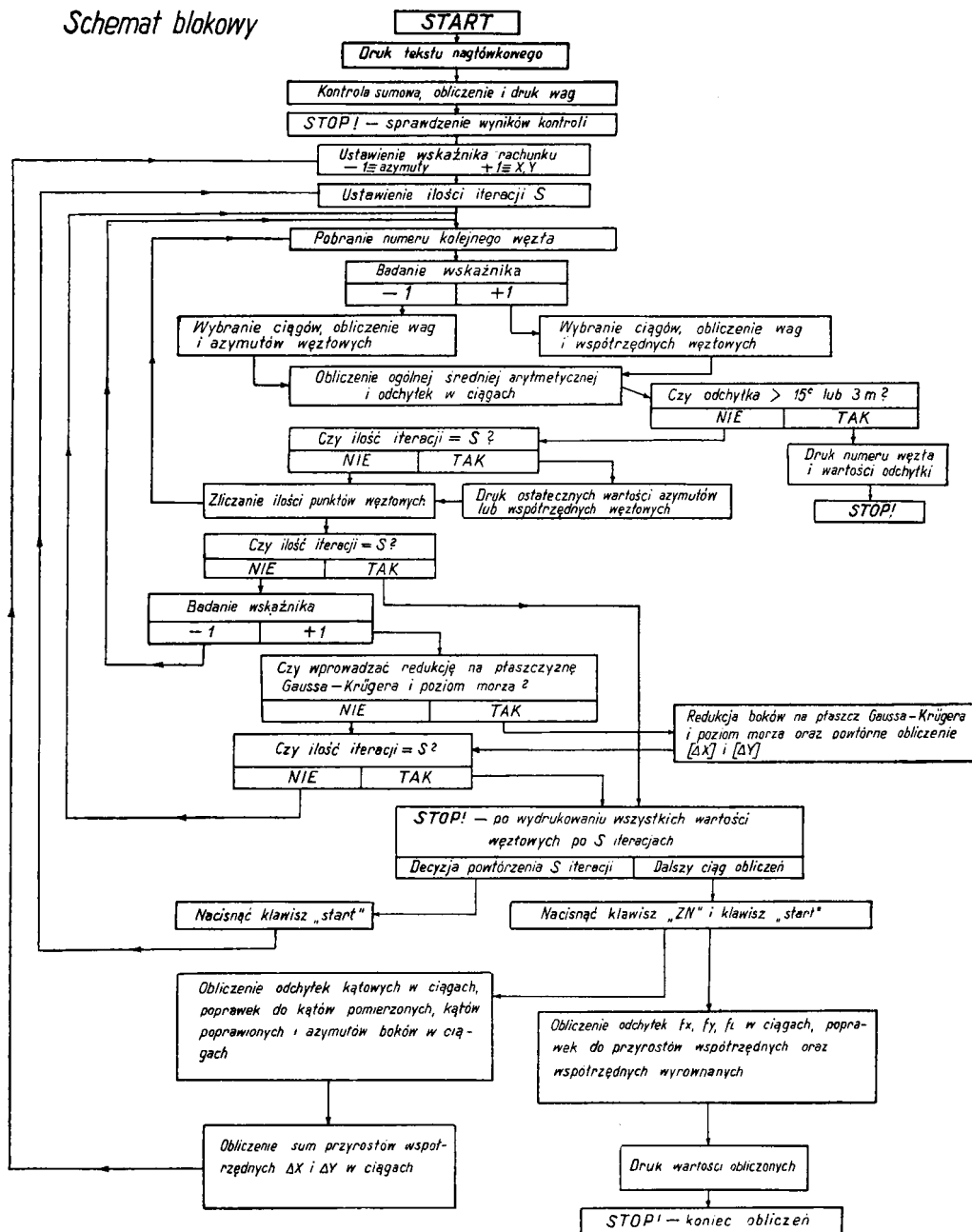
Przy użyciu omawianego programu wyrównano kilka różnych sieci poligonowych. Między innymi wyrównano 13-węzłową sieć poligonizacji technicznej złożoną z 29 ciągów. Na przygotowanie danych początkowych tej sieci (perforacja i sprawdzenie) zużyto około 7 godzin pracy ręcznej. Całkowity czas wyrównania na maszynie łącznie z wprowadzeniem danych początkowych i drukiem wartości ostatecznych wyniósł ca 4 godz.

W sumie wyrównanie na maszynie elektronicznej jest około 20 — 40 razy szybsze niż na arytmomermie ręcznym. Duży wpływ na szybkość wyrównania ma jakość materiałów polowych oraz staranne przygotowanie danych wyjściowych.

#### B. Działanie programu

Całość wyrównania przebiega w 2-ch fazach. Najpierw są obliczane wyrównane azymuty węzłowe, wyrównane kąty i azymuty wszystkich boków w ciągach, a następnie wyrównane współrzędne punktów węzłowych i wyrównane współrzędne wszystkich punktów sieci.

## Schemat blokowy



Przedstawiony schemat blokowy, w sposób bardzo ogólny podaje tok postępowania przy wyrównaniu sieci poligonowej.



Dla wykonania tego zadania opracowano cały szereg programów, realizujących następujące obliczenia:

- 1) program obliczenia wag obserwacji i kontroli danych początkowych,
- 2) program obliczenia azymutów węzłowych,
- 3) program obliczenia współrzędnych węzłowych,
- 4) program obliczenia wyrównanych azymutów wszystkich boków w ciągach,
- 5) program obliczenia sum przyrostów współrzędnych  $\Delta x$  i  $\Delta y$ ,
- 6) program obliczenia redukcji boków na płaszczyznę w odwzorowaniu Gaussa-Krügera i poziom morza,
- 7) program rachunku wyrównanych współrzędnych punktów w ciągach,
- 8) program koordynujący działanie wszystkich programów, biorących udział w wyrównaniu sieci,
- 9) programy pomocnicze, takie jak np. program obliczenia funkcji sinus i cosinus kąta, druku liczb i inne.

Cały program składa się z 1591 rozkazów.

Cykl obliczeniowy rozpoczyna się drukiem tekstu nagłówkowego „Wyrównanie sieci poligonowej Nr....” oraz podaniem dla każdego ciągu:

- 1) numeru ciągu,
- 2) numeru komórki pamięci, od której rozpoczyna się kolejny zapis informacji podawanych dla każdego ciągu (wartość ta podawana jest wyłącznie dla ułatwienia pracy operatorowi przy ewentualnym usuwaniu błędów w danych początkowych),
- 3) kontroli sumy kątów w ciągu (wynik dodania wyperforowanej z przeciwnym znakiem sumy kątów w ciągu do obliczonej przez maszynę sumy kątów),
- 4) kontroli sum długości boków (kontrola analogiczna do kontroli sum kątów),
- 5) wag obliczonych z wzorów:

$$p_k = \frac{10}{n_k} \quad p_d = p_x = p_y = \frac{10^6}{L}$$

gdzie  $n_k$  jest liczbą kątów w ciągu, a  $L$  sumą długości boków w ciągu wyrażoną w metrach.

Wagi mogą mieć również postać:

$$p_k = \frac{10}{n_k \cdot m_0^2}; \quad p_d = \frac{1000}{L \cdot m_d^2}$$

gdzie  $m_0$  i  $m_d$  są średnimi błędami pomierzonego kąta i boku w ciągu.

Maszyna zatrzymuje się, aby operator mógł prześledzić kontrolne kolumny (3) i (4) i poprawić ewentualne błędy w danych. Dalsze obliczenia maszyna wykonuje po naciśnięciu klawisza „Start”.

Następuje wyrównanie azymutów węzłowych.

$R + 1$  przybliżenie wartości azymutu węzłowego otrzymuje się jako ogólną średnią arytmetyczną z wartości dających się obliczyć przy pomocy  $r$ -tych przybliżeń sąsiednich azymutów węzłowych, tj. połączonych jednym ciągiem.

Przy czym korzysta się z wzorów:

$$A_k = A_p \pm [\beta]_{i=1}^{i=n_k} + n_k \cdot 200^g$$

$$\frac{1}{p_w} = \frac{1}{p_k} + \frac{1}{p_w}$$

$$A_w = A_0 + \frac{[p_k \cdot \Delta]_{i=1}^{i=m}}{[p_k]_{i=1}^{i=m}}$$

gdzie:  $A_p, A_k$  — są azymutami początkowymi i końcowymi ciągu,

$\beta$  — kątami pomierzonymi w ciągu,

$n_k$  — liczbą kątów w ciągu,

$p_w$  — jest wagą obliczanego azymutu z jednego ciągu,

$p_w'$  — wagą sąsiedniego azymutu węzłowego,

$p_k$  — wagą obserwacji kątowych w ciągu,

$p_w = [p_k]_{i=1}^{i=m}$  ( $m$  — ilość ciągów wyznaczających dany węzeł),

Znaki górne obowiązują dla kątów lewych, zaś znaki dolne dla kątów prawych.

$A_0$  — wartość przybliżona azymutu węzłowego, w stosunku do której obliczane są odchyłki  $\Delta$ . Dla każdej odchyłki przeprowadza się badanie czy  $\Delta = A_i - A_0 \leq 15^c$  i w przypadku nie spełnienia tej nierówności maszyna sygnalizuje, że stwierdzono grube błędy, przez wypisanie numeru węzła aktualnie obliczanego oraz wartości odchyłki. Wartość po prawej stronie nierówności jest dowolnie założonym parametrem.

Po wykonaniu ostatniego przybliżenia maszyna drukuje dla każdego punktu węzłowego:

- 1) numer węzła,
- 2) wartość azymutu węzłowego po  $s$  iteracjach,
- 3) różnicę  $da$  między wartością azymutu po  $s$  iteracjach i wartością azymutu po  $s-1$  iteracjach,
- 4) przybliżoną wartość błędu średniego ogólnej średniej arytmetycznej obliczoną wzorem:

$$m_A = \pm \sqrt{\frac{[p_k \cdot f_\alpha \cdot f_\alpha]_{i=1}^{i=m}}{(m-1)[p_k]_{i=1}^{i=m}}}$$

gdzie  $m$  jest liczbą wszystkich ciągów zbiegających się w węzle, a  $f_\alpha$  — są to odchyłki kątowe ciągów.

Po wydrukowaniu powyższych wartości dla wszystkich punktów węzłowych maszyna zatrzymuje się. Należy wówczas przeanalizować czy ilość iteracji jest wystarczająca, to znaczy, czy różnica  $da$  (3) równa się zeru. Jeżeli różnice te są duże powtarzamy dalsze  $s$  iteracji.

Przez naciśnięcie odpowiednich klawiszy na pulpicie maszyny, następuje obliczanie wyrównanych azymutów boków w ciągu. Dla każdego ciągu zostaje obliczona odchyłka

$$f_{\alpha} = A_k - A_p \mp [\beta]_{i=1}^{i=n_k} \pm n_k \cdot 200^g$$

Poprawienie kątów pomierzonych w ciągu dokonuje się przez dodanie do każdego z nich poprawki

$$V_k = \frac{f_{\alpha}}{n_k}$$

Wyrównane azymuty kolejnych boków w ciągu oblicza się na podstawie wzoru:

$$A_n = A_p \pm (\beta + V_k) \mp 200^g$$

W dalszym ciągu maszyna oblicza sumy przyrostów  $\Delta x$  i  $\Delta y$  we wszystkich ciągach i przechodzi do obliczenia współrzędnych węzłowych. Odbywa się to w podobny sposób jak przy iteracji azymutów węzłowych. Wartości współrzędnych punktu węzłowego obliczane z ciągu  $ik$  wyniosą:

$$X_i = X_k + [\Delta X]_{ik}$$

$$Y_i = Y_k + [\Delta Y]_{ik}$$

Współrzędne ostateczne obliczane zostają jako średnie z wagami, analogicznie jak przy wyrównaniu azymutów. Badana jest również wielkość odchyłki

$$\Delta_x = X_i - X_0 \leq 3 \text{ m}$$

$$\Delta_y = Y_i - Y_0 \leq 3 \text{ m}$$

Po wykonaniu pierwszej iteracji współrzędnych możemy dokonać obliczenia redukcji boków na płaszczyznę w odwzorowaniu Gaussa-Krügera i na poziom morza. Wielkość redukcji  $\Delta_G$  jest liczona wzorem:

$$\Delta_G = d \left( -\frac{H}{R} + \frac{y_i^2 + y_i y_k + y_k^2}{6 R^2} \right)$$

gdzie:  $H$  — średnia wysokość ciągu n.p.m. w metrach,

$R$  — średni promień krzywizny dla  $\varphi = 52^\circ$ ,

$y_i$  — rzędna punktu początkowego w ciągu w mm,

$y_k$  — rzędna punktu końcowego,

$d$  — długość boku

Poprawka  $\Delta_G$  jest liczona z dokładnością 1 mm.

Po ostatniej iteracji drukuje się dla każdego punktu węzłowego:

- 1) numer punktu,
- 2) ostateczną wartość współrzędnych  $X$ ,  $Y$ ,
- 3) różnice  $dx$ ,  $dy$  — między wartościami współrzędnych po  $s$  iteracjach i po  $s-1$  iteracjach oraz
- 4) przybliżone wartości średnich błędów współrzędnych punktu węzłowego  $m_x$ ,  $m_y$  obliczone wzorami:

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{[p_d \cdot f_x \cdot f_x]_{i=1}^{i=m}}{(m-1)[p_d]_{i=1}^{i=m}}}; \quad m_y = \pm \sqrt{\frac{[p_d \cdot f_y \cdot f_y]_{i=1}^{i=m}}{(m-1)[p_d]_{i=1}^{i=m}}}$$

Dalszym etapem obliczeń jest wyrównanie przyrostów we wszystkich ciągach oraz obliczenie wyrównanych współrzędnych punktów całej sieci poligonowej.

Program oblicza wartości odchyłek współrzędnych

$$f_x = X_i - X_k - [\Delta X]_{ik}$$

$$f_y = Y_i - Y_k - [\Delta Y]_{ik}$$

oraz  $f_L = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$  i odwrotność błędu względnego  $\frac{L}{f_L}$ . Odchyłki rozrzucone są proporcjonalnie do długości boków  $d$  ciągu:

$$V_x = \frac{f_x}{L} \cdot d; \quad V_y = \frac{f_y}{L} \cdot d$$

Następnie obliczane są wyrównane współrzędne kolejnych punktów ciągu za pomocą wzorów:

$$X_n = X_p + \Delta X + V_x$$

$$Y_n = Y_p + \Delta Y + V_y$$

po czym maszyna drukuje wartości ostateczne dla każdego ciągu, a więc:

- 1) numer ciągu,

- 2) odchyłki  $f_x$ ,  $f_y$  oraz mianownik ułamka  $\frac{1}{\frac{L}{f_L}}$  (jeżeli błąd

względny  $\frac{f_L}{L} < \frac{1}{99999}$ ; maszyna drukuje zawsze wartość równą 99999),

- 3) numer punktu w ciągu,
- 4) azymut boku wychodzącego z tego punktu,
- 5) długość boku oraz
- 6) współrzędne wyrównane punktu.

Strona wydawnicza jest zbliżona do formularzy stosowanych w obliczeniach ręcznych. Ze względu na ograniczoną szerokość papieru dalekopisowego oraz dość długi czas druku w porównaniu z czasem liczenia nie

drukuje się kątów wyrównanych, funkcji sinus, cosinus i przyrostów współrzędnych (patrz podany przykład).

Na zakończenie podajemy przykład z wyrównania na maszynie UMC-1 sieci poligonowej Nr 1112. Sieć ta posiada cztery węzły i jeden położony centralnie punkt stały (znany azymut węzłowy boku poligonowego 1000030-32 oraz współrzędne punktu 1000030). Kąty w sieci pomierzono instrumentem 30", boki taśmą stalową ze szpilkami.

W wyrównaniu założono cztery iteracje azymutów węzłowych i współrzędnych węzłowych.

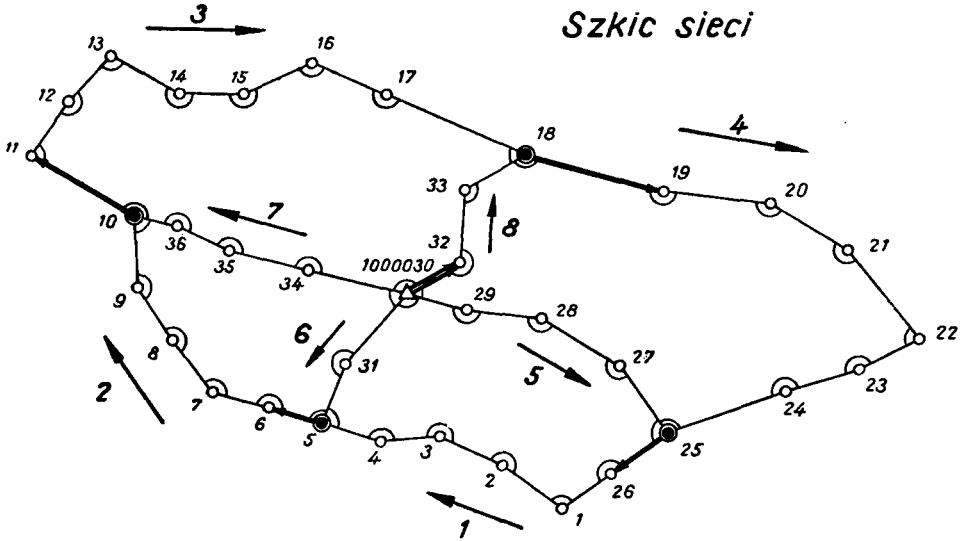
Szczegółowe omówienie strony wydawniczej znajduje się powyżej w fragmencie opisu działania programu. Obie załączone strony przykładu są reprodukcjami tabulogramów wydrukowanych przez maszynę, stąd brak pewnych znaków literowych, spowodowany tym, że dalekopis nie posiada niektórych czcionek. Pierwsza strona przedstawia kontrolę kątów i długości, wagi ciągów oraz wyrównane azymuty i współrzędne punktów węzłowych; druga — przykładowo, dwa pierwsze ciągi sieci poligonowej.

#### L I T E R A T U R A

- [1] Instrukcja B-III. Poligonizacja techniczna — GUGiK 1958 r.
- [2] Tymczasowa instrukcja o wykonywaniu poligonizacji precyzyjnej I i II kl. — GUGiK 1956.
- [3] *Litwinow A. B.*: Osnownyje woprosy pastrojenja i urawniwanja poligonometricheskich sietiej (Moskwa 1962).
- [4] *Kupczinow I. I.*: Primienjenje masziny „Ural” pri dwuchgruppom urawnowiesziwanii poligonometrii (Gieodiezja i Aerofotosjomka Nr 5, 1963).
- [5] *Piotrowski J.*: Geodezja niższa (skrypt) Warszawa 1961.
- [6] *Hausbrandt S.*: Rachunki geodezyjne (Warszawa 1953).
- [7] *Gaździcki J.*: Programy rozwiązywania zadań geodezyjnych na polskiej uniwersalnej maszynie cyfrowej UMC-1 (Prace IGiK t. IX z. 1/19, 1962).
- [8] *Gaździcki J., Janusz W.*: Porównanie przybliżonych sposobów wyrównania sieci poligonowych (Prace IGiK t. VI z. 1/3, 1958).
- [9] *Adamczewski Z., Kwiatkowski S., Ząbek J.*: Ćwiczenia z geodezji niższej cz. I.

Recenzował: dr inż. Jerzy Gaździcki

Rękopis złożono w Redakcji w lipcu 1964 r.



WYRÓWNIANIE SIECI POLIGONOWEJ NR 1112

NR CIĄGU	ADRES	KONTROLA KAT	DLUGOSC	PK	PL
+0001	+2000	+00000000001	+00000000000	+00000001666	+00000016478
+0002	+2036	+00000000001	+00000000000	+00000002000	+00000021698
+0003	+2069	+00000000001	+00000000000	+00000001250	+00000010000
+0004	+2111	+00000000001	+00000000000	+00000001428	+00000009938
+0005	+2150	+00000000001	+00000000000	+00000002000	+00000021459
+0006	+2180	+00000000001	+00000000000	+00000003333	+00000039114
+0007	+2204	+00000000000	+00000000000	+00000002000	+00000024176
+0008	+2234	+00000000000	+00000000000	+00000003333	+00000031512

NUMER	AZYMUT	DA	MA
0000025	0001703912	+00002	00022
0000005	0002320195	+00001	00098
0000010	0002472286	+00001	00139
0000018	0000283691	+00001	00108

NUMER	X	Y	DX	DY	MX	MY
0000025	0001346689	0001279590	+00000	+00001	00061	00079
0000005	0000826021	0001181678	+00000	+00001	00017	00048
0000010	0000629147	0000819394	+00001	+00001	00017	00065
0000018	0001228440	0000828203	+00001	+00001	00043	00071

NR. CIAGU	FA	FX	FY	L/FL
+0001	-00013	+00046	+00145	+03989

NR.P-TU	AZYMUT	DLUGOSC	X	Y	NR.P-TU
0000025			0001346689	0001279590	0000025
	0001703912	0112130			
0000026			0001246478	0001329908	0000026
	0001698077	0095400			
0000001			0001161615	0001373498	0000001
	0002502426	0097080			
0000002			0001093238	0001304614	0000002
	0002403535	0125940			
0000003			0000991773	0001230054	0000003
	0002043163	0082710			
0000004			0000909259	0001224471	0000004
	0002302420	0093610			
0000005			0000826021	0001181678	0000005

NR. CIAGU	FA	FX	FY	L/FL
+0002	+00239	+00031	+00028	+11030

NR.P-TU	AZYMUT	DLUGOSC	X	Y	NR.P-TU
0000005			0000826021	0001181678	0000005
	0002320195	0084220			
0000006			0000752237	0001141087	0000006
	0002286910	0068430			
0000007			0000690644	0001111285	0000007
	0002701309	0102310			
0000008			0000644391	0001020037	0000008
	0002783672	0081630			
0000009			0000617189	0000943080	0000009
	0003061313	0124270			
0000010			0000629147	0000819394	0000010

*itd. dla pozostałych ciągów*

ЮСТЫНА ХОДОВИЧ  
ЯНИНА ДЭРЫЛО-СТЭМНЯК

## ПРОГРАММА УРАВНИВАНИЯ ПОЛИГОННЫХ СЕТЕЙ С БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ УЗЛОВЫХ ТОЧЕК НА МАШИНЕ УМС-1

### Резюме

Статья содержит описание разработанной программы приближенного уравнивания полигонных сетей с большим числом узловых точек на электронно-счетной машине УМС-1.

Программу можно использовать для уравнивания полигонных сетей различной формы и величины, с произвольным числом узловых точек, твердых пунктов и азимутов привязки.

Исходными данными являются:

- 1) значения наблюдаемых углов и длин сторон ходов,
- 2) номера полигонных точек,
- 3) число ходов,
- 4) число узловых точек,
- 5) число твердых пунктов,
- 6) значения координат твердых пунктов и азимутов привязки.

Опираясь на выше указанные информации программа производит уравнивание методом последовательных приближений и дает в результате:

- 1) уравненные узловые азимуты и координаты узловых точек а также их приближенные средние квадратические ошибки,
- 2) уравненные азимуты сторон и координаты всех полигонных пунктов.

Вычисление производится с точностью  $1''$  (для углов) и 1 мм (для координат).

По первоначальным опытам оценивается, что введение предлагаемой программы в употребление сократит время вычислений в несколько десятков раз по сравнению с ручным вычислением.



JUSTYNA CHODOWICZ  
JANINA DERYŁO-STĘPNIAK

## THE ADJUSTMENT PROGRAMME OF THE MANY-NODAL POLYGONAL NETWORKS WITH THE UMC-1 MACHINE

### S u m m a r y

This paper contains the description of an elaborated programme of an approximate adjustment of many-nodal polygonal networks by the use of the electronic digital computing machine UMC-1.

The programme may be used for the adjustment of networks of any shape and size, with any number of nodal points, fixed points and azimuths of attachment (fixed azimuths).

The initial data are:

- 1) values of observed angles and distances in traverses,
- 2) traverse points numbers,
- 3) the number of traverses,
- 4) the number of nodal points,
- 5) the number of fixed points,
- 6) coordinates of fixed points and azimuths of attachment.

On the base of these informations, the programme performs the adjustment by the method of successive approximations giving as results:

- 1) the adjusted nodal azimuths and coordinates of nodal points and their approximate errors,
- 2) the adjusted azimuths of sides and coordinates of all traverse points.

The computation is performed with the accuracy of  $1^{\text{c}}$  (for angles) and of 1 mm (for coordinates).

According to preliminary experiments, there is an estimation, that this programme will shorten the computation many times in comparison with the ordinary manual calculation.