

2014

ĆWICZENIA Z GEODEZJI INŻYNIERYJNEJ



*Katedra Geodezji Inżynieryjnej i Budownictwa
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
2014-01-01*

GEODEZJA INŻYNIERYJNA

Spis treści

OSNOWY GEODEZYJNE.....	3
Wprowadzenie.....	3
Projekt i stabilizacja osnowy.....	6
Pomiar.....	6
Wyrównanie	6
Równania obserwacyjne.....	7
Rozwiązanie nadliczbowego układu równań liniowych.....	9
Analiza dokładności sieci po wyrównaniu (wskaźniki dokładności).....	9
Wyrównanie sieci realizacyjnych w popularnych programach komputerowych.....	10
Kontrola sieci po wyrównaniu.....	10
Metody nawiązania siatek realizacyjnych do osnów państwowych.....	12
Wykorzystanie transformacji bez zmiany skali.....	12
Wyrównanie w nawiązaniu do osnowy państwowej.....	12
Przykład ręcznego opracowania wyników pomiaru regularnej osnowy realizacyjnej.....	12
Przykład opracowania pomiarów osnowy realizacyjnej w programie C-GEO.....	26
Literatura.....	39

Wprowadzenie

We wszystkich asortymentach prac geodezyjnych kluczową rolę odgrywa osnowa geodezyjna, jest ona fundamentem (oparciem) dla wszelkich pomiarów i wyznaczeń jakie prowadzą geodeci. Jest ona praktyczną realizacją układu współrzędnych na określonym obszarze i jest łącznikiem między mapą a terenem - dzięki niej jesteśmy w stanie zrealizować to co projektant naniósł na mapę do celów projektowych.

Rolę osnowy realizacyjnej może pełnić osnowa państwowa jeśli tylko spełnia ona wymagania dokładnościowe oraz lokalizacyjne. Gdy istniejąca osnowa szczegółowa lub pomiarowa nie może posłużyć do oparcia pomiarów realizacyjnych należy założyć osnowę realizacyjną dopasowaną do potrzeb konkretnej inwestycji. Przy zakładaniu osnowy należy uwzględnić, iż nie będzie ona służyć jedynie do pomiarów realizacyjnych ale również do przygotowania podkładów mapowych (mapa do celów projektowych), inwentaryzacji powykonawczych, pomiarów przemieszczeń i odkształceń oraz aktualizacji mapy zasadniczej po zakończeniu procesu budowlanego. Z powyższego wynika, że osnowa taka musi posiadać współrzędne wyznaczone w państwowym układzie współrzędnych oraz spełniać wymagania dokładnościowe dla minimum osnowy pomiarowej według instrukcji G-4.

Podobnie jak w przypadku osnów państwowych wyróżniamy klasy i rzędy tak w pomiarach realizacyjnych występuje podział na osnowę podstawową i szczegółową. Osnowa podstawowa służy do utrwalenia układu współrzędnych na terenie inwestycji, nawiązania do układu państwowego, rozwinięcia osnowy szczegółowej oraz, jeśli to możliwe, wykonania pomiarów realizacyjnych. Zaś osnowa szczegółowa służy tylko i wyłącznie do pomiarów inwentaryzacyjnych i tyczeniowych. Przy mniejszych inwestycjach nie wymaga się stosowania tak rozbudowanej struktury i zakłada się jednorzędową osnowę realizacyjną. Najczęściej jest to osnowa przestrzenna (najwygodniejsza w użyciu) ale czasem rozdziela się ją na osnowę sytuacyjną (poziomą) i wysokościową – zwłaszcza gdy istnieje duża dysproporcja dokładności między poszczególnymi składowymi.

Osnowa geodezyjna – usystematyzowany zbiór punktów geodezyjnych, dla których określono matematycznie ich wzajemne położenie i dokładność usytuowania.

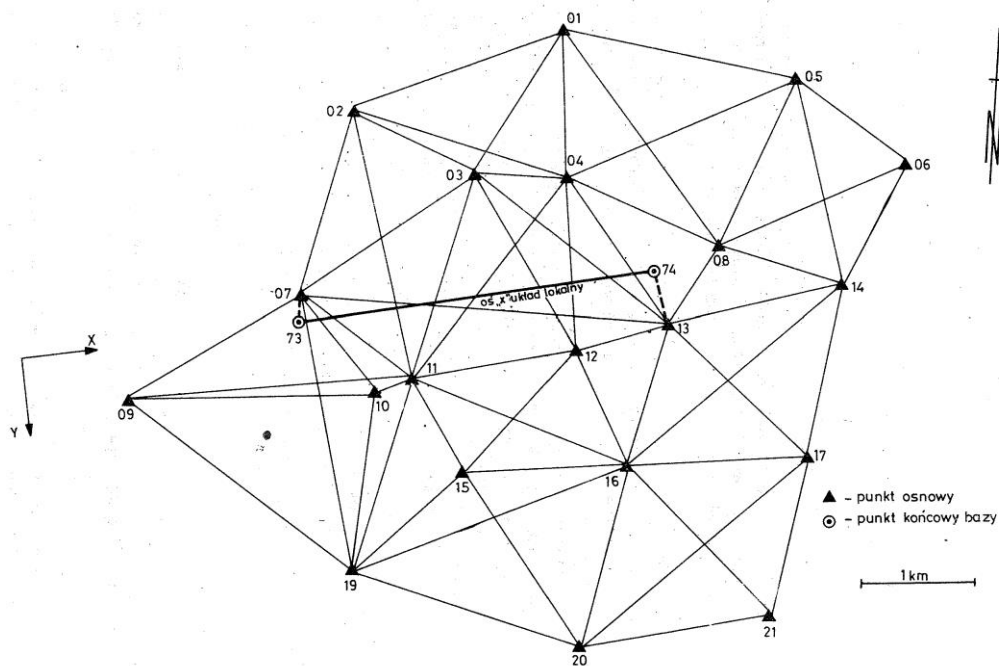
Podstawowa osnowa realizacyjna – osnowa geodezyjna złożona z punktów odniesienia stanowiących punkty pierwszego rzędu na określonym obszarze objętym pomiarami realizacyjnymi i przeznaczona do wyznaczenia szczegółowej osnowy realizacyjnej.

Szczegółowa osnowa realizacyjna – złożona z punktów odniesienia stanowiących punkty drugiego rzędu i przeznaczona do bezpośredniego tyczenia osi konstrukcyjnych obiektu budowlanego.

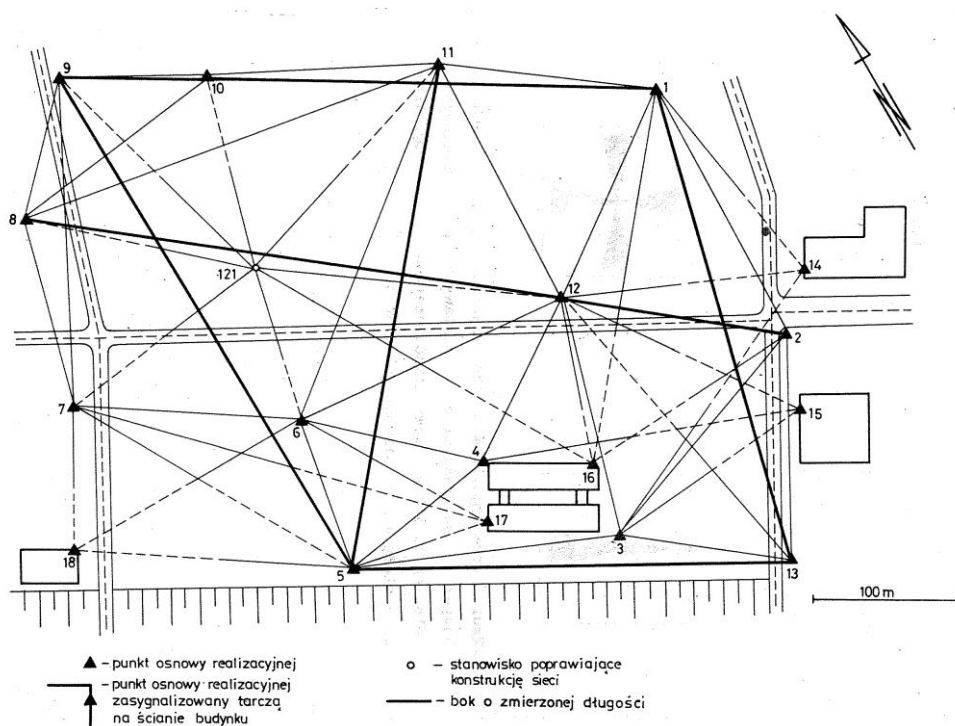
Punkt odniesienia – punkt pomiarowy o wyznaczonych współrzędnych i/lub wyznaczonej wysokości, zachowujący niezmiennosc położenia względem którego wyznaczone są inne punkty.

Ze względu na strukturę i geometrię osnowę realizacyjną może stanowić:

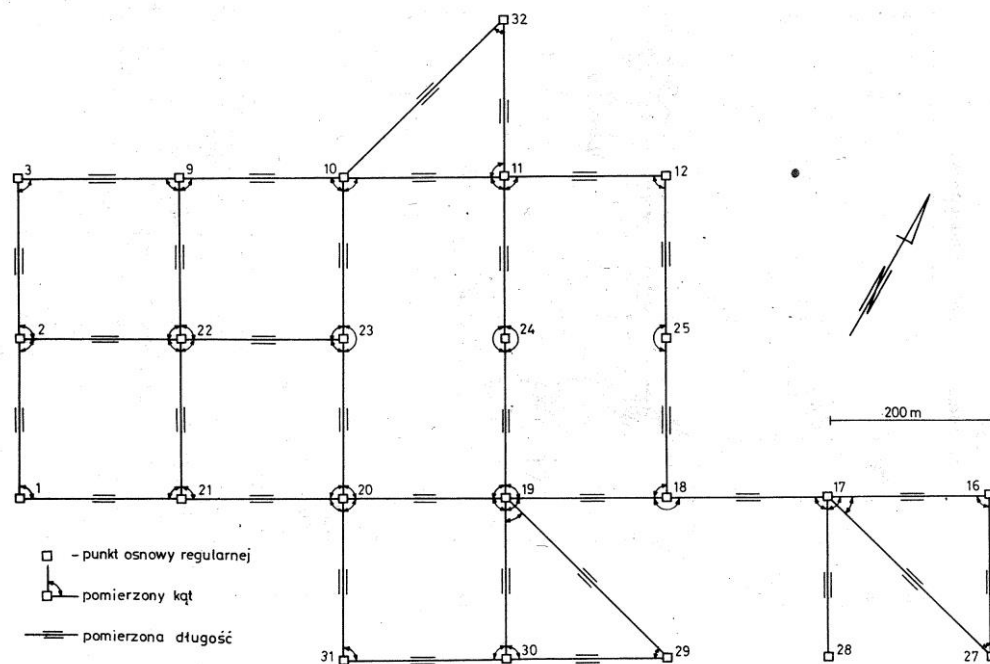
- sieć dowolnego kształtu (rysunek 1 oraz rysunek 2);
- sieć regularna (rysunek 3);
- układy baz;
- sieć wydłużona (ciągi poligonowe lub łańcuchy trójkątów – najczęściej wzdłuż tras komunikacyjnych);
- czworobok geodezyjny, układ linii pomiarowych;
- sieć punktów mierzonych techniką GPS.



Rysunek 1 Szkic osnowy realizacyjnej dowolnego kształtu "A"



Rysunek 2 Szkic osnowy realizacyjnej dowolnego kształtu "B"



Rysunek 3 Szkic osnowy realizacyjnej regularnej

Opisać pokrótce czym charakteryzuje się osnowa o kształcie dowolnym, np. że punkty na narożnikach budynków, położenie punktów dopasowane do metod tyczenia i położenia realizowanych obiektów, aktualnie najczęściej stosowana. Przykładowe rysunki np. z prac dyplomowych.

Napisać też o sieciach regularnych, ich cechach i dlaczego były stosowane

Cechy charakterystyczne osnów regularnych:

- punkt główny przyjmowany w środku ciężkości osnowy jako początek układu współrzędnych;
- kierunek główny – kierunek osi X , zwykle równoległy do osi głównej obiektu;
- kształt i wymiary figur;
- wymiary ramy (obwodnicy);
- rodzaj mierzonych elementów.

Etapy zakładania osnowy regularnej:

- tyczenie wstępne;
- stabilizacja (płyty betonowe z płytkami metalowymi);
- pomiar i wyrównanie;
- wniesienie poprawek trasowania;
- pomiar kontrolny (najczęściej przekątnych).

Tabela 1 Różnice między osnową regularną, a nieregularną

	Typ osnowy	
	nieregularne	regularne
Współrzędne przybliżone obliczamy	z obserwacji	z wymiarów figur
Punktów w terenie	nie przesuwamy	przesuwamy do położenia nominalnego (o współrzędnych przybliżonych)
Współrzędne wyrównane określają położenie	punktów w terenie – służą do dalszych prac	punktów wstępnie wytyczonych – służą jedynie do kontroli obliczenia poprawek

Projekt i stabilizacja osnowy

Warunki które należy uwzględnić podczas projektowania osnowy realizacyjnej:

- wystarczająco dokładna (na podstawie wstępnych analiz dokładności)
- gęstość punktów i ich rozmieszczenie powinny być dostosowane do potrzeb
- punkty powinny być usytuowane w miejscach zapewniających ich stałość i trwałość
- powinna być ekonomiczna

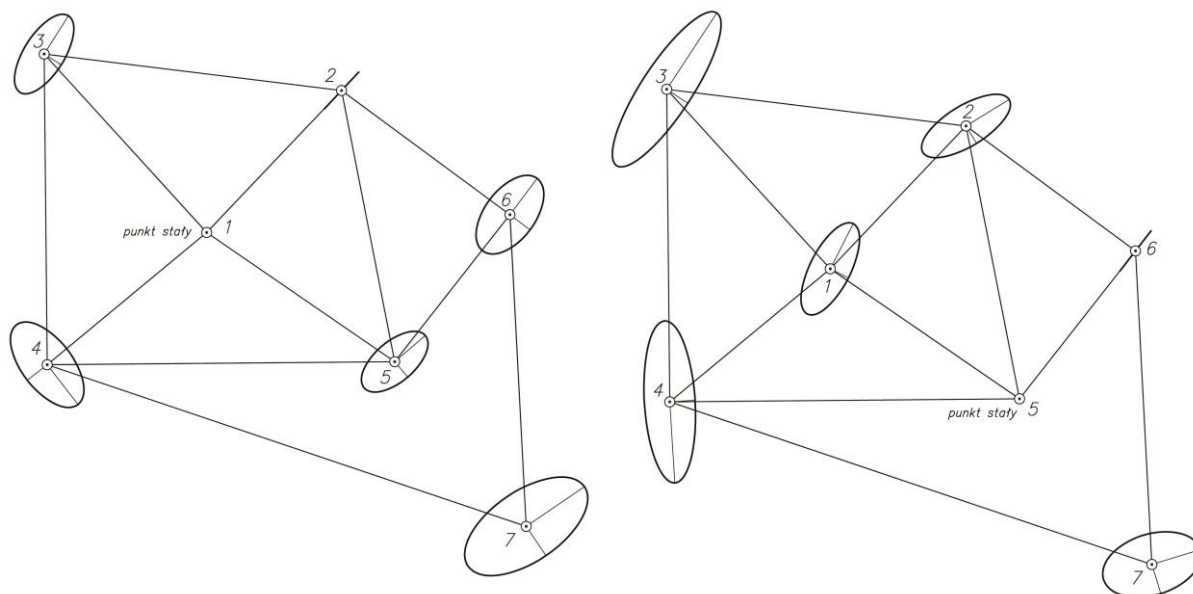


Pomiar

Wykonanie pomiaru, przykłady instrumentów super dokładnych oraz normalnych, osnowy na budynkach (folie dalmiercze), przetworzenie obserwacji w programach komputerowych (C-GEO dziennik pomiaru kierunkowego). Że dokładność osnowy musi być co najmniej jak dla osnowy pomiarowej, przedstawić te dokładności z instrukcji G-4.

Wyrównanie

Sieci realizacyjne wyrównuje się zawsze metodą najmniejszych kwadratów Gaussa ($[pvv] \rightarrow \min$) z przyjęciem najmniejszej liczby warunków nawiązania. Obliczenia prowadzimy najczęściej w układzie lokalnym związanym z głównymi osiami danej inwestycji lub innym zdefiniowanym np. przez projektanta. Ponieważ posługujemy się modelem pośredniczącym konieczne jest zdefiniowanie przynajmniej jednego punktu stałego oraz azymutu jednego z boków. Najkorzystniej, ze względu na wielkość błędów średnich położenia punktów wyznaczanych (patrz rysunek 4), jest wybierać punkt stały sieci w pobliżu środka ciężkości realizowanej sieci geodezyjnej.



Rysunek 4 Zależność kształtu i wymiarów elips błędów w zależności od położenia punktu stałego

Coś to będzie trzeba zgrabniej opisać.

Równania obserwacyjne

Odległości poziome

W najprostszej postaci, równanie odległości zredukowanej w funkcji współrzędnych dwóch punktów możemy wyrazić wzorem:

$$D(x_i, y_i, x_j, y_j) - D_{ij} = 0,$$

gdzie

$D(x_i, y_i, x_j, y_j)$ - jest nieliniową funkcją współrzędnych geodezyjnych

$$D(x_i, y_i, x_j, y_j) = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$$

D_{ij} - jest miarą odległości

Nieliniową funkcję odległości należy aproksymować funkcją liniową np. z wykorzystaniem rozwinięcia w szereg Taylora:

$$D_{ij} = D(x_i^0, y_i^0, x_j^0, y_j^0) + dD_{ij},$$

przy czym dD jest różniczką zupełną i wyraża przyrost funkcji wywołany różniczkowymi zmianami współrzędnych punktów końcowych:

$$dD = \frac{\partial D}{\partial x_i} dx_i + \frac{\partial D}{\partial y_i} dy_i + \frac{\partial D}{\partial x_j} dx_j + \frac{\partial D}{\partial y_j} dy_j$$

gdzie

$$\frac{\partial D}{\partial x_i} = -\frac{\Delta x_{ij}}{D_{ij}} = -\cos Az_{ij}, \quad \frac{\partial D}{\partial y_i} = -\frac{\Delta y_{ij}}{D_{ij}} = -\sin Az_{ij}$$

$$\frac{\partial D}{\partial x_j} = \frac{\Delta x_{ij}}{D_{ij}} = \cos Az_{ij}, \quad \frac{\partial D}{\partial y_j} = \frac{\Delta y_{ij}}{D_{ij}} = \sin Az_{ij}$$

Po podstawieniu wartości pochodnych cząstkowych, równanie obserwacyjne odległości przyjmie ostateczną postać (ujętą za pomocą form Hausbrandta):

$$D_{ij} = D(x_i^0, y_i^0, x_j^0, y_j^0) + \begin{vmatrix} dx_i & dy_i \\ -\cos Az_{ij} & -\sin Az_{ij} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} dx_j & dy_j \\ \cos Az_{ij} & \sin Az_{ij} \end{vmatrix}_2$$

Azymuty topograficzne

Równanie azymutu, jako funkcję współrzędnych dwóch punktów, można wyrazić poniższym wzorem:

$$Az(x_i, y_i, x_j, y_j) - Az_{ij} = 0,$$

gdzie:

$$\begin{aligned} Az(x_i, y_i, x_j, y_j) & - \text{jest nieliniową funkcją współrzędnych geodezyjnych} \\ Az(x_i, y_i, x_j, y_j) & = \arctan \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}, \\ Az_{ij} & - \text{jest miarą azymutu} \end{aligned}$$

Funkcja $Az(x_i, y_i, x_j, y_j)$ jest aproksymowana funkcją liniową z wykorzystaniem szeregu Taylora, z pominięciem wyrazów wyższych rzędów:

$$Az_{ij} = Az(x_i^0, y_i^0, x_j^0, y_j^0) + dAz_{ij}.$$

Element dAz interpretuje się jako przyrost wartości azymutu, wywołany różniczkową zmianą współrzędnych linii i - j :

$$dAz = \frac{\partial Az}{\partial x_i} dx_i + \frac{\partial Az}{\partial y_i} dy_i + \frac{\partial Az}{\partial x_j} dx_j + \frac{\partial Az}{\partial y_j} dy_j$$

przy czym pochodne cząstkowe wyrażają się wzorami:

$$\begin{aligned} \frac{\partial Az}{\partial x_i} & = \frac{\Delta y_{ij}}{\Delta x_{ij}^2 + \Delta y_{ij}^2} = B, \quad \frac{\partial Az}{\partial y_i} = -\frac{\Delta x_{ij}}{\Delta x_{ij}^2 + \Delta y_{ij}^2} = -A \\ \frac{\partial Az}{\partial x_j} & = -\frac{\Delta y_{ij}}{\Delta x_{ij}^2 + \Delta y_{ij}^2} = -B, \quad \frac{\partial Az}{\partial y_j} = \frac{\Delta x_{ij}}{\Delta x_{ij}^2 + \Delta y_{ij}^2} = A \end{aligned}$$

Uwaga: powyższe współczynniki są wyznaczone dla miary kątowej wyrażonej w radianach, jeśli czytelnik używa innej jednostki (np. gradów lub stopni) to należy powyższe wielkości pomnożyć przez odpowiednie ρ (np. $\rho''=206265$).

W ostatecznej formie, równanie obserwacyjne azymutu przedstawia się następująco:

$$Az_{ij} = Az(x_i^0, y_i^0, x_j^0, y_j^0) + \begin{vmatrix} dx_i & dy_i \\ A & B \end{vmatrix} \begin{vmatrix} dx_j & dy_j \\ -A & -B \end{vmatrix}_1$$

Kierunki poziome

Podczas gdy azymuty odniesione są do kierunku północy to pęk kierunków jest odniesiony do średnicy zerowej limbosa lub do jednego z kierunków – wybranego za początkowy. Aby powiązać te dwa rodzaje spostrzeżeń należy wprowadzić do modelu dodatkowy parametr, stałą orientacji pęku, który wyraża azymut kierunku zerowego. Omawianą zależność wyraża wzór:

$$Az(x_i, y_i, x_j, y_j) = K_{ij} + \varpi_i$$

przy czym

$$Az(x_i, y_i, x_j, y_j) \quad - \quad \text{azymut boku } i-j$$

- K_{ij} - miara kierunku poziomego mierzonego z punktu i na punkt j
 ϖ_i - stała orientacji pęku na stanowisku i

Po rozwinięciu funkcji kierunku poziomego w szereg Taylora otrzymamy ostatecznie :

$$K_{ij} = Az(x_i^0, y_i^0, x_j^0, y_j^0) - \varpi_i^0 + d\varpi_i + \begin{vmatrix} dx_i & dy_i \\ A & B \end{vmatrix} \begin{vmatrix} dx_j & dy_j \\ -A & -B \end{vmatrix}_1$$

Kąt poziomy

W formie symbolicznej, równanie obserwacji kąta poziomego wyrażone przez współrzędne trzech punktów, przedstawia się następująco:

$$\alpha(x_j, y_j, x_i, y_i, x_k, y_k) - \alpha_{jik} = 0$$

przy czym

$$\alpha(x_j, y_j, x_i, y_i, x_k, y_k) - \text{kąt poziomy zawarty między prostymi } i-j \text{ oraz } i-k$$

$$\alpha(x_j, y_j, x_i, y_i, x_k, y_k) = \arctan \frac{y_k - y_i}{x_k - x_i} - \arctan \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i}$$

$$\alpha_{jik} - \text{miara kąta zmierzonego na stanowisku } i \text{ między punktami } j \text{ i } k$$

Powyższe równanie nieliniowe doprowadzamy do postaci liniowej przez rozwinięcie go w szereg Taylora z pominięciem wyrazów wyższych rzędów. W końcowej postaci równanie obserwacyjne kąta przedstawia się następująco:

$$\alpha_{jik} = \alpha(x_j^0, y_j^0, x_i^0, y_i^0, x_k^0, y_k^0) + \begin{vmatrix} dx_j & dy_j \\ A_j & B_j \end{vmatrix} \begin{vmatrix} dx_k & dy_k \\ -A_k & -B_k \end{vmatrix} - (A_j - A_k) \begin{vmatrix} dx_i & dy_i \\ A_i & B_i \end{vmatrix}_1$$

Przyrosty współrzędnych

np. dla wektorów GPS rzutowanych na płaszczyznę odwzorowania

Różnica wysokości

Dla pomiarów niwelacji geometrycznej oraz przeliczonych przewyższeń trygonometrycznych

Rozwiązanie nadliczbowego układu równań liniowych

Wzory z rachunku wyrównawczego na metodę pośredniczącą

Analiza dokładności sieci po wyrównaniu (wskaźniki dokładności)

Analiza dokładności, interpretacja estymatora błędu średniego, obliczenie błędów średnich obserwacji po wyrównaniu

Podstawowym kryterium oceny dokładności w ośnawach realizacyjnych jest średni błąd długości najbardziej niekorzystnie położonego (najstabilniej wyznaczonego) boku sieci. Błąd ten liczymy ze wzoru:

$$\sigma_{d_{ij}} = \pm \sqrt{f_{d_{ij}} \text{Cov}(X_i, Y_i, X_j, Y_j) f_{d_{ij}}^T}$$

gdzie

- $f_{d_{ij}}$ - wektor wierszowy zawierający pochodne cząstkowe funkcji odległości dla badanego boku ($i-j$) sieci
 $f_d = [-\cos Az_{ij} \quad -\sin Az_{ij} \quad \cos Az_{ij} \quad \sin Az_{ij}]$
 $\text{Cov}(X_i, Y_i, X_j, Y_j)$ - macierz wariancyjno-kowariancyjna dla punktów i, j

$$\text{Cov}(X_i, Y_i, X_j, Y_j) = \begin{bmatrix} \sigma_{X_i}^2 & \sigma_{X_i Y_i} & \sigma_{X_i X_j} & \sigma_{X_i Y_j} \\ \sigma_{X_i Y_i} & \sigma_{Y_i}^2 & \sigma_{Y_i X_j} & \sigma_{Y_i Y_j} \\ \sigma_{X_i X_j} & \sigma_{Y_i X_j} & \sigma_{X_j}^2 & \sigma_{X_j Y_j} \\ \sigma_{X_i Y_j} & \sigma_{Y_i Y_j} & \sigma_{X_j Y_j} & \sigma_{Y_j}^2 \end{bmatrix}$$

Pomocniczymi parametrami oceny dokładności są:

- średni błąd kąta

$$\sigma_{\alpha_{jik}} = \pm \sqrt{f_{\alpha_{jik}} \text{Cov}(X_j, Y_j, X_i, Y_i, X_k, Y_k) f_{\alpha_{jik}}^T}$$

gdzie

$f_{\alpha_{jik}}$ - wektor wierszowy zawierający pochodne cząstkowe funkcji analizowanego kąta \angle_{jik}

$$f_{\alpha_{jik}} = \left[\frac{\sin Az_{ij}}{l_{ij}} \rho \quad \frac{-\cos Az_{ij}}{l_{ij}} \rho \quad \left(\frac{\sin Az_{ik}}{l_{ik}} - \frac{\sin Az_{ij}}{l_{ij}} \right) \rho \quad \left(\frac{-\cos Az_{ik}}{l_{ik}} + \frac{\cos Az_{ij}}{l_{ij}} \right) \rho \quad \frac{-\sin Az_{ik}}{l_{ik}} \rho \quad \frac{\cos Az_{ij}}{l_{ik}} \rho \right]$$

- średni błąd kierunku

$$\sigma_{Az_{ij}} = \pm \sqrt{f_{Az_{ij}} \text{Cov}(X_i, Y_i, X_j, Y_j) f_{Az_{ij}}^T}$$

przy czym

$f_{Az_{ij}}$ - wektor wierszowy zawierający pochodne cząstkowe funkcji azymutu boku i-j

$$f_d = \left[\frac{\sin Az_{ij}}{l_{ij}} \rho \quad \frac{-\cos Az_{ij}}{l_{ij}} \rho \quad \frac{-\sin Az_{ij}}{l_{ij}} \rho \quad \frac{\cos Az_{ij}}{l_{ij}} \rho \right]$$

- średnie błędy współrzędnych i średni błąd położenia punktu
- elementy elips błędu średniego
- błędy podłużne i poprzeczne

Wyrównanie sieci realizacyjnych w popularnych programach komputerowych

Cosik opisz o czasochłonności obliczeń geodezyjnych, ze pierwsze programy na maszyny obliczeniowe rozwiązywały właśnie problem wyrównania osnów geodezyjnych.

C-GEO

WinKalk

GEONET

Kontrola sieci po wyrównaniu

Pierwszą czynnością jaką winniśmy wykonać po wyrównaniu ścisłym obserwacji jest kontrola wielkości i rozkładu poprawek do uzgadnianych spostrzeżeń. Należy zwrócić uwagę czy zbyt duża liczba poprawek nie przekracza

trzykrotnej wielkości błędu średniego, a ogólny ich rozkład powinien z pewnym przybliżeniem dążyć do rozkładu normalnego (tabela 2).

Tabela 2 Teoretyczny rozkład poprawek do obserwacji

68% poprawek do obserwacji	<	$1 \cdot \sigma_v$
95% poprawek do obserwacji	<	$2 \cdot \sigma_v$
99.7% poprawek do obserwacji	<	$3 \cdot \sigma_v$

m

Zgodnie z (1) należy również zweryfikować tzw. kryterium akceptacji, które obejmuje porównanie zmierzonych kątów z otrzymanymi ze współrzędnych wyrównanych otrzymane różnice nie powinny przekraczać poniższych wartości (tabela 3).

Tabela 3 Dopuszczalne odchyłki dla osnowy rzędu I (1)

dla odległości	$\pm 0.75 \sqrt{L [m]} [mm]$ min $\pm 4mm$
dla kątów	$\pm \frac{0.05^g}{\sqrt{L [m]}}$

przy czym

- L - odległość w metrach między punktami osnowy (w przypadku kątów bierzemy pod uwagę najkrótszą wartość)

Na zakończenie prac związanych z założeniem osnowy wykonuje się również niezależne pomiary kontrolne (w przypadku sieci regularnych pomiar ten następuje po wprowadzeniu poprawek trasowania). Wartości pomierzone należy porównać z wartościami nominalnymi (obliczonymi na podstawie ostatecznych współrzędnych), a różnica powinna nie przekraczać dwukrotnej wartości średniego błędu jej wyznaczenia – jest to tzw. kryterium zgodności.

$$v \leq 2 \cdot \sigma_v$$

gdzie

- v - różnica między wartością pomierzoną a nominalną
 σ_v - błąd średni wyznaczenia różnicy między wartością pomierzoną a teoretyczną
 $\sigma_v^2 = \sigma_p^2 + \sigma_t^2$
 σ_p - błąd średni pomiaru badanej wielkości
 σ_t - błąd średni wartości nominalnej, obliczony na podstawie macierzy kowariancyjnej wyznaczonych współrzędnych

Przedstawione kryterium zgodności jest uniwersalnym narzędziem weryfikacji dokładności wykonanych czynności geodezyjnych ponieważ uwzględnia dokładności wykonanego pomiaru jak i wyznaczonych współrzędnych. W normie (1) czytelnik może również znaleźć inne kryterium weryfikujące poprawność wyznaczenia współrzędnych punktów osnowy, w którym różnica między wartością zaobserwowaną a oczekiwaną nie może przekroczyć wartości podanych w poniższej tabeli.

dla odległości	
dla kątów	

Wykorzystanie transformacji bez zmiany skali

Wyrównanie w nawiązaniu do osnowy państwowej

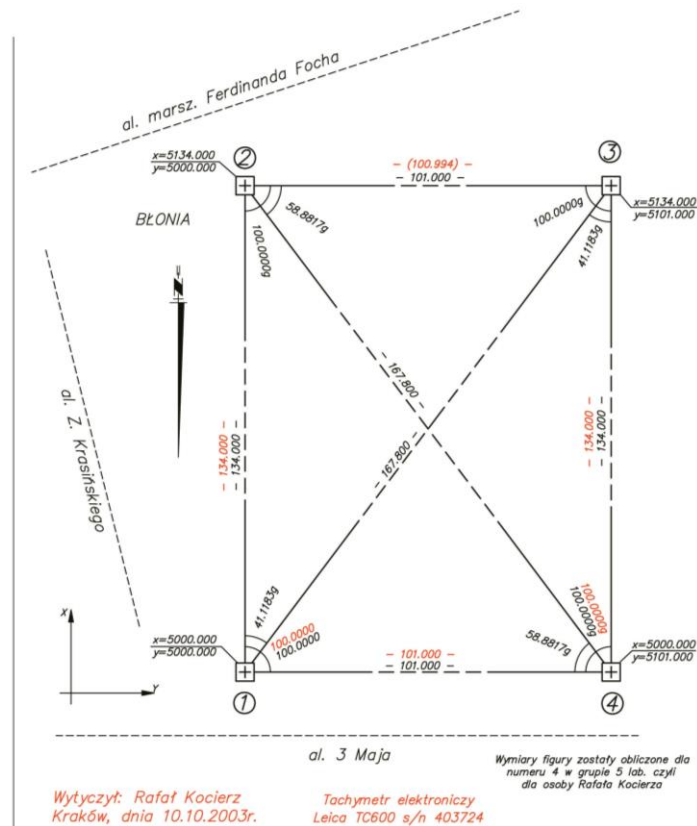
Przykład ręcznego opracowania wyników pomiaru regularnej osnowy realizacyjnej

Tyczenie i pomiar

Dla potrzeb realizacji hali przemysłowej zdecydowano się założyć regularną osnowę realizacyjną w postaci ramy geodezyjnej. Wszystkie pomiary przeprowadzono tachymetrem TC600 firmy Leica o numerze 403724. Do sygnalizacji celów użyto 2 pryzmatów dalmierycznych osadzonych na tyczkach. Założono iż wymiary ramy będą wynosić 134.000m x 101.000m i na ich podstawie obliczono współrzędne teoretyczne projektowanej osnowy:

Numer	Współrzędne nominalne	
	X [m]	Y [m]
1	5000.000	5000.000
2	5134.000	5000.000
3	5134.000	5101.000
4	5000.000	5101.000

W celu zrealizowania powyższych współrzędnych zlokalizowano w terenie położenie punktu nr 1 oraz przyjęto kierunek do punktu nr 4. Na tej podstawie dokonano wytyczenia pozostałych punktów zgodnie z szkicem tyczenia (rysunek 5). Po wyznaczeniu przybliżonego położenia wszystkich punktów i dokonaniu zgrubnej kontroli można było przystąpić do właściwego pomiaru obserwacji wiążących poszczególne punkty, na podstawie których zostaną wyznaczone poprawki trasowania. Pomiar kątów i odległości wykonano w dwóch seriach pomiarowych za pomocą tego samego instrumentu i osprzętu. Wyniki pomiarów znajdują się w dzienniku pomiarowym (rysunek 6, rysunek 7 i rysunek 8).



SZKIC DOKUMENTACYJNY TYCZENIA				Tyczenie osnowy realizacyjnej	Zlecenie 114/GEO/2003
Obiekt	Elektronia OPOLE		Opracowana na podstawie projektu 1598/H/2003		
Data	Nazwisko i imię podpis		Szkic nr 1		
Opracował	Kocierz Rafał		Województwo opolskie		
Wykreślił	Kocierz Rafał		Gmina Dobrzeń Mały		
Kontrolę przeprowadził			Miejscowość OPOLE		

Rysunek 5 Szkic dokumentacyjny (tyczenia) punktów ramy geodezyjnej

STRONA:

STRONA:

Stanowisko	Cel	I Położenie lunety		II Położenie lunety		Kierunki zredukowane			Średnia wartości kątów	Obliczenia kontrolne			Data 10.10.2003r		
		Noniusz-koincydencja			Noniusz-koincydencja			Z położenia			Sumy str. odcz. I + II dla poszcz. kier.			Różnica obl. z kolumny 100	
		A B			A B			I II						1/2 różnicy = kąt	
		g	c	cc	g	c	cc	g	c	cc	g	c	cc	g	c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Szkice ciągu			UWAGI
1	2	80	12 50 280	12 22	17	10 10 10 10	0	10 10 360	24 12	82	21 54	Dziś [m]			Tachymetr Leica TC 600
												134,106			o numerze 403 724
												133,996			
	3	121	23 35 321	23 07	41	10 28 10 28	41	10 28 442	46 36	41	10 28	167,824			
												167,823			
												199 98 80			
	4	180	11 24 280	11 68	22	22 46 22 46	22	22 46 560	23 52	22	22 46	101,005			
												101,004			
												134,005			
												133,992			
	2	53	56 16 283	55 74	0	10 10 10 10	0	10 10 267	51 80	82	22 10				
												167,822			
												167,821			
												199 98 80			
												101,007			
												100,993			
												100,995			
												100,997			
												117 76 56			
												167,790			
												167,791			
												134,015			
												134,017			
	1	0	00 20 192	00 26	0	10 10 10 10	0	10 10 199	29 26	117	76 56				
												167,790			
												167,791			
												134,015			
												134,017			
	2	58	08 34 258	07 38	58	08 22 08 22	58	08 22 317	26 52	58	08 22				
												199 99 58			
	3	99	09 08 299	09 62	99	09 36 09 36	99	09 36 300	34 29	99	09 36				
			</												

Rysunek 6 Dziennik obserwacyjny (strona 1)

STRONA:

STRONA:

Stanowisko	Cel	I Położenie lunety				II Położenie lunety				Kierunki zredukowane				Średnia wartości kątów				Obliczenia kontrolne				Data 10.X.2005		
		Noniusz-koïncydencja				Noniusz-koïncydencja				Z położenia I				Sumy str. odcz. I + II dla poszcz. kier.				Różnica obl. z kolumny 100 1/2 różnicy = kąt				Observer: J. Zęplen		
		A		Średnia		A		Średnia		Z położenia I		Średnia		g		g		g		g		Sekretarz: R. Kocierz		
		g	c	cc	c	cc	g	c	cc	c	cc	g	c	cc	c	cc	g	c	cc	c	cc	Szkice ciągu UWAGI		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
4	1	352		23 52	159	23 46	0	00 00	00 00	0	00 00	00 00	0	00 00	518	46 58							D zmił [m] 100,994 100,996	
	2	18		11 24	218	11 54	58	88 46	88 40	58	88 40	736	88 38	58	88 40								Technometr Leica TC 600 o numerze 403724	
	3	59		23 48	252	23 12	100	00 05	00 01	100	00 01	318	46 50	100	00 01								167,796 167,801	
2	3	294		32 45	94	32 54	0	00 00	00 00	0	00 00	389	88 40										134,038 134,019	
	4	353		32 38	153	32 28	58	88 44	89 63	58	88 43	507	64 66	58	88 43								100,998 100,976	
	1	394		34 28	194	34 50	100	00 05	00 04	100	00 04	589	59 48	100	00 04								167,789 167,780	
	3	9		36 06	209	35 54	0	00 00	00 00	0	00 00	219	81 20										101,002 101,007	
	4	68		35 10	268	35 10	58	88 46	88 55	58	88 45	387	10 80	58	88 45								133,985 133,992	
	1	109		37 08	309	37 46	100	01 34	01 38	100	01 38	419	35 46	100	01 38								101,002 101,007	
																							167,784 167,799	
																							133,979 133,964	
Data sprawdz.:																						Sprawdził:		

Rysunek 7 Dziennik obserwacyjny (strona 2)

Stanowisko	Cel	I Położenie lunety				II Położenie lunety				Kierunki zredukowane				Średnia wartości kątów				Obliczenia kontrolne				Data 10.X.2005		
		Noniusz-koïncydencja				Noniusz-koïncydencja				Z położenia I				Sumy str. odcz. I + II dla poszcz. kier.				Różnica obl. z kolumny 100 1/2 różnicy = kąt				Obserwator: B. Kocierz		
		A		Średnia		A		Średnia		Z położenia I		Średnia		g		g		g		Sekretarz: R. Kocierz				
		g	c	cc	c	cc	g	c	cc	g	c	cc	c	cc	g	c	cc	g	c	cc	Szkice ciagu UWAGI			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													
3	4	125		30 42	325	30 44	0	00 00	00 00	0	00 00	451	30 56								Dzied [m] 134,025 134,025			
	2	225		39 48	25	39 22	99	99 08	99 07	99	99 07	351	18 20	99	99 07						100,988 100,985			
	4	73		37 32	273	37 44	0	00 00	00 00	0	00 00	346	75 36								134,020 134,012			
	2	113		36 30	313	36 50	99	99 46	99 12	99	99 12	546	71 50	99	99 12						100,999 100,998			
	1	114		48 44	314	49 00	41	11 36	11 39	41	11 39	428	38 54	41	11 39						167,814 167,805			

Rysunek 8 Dziennik obserwacyjny (strona 3)

Wstępne opracowanie materiału polowego

Po pomiarze przystąpiono do kameralnego opracowania wyników pomiarów, a mianowicie należało obliczyć ostateczne wartości kątów i odległości oraz ocenić dokładność zebranego materiału obserwacyjnego. Ponieważ pomiary były wykonane w dwóch seriach pomiarowych możliwe było użycie metody par spostrzeżeń. Uśrednione wartości kątów i odległości zestawiono również na szkicu obserwacji do wyrównania (rysunek 9).

Obliczenie błędu pomiaru kąta

<i>Stan.</i>	<i>L P</i>	<i>I seria [°]</i>	<i>II seria [°]</i>	<i>Δ [cc]</i>	<i>Średnia [°]</i>
4	1 2	58,8828	58,8840	-12	58,8834
4	1 3	99,9979	100,0001	-22	99,9990
1	2 3	41,1082	41,1105	-23	41,1094
1	2 4	99,9940	99,9945	-5	99,9942
2	3 4	58,8963	58,8955	+8	58,8959
2	3 1	100,0204	100,0188	+16	100,0196
3	4 2	99,9907	99,9912	-5	99,9910

Błąd średni różnicy pomiarów kątów:

$$m_{\Delta} = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = \pm 14.8^{cc}$$

Błąd średni pojedynczego pomiaru kąta (w dwóch położeniach lunety):

$$m_{\alpha} = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2 \cdot n}} = \pm 10.4^{cc}$$

Obliczenie błędu pomiaru odległości

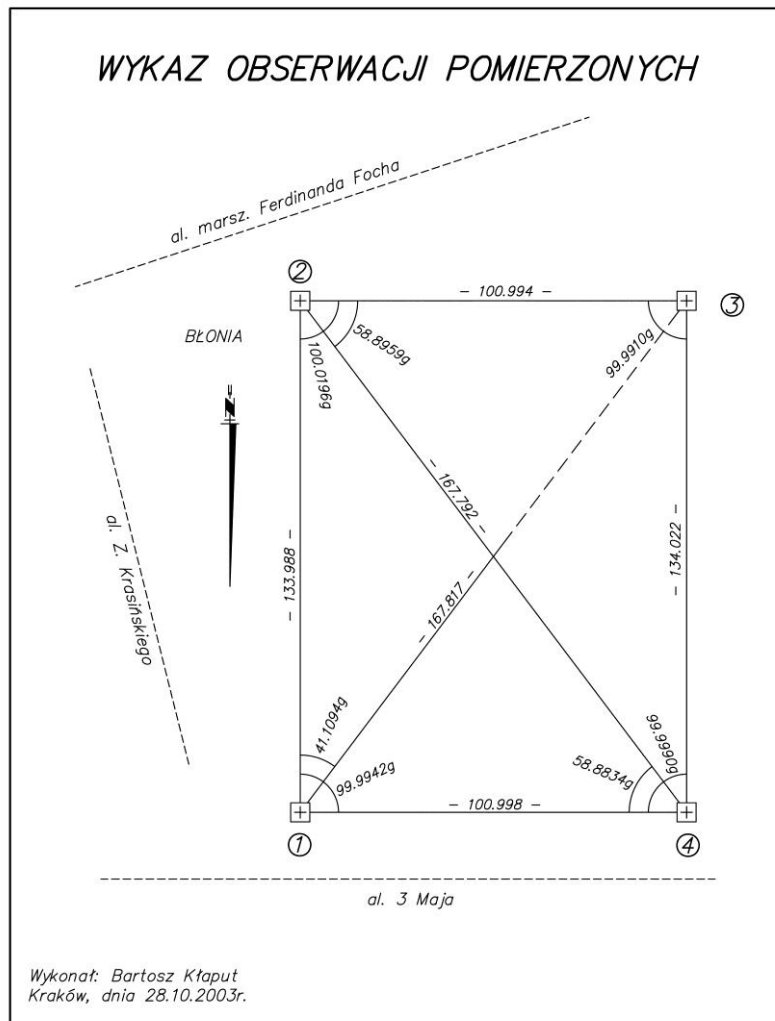
<i>Od</i>	<i>Do</i>	<i>Odległość</i>		<i>Δ [mm]</i>	<i>Średnia [m]</i>
		<i>kier. główny [m]</i>	<i>kier. powrotny [m]</i>		
4	3	134.022	134.021	-1	134.022
4	1	100.993	101.002	-9	100.998
4	2	167.796	167.788	-8	167.792
1	2	134.000	133.975	+25	133.988
1	3	167.824	167.810	+14	167.817
2	3	100.995	100.994	+1	100.994

Błąd średni różnicy pomiarów odległości:

$$m_{\Delta} = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = \pm 12.7mm$$

Błąd średni pojedynczego pomiaru odległości:

$$m_D = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{2 \cdot n}} = \pm 9.0 \text{ mm}$$



Rysunek 9 Wykaz obserwacji pomierzonych

Wyrównanie ściśle pozyskanych obserwacji

Na podstawie współrzędnych nominalnych, uśrednionych obserwacji oraz charakterystyce dokładnościowej możliwe jest ułożenie równań obserwacyjnych. Ponieważ układ równań jest nadwymiarowy możliwe będzie użycie metody najmniejszych kwadratów w celu jego rozwiązania.

Zestawienie równań obserwacyjnych w formach Hausbrandta

Równania obs. dla obserwacji kątowych

i	C	L P	ΔX_L ΔX_P	ΔY_L ΔY_P	α_P α_0	A_L A_P	B_L B_P	dX_L A_L	dY_L B_L	dX_P $-A_P$	dY_P $-B_P$	dX_C $A_P - A_L$	dY_C $B_P - B_L$
1	4	1 2	0 134.000	-101.000 -101.000	58.8834 58.8817	0 3.0296924	-6.3031661 -2.2835741	dX_1 0	dY_1 -6.3031661	dX_2 -3.0296924	dY_2 2.2835741	dX_4 3.0296924	dY_4 4.0195920
2	4	1 3	0 134.000	-101.000 0	99.9990 100.0000	0 4.7508938	-6.3031661 0	dX_1 0	dY_1 -6.3031661	dX_3 -4.7508938	dY_3 0	dX_4 4.7508938	dY_4 6.3031661
3	1	2 3	134.000 134.000	0 101.000	41.1094 41.1183	4.7508938 3.0296924	0 2.2835741	dX_2 4.7508938	dY_2 0	dX_3 -3.0296924	dY_3 -2.2835741	dX_1 -1.7212014	dY_1 +2.2835741
4	1	2 4	134.000 0	0 101.000	99.9942 100.0000	4.7508938 0	0 6.3031661	dX_2 4.7508938	dY_2 0	dX_4 0	dY_4 -6.3031661	dX_1 -4.7508938	dY_1 6.3031661
5	2	3 4	0 -134.000	101.000 101.000	58.8959 58.8817	0 -3.0296924	6.3031661 2.2835741	dX_3 0	dY_3 6.3031661	dX_4 3.0296924	dY_4 -2.2835741	dX_2 -3.0296924	dY_2 -4.0195920
6	2	3 1	0 -134.000	101.000 0	100.0196 100.0000	0 -4.7508938	6.3031661 0	dX_3 0	dY_3 6.3031661	dX_1 +4.7508938	dY_1 0	dX_2 -4.7508938	dY_2 -6.3031661
7	3	4 2	-134.000 0	0 -101.000	99.9910 100.0000	-4.7508938 0	0 -6.3031661	dX_4 -4.7508938	dY_4 0	dX_2 0	dY_2 6.3031661	dX_3 4.7508938	dY_3 -6.3031661

Równanie obs. dla obserwacji azymutalnych (orientacja sieci)

Lp.	i	k	ΔX	ΔY	φ_P φ_0	A	B	dX_i A	dY_i B	dX_k $-A$	dY_k $-B$
1	1	2	134.000	0	0.0000 0.0000	4.7508938	0	dX_1 4.7508938	dY_1 0	dX_2 -4.7508938	dY_2 0

Równania obs. dla obserwacji odległościowych

Lp.	i	k	ΔX	ΔY	$\frac{D_p}{D_0}$	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	$\frac{dX_i}{-\cos \varphi}$	$\frac{dY_i}{-\sin \varphi}$	$\frac{dX_k}{\cos \varphi}$	$\frac{dY_k}{\sin \varphi}$
1	4	3	134.000	0	$\frac{134.022}{134.000}$	1	0	$\frac{dX_4}{-1}$	$\frac{dY_4}{0}$	$\frac{dX_3}{1}$	$\frac{dY_3}{0}$
2	4	1	0	-101.000	$\frac{100.998}{101.000}$	0	-1	$\frac{dX_4}{0}$	$\frac{dY_4}{1}$	$\frac{dX_1}{0}$	$\frac{dY_1}{-1}$
3	4	2	134.000	-101.000	$\frac{167.792}{167.800}$	0.798567	-0.601905	$\frac{dX_4}{-0.798567}$	$\frac{dY_4}{0.601905}$	$\frac{dX_2}{0.798567}$	$\frac{dY_2}{-0.601905}$
4	1	2	134.000	0	$\frac{133.988}{134.000}$	1	0	$\frac{dX_1}{-1}$	$\frac{dY_1}{0}$	$\frac{dX_2}{1}$	$\frac{dY_2}{0}$
5	1	3	134.000	101.000	$\frac{167.817}{167.800}$	0.798567	0.601905	$\frac{dX_1}{-0.798567}$	$\frac{dY_1}{-0.601905}$	$\frac{dX_3}{0.798567}$	$\frac{dY_3}{0.601905}$
6	2	3	0	101.000	$\frac{100.994}{101.000}$	0	1	$\frac{dX_2}{0}$	$\frac{dY_2}{-1}$	$\frac{dX_3}{0}$	$\frac{dY_3}{1}$

Układ równań poprawek w postaci algebraicznej

Równania dla obserwacji kątowych:

$$\begin{array}{llllllll}
 1) & +2.2835741dX_2 & +3.0296924dY_2 & & +4.0195920dX_4 & -3.0296924dY_4 & = & +17^{cc} + v_1 \\
 2) & & & & +4.7508938dY_3 & +6.3031661dX_4 & -4.7508938dY_4 & = -10^{cc} + v_2 \\
 3) & & -4.7508938dY_2 & -2.2835741dX_3 & +3.0296924dY_3 & & & = -89^{cc} + v_3 \\
 4) & & -4.7508938dY_2 & & & -6.3031661dX_4 & & = +58^{cc} + v_4 \\
 5) & -4.0195920dX_2 & +3.0296924dY_2 & +6.3031661dX_3 & & -2.2835741dX_4 & -3.0296924dY_4 & = +142^{cc} + v_5 \\
 6) & -6.3031661dX_2 & +4.7508938dY_2 & +6.3031661dX_3 & & & & = +196^{cc} + v_6 \\
 7) & +6.3031661dX_2 & & -6.3031661dX_3 & -4.7508938dY_3 & & +4.7508938dY_4 & = -90^{cc} + v_7
 \end{array}$$

Równania dla obserwacji liniowych:

8)		$+1 dX_3$		$-1 dX_4$		$= +22mm+v_8$
9)					$+1 dY_4$	$= -2mm+v_9$
10)	$+0.798567dX_2$	$-0.601905dY_2$		$-0.798567dX_4$	$+0.601905dY_4$	$= -8mm+v_{10}$
11)	$+1 dX_2$					$= -12mm+v_{11}$
12)			$+0.798567dX_3$	$+0.601905dY_3$		$= +17mm+v_{12}$
13)		$-1 dY_2$		$+1 dY_3$		$= -6mm+v_{13}$

Pseudo równanie dla azymutu:

14)		$+4.7508938dY_2$				$= 0^{cc}+v_{14}$
-----	--	------------------	--	--	--	-------------------

Układ równań obserwacyjnych (w postaci macierzowej)

Lp.	dX_2	dY_2	dX_3	dY_3	dX_4	dY_4	L
1	+2.2835741	+3.0296924	0	0	+4.0195920	-3.0296924	+17 ^{cc}
2	0	0	0	+4.7508938	+6.3031661	-4.7508938	-10 ^{cc}
3	0	-4.7508938	-2.2835741	+3.0296924	0	0	-89 ^{cc}
4	0	-4.7508938	0	0	-6.3031661	0	+58 ^{cc}
5	-4.0195920	+3.0296924	+6.3031661	0	-2.2835741	-3.0296924	+142 ^{cc}
6	-6.3031661	+4.7508938	+6.3031661	0	0	0	+196 ^{cc}
7	+6.3031661	0	-6.3031661	-4.7508938	0	+4.7508938	-90 ^{cc}
8	0	0	+1	0	-1	0	+22mm
9	0	0	0	0	0	+1	-2mm
10	+0.798567	-0.601905	0	0	-0.798567	+0.601905	-8mm
11	+1	0	0	0	0	0	-12mm
12	0	0	+0.798567	+0.601905	0	0	+17mm
13	0	-1	0	+1	0	0	-6mm
14	0	+4.7508938	0	0	0	0	0 ^{cc}

Zestawienie równań obserwacyjnych doprowadzonych do jednorodności wymiarowej (podzielone przez błędy średnie) [1/mm]

Lp.	dX_2	dY_2	dX_3	dY_3	dX_4	dY_4
1	+0.228357	+0.302969	0	0	+0.401959	-0.302969
2	0	0	0	+0.475089	+0.630317	-0.475089
3	0	-0.475089	-0.228357	+0.302969	0	0
4	0	-0.475089	0	0	-0.630317	0
5	-0.401959	+0.302969	+0.630317	0	-0.228357	-0.302969
6	-0.630317	+0.475089	+0.630317	0	0	0
7	+0.630317	0	-0.630317	-0.475089	0	+0.475089
8	0	0	+0.111111	0	-0.111111	0
9	0	0	0	0	0	+0.111111
10	+0.088730	-0.066878	0	0	-0.088730	+0.066878
11	+0.111111	0	0	0	0	0
12	0	0	+0.088730	+0.066878	0	0
13	0	-0.111111	0	+0.111111	0	0
14	0	+47.508938	0	0	0	0

Układ równań normalnych:

$$A^T P A \left[\frac{1}{mm^2} \right]$$

Lp.	dX_2	dY_2	dX_3	dY_3	dX_4	dY_4
1	+1.028535	-0.357987	-1.047960	-0.299457	+0.175708	+0.357987
2	-0.357987	+2257.976719	+0.598913	-0.156283	+0.357987	-0.188053
3	-1.047960	+0.598913	+1.264263	+0.236206	-0.156283	-0.490423
4	-0.299457	-0.156283	+0.236306	+0.560029	+0.299457	-0.451420
5	+0.175708	+0.357987	-0.156283	+0.299457	+1.028535	-0.357987
6	+0.357987	-0.188053	-0.490423	-0.451420	-0.357987	+0.651819

Macierz wariancyjno kowariancyjna:

$$(\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} = Q [mm^2]$$

<i>Lp.</i>	<i>dX₂</i>	<i>dY₂</i>	<i>dX₃</i>	<i>dY₃</i>	<i>dX₄</i>	<i>dY₄</i>
1	+14.343446	0.000000	+13.431804	+8.620591	-0.081245	+8.153991
2	0.000000	+0.000443	-0.000334	+0.000443	-0.000334	+0.000000
3	+13.431804	-0.000334	+14.109314	+8.555542	+0.677510	+9.536000
4	+8.620591	+0.000443	+8.555542	+9.428967	-0.065048	+8.197060
5	-0.081245	-0.000334	+0.677510	-0.065048	+1.589152	+1.382009
6	+8.153991	0.000000	+9.536000	+8.197060	+1.382009	+10.666630

Macierz transformująca wyrazy wolne na niewiadome

$$\underline{B} = \left(\underline{A}^T \underline{P} \underline{A} \right)^{-1} \underline{A}^T \underline{P}$$

<i>Lp.</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
<i>dX₂</i>	0.077237	0.017047	-0.045548	0.005121	0.024895	-0.057462	0.035295	0.166828	0.100667	0.202803	0.177080	0.196481	0.106427	0.000000
<i>dY₂</i>	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.210487
<i>dX₃</i>	0.045037	-0.003876	-0.062974	-0.042689	0.045037	0.042689	0.003876	0.165825	0.117728	0.196606	0.165825	0.202677	0.105628	-0.158650
<i>dY₃</i>	-0.054089	0.054427	0.090275	0.004079	-0.054089	-0.004079	-0.054427	0.106427	0.101198	0.146539	0.106427	0.154414	0.116402	0.210487
<i>dX₄</i>	0.020141	0.031419	-0.017426	-0.100151	-0.032200	0.047810	0.020923	-0.011255	0.017062	-0.006196	-0.001003	0.006196	-0.000799	-0.158650
<i>dY₄</i>	-0.081413	-0.030216	0.030584	-0.087110	-0.081413	0.087110	0.030216	0.100667	0.131687	0.146027	0.100667	0.154926	0.101198	0.000000

Macierz wyrazów wolnych \underline{L}

+17 ^{cc}
-10 ^{cc}
-89 ^{cc}
+58 ^{cc}
+142 ^{cc}
+196 ^{cc}
-90 ^{cc}
+22mm
-2mm
-8mm
-12mm
+17mm
-6mm
0 ^{cc}

Obliczenie niewiadomych przyrostów do współrzędnych:

$$\hat{X} = B \cdot L = (A^T P A)^{-1} A^T P \cdot L$$

dX_2	dY_2	dX_3	dY_3	dX_4	dY_4
-3.6 mm	0.0 mm	+26.0 mm	-11.7 mm	+10.2 mm	+5.6 mm

Obliczenie współrzędnych wyrównanych:

Numer	X_{teor} [m]	dX [m]	X_{wyr} [m]	Y_{teor} [m]	dY [m]	Y_{wyr} [m]
1	5000.0000	-	5000.0000	5000.0000	-	5000.0000
2	5134.0000	-0.0036	5133.9964	5000.0000	0.0000	5000.0000
3	5134.0000	+0.0260	5134.0260	5101.0000	-0.0117	5100.9883
4	5000.0000	+0.0102	5000.0102	5101.0000	0.0056	5101.0056

Obliczenie poprawek do obserwacji

$$V = \underline{AX} - L$$

Lp.	Stan.	L P	α_{pom} [g]	v [cc]	$\alpha_{wyr} = \alpha_{pom} + v$ [g]	α_{oblicz} [g]
1	4	$\frac{1}{2}$	58.8834	-1.3	58.8833	58.8833 ✓
2	4	$\frac{1}{3}$	99.9990	-8.2	99.9982	99.9982 ✓
3	1	$\frac{2}{3}$	41.1094	-5.7	41.1088	41.1088 ✓
4	1	$\frac{2}{4}$	99.9942	-6.2	99.9936	99.9936 ✓
5	2	$\frac{3}{4}$	58.8959	-4.3	58.8955	58.8955 ✓
6	2	$\frac{3}{1}$	100.0196	-9.8	100.0186	100.0187 ✓
7	3	$\frac{4}{2}$	99.9910	-13.8	99.9896	99.9896 ✓

Lp.	Od	Do	D_{pom} [m]	v [mm]	$D_{wyr} = D_{pom} + v$ [m]	D_{oblicz} [m]
8	4	3	134.022	-6.2	134.016	134.016 ✓
9	4	1	100.998	+7.6	101.006	101.006 ✓
10	4	2	167.792	+0.4	167.792	167.793 ✓
11	1	2	133.988	+8.4	133.996	133.996 ✓
12	1	3	167.817	-3.3	167.814	167.814 ✓
13	2	3	100.994	-5.7	100.988	100.988 ✓

Lp.	Od	Do	Az_{pom} [g]	v [cc]	$Az_{wyr} = D_{pom} + v$ [g]	Az_{oblicz} [g]
14	1	2	0.0000	0.0	0.0000	0.0000 ✓

Obliczenie wariancji resztowej:

$$m_0 = \sqrt{\frac{[pvv]}{n-u}} = \sqrt{\frac{V^T PV}{n_n}} = \sqrt{\frac{7.069050}{8}} = \pm 0.940017$$

$$m_{0\alpha} = m_0 \cdot m_{\alpha}^{a'priori} = \pm 9.4^{cc}$$

$$m_{0D} = m_0 \cdot m_D^{a'priori} = \pm 8.5mm$$

Zestawienie macierzy funkcyjnych i obliczenie średnich błędów długości boków i przekątnych:

	Plan boków					
	1-2	2-3	3-4	4-1	1-3	2-4
$dX2$	+1	0	0		0	+0.798567
$dY2$	0	-1	0	0	0	-0.601905
$dX3$	0	0	+1	0	+0.798567	0
$dY3$	0	+1	0	0	+0.601905	0
$dX4$	0	0	-1	0	0	-0.798567
$dY4$	0	0	0	+1	0	+0.601905
$\sqrt{f_D^T Q f_D}$	3.787	3.071	3.787	3.266	4.543	4.543
m_D	$\pm 3.6 mm$	$\pm 2.9 mm$	$\pm 3.6 mm$	$\pm 3.1 mm$	$\pm 4.3 mm$	$\pm 4.3 mm$

Zestawienie macierzy f i obliczenie średnich błędów kątów i kierunków boków

	Plan kątów i kierunków							
	<1-4-3	<2-1-4	<3-2-1	<4-3-2	1-2	2-3	3-4	4-1
$dX2$	0	0	-6.303166	+6.303166	0	+6.303166	0	0
$dY2$	0	-4.750894	+4.750894	0	+4.750894	0	0	0
$dX3$	0	0	+6.303166	-6.303166	0	-6.303166	0	0
$dY3$	+4.750894	0	0	-4.750894	0	0	+4.750894	0
$dX4$	+6.303166	-6.303166	0	0	0	0	0	-6.303166
$dY4$	-4.750894	0	0	+4.750894	0	0	-4.750894	0
$\sqrt{f_D^T Q f_D}$	7.747	7.945	7.946	7.757	0.100	7.946	9.140	7.946
m_D	$\pm 7.3^{cc}$	$\pm 7.5^{cc}$	± 7.5	$\pm 7.3^{cc}$	$\pm 0.1^{cc}$	$\pm 7.5^{cc}$	$\pm 8.6^{cc}$	$\pm 7.5^{cc}$

Obliczenie średnich błędów położenia punktów oraz elementów elipsy błędu średniego

$$m_X = m_0 \cdot \sqrt{Q_{XX}}$$

$$m_Y = m_0 \cdot \sqrt{Q_{YY}}$$

$$m_P = m_0 \cdot \sqrt{Q_{XX} + Q_{YY}}$$

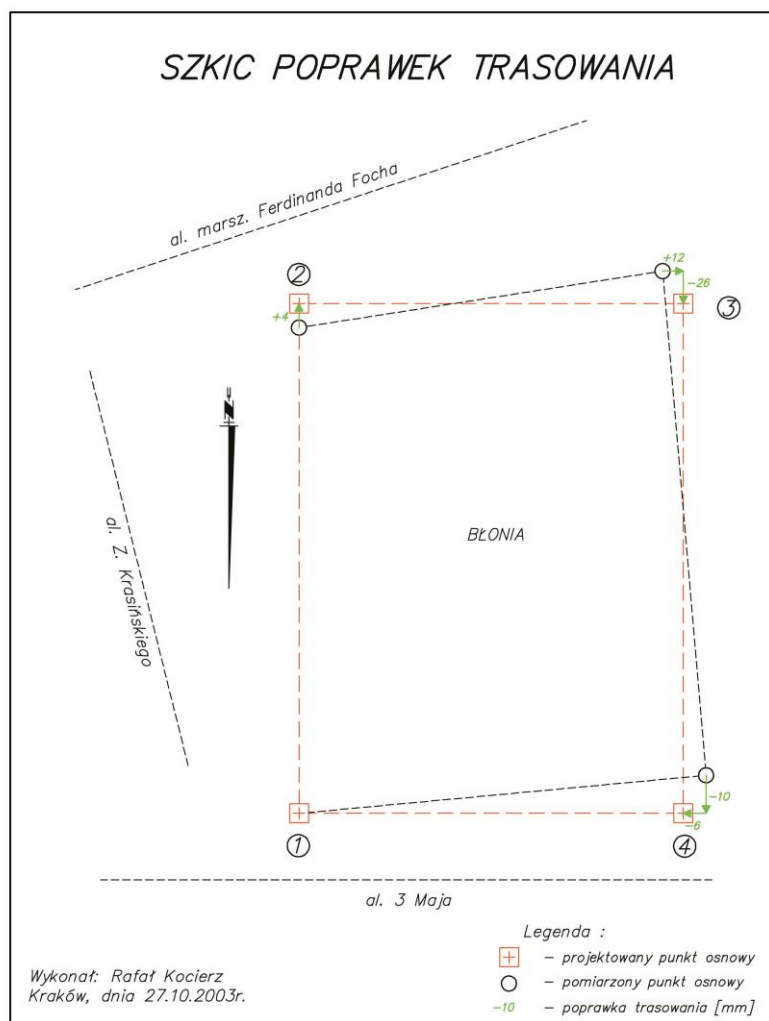
$$A = m_0 \cdot \sqrt{\frac{Q_{XX} + Q_{YY}}{2} + \sqrt{\left(\frac{Q_{XX} - Q_{YY}}{2}\right)^2 + Q_{XY}^2}}$$

$$B = m_0 \cdot \sqrt{\frac{Q_{XX} + Q_{YY}}{2} - \sqrt{\left(\frac{Q_{XX} - Q_{YY}}{2}\right)^2 + Q_{XY}^2}}$$

$$Az = \frac{1}{2} \cdot \arctg\left(\frac{2 \cdot Q_{XY}}{Q_{XX} - Q_{YY}}\right)$$

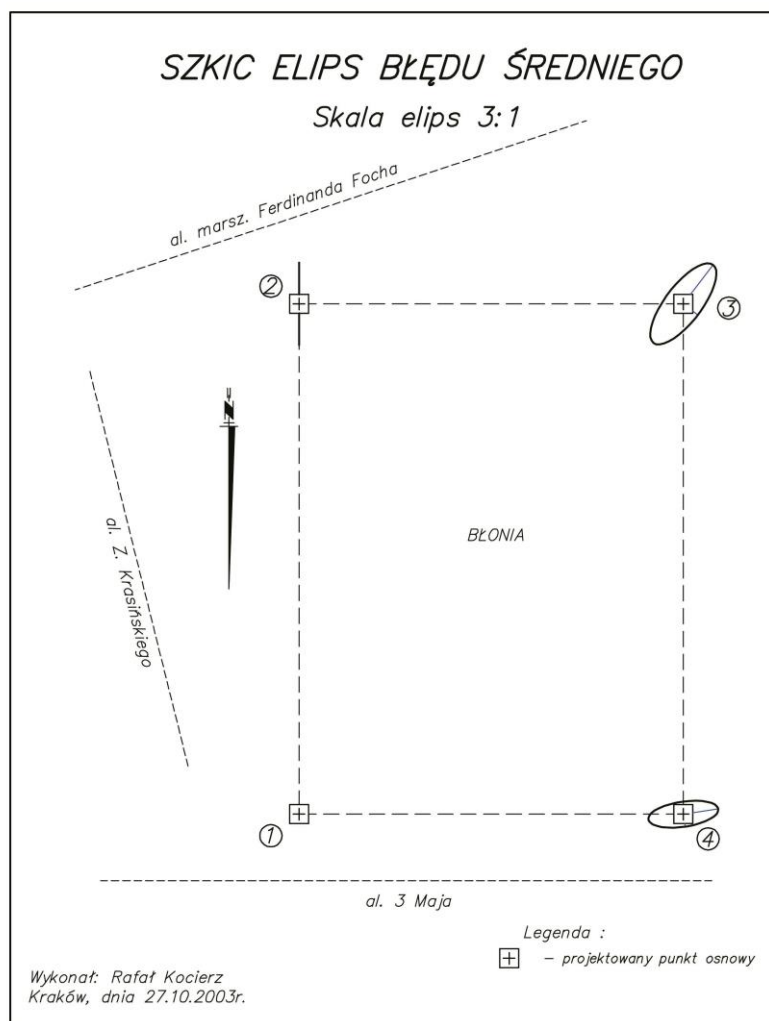
Numer punktu	Błędy średnie położenia		Błąd poprzeczny	Elementy elipsy błędu średniego		
	mx	my		A	B	Azymut
1	-	-	-	-	-	-
2	$\pm 3.6mm$	$\pm 0.0mm$	$\pm 3.6mm$	$\pm 3.6mm$	$\pm 0.0mm$	200.0000^g
3	$\pm 3.5mm$	$\pm 2.9mm$	$\pm 4.6mm$	$\pm 4.3mm$	$\pm 1.6mm$	41.5012^g
4	$\pm 1.2mm$	$\pm 3.1mm$	$\pm 3.3mm$	$\pm 3.1mm$	$\pm 1.1mm$	90.5931^g

Szkic poprawek trasowania



Rysunek 10 Szkic poprawek trasowania

Szkic elips błędów



Rysunek 11 Szkic elips błędu średniego

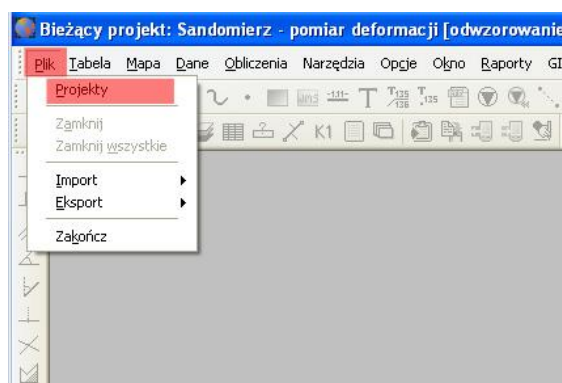
Przykład opracowania pomiarów osnowy realizacyjnej w programie C-GEO

W poprzednim przykładzie prześlędzono proces ręcznego opracowania osnów regularnych, ponieważ celowym było zapoznać czytelnika niejako „od środka” z procesem opracowania wyników pomiaru, a także wyrównania ściślego obserwacji. Dzięki ciągłemu rozwojowi oprogramowania geodezyjnego jest możliwość automatyzacji prawie całego procesu związanego z opracowaniem osnów realizacyjnych. W niniejszym przykładzie wykorzystaną zostaną dane pomiarowe z założenia osnowy budowlano-montażowej w postaci pojedynczego prostokąta. Pomiar wykonano tachymetrem Leica TC407 o numerze 677992, a dane pomiarowe rejestrowano do pamięci instrumentu i zgrano do komputera w formacie IDEX (np. w darmowym programie Leica GeoOffice Tools). Całość prac zostanie zaprezentowana z wykorzystaniem programu komputerowego C-GEO v.8 firmy Softline.

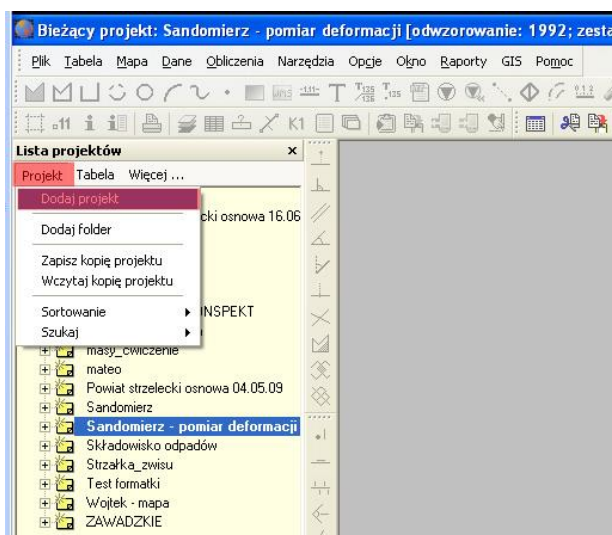
Założenie projektu i tabeli roboczej

Pracę w programie zaczynamy od założenia nowego projektu, w którym będziemy składować tabelę punktów, mapę oraz wszystkie wyniki obliczeń. Przy zakładaniu projektu użytkownik ustala jednostki, używaną listę kodów czy też strefę wykorzystywanego układu współrzędnych. W tym miejscu należy przypomnieć, iż przy wyrównywaniu precyzyjnych osnów realizacyjnych nie wprowadzamy poprawek na układ odwzorowania czy też

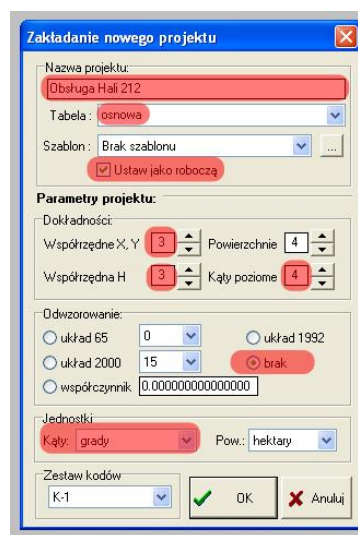
wysokość nad poziomem morza. W przypadku zaznaczenia złych opcji na etapie zakładania projektu, operator może je zmienić w Opcje->Ustawienia programu.



Rysunek 12 Otworzenie listy projektów



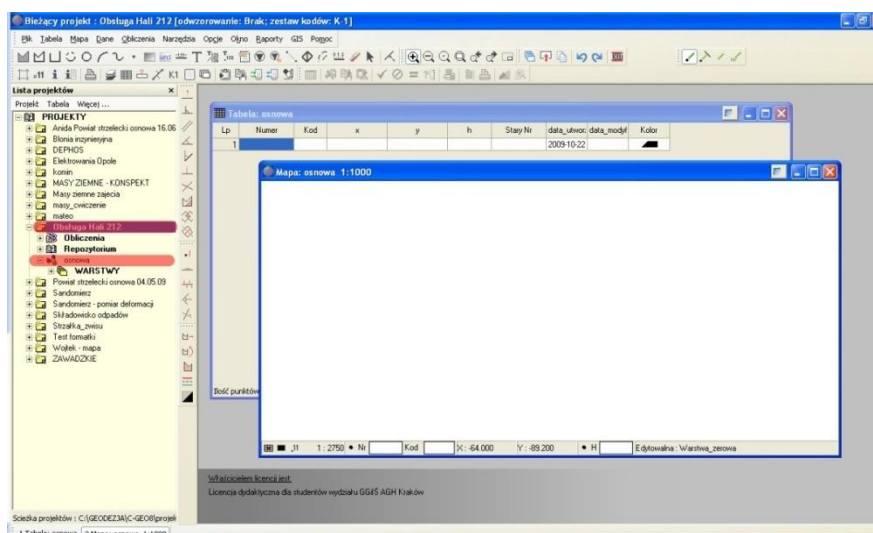
Rysunek 13 Utworzenie projektu



Rysunek 14 Ustalenie właściwości projektu

W przypadku gdy posiadamy starszą wersję programu C-GEO w którym w oknie tworzenia projektu (rysunek 14) nie ma możliwości wprowadzenia nazwy tabeli, należy utworzyć ją ręcznie. Po zatwierdzeniu ustawień projektu naciskamy OK. w celu jego stworzenia. Następnie naciskamy prawy klawisz myszy na nazwie projektu i wybieramy funkcję „Dodaj tabelę” i tam wprowadzamy dane na temat tabeli która zostanie utworzona w projekcie. Należy pamiętać o ustawieniu nowej tabeli jako roboczą (aby program wiedział gdzie ma zapisywać i skąd ma czerpać niezbędne dane).

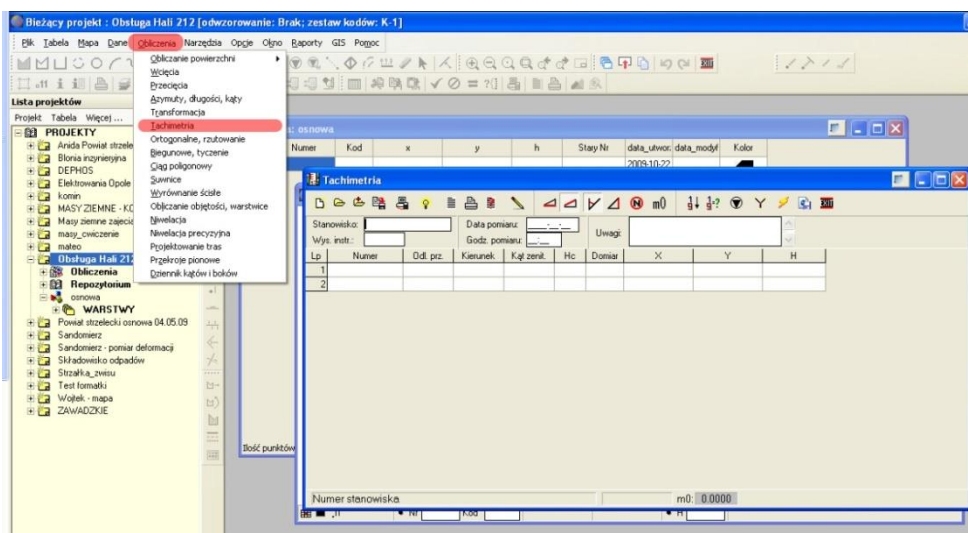
Po stworzeniu projektu i tabeli klikamy myszką w nazwę tabeli w celu jej otwarcia. Na ekranie powinna się pojawić pusta tabela współrzędnych oraz okno mapy związanej z tą tabelą (Rysunek 15).



Rysunek 15 Otwarcie okna tabeli i mapy

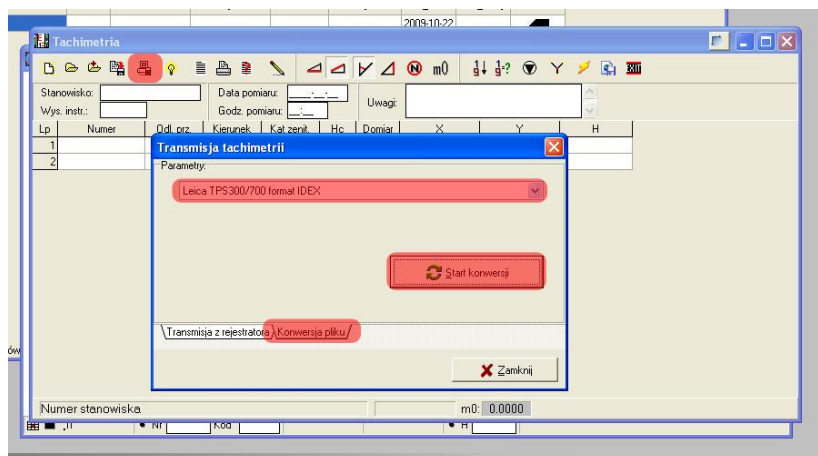
Import obserwacji pomiarowych

Jak wspomniano we wstępie do niniejszego przykładu, dane pomiarowe zostały zapisane w pamięci instrumentu, a następnie przesłane na dysk komputera w postaci pliku IDEX. Należy wczytać te dane do programu. W tym celu uruchamiamy okno obliczeniowe tachimetrii i uruchamiamy funkcję „Transmisje z rejestratorów”.



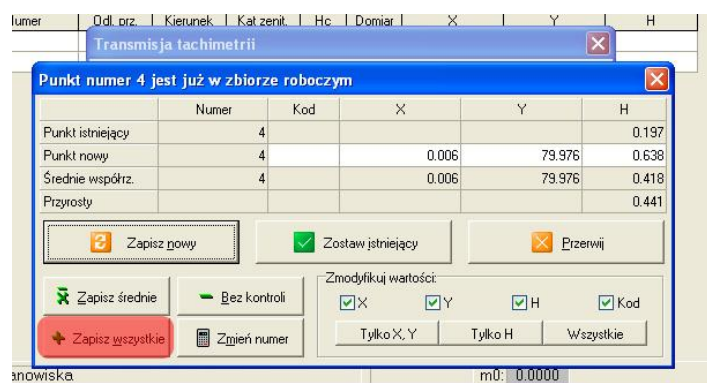
Rysunek 16 Otwarcie okna do obliczeń tachymetrycznych

W nowym oknie wybieramy zakładkę „konwersja pliku” i w dostępnym polu wyboru wskazujemy właściwy typ pliku zawierającego dane które chcemy wczytać. W tym przypadku będzie to „Leica TPS 300/700 format IDEX”.

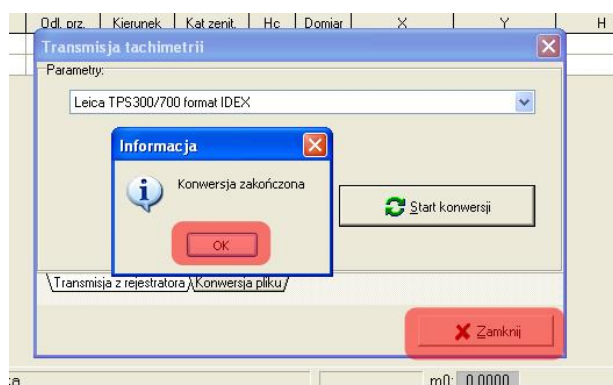


Rysunek 17 Wybór właściwego pliku zawierającego dane tachymetryczne

Plik IDEX oprócz danych obserwacyjnych zawiera również współrzędne punktów, jeśli te współrzędne są różne od tych które mamy już w tabeli (lub były pomierzone z innych stanowisk) to wyświetli się okno kolizji numeracji. Użytkownik musi zdecydować czy chce zachować punkt istniejący czy stary. W naszym przypadku nie chodzi nam o import współrzędnych więc nie ma znaczenia jaki wybór zostanie dokonany. Jeśli w instrumencie zakładano kilka razy stanowisko na tym samym punkcie to program wyświetli również kolizję numeru stanowiska. Bierze się stąd, iż program domyślnie zapisuje każde stanowisko w pliku o takiej samej nazwie jak numer punktu na którym instrument postawiono. W celu wybrnięcia z tej sytuacji użytkownik zostanie poproszony o wprowadzenie innej nazwy stanowiska powtórzonego, która by nie kolidowała z już wczytanymi.

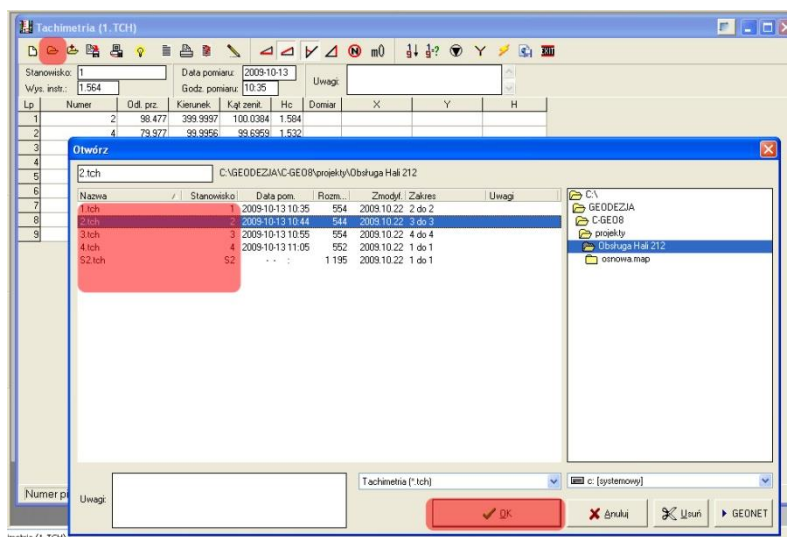


Rysunek 18 Okno kolizji numeru (inne współrzędne)

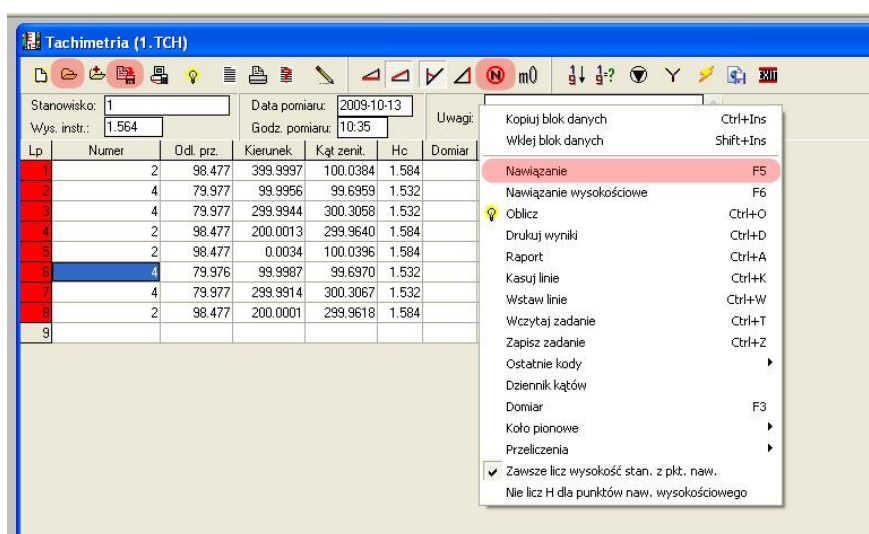


Rysunek 19 Koniec konwersji

Po wczytaniu wszystkich stanowisk można otworzyć kolejne stanowiska i dokonać ewentualnych korekt np. poprawić numerację punktów, wysokość instrumentu czy pryzmatu dalmierczego. Dodatkowo, naszym celem będzie automatyczne wygenerowanie dzienników obliczenia średnich odległości oraz kierunków na podstawie danych pomierzonych w dwóch położeniach lunety i w wielu seriach. W tym celu oznaczamy wszystkie pomiary do punktów osnowy jako nawiązania (klawisz F5 lub odpowiednia ikonka). Tak zmodyfikowane dane zapisujemy (najlepiej pod tą samą nazwą pliku, oczywiście każde stanowisko w innym ; -P).

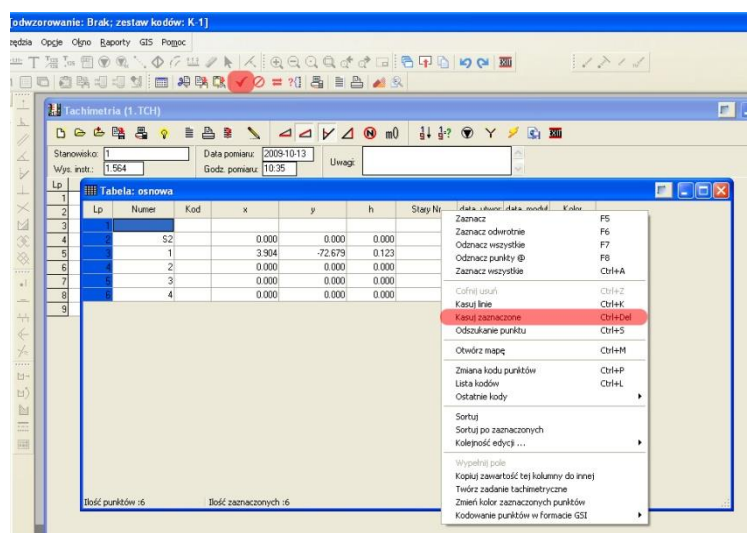


Rysunek 20 Otwarcie wczytanych stanowisk

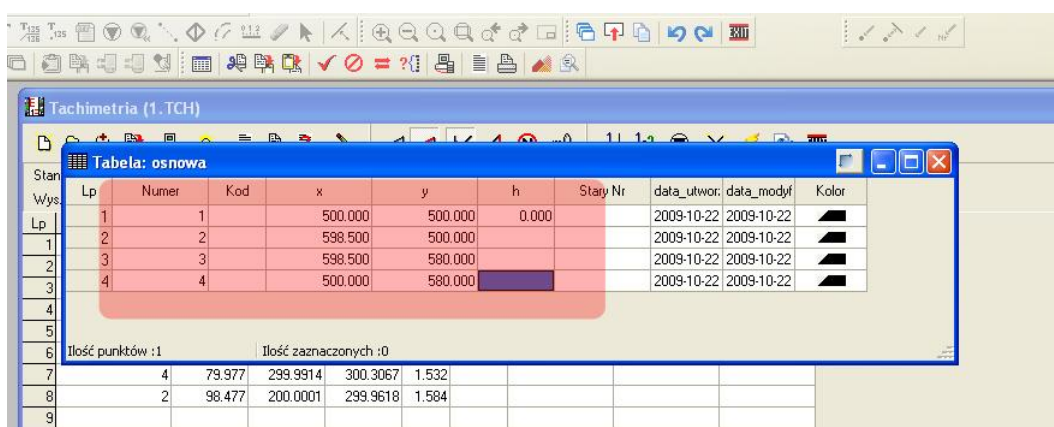


Rysunek 21 Oznaczenie nawiązań

Po powyższym przygotowaniu obserwacji należy zrobić porządek w tabeli współrzędnych. W czasie importu pliku IDEX zostały zapisane do niej nie potrzebne lub błędne współrzędne punktów obserwowanych. W celu ich usunięcia przełączamy się na okno tabeli i zaznaczamy wszystkie niepotrzebne punkty i je usuwamy (w analizowanym przykładzie usunąłem wszystkie). Po usunięciu zbędnych danych należy wpisać do tabeli współrzędne punktów nawiązania (stałych w wyrównaniu) oraz współrzędne przybliżone punktów wyrównywanych. W ogólnym przypadku współrzędne przybliżone liczymy np. na podstawie danych biegunowych (tachymetrycznych) - wystarczy użyć w tym celu danych z jednego położenia lunety. W rozpatrywanym przypadku wpisujemy współrzędne nominalne punktów osnowy regularnej.



Rysunek 22 Usunięcie zbędnych punktów w tabeli



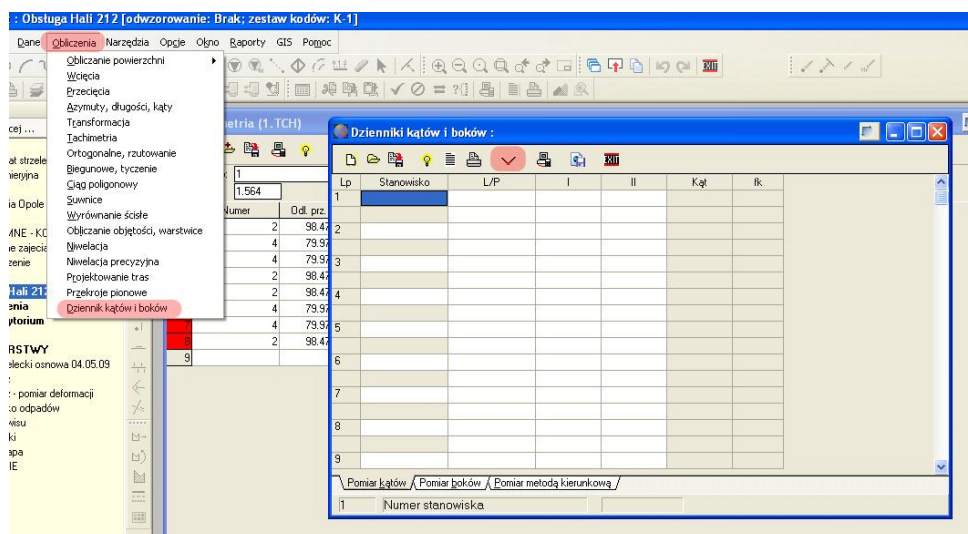
Rysunek 23 Wpisanie współrzędnych punktów osnowy

Wygenerowanie dzienników pomiaru kątów i boków

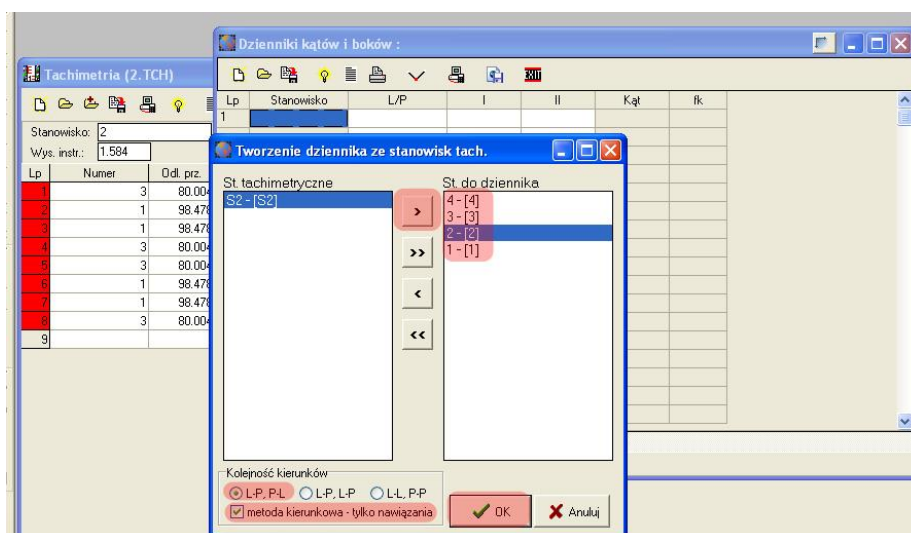
Bardzo przydatną funkcją programu C-GEO jest możliwość automatycznego wygenerowania dzienników pomiaru kątów, boków i kierunków na podstawie danych tachymetrycznych. Uruchamiamy okno funkcji „Dziennik kątów i boków” i wybieramy ikonkę „Stwórz dziennik z zadań tachymetrycznych”. W oknie dialogowym wybieramy z których zadań chcemy wygenerować dziennik pomiarowy (w naszym przykładzie będą to stanowiska od 1 do 4), dodatkowo należy również wybrać właściwą strukturę obserwacyjną wykonanego pomiaru (należy zauważyć, iż na każdym stanowisku musi być taka sama). Po zatwierdzeniu wszystkich wyborów program spyta się o nazwę zadania w którym ma być dziennik zapisany.

W tym momencie możemy już wczytać nasz dziennik i zobaczyć jakie dane zostały wygenerowane. W pierwszej zakładce „Pomiar kątów” pojawiły się dane które służą do obliczenia kątów, należy zauważyć iż ta funkcja jest przewidziana do pomiaru kątów tylko w dwóch położeniach lunety (jednej serii). Ponieważ w naszym przypadku mierzyliśmy kąty metodą kierunkową w dwóch seriach ta zakładka nie będzie w dalszym toku potrzebna i służyć może ona jako zgrubna kontrola materiału polowego. W tym celu naciskamy ikonkę obliczeń (żarówka) lub uruchamiamy skrót klawiszowy Ctrl+O i program obliczy kąty poziome oraz odchyłki pomiaru w dwóch położeniach lunety. Należy pamiętać, że te odchyłki nie muszą być bezpośrednio związane z błędami pomiaru, a

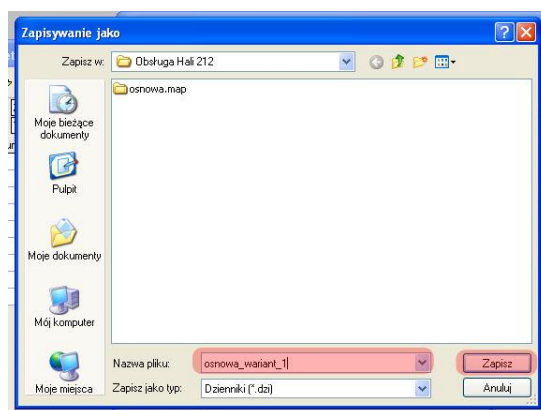
mogą być wynikiem systematycznych błędów instrumentalnych (kolimacji, inklinacji, mimośrodowego osadzenia kręgu poziomego) które są wyeliminowane z wyniku końcowego.



Rysunek 24 Stworzenie dziennika pomiarowego z zadań tachymetrycznych



Rysunek 25 Wybór stanowisk i schematu obserwacyjnego



Rysunek 26 Zapis dziennika pomiarowego

Lp	Stanowisko	L/P	I	II	Kąt	Ik
1	4	1	43.8791	243.8804	100.0255	-0.0021
2	3	4	143.9036	343.9070	99.9785	-0.0005
3	2	3	357.5964	157.5937	99.9785	-0.0080
4	1	2	57.5747	257.5725	100.0024	0.0058

Rysunek 27 Obliczenie średnich kątów

Lp	Początek	Koniec	Hz	V	D p	D zred	dH	Hc	hc	DH
1	4	1	43.8791	100.2962	79.977	79.976	-0.372	1.532	1.564	-0.404
2	4	3	143.9036	100.1386	98.472	98.472	-0.214	1.532	1.520	-0.202
3	4	3	243.9020	299.9648	98.473	98.473	-0.209	1.532	1.520	-0.137
4	4	1	243.8804	299.7001	79.977	79.976	-0.377	1.532	1.564	-0.409
5	4	1	43.8783	100.2995	79.977	79.976	-0.376	1.532	1.564	-0.408
6	4	3	143.9085	100.1388	98.472	98.472	-0.216	1.532	1.520	-0.204
7	4	3	243.9070	299.9631	98.472	98.472	-0.212	1.532	1.520	-0.200
8	4	1	243.8779	299.7038	79.977	79.976	-0.372	1.532	1.564	-0.404
9	3	4	357.5964	99.9564	98.474	98.474	0.222	1.520	1.532	0.210
10	3	2	57.5747	100.1742	80.007	80.007	-0.219	1.520	1.584	-0.283
11	3	2	257.5720	299.8270	80.007	80.007	-0.217	1.520	1.584	-0.281
12	3	4	157.5937	300.1432	98.474	98.474	0.222	1.520	1.532	0.210
13	3	4	357.5964	99.9591	98.474	98.474	0.218	1.520	1.532	0.206
14	3	2	57.5756	100.1761	80.007	80.007	-0.221	1.520	1.584	-0.295
15	3	2	257.5725	299.8268	80.007	80.007	-0.218	1.520	1.584	-0.282
16	3	4	157.5940	300.1443	98.474	98.474	0.223	1.520	1.532	0.211
17	2	3	399.9997	99.8140	80.004	80.004	0.234	1.584	1.520	-0.238

Rysunek 28 Obliczenie odległości zredukowanych i przewyższeń

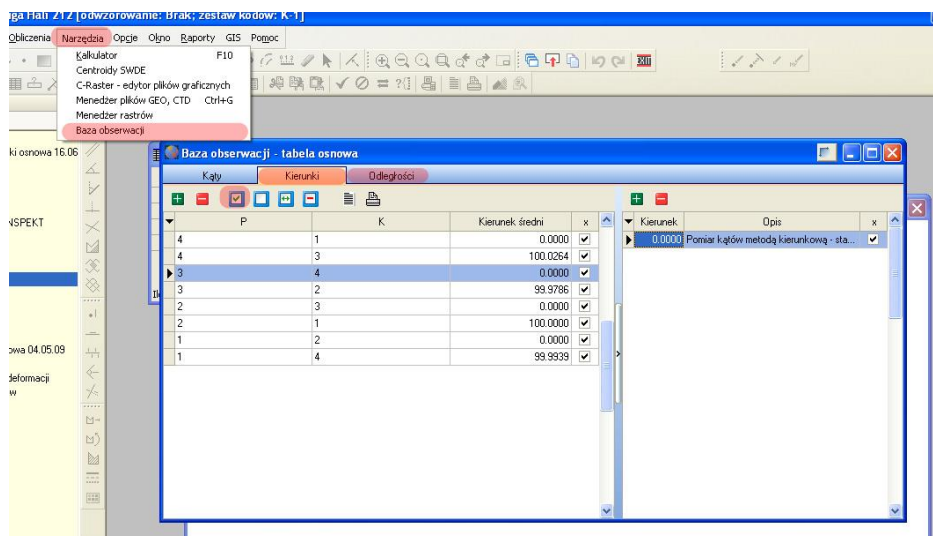
W następnej zakładce mamy zestawienie danych kątowych oraz liniowych, a służy nam ono do obliczenia odległości zredukowanych oraz przewyższeń trygonometrycznych. Dla potrzeb analizowanego przykładu będą potrzebne przewyższenia które później zostaną wyciągnięte z tego dziennika. W celu ich obliczenia naciskamy ikonkę obliczeń, a ponieważ wszystkie obliczenia które wykonujemy muszą być udokumentowane w postaci odpowiednich raportów naciskamy ikonkę „Raport” dzięki której zostanie zapisany raport z obliczeń przewyższeń.

Lp	Stanowisko	Cel	I pol.	II pol.	D zred I	D zred II	Ik I - II
1	4	1	43.8791	243.8804	79.976	79.976	0.0013
2	3	4	143.9036	343.9020	98.472	98.472	-0.0016
3	2	3	357.5964	157.5937	98.472	98.472	-0.0004
4	1	2	57.5747	257.5720	80.006	80.006	-0.0015
5	3	4	157.5940	300.1443	98.474	98.474	0.0027
6	2	3	399.9997	99.8140	80.004	80.004	-0.0031
7	1	2	57.5756	100.1761	80.007	80.007	-0.0058
8	3	2	257.5725	299.8268	80.007	80.007	-0.0013
9	4	1	243.8779	299.7038	79.977	79.976	-0.0032
10	3	4	357.5964	99.9564	98.474	98.474	-0.0016
11	2	3	399.9997	99.8140	80.004	80.004	-0.0012
12	1	2	57.5747	257.5720	80.006	80.006	-0.0033
13	3	4	157.5940	300.1443	98.474	98.474	-0.0073
14	2	3	399.9997	99.8140	80.004	80.004	-0.0073
15	1	2	57.5747	257.5720	80.006	80.006	-0.0073
16	3	4	157.5940	300.1443	98.474	98.474	-0.0073
17	2	3	399.9997	99.8140	80.004	80.004	-0.0073

Rysunek 29 Wygenerowanie dzienników pomiarów metodą kierunkową

Najbardziej przydatna zakładka nosi nazwę „Pomiar metodą kierunkową” i dzięki niej jesteśmy w stanie uśrednić pomiary kierunków i odległości które zostały pomierzone w dwóch położeniach lunety i w wielu seriach. Po naciśnięciu ikonki obliczeń w zakładce pojawią się odchyłki z wyrównania stacyjnego, a nas najbardziej będzie interesowała treść wygenerowanego raportu w którym program w przystępnej formie zaprezentuje wyniki pomiarów kierunków i odległości. Zamykamy edytor i zapisujemy raport odpowiednią ikonką. W starszych wersjach programu, wartości wyliczone w wspomnianym raporcie należałoby wpisać ręcznie w funkcji wyrównania ścisłego, jednak od jakiegoś czasu jest dostępna „baza obserwacji” która wyeliminowała ten uciążliwy proces ☺. Aby zapisać wyniki wyrównania stacyjnego jakiego dokonaliśmy w tej zakładce naciskamy ikonkę „Zapisz obserwacje do bazy” (ważne aby wybrana była zakładka „Pomiar metodą kierunkową”, bo w innym razie program przeniesie nam do bazy inne dane niż te o które nam teraz chodzi). Po wykonaniu wszystkich obliczeń, zapisaniu raportów oraz przeniesieniu obserwacji do bazy danych powinniśmy zapisać dziennik za pomocą ikonki „Zapisz zadanie” i zamykamy okno „Dziennik kątów i boków”.

UWAGA dla programistów : przeniesiono do bazy kierunki, kąty i odległości, tylko że program nie rozumie że pomiar długości 1-2 jest tym samym co pomiar 2-1 i nie uśrednia tych pomiarów, a powinien (moim zdaniem).

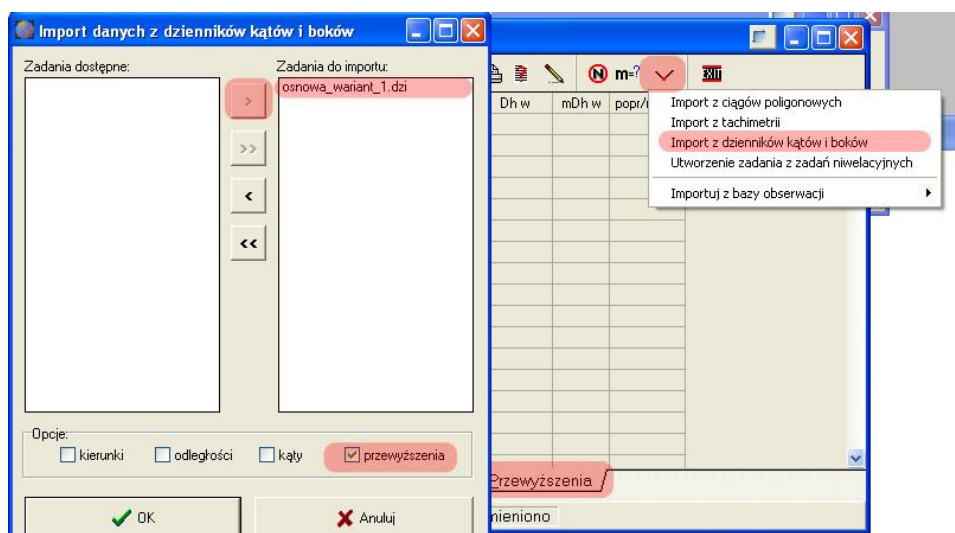


Rysunek 30 Baza obserwacji

W celu sprawdzenia jakie obserwacje zostały zapisane do bazy wchodzimy do menu Narzędzia->Baza obserwacji. Przełączając się po zakładkach zauważymy, iż zapisane zostały odległości, kierunki oraz kąty. Wiadomo, iż do wyrównania nie możemy wyrównywać kątów i kierunków równocześnie ponieważ zostały wygenerowane na podstawie tych samych danych – w niniejszym przykładzie zdecydowano się operować kierunkami. Dla potrzeb późniejszego przeniesienia obserwacji z bazy do wyrównania ścisłego niezbędne jest zaznaczenie tych obserwacji, najwygodniej posłużyć się przyciskiem „Zaznacz wszystkie” który wyzwalamy dwa razy, odpowiednio dla obserwacji kierunkowych i odległościowych. Gdy zostaną zaznaczone wszystkie interesujące nas obserwacje zamykamy to okno.

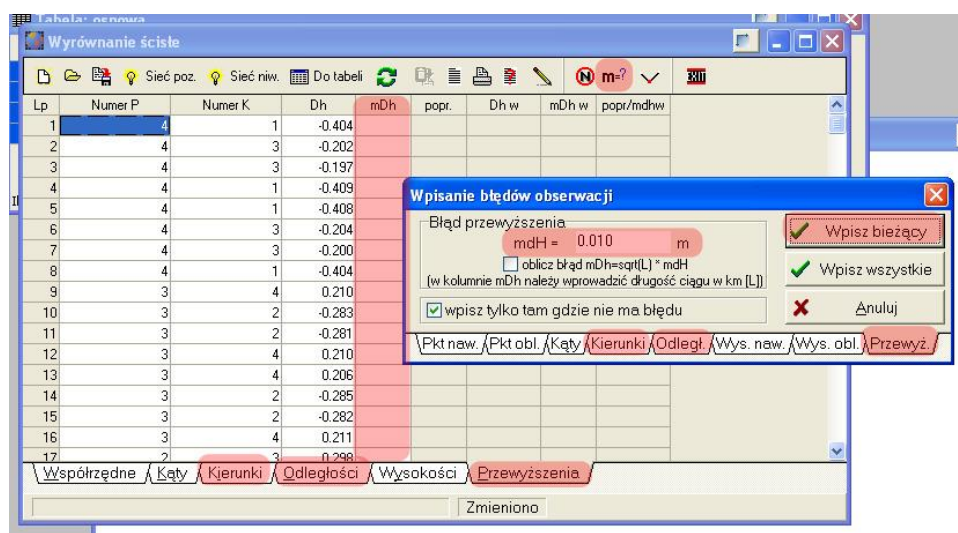
Wyrównanie ściśle sieci poziomej i wysokościowej

Po wstępnym przygotowaniu wszystkich danych można przystąpić do ich wprowadzenia do funkcji wyrównania ścisłego. Jak możemy zauważyć, na zakładkach „Współrzędne” oraz „Wysokości” program prosi operatora o wpisanie odpowiednio współrzędnych płaskich i wysokości punktów stałych oraz przybliżonych (w sieci wysokościowej możemy wpisać tylko punkty stałe). Jeśli punkty te występują w tabeli roboczej, możliwe jest wpisanie ich numerów, a program automatycznie odszuka punkt o tym numerze w tabeli i podczyta je we właściwe miejsca. W przypadku jeśli sieć składa się z dużej ilości punktów wygodniej jest zaznaczyć rozpatrywane punkty w tabeli (np. klawisz F5 lub funkcja „Zaznacz wszystko”), skopiować je, a następnie wkleić w funkcji wyrównania ścisłego w odpowiednich zakładkach.

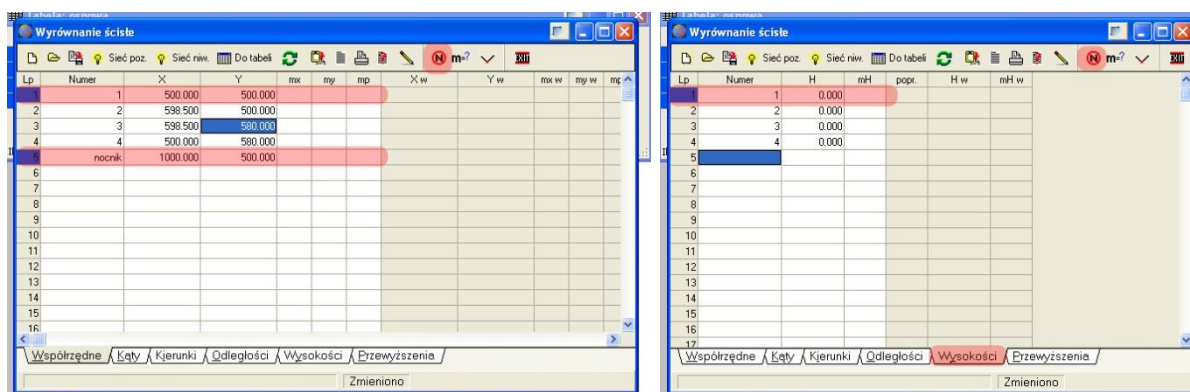


Rysunek 35 Import przewyższeń z dziennika kątów i boków

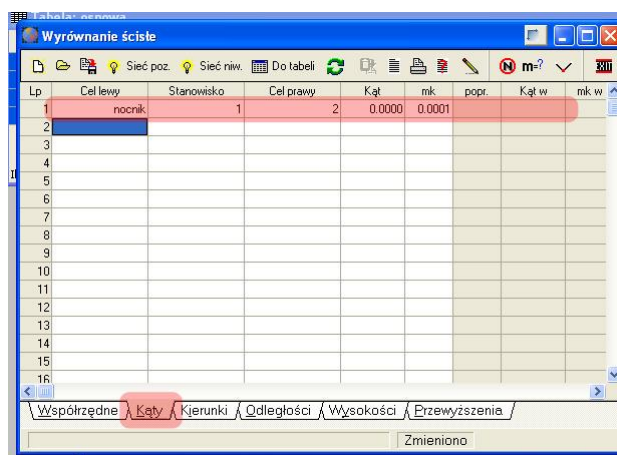
Gdy już zostaną wprowadzone wszystkie obserwacje należy wprowadzić błędy średnie obserwacji (pozyskane na podstawie oceny materiału polowego lub w inny sposób). Mogą być one wpisywane ręcznie dla każdej obserwacji, aczkolwiek gdy pomiar był wykonany tym samym instrumentem wygodniej jest wpisać błędy wszystkim obserwacjom za pomocą ikonki „Wpisz błędy”.



Po wspomnianych czynnościach pozostał nam już tylko jeden element, a mianowicie ustalenie parametrów orientacji przestrzennej naszej sieci – czyli elementy nawizacji. W sieciach niwelacyjnych dokonamy tego przez wybór minimum jednego punktu stałego, a w sieciach poziomych ustalić należy minimum jeden punkt stały i azymut. W naszym przypadku mamy do czynienia z siecią realizacyjną którą wyrównujemy w lokalnym układzie współrzędnych, czyli przyjęto, iż stałym (w sieci poziomej i niwelacyjnej) będzie punkt nr 1 oraz azymut boku 1-2 będzie wynosił 0.0000^g . Ponieważ w programie C-GEO nie ma możliwości wprowadzenia azymutów, zdefiniujemy go jako kąt skierowany zawarty między kierunkiem północy, a zadany bokiem. Problematyczne jest zdefiniowanie kierunku północy, w tym celu w zakładce współrzędnych wpisano dodatkowy punkt o nazwie „nocnik” który znajduje się na prostej równoległej do osi X układu współrzędnych i przechodzącej przez punkt 1 w odległości 500.000m od niego. Punkt „nocnik” oznaczamy jako stały, a następnie w zakładce „Kąty” wpisujemy wspomniany kąt oraz jego błąd średni. Chcemy aby wprowadzany azymut był bezbłędny, dlatego błąd średni pomiaru tego ustalamy jako 0.0001^g .

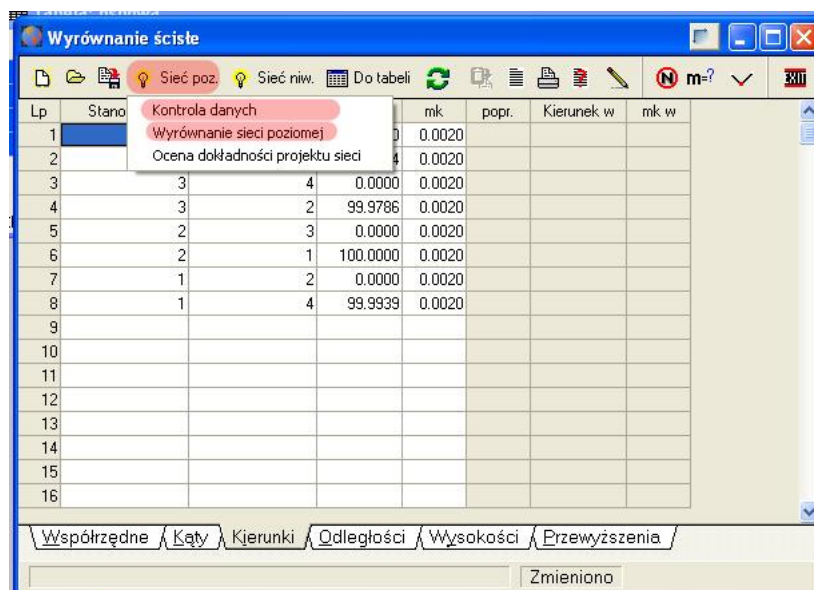


Rysunek 36 Ustalenie punktów stałych



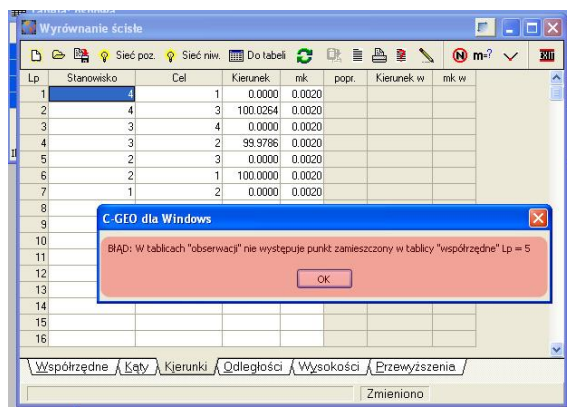
Rysunek 37 Wprowadzenie kąta jako elementu orientacji sieci

Po wprowadzeniu wszystkich niezbędnych danych warto je zapisać przez wciśnięcie ikonki „Zapisz zadanie”. Następnym krokiem zbliżającym nas do końca procesu jest kontrola danych. Sprawdza ona przede wszystkim poprawność topologiczną danych oraz czy wprowadzono wszystkie niezbędne dane jeśli chodzi o punkty stałe, czy obserwacje. Kontrolę tą wywołujemy analogicznie dla sieci wysokościowej jak dla płaskiej.

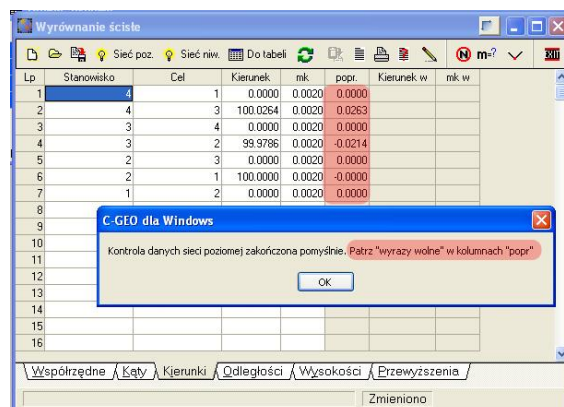


Rysunek 38 Uruchomienie funkcji kontroli danych

W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości w danych, program wyświetli okno z treścią pierwszego z napotkanych błędów (rysunek 39). Po jego poprawieniu ponownie uruchamiamy funkcję kontroli i tak aż ostatecznie program wyświetli komunikat o pomyślnie zakończonej kontroli.

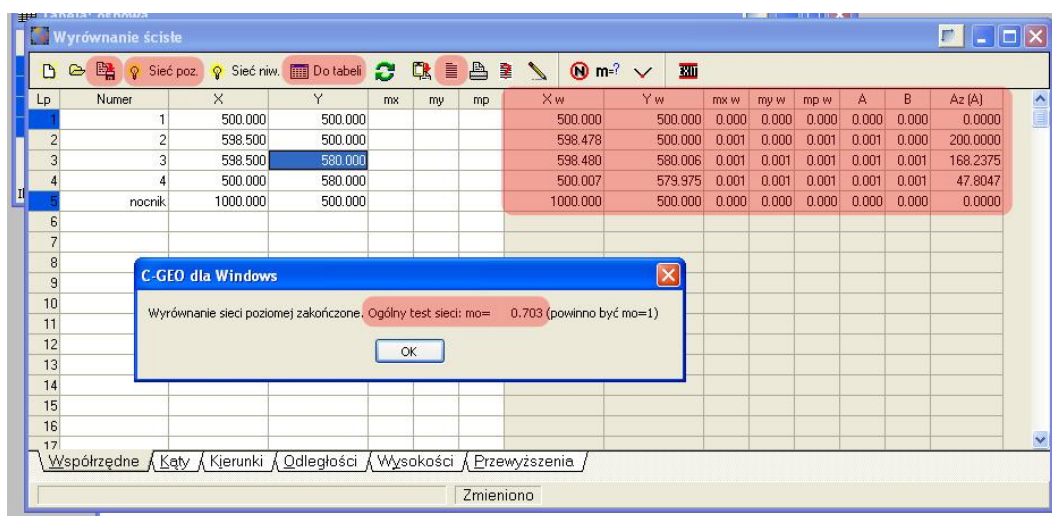


Rysunek 39 Kontrola znalazła błąd w topologii sieci



Rysunek 40 Kontrola zakończona sukcesem

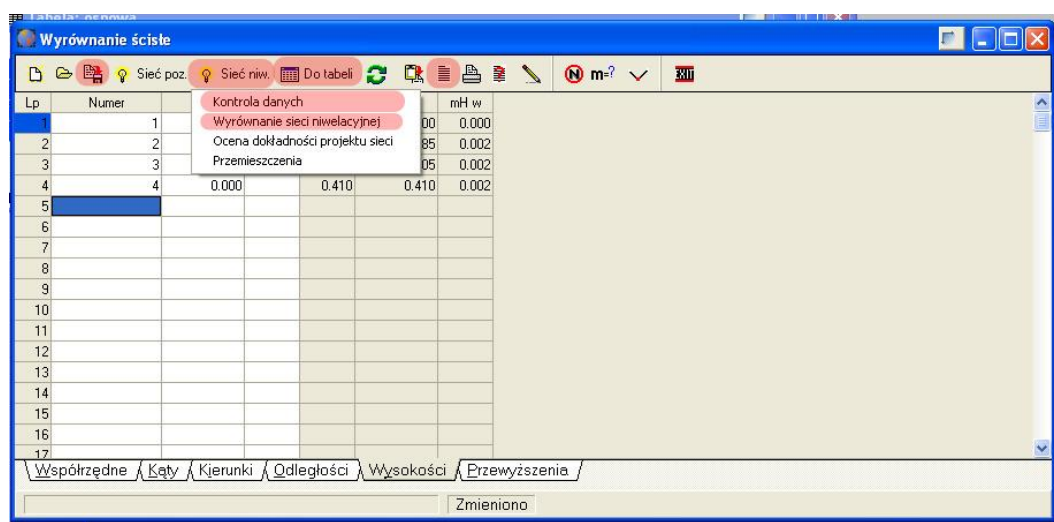
W przypadku sieci płaskiej kontrola danych liczy również wyrazy wolne równań obserwacyjnych i wprowadza je w kolumnę poprawek. Jak pamiętamy, wyrazy wolne liczone są jako różnica obserwacji pomierzonej (wprowadzonej do programu), a wartością policzoną ze współrzędnych przybliżonych. W przypadku nieprawidłowości w wyrównaniu, warto szukać błędu zaczynając od analizy wyrazów wolnych ponieważ jest większe prawdopodobieństwo błędnego wprowadzenia wartości obserwacji (zwłaszcza jak robiliśmy to ręcznie), aniżeli błędnych współrzędnych przybliżonych.



Rysunek 41 Zakończenie wyrównania ścistego

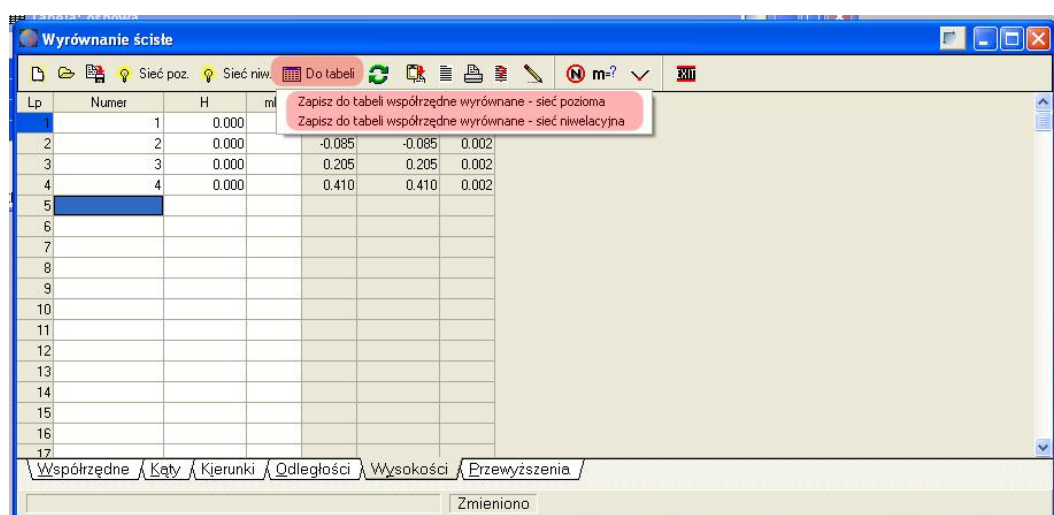
Po wykonaniu kontroli danych uruchamiamy funkcję rozpoczynającą proces wyrównania ścistego. Po wykonaniu wszystkich obliczeń program wyświetla komunikat o zakończeniu oraz wypisuje estymator błędu średniego (błąd jednostkowy sieci). W tym miejscu warto zapisać raport z wyrównania, tak aby wszystkie wyniki znalazły się w nim (ikonka „Raport”).

W analogiczny sposób wykonujemy wyrównanie ściste sieci niwelacyjnej. W jej przypadku użytkownik nie musi wprowadzać wysokości przybliżonych ponieważ jak dobrze wiadomo równania obserwacji wysokościowych są równaniami liniowymi i nie trzeba wykorzystywać procedury iteracyjnej Gaussa-Newtona. Gdy wyrównanie zostanie zakończone sukcesem należy pamiętać o zapisaniu raportu zawierającego wynik obliczeń.



Rysunek 42 Wyrównanie sieci niwelacyjnej

Gdy zakończono wszystkie obliczenia i zapisano niezbędne raporty nie można zapomnieć o zapisaniu estymowanych wartości współrzędnych. Program na własną rękę nie zapisuje najnowszych współrzędnych do bazy lecz czeka na takie polecenie od użytkownika. W celu zapisania nowych współrzędnych do bazy nacisnąć należy przycisk „Do tabeli”, a następnie wybrać odpowiednio zapis punktów sieci poziomej oraz niwelacyjnej.



Na zakończenie procesu obliczeniowego dobrze jest wykonać raport z wykazem współrzędnych punktów po wyrównaniu – już z poziomu tabeli punktów.

Literatura

1. **PN-ISO 4463-1.** Metody pomiarowe w budownictwie - Tyczenie i pomiar - Planowanie i organizacja, procedury pomiarowe, kryteria akceptacji. Warszawa : Polski Komitet Normalizacyjny, 2008.
2. **Gmyrek, Jan, i inni.** Geodezja inżynierska, tom 1. Warszawa : PPWK, 1990. ISBN 83-7000-002-0.
3. **Gocał, Jan.** Geodezja inżyniersko-przemysłowa. Kraków : UWND AGH, 1999. ISSN 0239-6114.
4. **Ministerstwo Przemysłu Ciężkiego.** Instrukcja geodezyjna resortu przemysłu ciężkiego. Warszawa : Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego "WEMA", 1976.
5. **Czaja, Józef.** Wybrane zagadnienia z geodezji inżynierskiej. Kraków : AGH, 1993. ISSN 0239-6114.
6. **Ministerstwo Przemysłu Ciężkiego.** Wytyczne wykonania geodezyjnych pomiarów zakładów przemysłowych. Warszawa : WEMA, 1976.

