

Konspekt do ćwiczeń z „fotogrametrii inżynierskiej” i z „fotogrametrii”

1. Pomiar kształtu i wychylenia komina

Celem pomiaru jest określenie przebiegu osi komina, jako linii łączącej środki poszczególnych przekroi, w odniesieniu do pionu poprowadzonego przez środek podstawy. Mierzy się zdjęcia poziome wykonane kamerą Phototheo z trzech stanowisk: 10, 20, 30. Każda osoba mierzy na stereokomparatorze jedno zdjęcie, a po uzupełnieniu pomiaru na VSD (pozostałe stanowiska) dokonuje obliczeń, oraz graficznej kontroli wyznaczenia wychylenia.

Pomiar wychylenia na stereokomparatorze STECO

Fotogram układa się na lewym nośniku (emulsją do dołu) i zestrza na pionowe znaczków (górną - 200 i dolną - 400); uwaga: „znaczków tłowych” jest kropeczka. Poprawność zestrojenia kontroluje się porównując (i zapisując) odczyty x' znaczków 200 i 400. Pomiar wychylenia od pionu (Δx) wykonują kolejno dwie osoby, uśredniając następnie uzyskane wyniki. Wychylenie komina mierzy się, celując znaczków pomiarowym (np. wybranym krzyżykiem) na punkty obrane parami na tej samej wysokości, po lewej (l) i prawej (p) stronie komina; numerację obserwowanych przekroi podano na odbitce fotograficznej. Przed drugim pomiarem należy przesunąć skalę x -ów a pomiar powtórzyć przy tych samych z -ach jak poprzednio.

Wychylenie oblicza się wg wzoru : $\Delta x = (x'_{jl} + x'_{jp} - x'_{il} - x'_{ip}) \cdot 0,5$

Uwagi: 1) ze względu na mało dokładny stereokomparator, skalę x należy odczytywać do 0,005 mm, 2) poziom najwyższy (5) przyjmuje się tuż pod pogrubieniem wieńczącym komin; poziomy niższe – pod wspornikami pomostów.

Dziennik pomiaru wychylenia komina

Stanow./nr.p	x'_l	x'_p	z	x_l''	x_p''	$\Delta x'$	$\Delta x''$	Δx_{sr}

Pomiar wychylenia na VSD

Uwaga organizacyjna: przed rozpoczęciem pracy przy komputerze należy utworzyć katalog roboczy do którego będą kopiowane pliki pomiarowe i obrazowe.

Przypomnienie kolejnych funkcji VSD: I (pomiar znaczków tłowych), F5 (orientacja wewn.), F10 (wyjście); plik wynikowy: or_int.wyn, J - pomiar punktów z rejestracją, plik wynikowy:or (ale w tym ćwiczeniu będzie zapis ręczny!) , Q (wyjście).

Pliki obrazowe: st10_p.tif, st20_p.tif, st30_n.tif.

Dane do orient. wewnętrznej – współrz. znaczków tłowych (mm) – kolejno „x” i „z”:

dla zdjęcia wykonanego kamerą o $c_k = 195,77\text{mm}$ (ze stanowiska 10)
100 -81,337 29,986 **200** 0,000 87,140 **300** 80,790 30,006 **400** 0,000 -27,342 .
0,020 85,112 - na „zabku”

dla zdjęć wykonanych kamerą o $c_k = 194,92\text{mm}$ (ze stanowisk 20 i 30)
100 -80,901 44,983 **200** 0,000 102,300 **300** 81,450 45,020 **400** 0,000 -12,560

Wyniki pomiaru zapisuje się i oblicza Δx tak samo jak w przypadku stereokomparatora.

Obliczenia wychyleń programem KOMIN (A.Tokarczyka)

Należy obliczyć własne $c_k = c_k - 0,01\text{mm} \cdot \text{nr osob}$, dla stanowisk 10, 20, 30 i zestawić wychylenia Δx [μm].

Redakcja pliku dakom.txt – w kolejnych wierszach:

1 wiersz: **nazwisko** (jako nazwa obiektu), 2 w.: 3 (liczba stanowisk), spacja, 5 (liczba poziomów), 3-5 w.: dane n/t stanowisk (10, 20, 30): **X** [m] spacja **Y** [m] s. **0,5** * c_k [mm], s. **0.0** (γ w gradach), 6 w.: współrzędne **X**, **Y** komina, 7–11 w. – kolejno podaje się: **wysokość poziomu obserwacji** (w metrach) i wychylenia Δx_{10} , s. Δx_{20} , s. Δx_{30} - w **mikrometrach** ! Wysokości poziomów [m]: 220, 180, 140, 100, 20. Ostatni wiersz: **0 0.0 0.0 0.0** . Liczenie: **komin.exe**. Wyniki w pliku **wykom.txt**; jeżeli poprawki v są zadawające (rząd kilku mikrometrów), zmieniamy nazwę pliku: 3 pierwsze litery nazwiska.txt; do sprawozdania należy załączyć wydruki obliczeń. Graficznie należy sprawdzić wychylenie całkowite i sporządzić wykresy wychylenia osi komina w rzutach na płaszczyzny XY, ZX, ZY .

Kontrola graficzna

Należy obliczyć wartości $Q = (\Delta x \cdot d):c_k$ dla trzech stanowisk, wyznaczyć **odręcznie** wychylenie całkowite metodą wstęgi wahań; porównać wynik z rezultatem uzyskanym w obliczeniach.

Współrzędne stanowisk i komin

	St. 10	St.20	St.30	Komin
X [m]:	1206,07	1277,06	789,60	810,45
Y [m]:	864,70	467,55	96,38	565,77

Pytania kontrolne: Czym różnią się odczyty „x” z VSD i ze stereokomparatora? Czy wartości wykazane w tabeli wynikowej jako „poprawki” to wyłącznie efekt błędów pomiarowych? Jak można wykorzystać program KOMIN do obliczeń geodezyjnych (kątowych) ?

2. Pomiar kształtu i odkształcenia więzara dachowego metodą jednoobrazową

a) pomiar analogowy (STECO)

b) pomiar na VSD

Celem pomiaru jest określenie odchylenia od prostoliniowości dolnej krawędzi więzara (stopy więzara) – na podstawie aktualnego zdjęcia, oraz odkształcenia - metodą par czasowych. Rezultatem pomiaru będą zilustrowane wykresami wielkości: deformacji aktualnych (odchylenie od prostoliniowości) i odkształceń okresowych.

Dane są zdjęcia poziome z tego samego stanowiska (z 1995 i z 2004 roku) wykonane kamerą Phototheo w ten sposób, że klisze były równoległe do więzarów. Do pomiaru wybiera się tę krawędź, która jest lepiej czytelna (tutaj - czołową). Odległość stanowiska od mierzonego więzara nr 12 - uwzględniając mimośród środka rzutów kamery względem osi pionowej instrumentu - wynosi 22,00 m. Zdjęcia zakłada się na stereokomparator jako pary czasowe: aktualne (nr 12) na lewy nośnik, wcześniejsze (02) - na prawy; tak samo przy wizualizacji na VSD ! Po przybliżonym zestrojeniu zdjęć, osadza się znaczek pomiarowy w pobliżu punktu podparcia więzara (p.1), nastawia $x = 0$, odczytuje skale z i q , notuje w dzienniku. Pomiar więzara wykonuje się w 8 punktach: w obu punktach skrajnych (najlepiej w punktach podparcia) i w niewrażliwych punktach więzara – w miejscach łączenia segmentów dźwigara strunobetonowego (1/4, 1/2, 3/4 długości - po 2 punkty: jeden nieco wcześniej, drugi nieco za tym miejscem). Miejsce pomiaru powinno być obrane na równym fragmencie płatwi, a przed odczytaniem „q” **trzeba usunąć paralaksę podłużną** (p) na pobliskim, dogodnym szczególe. Odczyty na punktach skrajnych należy powtórzyć a do obliczeń i opracowania graficznego każdy przyjmuje inne z tych danych (muszą być różne !).

Do pomiaru na VSD przyjmujemy dane do orientacji wewn. kamery o stałej 194,92mm (z poprzedniego ćwiczenia).

Dziennik pomiarowo-obliczeniowy

Nr.p [i]	x' [mm]	z' [mm]	q' [mm]	$\Delta z'$ [μm]	dz' [μm]	Δz [μm]	dz [μm]	ΔZ [mm]	dZ [mm]	X [mm]
1	0	'	.	0	0	0	0	0	0	0
.										.
.										.
k						0	0	0	0	.

Uwagi 1): w przypadku pomiaru na VSD dane do orientacji wewn. – wg. poprzedniego opisu (komin);

2) rejestrowane są współrzędne tłowe, a poprzeczne paralaksy czasowe $q=z'-z$ trzeba obliczyć !

W tabeli: $\Delta z' = z_i' - z_1'$, $dz_i' = q_i' - q_1'$; $\Delta z = \Delta z_i' - \frac{\Delta z_k'}{x_k'} x_i'$, $dz = dz_i' - \frac{dz_k'}{x_k'} x_i'$

$$\Delta Z = \frac{Y}{c_k} \Delta z \quad , \quad dZ = \frac{Y}{c_k} dz \quad , \quad X = \frac{Y}{c_k} x'$$

3. Badanie odkształceń wież wiertniczych wywołanych ich obciążeniem

Celem pomiaru jest określenie **bezwzględnych** przemieszczeń charakterystycznych punktów (węzłów konstrukcyjnych, spawów, złączy itp.) – dwóch „świec” zaznaczonych na odbitkach: lewej – „l” i prawej „p”. Przemieszczenia tych punktów charakteryzują odkształcenia konstrukcji spowodowane obciążeniem wywartym przez zawieszony na wieży stalowy „przewód wiertniczy” (albo wytworzonym sztucznie przy pomocy siłownika). Zdjęcia kolejnych faz obciążenia wykonywano równocześnie z dwóch stanowisk, powtarzając rejestracje przy niezmienionej orientacji kamer. W celu podwyższenia dokładności określenia przemieszczeń, koryguje się błędy związane z niezachowaniem orientacji kamer ($\Delta\varphi$, $\Delta\omega$, $\Delta\kappa$). Niezbędne są do tego - odpowiednio rozmieszczone - **stałe** punkty kontrolne (sygnalizowane lub obrane): 11, 12, 13. Uwaga: nie są to „punkty kontrolne” w znanym znaczeniu – nie wyznacza się bowiem ich współrzędnych terenowych.

Dane są zbieżne zdjęcia poziome wykonane na stanowiskach 10 i 20 w stanach: „1” - pierwotny i „9” - wtórny. Zdjęcia mierzy się w VSD jako pary czasowe (w stereokomparatorze lub wVSD).

W VSD wizualizujemy obrazy: stanowisko 10: zdjęcie lewe: **A2.tif** (stan wtórny) i zdjęcie prawe **A1.tif** (stan pierwotny); stanowisko 20: zdjęcie lewe: **B2.tif** (stan wtórny) i zdjęcie prawe: **B1.tif** (stan 1). Mierzy się bardzo starannie czasowe paralaksy **podłużne**: punktu kontrolnego 12 (lub 22) i 6 punktów kontrolowanych (1 – 6 i 10 – 60), obranych we wskazanych miejscach mierzonych „świec”, oraz paralaksy **poprzeczne** na bocznych punktach kontrolnych (11 i 13 lub 21 i 23). Wykonując pomiar na VSD należy zwrócić szczególną uwagę na identyczność punktów lewego i prawego obrazu.

W trakcie tego pomiaru mierzymy również - na zdjęciu ze stanowiska 20 - 8–9 punktów kontrolowanych wskazanej na odbitce linii (każdy student ma własne wyniki !). Aby spełnić warunek „wiotkości” linii, do obliczeń - aproksymacji linii - nie wykorzystujemy punktów skrajnych (bliskich miejsca zaczepienia linii, gdzie lina jest podwójna), obierając jednak sąsiednie punkty możliwie blisko początku i końca; współrzędne punktów zaczepienia będą bowiem potrzebne w dalszych obliczeniach.

*Uwaga organizacyjna: w zespołach 2-osobowych każdy liczy odkształcenia i kształt **innej** świecy (lewa, lub prawa), „łącząc” wyniki dopiero w końcowej fazie obliczeń kształtu wieży; w przypadku 1 osoby, liczone są odkształcenia tylko jednej świecy (i mierzone paralaksy czasowe), ale współrzędne słowe – jak w przypadku 2 osób.*

Kalibracyjne współrzędne znaczków słowych (do orientacji wewnętrznej w VSD) – jak przy pomiarze kominów (dla kamery o stałej 194,92mm (st 10), lub 195,77 (st. 20)). Pomierzone współrzędne tym razem rejestrujemy (plik wynikowyor). Wyniki zostaną wykorzystane także do obliczeń następnego ćwiczenia. W oparciu o współrzędne słowe mierzonych punktów zestawia się ich paralaksy czasowe: $q' = z'_l - z'_p$ - dla bocznych punktów kontrolnych (11 i 13); $p' = x'_l - x'_p$ - dla pozostałych. Podłużne paralaksy punktów kontrolowanych koryguje się: $p = p' + dp_\varphi + dp_\kappa + dp_\omega$. Ze względu na niewielkie wartości „x” punktów kontrolowanych, poprawki dp_ω są zanedbywalnie małe. Tak więc - pomierzone paralaksy czasowe – koryguje się według wzoru:

$$p_p = p' + \frac{q_{13}' - q_{11}'}{x_{13}' - x_{11}'} z_p - \frac{\cos^2 \gamma_{12}}{\cos^2 \gamma_p} \left(p_{12}' + \frac{q_{13}' - q_{11}'}{x_{13}' - x_{11}'} z_{12} \right) \cong p_p' + \frac{q_{13}' - q_{11}'}{x_{13}' - x_{11}'} (z_p' - z_{12}') - p_{12}'$$

Składowe **bezwzględne** przemieszczenia punktu kontrolowanego oblicza się programem KOMIN, lub metodą macierzy transformującej. Wyniki pomiaru należy zilustrować wykresami przemieszczeń dX oraz dY punktów kontrolowanych na całej wysokości wieży.

Współrzędne i wysokości:

	X [m]	Y [m]
St 10	-6,73	71.80
St. 20	87.44	52.67
3 $\cong$	0,0	0.0
4 $\cong$	5.78	0.0

Do opracowania graficznego przyjmujemy wysokości:

p-y 1 i 10: 36.5 m,	2 i 20: 30.0 m,
3 i 30: 28.0 m,	4 i 40: 17.5 m,
5 i 50: 9.1 m,	6 i 60: 3,7 m.

4. Określanie odchylek montażowych wieżomasztu

Zmontowany wieżomaszt powinien być pionowy, co oznacza, że nachylenia świateł dwóch masztów powinny mieć zerowe składowe ΔY oraz składowe ΔX równe liczbowo, ale o różnych znakach. W ramach ćwiczenia zbadamy po jednej świecy każdego z dwóch masztów, wykorzystując dane pomiarowe uzyskane w poprzednim ćwiczeniu.

Kolejne etapy obliczeń - do których danymi wejściowymi są współrzędne łowe 8 punktów dwóch świateł, pomierzone na zdjęciach wykonanych z 2 stanowisk - wykonuje się według poniższych wzorów.

Obliczenia

1. Z pomierzonych współrzędnych łowych (x, z) 6 punktów świateł: (lewa – L) i prawa (P) na zdjęciach wykonanych na 2 stanowiskach (10 i 20) aproksymujemy (metodą najmniejszych kwadratów) oś światła równaniem:

$$ax + bz + c = 0$$

2. Mając dane równanie prostej ($ax + bz + c = 0$) oraz współrzędne środka rzutów (X_o, Y_o, Z_o) możemy wyznaczyć równanie płaszczyzny (płaszczyzna zdefiniowana przez punkt i prostą).

Wiedząc, że jeden z promieni wodzących przechodzący przez środek rzutów przecina prostą aproksymującą światło (jej równanie już znamy), możemy wyznaczyć współczynniki **e, f, g, h** - równania płaszczyzny, rozwiązując następujący układ równań:

$$\begin{cases} eX_1 + fY_1 + gZ_1 + h = 0 \\ eX_2 + fY_2 + gZ_2 + h = 0 \\ eX_3 + fY_3 + gZ_3 + h = 0 \end{cases}$$

Równanie płaszczyzny η wyznaczonej przez oś światła i środek rzutów otrzymuje wówczas postać:

$$eX + fY + gZ + h = 0.$$

W tych równaniach współrzędne X, Y, Z oznaczają współrzędne terenowe: środka rzutów oraz dwóch punktów powstałych przez przecięcie się prostej przechodzącej przez środek rzutów oraz aproksymowaną prostą.

Współczynniki **e, f, g, h** są współrzędnymi wektora **r** prostopadłego do płaszczyzny η . Wektor ten jest transformowany o kąt równy azymutowi osi kamery.

$$R = Ar,$$

gdzie A – macierz obrotu

$$A = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3. Iloczynem wektorowym R_1 i R_2 (z obu stanowisk) jest wektor **S** (leżący w osi światła):

$$\vec{S} = \vec{R}_1 \times \vec{R}_2 \quad \vec{S}(S_x, S_y, S_z)$$

4. Obliczenie wychyleń od pionu osi światła wieżomasztu w dwu (wzajemnie prostopadłych) płaszczyznach pionowych:

$$\delta_{XY} = \frac{S_X}{S_Z} \quad \delta_{YZ} = \frac{S_Y}{S_Z}$$

5. Średnie wychylenie lewej oraz prawej części wieżomasztu:

$$\delta_{XZ}^L = \frac{1}{3}(\delta_{XZ}^1 + \delta_{XZ}^2 + \delta_{XZ}^3)$$

$$\delta_{YZ}^L = \frac{1}{3}(\delta_{YZ}^1 + \delta_{YZ}^2 + \delta_{YZ}^3)$$

$$\delta_{XZ}^P = \frac{1}{3}(\delta_{XZ}^4 + \delta_{XZ}^5 + \delta_{XZ}^6)$$

$$\delta_{YZ}^P = \frac{1}{3}(\delta_{YZ}^4 + \delta_{YZ}^5 + \delta_{YZ}^6)$$

6. Wartości poszczególnych wychyleń:

$$\delta_{XZ}^L = \frac{1}{2}(\delta_{XZ}^L + \delta_{XZ}^P)$$

$$\delta_{YZ}^L = \frac{1}{2}(\delta_{YZ}^L + \delta_{YZ}^P)$$

7. Wychylenie górnej części wieżomasztu:

$$W_{XZ} = \delta_{XZ}^H$$

$$W_{YZ} = \delta_{YZ}^H$$

8. Wychylenie całkowite:

$$W = \sqrt{W_{XZ}^2 + W_{YZ}^2}$$

5. Wyznaczanie parametrów liny odciągowej

Celem ćwiczenia jest określenie sił występujących w punktach zamocowania liny. Lina (wskazana na odbicie zdjęcia wykonanego na stanowisku P) została sfotografowana na pionowej kliszy, zorientowanej względem płaszczyzny liny pod kątem $4,308^\circ$. Stała kamery: $c_k = 195,77 \text{ mm}$. Odległość $d = 98,85 \text{ m}$.

Współrzędne terenowe pomierzonych obliczamy następująco: najpierw transformujemy współrzędne tłowe a następnie obliczamy współrzędne terenowe w pionowej płaszczyźnie liny:

$$\begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ c_k \\ z \end{bmatrix}$$

$$X = \frac{d}{y_t} x_t, \quad Z = \frac{d}{y_t} z_t \quad (\text{gdzie: } d = 98,8 \text{ m}, \alpha = -4,308^\circ - 0,001^\circ \times n_{\text{osob}})$$

Składowe siły naciągu oblicza się programem GEOCATEN (L. Kolondry). Przybliżone wartości: k_o , α_o , β_o (których podania wymaga program) można wydedukować: k – jest zawsze dodatnie, β – ujemne, α – dodatnie gdy lina wznosi się w lewo; wartości liczbowe k , α , β przyjmuje się w zależności od wysokości masztu; przy nachyleniu liny rzędu 45° : dla $h = 25 \text{ m}$ – wartość 100, dla $h = 50 \text{ m}$ – 200, dla $h = 100 \text{ m}$ – 400 itd.). Możemy więc w tym przypadku przyjmować: $k_o = 200$, $\alpha_o = 200$, $\beta_o = -200$.

Wynik uznamy za dobry, jeśli poprawki v_z nie przekraczają 10 mm. Punkty o odskakujących poprawkach v_z wyłączamy z obliczeń. M_z należy zapisać i podać w sprawozdaniu wraz z odpisanymi: „parametrem” liny k , wartościami α , β i składowymi $F_{gx} = F_{dx} = k \cdot q \cdot 9,81$ (ponieważ „ k ” podajemy w metrach, ciężar jednostkowy liny $q = 0,9 \text{ kg/m}$, więc chcąc uzyskać wynik w niutonach, pomnożymy wyliczone F przez $9,81 \text{ m/sek}^2$). Należy prześledzić dalsze obliczenia.

Organizacyjnie – najlepiej przystąpić do obliczeń mając również wyniki pomiaru na VSD.

Problem: jak byśmy postępowali, gdyby zdjęcie było równoległe do liny ?.

6. Wyznaczanie odchyłek projektowych chłodni kominowych

Celem pomiaru jest określenie odchyłek powłoki mierzonej chłodni od projektowej hiperboloidy obrotowej. Niestaranności wykonawstwa budowlanego, czy też odkształcenia budowli (wykazane pomiarowo jako odchyłki od kształtu projektowego), przekraczające wartości dopuszczalne, zagrażają stateczności i bezpiecznej eksploatacji budowli.

Pomiar na VSD (pliki: 01.tif, 03.tif, 05.tif, 07.tif)

Nr p-u kontrol.	Lokalizacja p-u kontrol.	X	Y	Z	Nr p-u
-----------------	--------------------------	---	---	---	--------

12	między pionami	436,098	744,404	120,088	12
22	3 i 4	446,174	754,283	19,422	22
14	obok pionu 10	395,564	740,630	120,054	14
24		383,874	750,000	19,408	24
15	obok pionu 13	388,081	719,336	120,034	15
25		373,146	717,656	19,510	25
17	między pionami	418,896	692,236	120,078	17
27	19 i 20	420,238	677,406	19,973	27

Objaśnienia numeracji punktów kontrolnych: 12, 14, 15, 17 na górze chłodni; 22...27 na dole chłodni.
 Numery „południków”: 1 - 25; numery poziomów: 10 (najniższy), 20...90 (są to numery „betonowań”).
 Numeracja punktów kontrolowanych (przykładowo): nr 1920 oznacza - 19 południk, 20 poziom.
 Wysokości poziomów numerowanych 10 ... 90 - w układzie hiperboloidy (do wykresu):

90	10,90m	60	- 25,00m	30	-60,30m
80	-1,10m	50	-35,90m	20	-71,60m
70	-13,15m	40	-48,60m	10	-82,90m

Dane (do rozdziału między wykonawców ćwiczenia):

Para zdjęć: 1 (prawe) – 3 (lewe) 3 (p) – 5 (l) 5 (p) – 7(l) 7 (p) – 1 (l)
 Południki: 23, 24, 25 4, 5, 6, 7 11, 12, 13 16, 17, 18
 P-ty kontrolne: **zdj.1:** 17 i 27 lub 18 i 28, **zdj.3:** 12 i 22, **zdj.5:** 14 i 24, **zdj.7:** 15 i 25

Problemy: jakie rozwiązanie analityczne było by niezbędne w przypadku zastosowania metody cyfrowej (kamera niemetryczna !); jaką alternatywną metodę pomiaru chłodni zastosować, jak zaprojektować punkty kontrolne ? Czy dokładność odczytu w VSD 0,01 mm można zwiększyć ?

7. Pomiar przekroji podziemnych zarejestrowanych cyfrowo metodą „płaszczyzny światła”

Wstęp

Pomiar przekrojów poprzecznych wyrobisk górniczych, tuneli, czy szybów towarzyszy budowie i eksploatacji wymienionych budowli. Celem jest określenie kształtu i wymiarów, pozwalających wyznaczyć odchyłki projektowe drążonego wyrobiska lub tunelu, bądź obliczyć objętość urobku.

Pomiary przekroju poprzecznego wyrobiska można wykonywać metodami geodezyjnymi, za pomocą bezpośrednich pomiarów liniowych (np. rzędnych i odciętych, wcięć liniowych, biegunowo w płaszczyźnie przekroju). Obok metod geodezyjnych, przy pomiarach wielu obiektów inżynierskich, stosuje się często metodę fotogrametryczną.

Istota fotogrametrycznej metody wykorzystującej „płaszczyzny światła” polega na wykonaniu zdjęcia śladu przekroju, jaki powstaje w wyniku krótkotrwałego oświetlenia wyrobiska płaszczyzną światła emitowaną przez elektryczne urządzenie oświetleniowe. Urządzenie oświetlające (rzutujące „płaszczyznę światła”) jest zorientowane prostopadle względem osi wyrobiska. Prace terenowe sprowadzają się więc do wykonania zdjęć przekroju wyrobiska kamerą fotograficzną; odfotografowana zostaje również czwórka punktów stanowiących podstawę transformacji rzutowej. Zasada metody jest opisana w rozdziale 5.1.2.

Ćwiczenie

I. Przygotowanie danych:

Dane potrzebne do wykonania ćwiczenia:

Obraz cyfrowy:

wykonany aparatem cyfrowym: - Kodak DC260;

format pliku:

obiekt

data wykonania:

- JPEG przetworzony do TIF;

- tunel drogowy – Nowa Huta,

- czerwiec 2003r.

- Przekrój teoretyczny – dany z pomiarów geodezyjnych:
metoda pomiarów terenowych: - tachimetria;
format danych: - DGN.
- Dane niezbędne do transformacji do układu terenowego:
rodzaj transformacji: - transformacja rzutowa;
ilość punktów do transf.: - 4 odfotografowane na zdjęciu sygnały o znanych współrzędnych (X, Y, Z)

A. Utworzyć katalog roboczy:

D:_Nazwisko_Prowadzacego\Nazwisko_Studenta\Przekroje;

B. Przekopiować do swojego katalogu roboczego zawartość katalogu:

D:_Nazwisko_Prowadzacego \Rok.

II. Wykonanie ćwiczenia:

A. Transformacja obrazu cyfrowego do układu terenowego:

- uruchomić program **IRAS C** i otworzyć plik **PROFIL.DGN**;
 - wyedytować kolejne warstwy:
(USTAWIENIA → WARSTWA → WYŚWIETL lub CTRL + E):
 - 1** – punkty z pomiarów terenowych;
 - 5** – numery punktów;
 - 10** – przekrój wykonany na podstawie pomiarów terenowych;
 - 20** – punkty dostosowania;
 - ukryć wszystkie warstwy, warstwę numer **20** ustawić jako **aktywną** we wszystkich widokach;
 - otworzyć plik obrazu z zarejestrowanym przekrojem (**interaktywnie**):
IRAS C → FILE → OPEN → 100.TIF;
 - wykonać transformację układu obrazu do układu terenowego:
IRAS C → GEOMETRY → IMAGE TO MAP;
rodzaj transformacji: **RZUTOWA (PROJECTIVE);**
- a) liczba punktów dostosowania: 4 odfotografowane na zdjęciu sygnały;
- c) mierząc punkty do transformacji należy zachować następującą kolejność: wskazać punkt w układzie docelowym (naroże ramki) w oknie **3**, pomierzyć punkt w oknie **2**, następnie wskazać odpowiadający mu punkt w układzie zdjęcia (świecący sygnał) w oknie **4**, pomierzyć punkt w oknie **1**.

B. Wektoryzacja profilu na obrazie cyfrowym.

- edycja warstwy, na której zapisano profil zwektoryzowany na podstawie pomiarów terenowych:
CTRL+E → WARSTWY nr 1 i 10;
- wektoryzacja przekroju widocznego na obrazie cyfrowym jako smuga światła;
- z wykorzystaniem funkcji „**mierz odległość**” z opcją **prostopadle**, należy pomierzyć różnice w przekroju przyjętym jako teoretyczny i zwektoryzowanym, w punktach znajdujących się na warstwie **1**.

C. Opracowanie wyników:

1. Sprawozdanie techniczne.
2. Tabela zawierająca kolejne punkty i pomierzone odchyłki w każdym punkcie.
3. Wykres zmian odchyłek dla kolejnych punktów w kierunku od lewej strony profilu.

8. Wektoryzacja ortofotomapy cyfrowej

Ortofotografia – powstaje w wyniku przetworzenia zdjęcia (które jest realizacją rzutu środkowego) do rzutu ortogonalnego.

Ortofotomapa – powstaje w wyniku połączenia bloku ortofotografii.

Zastosowanie ortofotomapy:

- aktualizacja danych ewidencyjnych;
- źródło aktualizacji mapy zasadniczej;
- jedna z warstw w krajowym Systemie Informacji Przestrzennej;
- podkład w tworzeniu planu zagospodarowania przestrzennego;
- podkład do prezentacji danych branżowych (np. infrastruktura);
- aktualizacja i weryfikacja danych rolniczych (zapotrzebowanie na ortofotomapę przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa)

Celem ćwiczenia jest analiza treści ortofotomapy pod kątem wyodrębnienia warstw tematycznych. Następnie wektoryzacja fragmentu ortofotomapy na utworzonych warstwach.

Etapy wykonania ćwiczenia:

1. Przygotowanie pracy:
 - ✓ utworzyć katalog roboczy:
`D:\2_GIG\FI\BERN\NazwiskoStudenta\ORTOFOTOMAPA;`
 - ✓ przekopiować do niego z katalogu `D:\2_GIG\FI\ZIAJKA\ORTO` pliki:
`*.cfg; *.etk; *.lu1; *.sb1; *.or;`
2. Uruchomienie programu VSD:
 - ✓ nazwa zadania np.: *ORTO*;
 - ✓ czy stereoskopowa para obrazów: *NIE*;
 - ✓ ścieżka dostępu do pliku z fotogramem: `D:\TIFY\ort_nh_c.tif`.
3. Utworzenie warstw tematycznych; np. *łąki, rola, drogi, budynki, obiekty zielone*.
4. Wektoryzacja obiektów na ortofotomapie.

Praca z programem vsd:

- B** – założenie lub modyfikacja warstwy;
- Enter** (lewy przycisk myszy) – wizualizacja wybranego kadru;
- Z** – dwukrotne powiększenie skali obrazu;
- M** – dwukrotne zmniejszenie skali obrazu;
- C** – zmiana kadru poprzez centrowanie znacznika pomiarowego;
- V** – kadrowanie;
- X** – zmiana kształtu kursora znacznika pomiarowego;
- L** – zmiana koloru znacznika pomiarowego;
- SPACE** – zastąpienie znacznika pomiarowego punktem;
- P** – początkowy punkt rysowanej linii;
- K** – zakończenie rysowania linii;
- D** – dociągnięcie linii do wskazanego punktu lub końca linii;
- U** – usunięcie wektora wskazanego przez kursor;
- Esc** – wywołanie menu;
- Q** – wyjście z programu.

9. Strojenie i pomiar stereogramu zdjęć na analitycznym autografie cyfrowym VSD.

VSD – Video Stereo Digitizer – analityczny autograf cyfrowy.

Różnica między stereokomparatorem a autografem:

- ✓ stereokomparator – w wyniku pomiaru zdjęcia otrzymujemy współrzędne tłowe, a następnie po zastosowaniu odpowiedniego algorytmu obliczamy współrzędne terenowe danego punktu;

- ✓ autograf – określone zostają zależności między układem współrzędnych tłowych i układem współrzędnych terenowych; po określeniu tej zależności operator wykonuje pomiar bezpośrednio w układzie terenowym, a następnie program wylicza współrzędne tłowe dla obu zdjęć.

Etapy orientacji modelu:

1. orientacja wewnętrzna;
2. orientacja wzajemna;
3. orientacja bezwzględna;

Orientacja wewnętrzna – polega na transformacji układu obrazu (pikselowego) do układu tłowego.

- ✓ pomiar 4 lub więcej znaczków tłowych (min. 2 znaczki). Rejestracja klawiszem [I];
- ✓ obliczenie współczynników jednej z czterech transformacji do wyboru (np. afiniczna) – klawisz [F5].

Orientacja wzajemna – polega na doprowadzeniu do przecięcia wszystkich promieni jednoimiennych (homologicznych) obu wiązek zdjęć stereogramu. W wyniku otrzymujemy poprawnie zorientowaną względem siebie parę zdjęć.

- ✓ pomiar 6 (lub więcej) punktów homologicznych (min. 5), czyli tych samych szczegółów terenowych na obu zdjęciach. Rejestracja klawiszem [H];
- ✓ wprowadzenie z klawiatury elementów orientacji wewnętrznej c_k, x_0, y_0 ; oraz ewentualnie wartości współczynników dystorsji radialnej;
- ✓ obliczenie elementów orientacji wzajemnej oraz współrzędnych przecięcia promieni homologicznych w układzie modelu [F6].

Punkty przecięcia wszystkich promieni jednoimiennych tworzą *model*.

Po orientacji wzajemnej zdefiniowany zostaje *przestrzenny układ modelu*.

Przestrzenny układ modelu – jest to układ, w którym wyrażamy model (ale nie jest to jeszcze układ terenowy!!).

UWAGA: Jeżeli w tym momencie pracy uruchomiony zostanie autogrametryczny tryb pracy, wprowadzony zostanie przestrzenny układ modelu, a nie układ terenowy!!!

Orientacja bezwzględna – polega na transformacji przestrzennego układu modelu do układu terenowego.

- ✓ pomiar 4 (min. 3) punktów dostosowania (X,Y,Z), czyli punktów o znanych współrzędnych terenowych. Rejestracja klawiszem [G];
- ✓ obliczenie elementów orientacji bezwzględnej klawiszem [F7].

Transformacja sprowadza się do:

- ✓ przesunięcia – translacji;
- ✓ obrotu kąтового modelu
- ✓ skalowania modelu.

10. Określanie objętości „odstrzelonych” mas skalnych

Pomiar objętości mas można przeprowadzić różnymi metodami (np. geodezyjną, fotogrametryczną). Jedną z popularniejszych metod geodezyjnych polega na wykreśleniu profilu podłużnego i przekrojów poprzecznych, przy czym pomiar wymaga stabilizacji punktów na badanym terenie, co w wielu przypadkach może być problemem. Z reguły metody geodezyjne wiążą się z koniecznością pomiaru bezpośredniego, co nie zawsze jest możliwe, lub co najmniej utrudnione. Przewagę mają tu techniki fotogrametryczne, które nie wymagają pomiaru terenowego badanych punktów, a które można podzielić następująco:

- metoda graficzna,
- instrumentalno-graficzna,
- numeryczna,
- analityczna.

Szczegóły można znaleźć w literaturze [Sitek, 1991].

W ćwiczeniu zostanie wykorzystana metoda numeryczna, polegająca na automatycznym rejestrowaniu mierzonych punktów do NMT. Metoda ta pozwala na gromadzenie danych pozwalających utworzyć numeryczny model terenu. Mając dwa stany (pierwotny i wtórny), oraz ich numeryczny model, możemy wyznaczyć różnicę pomiędzy nimi - co da nam szukaną objętość mas.

Celem ćwiczenia jest określenie objętości mas skalnych, będących wynikiem ostrzału w kamieniołomie „Bobrowniki”. Wykonane zostały zdjęcia normalne w dwóch stanach (przed i po ostrzale). Stała użytej kamery Photo 19/1318 $c_k = 193,76$ mm; baza fotografowania wynosiła 70,455m. Znane są współrzędne

terenowe stanowisk, oraz 6 punktów kontrolnych zaznaczonych na odbitkach (w układzie fotogrametrycznym).

Wykaz współrzędnych

Nr p.	X [m]	Y [m]	Z [m]
A – prawe st.	70,455	0,00	99,10
B - lewe st.	0,00	0,00	100,00
1	44,56	206,96	60,28
2	8,53	197,89	59,43
3	-20,06	190,70	59,20
4	29,51	326,33	77,49
5	-0,07	311,98	77,96
6	-31,29	296,86	77,98

Dla określenia objętości stanowiącej cel ćwiczenia porównane zostaną objętości:

- pierwotna (określona na podstawie pomiaru stanu pierwszego – I),
- wtórna (określona na podstawie stereogramu przedstawiającego stan II).

Do określenia objętości zostanie wykorzystana metoda fotogrametryczna polegająca na budowie numerycznego modelu terenu, a następnie określeniu objętości dla obu zdefiniowanych mas skalnych. Pomiar NMT zostanie przeprowadzony na fotogrametrycznej stacji cyfrowej VSD-AGH.

Ćwiczenie wykonuje się dwójkami (pierwsza osoba mierzy stan I, druga II).

Ćwiczenie

I. Przygotowanie danych:

A. Utworzyć katalog roboczy: **D:_Nazwisko_Prowadzacego\Nazwisko_Studenta\Przekroje;**

B. Przekopiować do swojego katalogu roboczego zawartość katalogu:

D:_Nazwisko_Prowadzacego \Rok.

: \1 i \2 z dwoma stanami odkrywk (katalog \1 - stan pierwszy, katalog \2 - stan drugi). Katalog 1 oraz 2 zawiera obrazy 1l.tif i 1p.tif oraz 2l.tif i 2p.tif oraz ich piramidy (pliki *.tff). Pliki należy skopiować do swojego katalogu na dysk lokalny d:\Tify.

- na dysku d:_Nazwisko_Prowadzacego\Nazwisko_studenta\Dane, założyć podkatalogi: \1 i \2 ,
- do tych katalogów skopiować z [Public\Dydaktyka\Dane\Orientacja](#) plik „1.pkt”,
- kopiując go katalogu \2 należy zmienić mu nazwę na „2.pkt”,
- z katalogu VSD skopiować do nich plik „vsd.bat” i uruchomić go,
- założyć nowy projekt o nazwie „1” (lub „2” – w zależności od mierzonego stanu).

II. Wykonanie ćwiczenia:

A. Wykonanie orientacji:

- wewnętrzna (transformacja biliniowa) – klawisz „i” i wczytanie współrzędnych poprzez klawisz ‘insert’, numeracja znaczków: 1-lewy, 2-górny, 3-prawy, 4-dolny,
- wzajemna (dopuszczalna paralaksa szczątkowa max. 0,5 piksela),
- bezwzględna – wykorzystać slajdy umieszczone w katalogu **Public_Dydaktyka\Dane\Orientacja**. Slajdy z punktami do orientacji bezwzględnej oznaczone są numerami od 101.tif do 107.tif .Plik przeglądowy z punktami nosi nazwę widok.tif.

B. Po wykonaniu orientacji, przygotować plik wektorowy obejmujący zakres opracowania (poprzez wektoryzację na modelu).

C. Po wczytaniu pliku wektorowego, przystąpić do stawiania pikiet. Proponuję się stawiać je na obrzeżach obszaru oraz jako punkty profili (wybrać około 2-3 profili). W przypadku nieciągłości - dołożyć pikiety.

D. Na końcu pliku z rozszerzeniem *.or znajdują się współrzędne terenowe tych pikiet (numer pikiet, współrzędne: X Y Z). Należy je skopiować do nowego pliku. Tak przygotowany plik wczytać do programu „Surfer” poprzez opcję „Data” z menu „Grid” (przy wczytaniu uwaga na definicję osi !!!). Z menu „Map” wybrać opcję „Wireframe” oraz „Contour Map” celem

wizualizacji danych. Następnie z menu „Grid” opcja „Volume” pozwala wyliczyć objętość szukanej bryły.

Spośród proponowanych przez oprogramowanie „Surfer” możliwości interpolacji siatki GRID, w praktyce stosuje się głównie dwie metody:

- triangulacji (triangulation /linear interpolation),
- kriging.

W przypadku powierzchni bardziej regularnych należy stosować metodę „kriging”. Dla powierzchni , gdzie ta regularność jest zaburzona gwałtownymi uskokami terenu należy , należy stosować metodę triangulacji, polegającą na łączeniu wszystkich punktów w siatkę trójkątów i interpolacji między nimi, przy czym wartości pikiet po interpolacji zostają zachowane. W przypadku metody „kriging” wygładzenie powierzchni wynikające z zastosowanej funkcji może zmieniać wartość współrzędnej „z” mierzonych punktach, celem bardziej „gładkiego” wpasowania.

W ćwiczeniu (z racji specyfiki obiektu) należy zastosować metodę triangulacji.

E. Analogicznie dla projektu 2. Po zakończeniu tych operacji od objętości 1 odjąć 2 i otrzymany wynik podać w sprawozdaniu.

III. Opracowanie wyników:

A. Sprawozdanie techniczne,

B. Wydruki z programu „Surfer” opcji „Wireframe” oraz „Contour Map” z naniesionym rozmieszczeniem pikiet (pamiętać o zachowaniu o skali !!!),

Wydruk plików z programu „Surfer” – opcja „Volume” dla obu stanów z obliczona różnicą objętości, będącą wynikiem końcowym ćwiczenia.