

Temat 1:

## **Wybór i pomiar fotopunktów naturalnych dla orientacji stereogramu zdjęć lotniczych Krakowa**

### ***Wprowadzenie.***

Fotopunkt – czyli punkt o znanych współrzędnych terenowych (XYZ), możliwy do zidentyfikowania i pomiaru na zdjęciu spełnia bardzo ważną rolę w technologii fotogrametrycznego opracowania zdjęć zarówno lotniczych jak i naziemnych. Fotopunkty służą w ogólności do wyznaczenia elementów orientacji zewnętrznej zdjęć (EOZ) (zarówno kątowych jak i liniowych) najczęściej w procesie orientacji bezwzględnej stereogramu (wyznaczenie EOZ dla dwóch zdjęć) lub procesie aerotriangulacji lub terratriangulacji gdzie w jednym procesie obliczeniowym wyznaczamy EOZ dla wszystkich zdjęć bloku lub sieci zdjęć.

Rozróżniamy fotopunkty sygnalizowane i fotopunkty naturalne. Fotopunkty sygnalizowane są markowane w terenie specjalnymi znakami (najczęściej krzyżami), przed wykonaniem zdjęć pomiarowych, w miejscach optymalnych pod kątem ich późniejszego wykorzystania. Największą ich zaletą jest jednoznaczność identyfikacji połączona z dużą dokładnością pomiaru na zdjęciach oraz właściwe położenie w bloku zdjęć. Natomiast fotopunkty naturalne są to jednoznaczne szczegóły terenowe, dobrze widoczne na zdjęciu, których wybór i pomiar geodezyjny jest realizowany najczęściej już po wykonaniu zdjęć. Pomiar geodezyjny fotopunktów sygnalizowanych powinien być wykonany równoległe z wykładaniem sygnałów w terenie, ze względu na to, że sygnalizacja punktów jest dosyć szybko niszczone przez okoliczną ludność. Obecnie odchodzi się od sygnalizacji fotopunktów przed lotem fotogrametrycznym na rzecz wykorzystywania fotopunktów naturalnych. Fotopunkty naturalne, aby sprostać walorom fotopunktów sygnalizowanych, powinny zapewniać podobną lub niewiele gorszą dokładność identyfikacji na zdjęciach oraz powinny być wybierane w miejscach optymalnych pod względem geometrycznym. Np. w przypadku uzbrojenia stereogramu zdjęć lotniczych powinny znajdować się w rejonach Grubera (na obrzeżach stereogramu)

### ***Zasady wyboru fotopunktów naturalnych.***

Wybrane jako fotopunkty naturalne szczegóły sytuacyjne powinny spełniać warunek jednoznacznej identyfikacji i dokładnego pomiaru na zdjęciach. Powinny być tak wybrane aby przestrzenny znaczek pomiarowy na stereogramie można bez trudu umieścić na właściwej wysokości punktu (najlepiej jeśli jest możliwy również pomiar monoskopowy punktu). W przypadku fotopunktów naturalnych dla potrzeb aerotriangulacji jak i uzbrojenia pojedynczych stereogramów należy tak wybierać jego położenie na zdjęciu aby odfotografowany był na jak największej ilości zdjęć Aby spełnić ten warunek powinien znajdować się w pasie potrójnego pokrycia zdjęć w szeregu (podwójnego pokrycia stereogramów) oraz w pasie pokrycia poprzecznego szeregów. W takim przypadku fotopunkt może jednocześnie maksymalnie znajdować się na sześciu zdjęciach (czterech stereogramach).

Ogólne zasady dotyczące wyboru fotopunktów naturalnych to:

- Wybieramy fotopunkty naturalne zawsze na stereogramie, ponieważ widoczność na zdjęciach jest najważniejsza. Punkt sytuacyjny pomierzony w terenie, bez wcześniejszej analizy zdjęć, najczęściej jest niemożliwy do pomiaru na zdjęciu (martwe pole, cień, zbyt mała wielkość, przysłonięcie np. przez parkujący samochód, itp)
- Poszukiwanie ich tylko w określonych wcześniej rejonach zdjęć,
- Powinny być zlokalizowane na otwartej przestrzeni, umożliwiającej ich pomiar również na sąsiednich zdjęciach (nie znajdują się wtedy w martwym polu jakiegoś bliskiego wysokiego obiektu),
- Powierzchnia na której znajduje się fotopunkt naturalny powinna być płaska i na tyle duża aby zapewnić możliwość osadzenia stereoskopowo znaczka przestrzennego. Najlepsza jest oczywiście powierzchnia terenu, ale może być również powierzchnia płaskiego dachu, powierzchnia fundamentu budowli, a nawet powierzchnia górna szerokiego murku czy grubego słupa. Nie powinno się wybierać góry małych słupków ogrodzeniowych, szczytów masztów i słupów, narożników dolnych dachów dwuspadowych itp. - ponieważ najczęściej nie zapewniają możliwości dokładnego pomiaru wysokościowego.
- W przypadku szczegółów, które w naturze mają kształt prostokątny a w skali zdjęcia są duże, i łatwe

do identyfikacji należy jako fotopunkt przyjmować jeden z narożników obiektu (np. narożnik płaskiego dachu, narożnik trawnika, przepustu itp)

- W przypadku szczegółów, które w naturze mają kształt prostokątny ale w skali zdjęcia są bardzo małe, najkorzystniej jako punkt właściwy przyjmować ich centr a nie narożnik. Dotyczy to takich szczegółów jak np. kratka ściekowa kanalizacji, prostokątna pokrywa wjazdu kanalizacji, prostokątna czapa grubego słupa ogrodzeniowego itp.
- Dla szczegółów sytuacyjnych o kształcie okrągłym, bez względu na ich wielkość na zdjęciu, zawsze jako punkt przyjmujemy ich centr. Jeśli krąg jest duży (np. klomb o średnicy kilku lub kilkunastu metrów) to zarówno na zdjęciu jak i w terenie wyznaczamy konstrukcyjnie jego środek geometryczny, a następnie mierzymy.
- W przypadku szczegółów sytuacyjnych, które mogły powstać w czasie pomiędzy wykonaniem zdjęć a okresem wyboru i pomiaru fotopunktów i zastąpić ich stare położenie nowym, należy być szczególnie ostrożnym i nie wybierać ich do pomiaru. Dotyczy to np. malowanych znaków na jezdni, linii boisk piłkarskich itp., które co roku są odnawiane i niekoniecznie muszą być w tym samym miejscu co rok wcześniej. Dotyczy to również słupów trakcji elektrycznej czy telekomunikacyjnej, które co jakiś czas są wymieniane. Jeśli zdjęcia są aktualne (wykonane kilka tygodni czy miesięcy wcześniej) to problemy takie najczęściej nie wystąpią.
- W przypadku obszarów gdzie nie ma dużego wyboru szczegółów dopuszcza się wybór, jako fotopunktów, słupów energetycznych, telekomunikacyjnych lub oświetleniowych oraz znaków drogowych. Punktem właściwym jest wtedy punkt na powierzchni terenu materializujący oś słupa (centr). Osie słupów na stereogramie mierzymy w ten sposób, że osadzamy znaczek na powierzchni terenu obok słupa, a następnie nasuwamy go na oś słupa („wchodzimy” w słup). Nie powinno się przyjmować jako fotopunkty naturalne osi grubych drzew i krzewów ponieważ dokładność identyfikacji takich punktów na zdjęciach jest zbyt mała.

### ***Pomiar geodezyjny fotopunktów naturalnych.***

Pomiar geodezyjny fotopunktów naturalnych wykonać można dwoma metodami. Metodą pomiaru tachimetrycznego w oparciu o istniejącą w terenie osnowę geodezyjną poziomą i pionową, oraz metodą GPS. Tą ostatnią wykorzystujemy najczęściej tam gdzie osnowa geodezyjna jest stosunkowo rzadka, a teren jest odkryty – czyli głównie na terenach wiejskich. W terenach miejskich, o wysokiej zabudowie uzyskanie warunków optymalnych dla tej metody pomiarów często bywa problematyczne. Dlatego w ramach zajęć terenowych stosowna będzie metoda pomiaru tachimetrycznego w oparciu o istniejącą osnowę.

### ***Uwagi dotyczące pomiaru tachimetrycznego fotopunktów naturalnych***

W przypadku metody tachimetrycznej do pomiaru wykorzystywane będą tachimetry elektroniczne pozwalające mierzyć odległość, kąty poziome oraz pionowe. Pamiętać należy, że zawsze określamy współrzędne przestrzenne XYZ każdego fotopunktu naturalnego, czyli wykorzystujemy wszystkie rejestrowane przez tachimetr dane. Bardzo ważne jest notowanie, każdorazowo, wysokości tyczki z lustrem (w przypadku jeśli wysokość fotopunktu jest równa wysokości terenu) i notowanie wysokości tyczki równej 0 (zero) gdy lustro jest przykładane bezpośrednio do punktu (np. narożnika dachu). W przypadku pomiaru punktów na których nie można bezpośrednio postawić tyczki (np. osie słupów) należy bezpośrednio zmierzyć w terenie ekscentr pomiędzy osią lustra i osią słupa, a następnie dodać go do pomierzonej odległości do lustra. Oczywiście przy takim pomiarze lustro musi znajdować się na prostej celowej do osi słupa (nie może być umieszczone obok słupa). Możliwy jest również pomiar osobno odległości i kąta pionowego (lustro znajduje się z boku słupa) i osobno kąta poziomego (instrument wycelowany na oś słupa).

Zawsze, jeżeli instrument stoi nad punktem osnowy, którego wysokość bezwzględną znamy, należy pomierzyć wysokość osi instrumentu „i”. Bardzo korzystnie jest ustawić wysokość lustra na wartość taką samą jak wysokość instrumentu, bowiem w takim przypadku rzeczywista różnica wysokości punktów (stanowiska i punktu mierzonego) będzie równa przewyższeniu (liczonemu z kąta pionowego i mierzonej odległości).

W przypadku instrumentu z możliwością pomiaru bezlustrowego wygodny jest pomiar punktów wysokich (naroża dachów), oraz punktów niedostępnych (np. poza ogrodzeniem posesji). Jeżeli istnieje prawdopodobieństwo pomiaru punktów niedostępnych należy starać się o taki instrument do pomiaru terenowego.

Istotne z punktu widzenia pomiaru jest również pilnowanie aby ustawić w instrumencie właściwą stałą lustra które używamy. Najczęściej lustra tej samej firmy co tachimetr mają stałą równą zero, ale często używane będą równocześnie lustra różnych firm i nie można zapominać o wprowadzaniu odpowiednich stałych. Dotyczy to również przełączania się pomiędzy pomiarem lustrowym i bezlustrowym. Należy pamiętać, że pomiar do lustra można wykonać mając instrument w trybie bezlustrowym, ale pomierzona odległość jest nieprawdziwa.

Jeżeli pomiar tachimetryczny będziemy prowadzili ze stanowiska o znanych współrzędnych XYZ (punkt osnowy) to można po wprowadzeniu współrzędnych tego stanowiska i współrzędnych XYZ punktu nawiązania oraz wysokości „i „, stanowiska uzyskać od razu współrzędne mierzonych fotopunktów w układzie geodezyjnym.

Po to aby numery fotopunktów nie dublowały się w różnych grupach studenckich wykonujących pomiary należy przyjąć następujący algorytm przypisywania numerów:

- numer fotopunktu składać się będzie z dwóch części: pierwsza to numer stereogramu (1 – 18), a druga część to cyfra z przedziału 1- 0 mówiąca o tym czy jest to fotopunkt z górnej (północnej) części stereogramu czy z dolnej (południowej),
- dla górnych punktów stereogramu przyjmujemy kolejne cyfry nieparzyste (1,3,5,7,9) dla dolnej kolejne cyfry parzyste (2,4,6,8,0). Np. punkt o numerze 97 to fotopunkt dla dziewiątego stereogramu znajdujący się w górnej, północnej jego części.

### ***Cel zajęć terenowych:***

uzbrojenie w fotopunkty naturalne jednego stereogramu zdjęć lotniczych Krakowa wraz z kameralną kontrolą poprawności wykonanego zadania.

### ***Warunki techniczne***

- Czasokres realizacji tematu – 2 dni,
- Zdjęcia lotnicze wykonane zostały wiosną 2009 roku kamerą cyfrową DMC01. Wirtualne zdjęcia połączone softwaer'owo z czterech kamer są całkowicie wolne od dystorsji, posiadają stała kamery  $Ck = 120.000$  mmm, współrzędne punktu głównego wynoszą  $x_0=0.00$ mm,  $y_0= 0.00$ mm, piksel obrazowy =  $12\mu$ m, wymiary zdjęcia :13824x7680 pikseli)
- Uzbrojenie jednego stereogramu w fotopunkty naturalne wykonywane jest przez całą sekcję (osiem osób). Jedna podsekcja (4 osoby) wybiera i mierzy fotopunkty w górnej (północnej) części stereogramu, a druga podsekcja w części dolnej (południowej).
- Każda podsekcja wybiera na zdjęciach i mierzy w terenie co najmniej dwa fotopunkty nie więcej jednak niż pięć.
- Współrzędne fotopunktów XY wyznaczyć należyw układzie 2000, a Z w układzie Kronsztadt .
- Pomierzone i obliczone współrzędne fotopunktów podlegają kontroli fotogrametrycznej, która decyduje o poprawności wykonania, a tym samym zaliczeniu tematu

### ***Materiały do realizacji tematu:***

1. Zorientowany wewnętrznie stereogram cyfrowych zdjęć lotniczych Krakowa, wykonanych wiosną 2009 roku. Klon\VSD\praktyka2010\Stereogram 1....18,
2. Opisy topograficzne punktów osnowy poziomej III klasy m. Krakowa. Osnowa pomierzona i wyrównana w 2007 roku. Punkty osnowy posiadają współrzędne w układzie lokalnym Krakowa oraz w układzie 2000, a wysokości w układzie Kronsztadt i Amsterdam.
3. Wydruk tej części jednego ze zdjęć stereogramu na której należy wybrać fotopunkty naturalne.
4. Wydruk fragmentu przeglądówki osnowy poziomej m. Krakowa z zaznaczonym położeniem punktów osnowy.

### ***Realizacja tematu:***

temat realizowany powinien być zgodnie z poniższym harmonogramem:

#### **1 dzień:**

a. prace kameralne:

- rozdział danych,
- zapoznanie się ze stereogramem i przygotowanymi materiałami,
- wykonanie orientacji wzajemnej stereogramu.

- wniesienie na zdjęcia punktów osnowy geodezyjnej na podstawie przeglądówki i opisów topograficznych,
  - wytypowanie fotopunktów naturalnych i zaprojektowanie pomiarów geodezyjnych w oparciu o model stereoskopowy. Wybrane fotopunkty muszą znajdować się w dwóch górnych lub dolnych rejonach Grubera. Nie mogą znajdować się na linii północ-południe (czyli jeden nad drugim) im dalej będą jeden od drugiego na linii wschód-zachód (kierunek bazy) tym lepiej
  - zaznaczenie na wydruku zdjęcia lotniczego wybranych fotopunktów i projektu pomiaru,
- b. wywiad terenowy:
- odszukanie w terenie punktów osnowy geodezyjnej,
  - weryfikacja terenowa koncepcji pomiaru geodezyjnego w kontekście odszukanych punktów osnowy geodezyjnej,
    - aa. jeśli wszystkie punkty osnowy geodezyjnej zostały odszukane, weryfikacja poprawności kameralnego wyboru fotopunktów. W przypadku potrzeby zamiany fotopunktów wykonanie szkicu terenowego i opisu zamiennych fotopunktów.
    - bb. jeśli nie wszystkie punkty osnowy geodezyjnej zostały odszukane. Wykonanie w terenie nowego projektu pomiaru geodezyjnego i jeśli to konieczne wybór zamiennych fotopunktów naturalnych. Wykonanie szkicu terenowego i opisu zamiennych fotopunktów.
- c. ostateczna kameralna weryfikacja wyboru i pomiaru fotopunktów naturalnych:
- sprawdzenie na stereogramie widoczności nowo wybranych w terenie fotopunktów naturalnych,
  - uzgodnienie z prowadzącym: koncepcji pomiaru geodezyjnego, wybranych fotopunktów i zestawu sprzętu do pomiaru terenowego,
  - pomiar na stereogramie zaakceptowanych fotopunktów (klawiszem J),
  - wydruk powiększeń wybranych fotopunktów do pomiaru terenowego,

### **2 dzień:**

- a. prace terenowe:
- pobranie sprzętu i wyjście w teren,
  - wykonanie pomiarów geodezyjnych fotopunktów naturalnych zgodnie z przyjętą koncepcją i zestawem sprzętowym. W trakcie pomiaru geodezyjnego należy wykonać szkice sytuacyjne mierzonych fotopunktów oraz zdjęcia aparatem cyfrowym lustra znajdującego się na mierzonym punkcie (fotoszkiełko punktu),
- b. prace kameralne:
- transmisja danych z tachimetru i obliczenie współrzędnych XYZ fotopunktów w układzie 2000,
  - wykorzystanie obliczonych współrzędnych fotopunktów do wykonania orientacji bezwzględnej stereogramu. Ocena uzyskanych wyników: jeśli błędy poszczególnych współrzędnych po orientacji bezwzględnej nie przekroczą dla X i Y 0.1m, a dla Z 0.3m, to możemy uznać, że temat został wykonany prawidłowo,
  - konsultacja uzyskanych wyników z Prowadzącym,
  - przygotowanie materiałów do skompletowania operatu

### ***Zawartość operatu:***

1. Sprawozdanie jedno dla całej grupy
2. Szkic osnowy geodezyjnej i fotogrametrycznej
3. Obliczenia i wykaz danych do obliczeń współrzędnych fotopunktów
4. Wykaz współrzędnych wszystkich sprawdzonych fotopunktów
5. Opisy sytuacyjne i fotograficzne fotopunktów naturalnych,
6. Opisy topograficzne wykorzystanych punktów osnowy,
7. Pliki wynikowe z orientacji wzajemnej i bezwzględnej w VSD,
8. Szkic fotograficzny z zaznaczeniem i numeracją wszystkich fotopunktów stereogramu,
9. Szkice fotograficzne dla każdego fotopunktu naturalnego (powiększenia 2:1 oryginalnego obrazu lotniczego)