

## FOTOMAPA I ORTOFOTOMAPA

Zdjęcie lotnicze a mapa

Zniekształcenia zdjęć lotniczych

wpływ nachylenia zdjęcia

wpływ rzeźby terenu

Modele rzutu środkowego

Przetwarzanie rzutowe

Ortorektyfikacja

Terminologia

Aspekty technologiczne

## NUMERYCZNY MODEL TERENU

Definicje, terminologia

Postacie NMT

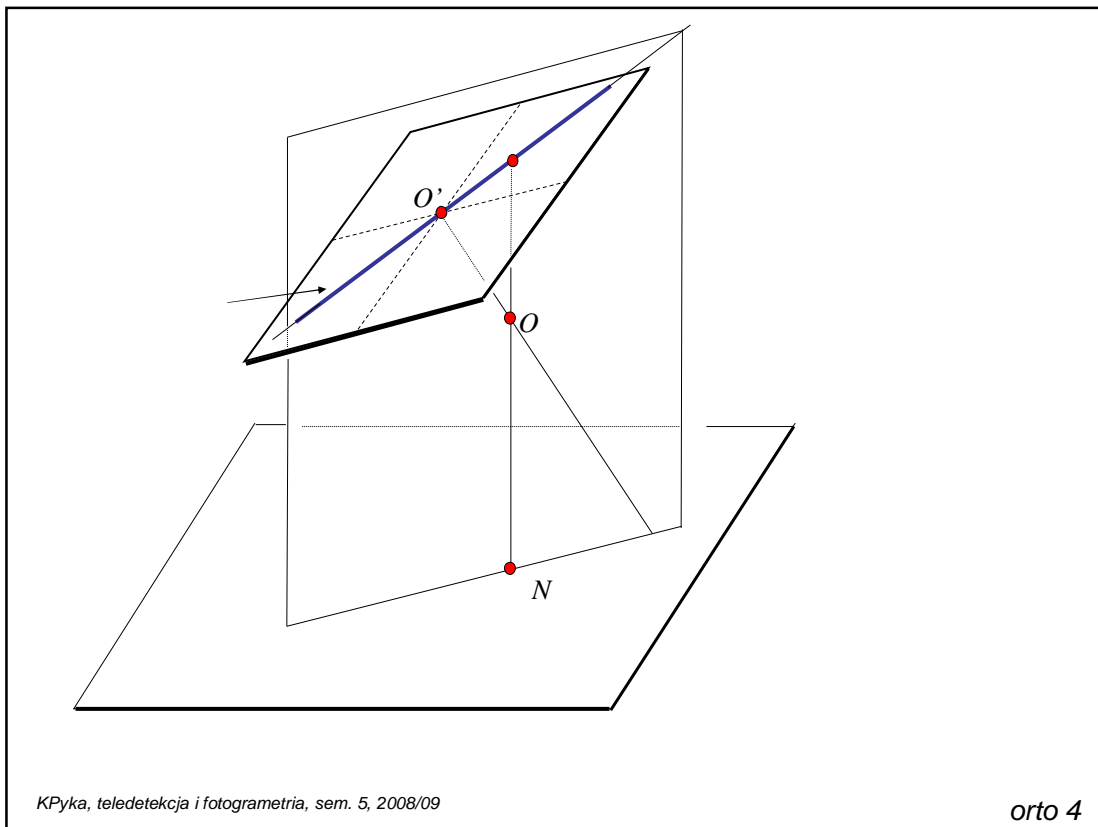
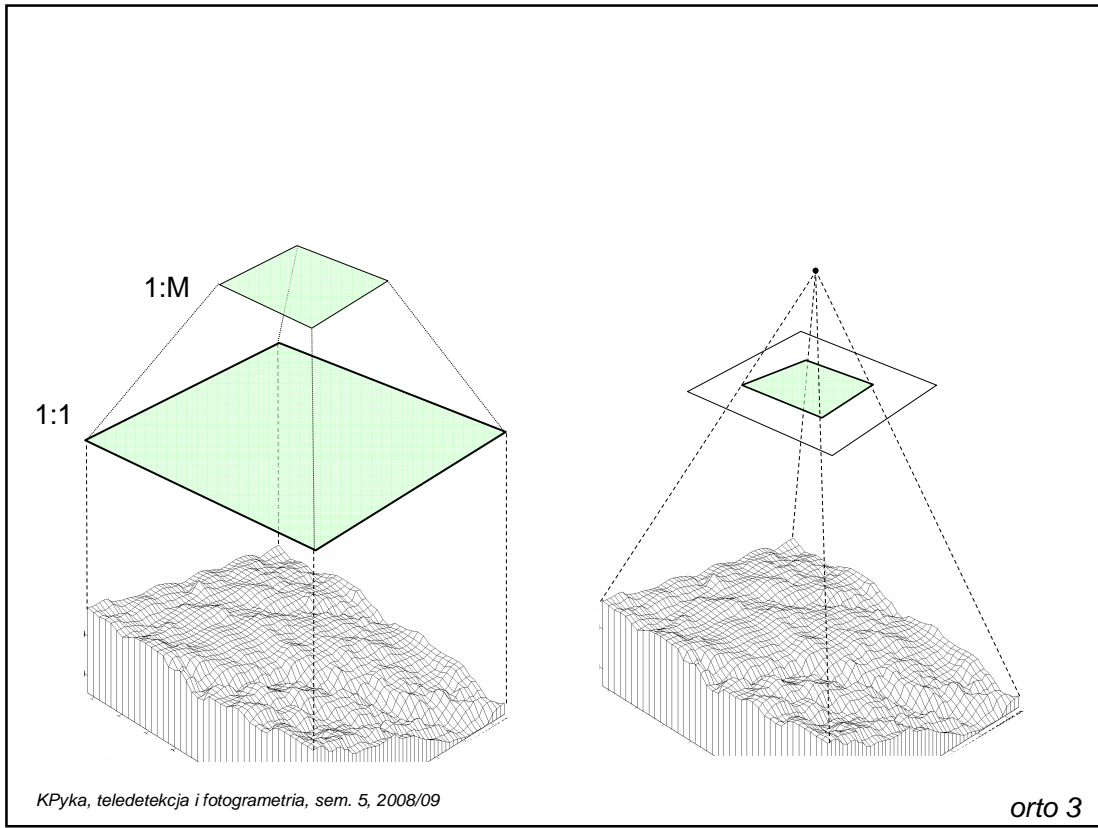
Fotogrametryczny pomiar danych do budowy NMT

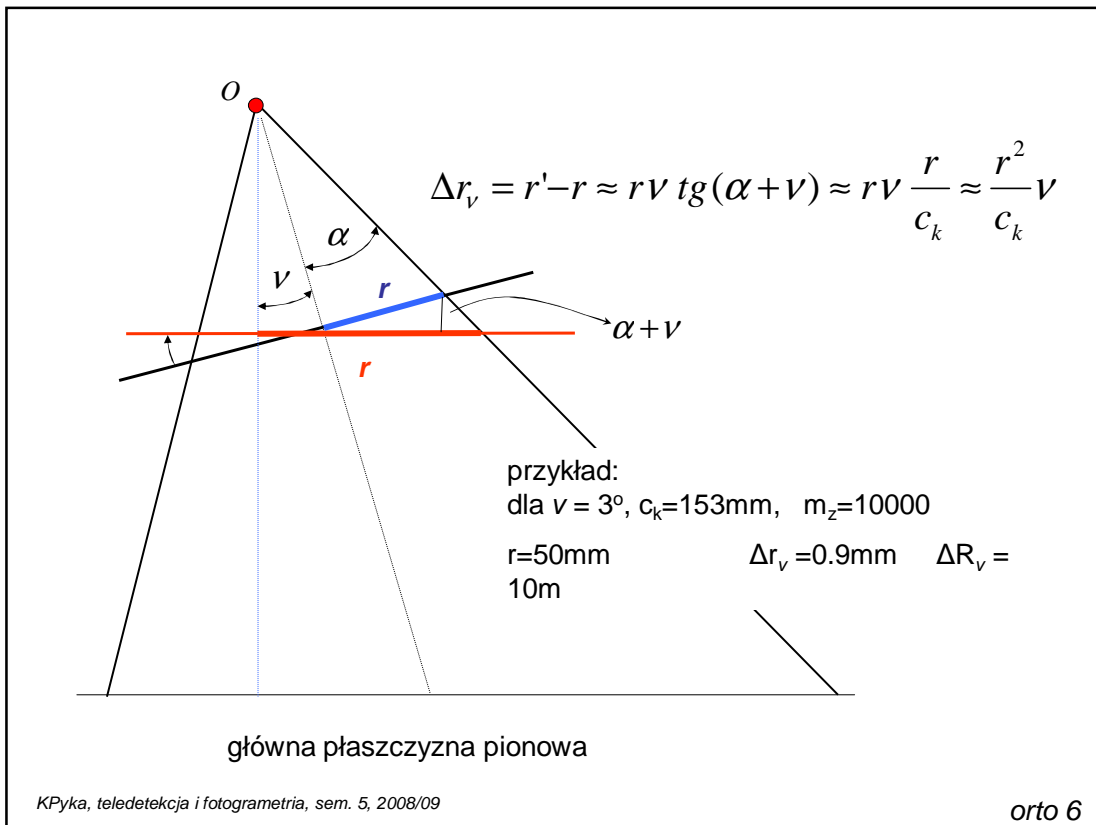
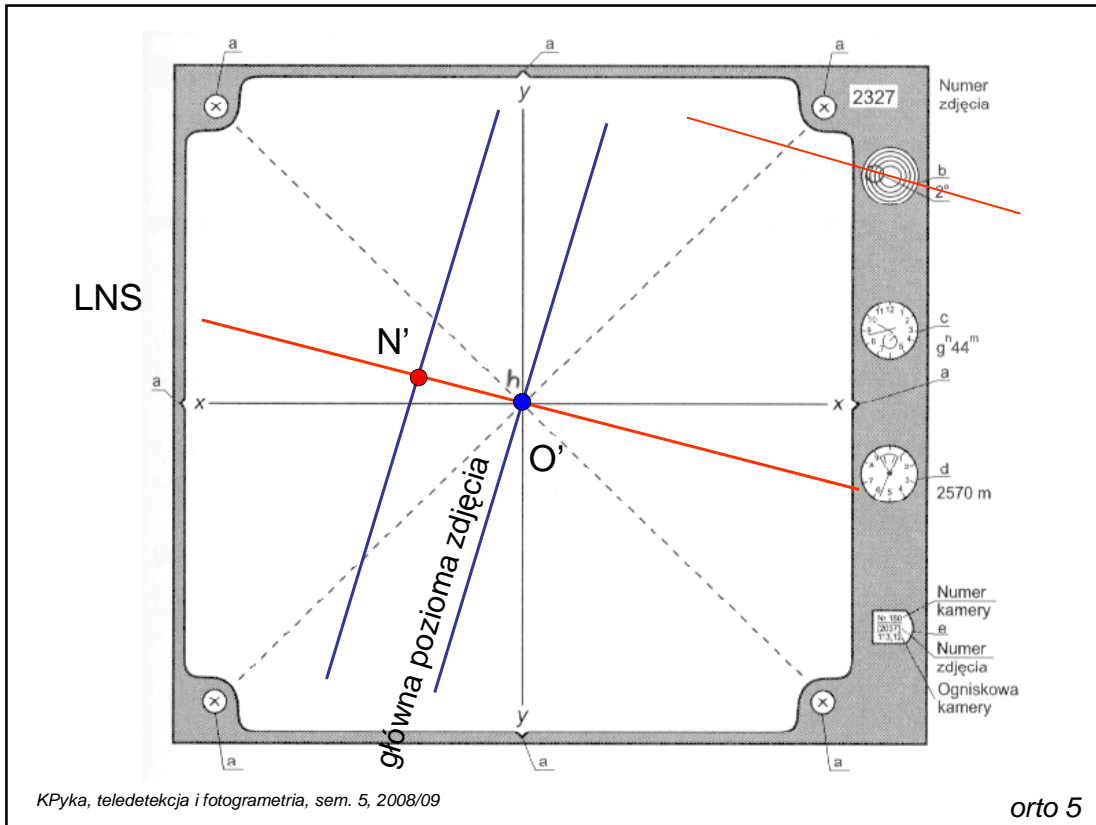
## PRAWDZIWA ORTOFOTOMAPA

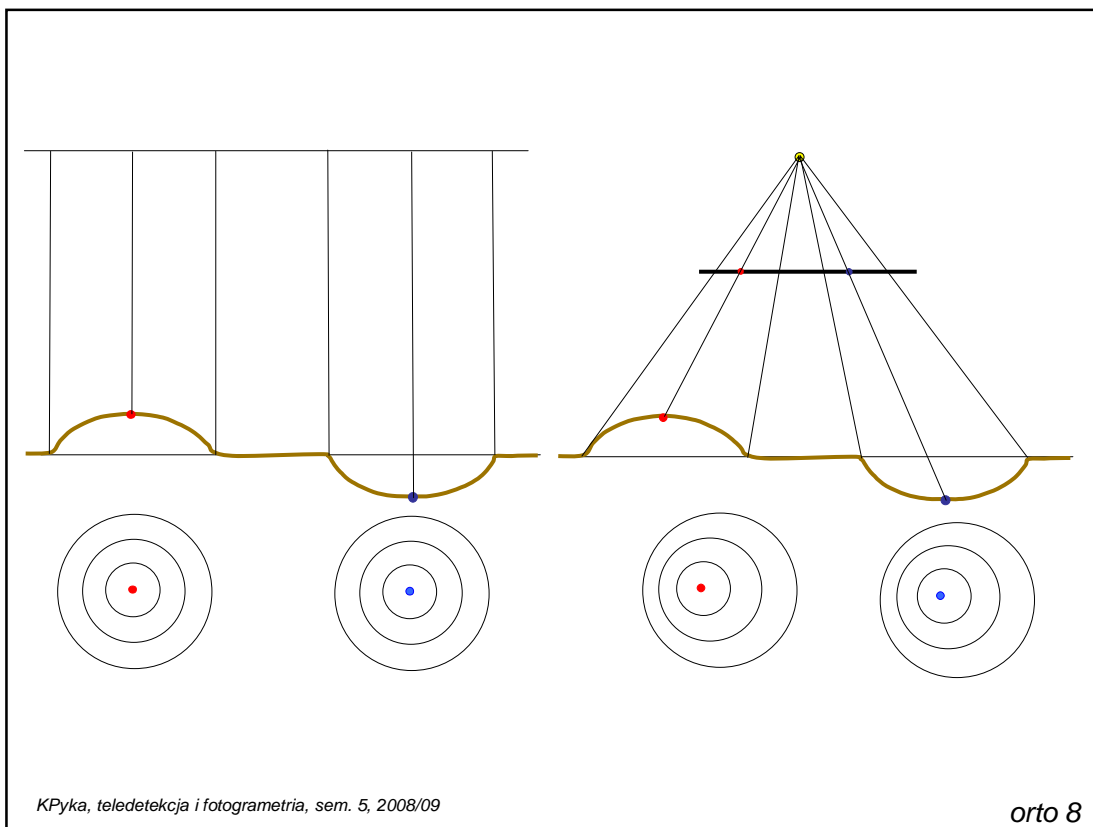
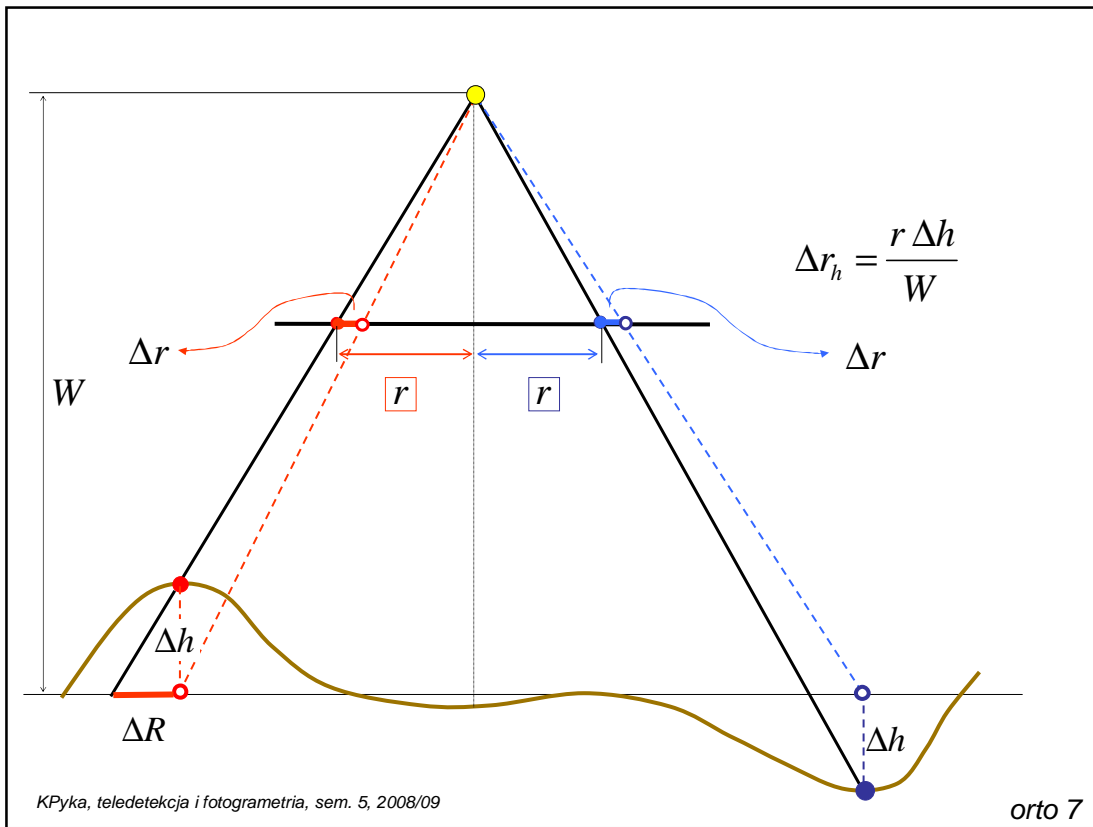
## Mapa – zdjęcie lotnicze – fotomapa, ortofotomapa

**Mapa** – znakowy model rzeczywistości geograficznej przedstawiony na płaszczyźnie w określonym odwzorowaniu; mapa posiada określoną kartometryczność: wierność kątów/odległości/powierzchni

**Zdjęcie** lotnicze (pomiarowe) – rzut środkowy rzeczywistości geograficznej realizowany techniką fotograficzną, powstaje poglądowy model rzeczywistości ale bez cech kartometrycznych (zniekształcone kąty, odległości, powierzchnie)







$$\Delta R_h = \frac{r \Delta h}{W} m_z = \frac{r \Delta h}{c_k}$$

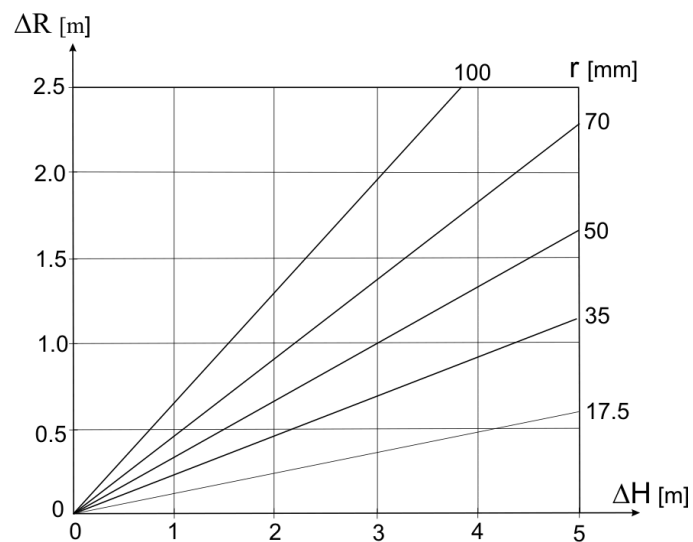
przykład:  $c_k=153\text{mm}$ ,  $W=1530\text{m}$ ,  $m_z = ?$

$\Delta h=2.5\text{m}$   $r=50\text{mm}$     $\Delta r_h=0.08\text{mm}$     $\Delta R_h = 0.8\text{m}$

$\Delta h=5\text{m}$   $r=50\text{mm}$     $\Delta r_h=0.16\text{mm}$     $\Delta R_h = 1.6\text{m}$

$\Delta h=50\text{m}$   $r=50\text{mm}$     $\Delta r_h=1.6\text{mm}$     $\Delta R_h = 16\text{m}$

$$\Delta R_h = \frac{r \Delta h}{c_K}$$



## Rektyfikacja zdjęć

Rektyfikacja zdjęć to przetwarzanie zdjęć do postaci kartometrycznej i przedstawienie w układzie współrzędnych terenowych.

Rezultat rektyfikacji zdjęć nazywa się mapą fotograficzną, gdyż zachowuje ona fotograficzny przekaz treści a zmianie ulega geometria – powstaje sztuczny obraz jaki otrzymalibyśmy przy rzutowaniu ortogonalnym.

Mapy fotograficzne dzieli się na **fotomapy** i **ortofotomapy**, w zależności od zastosowanej metody rektyfikacji.

model parametryczny

model nieparametryczny

$x, y$

$x, y$

$X_0, \dots$

$a_{11}, \dots$

$A, B, \dots$

$$x = -c \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{21}(Y - Y_0) + a_{31}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

$$x = \frac{AX + BY + CZ + D}{EX + FY + GZ + 1}$$

$$y = -c \frac{a_{12}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{32}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y = \frac{HX + IY + JZ + K}{EX + FY + GZ + 1}$$

niewiadome

$$X_0, Y_0, Z_0, \varpi, \varphi, \kappa \quad (6)$$

$$A, B, \dots, K \quad (11)$$

## MODELE RZUTU ŚRODKOWEGO

odwzorowanie 2D na 2D

$$x = -c \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{21}(Y - Y_0) + a_{31}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

$$x = \frac{AX + BY + C}{DX + EY + 1}$$

$$y = -c \frac{a_{12}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{32}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y = \frac{FX + GY + H}{DX + EY + 1}$$

+ warunek współpłaszczyznowości punktów  $(X, Y, Z)$

niewiadome

$$X_0, Y_0, Z_0, \varpi, \varphi, \kappa \quad (6)$$

$$A, B, \dots, H \quad (8)$$

odwzorowanie 2D na 2D  
– przetwarzanie rzutowe

$$x = \frac{AX + BY + C}{DX + EY + 1}$$

$$y = \frac{FX + GY + H}{DX + EY + 1}$$

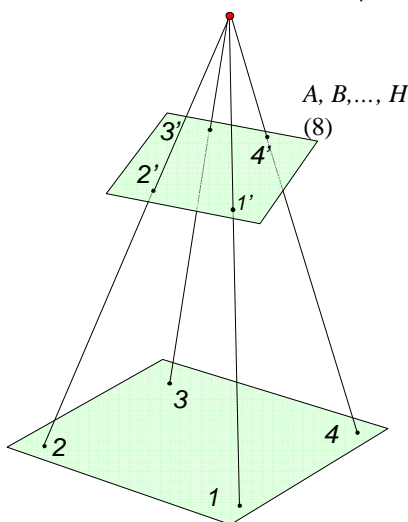
związki analityczne

proste

konieczna  
linearyzacja

niewiadome

$$(6) \quad X_0, Y_0, Z_0, \varpi, \varphi, \kappa$$

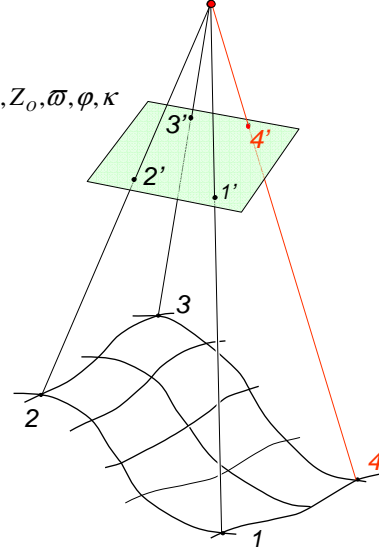


$A, B, \dots, H$   
(8)

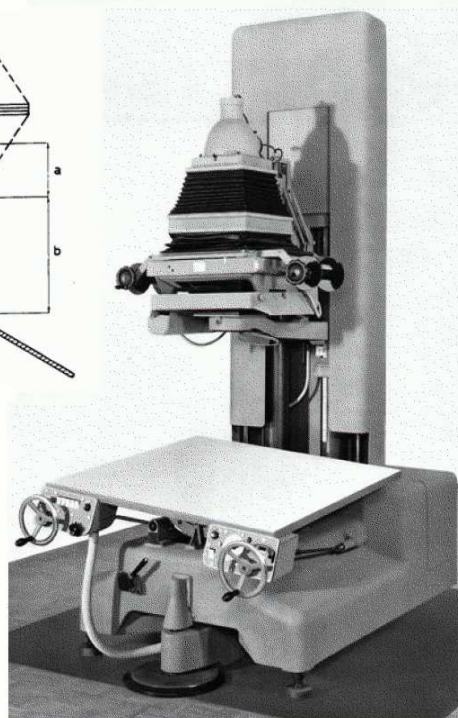
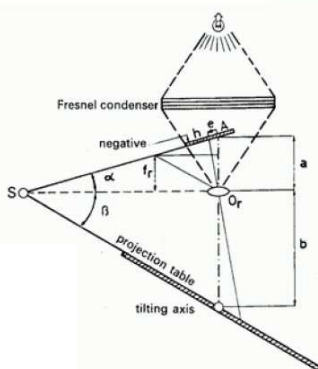
odwzorowanie 3D na 2D –  
wg. równań kolinearności

$$x = -c \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{21}(Y - Y_0) + a_{31}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y = -c \frac{a_{12}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{32}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$



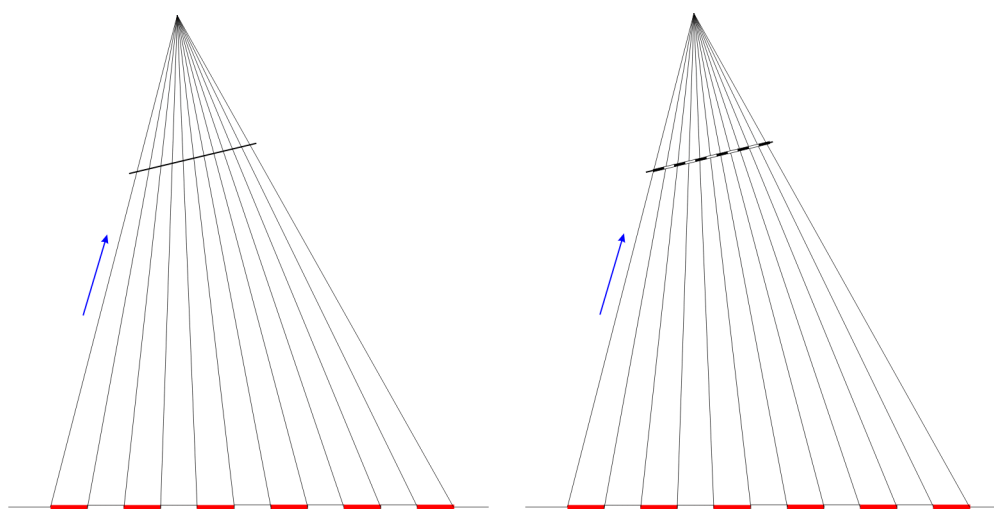
Przetwarzanie rzutowe  
metoda fotomechaniczna



KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 15

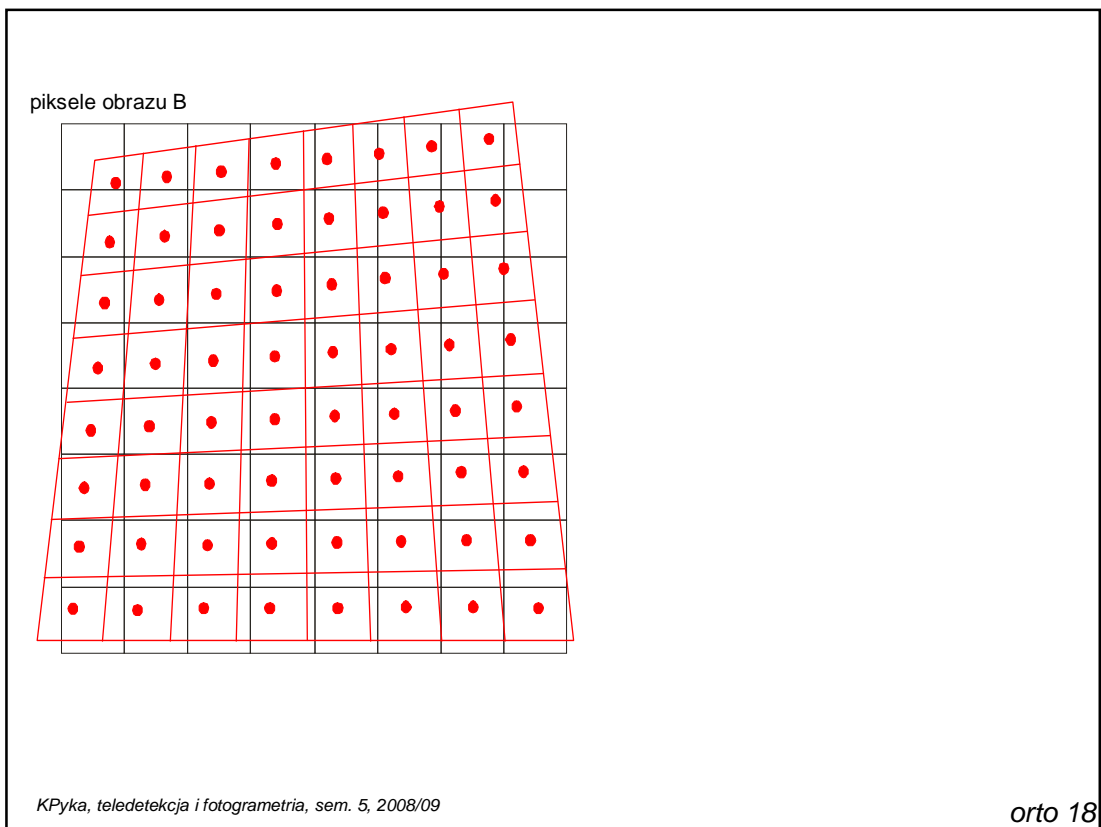
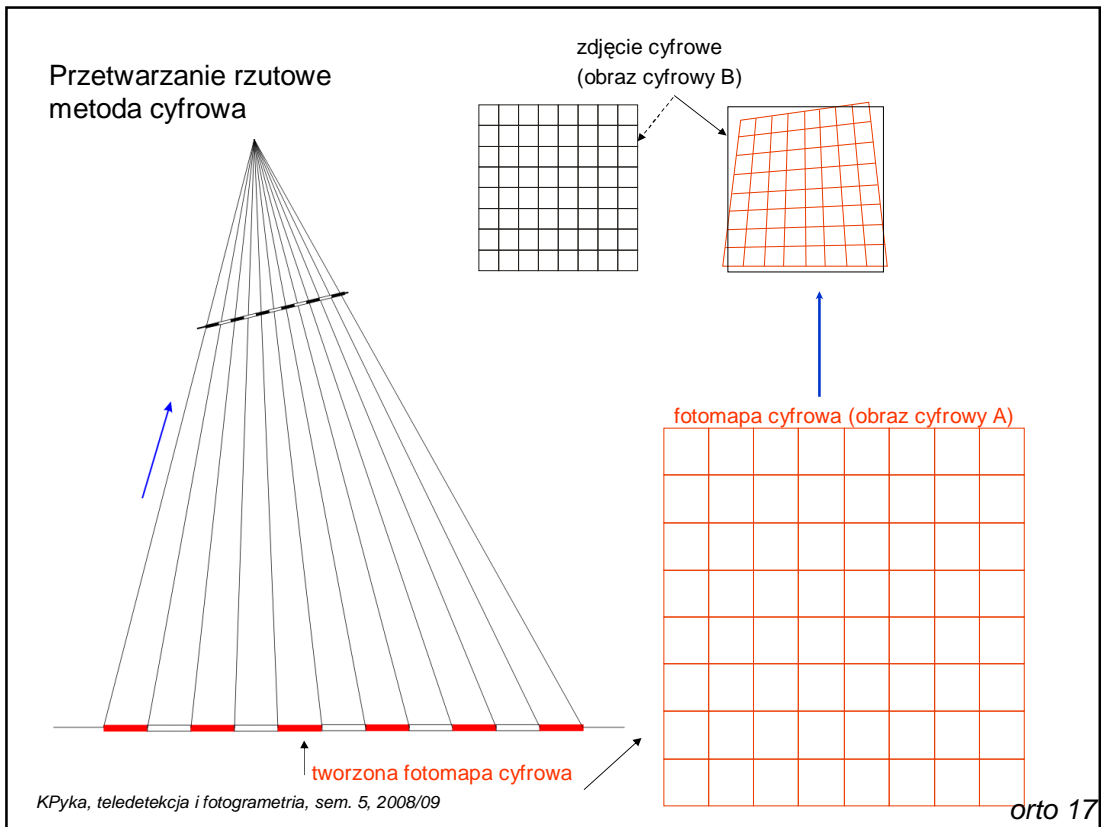
Przetwarzanie rzutowe  
metoda cyfrowa



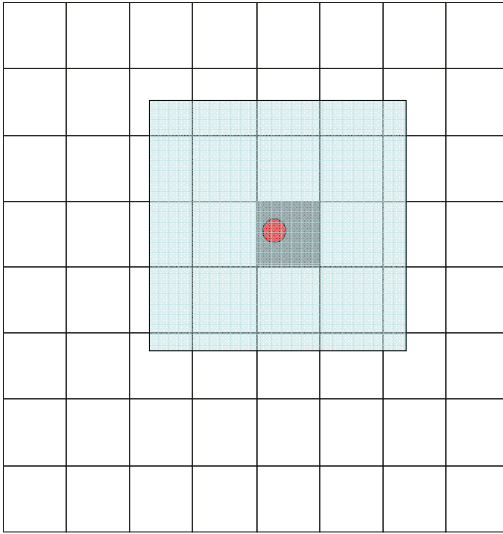
KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 16





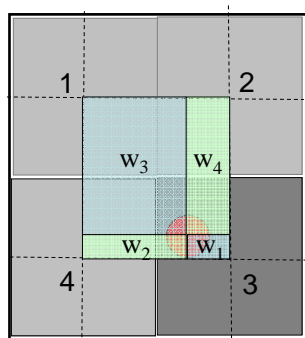
piksele obrazu B



Jak przyporządkować jasności pikseli obrazu B pikselom obrazu A ?

Pośrednikami są centra pikseli obrazu A odwzorowane na zdjęcie

Zadanie sprowadza się do określenia funkcji przyporządkowania jasności obrazu B kolejnym centrom



Interpolacja dwuliniowa (biliniowa , bilinear)

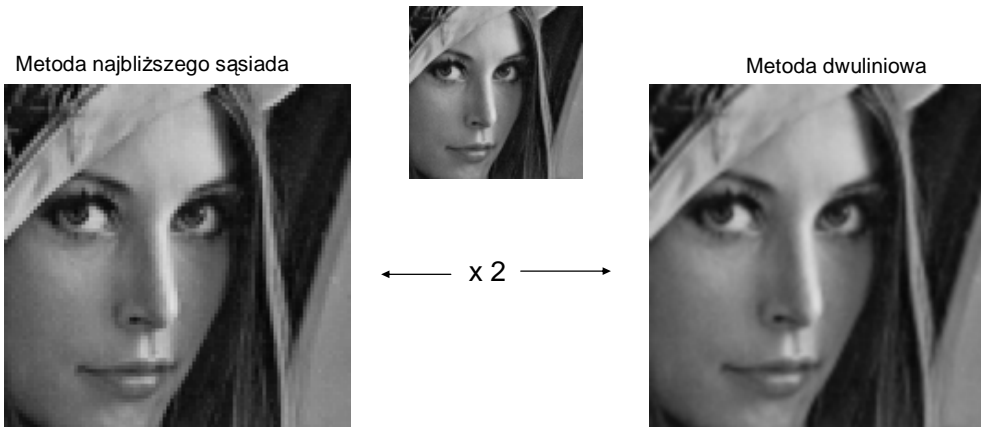
Do interpolacji są brane cztery piksele obrazu B, których środki otaczają pozycję centra (odwzorowanego piksela obrazu A)

Wagi są równe powierzchniom leżącym naprzeciw środków pikseli 1- 4, powstałym z podziału kwadratu 1234 w stosunku do centra

$$g = \frac{\sum_{i=1}^4 w_i g_i}{\sum_{i=1}^4 w_i}$$

### Powtórne próbkowanie (przepróbkowanie, resampling )

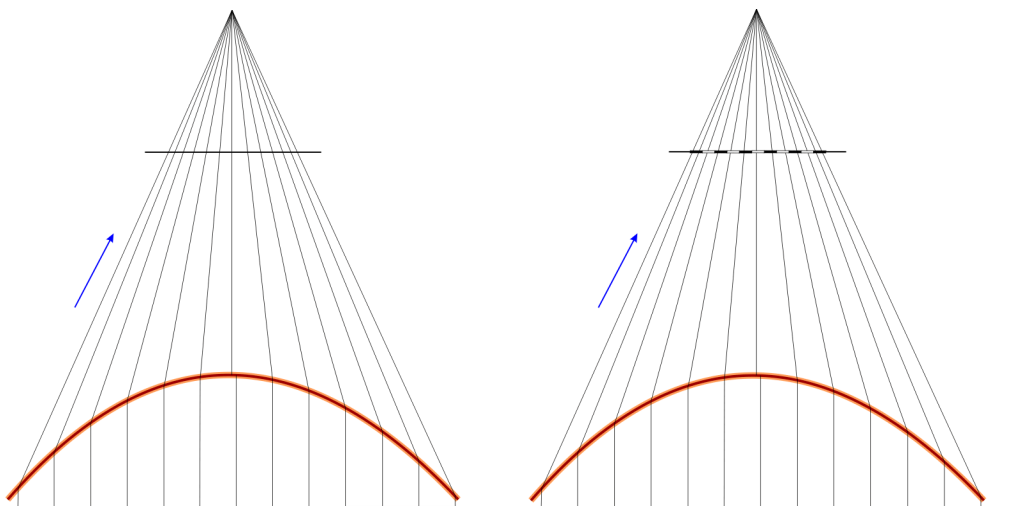
zbudowanie nowego obrazu cyfrowego na podstawie pikseli obrazu źródłowego, w sytuacji gdy pomiędzy pikselami obu obrazów zachodzi jakakolwiek rozbieżność geometryczna



KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 21

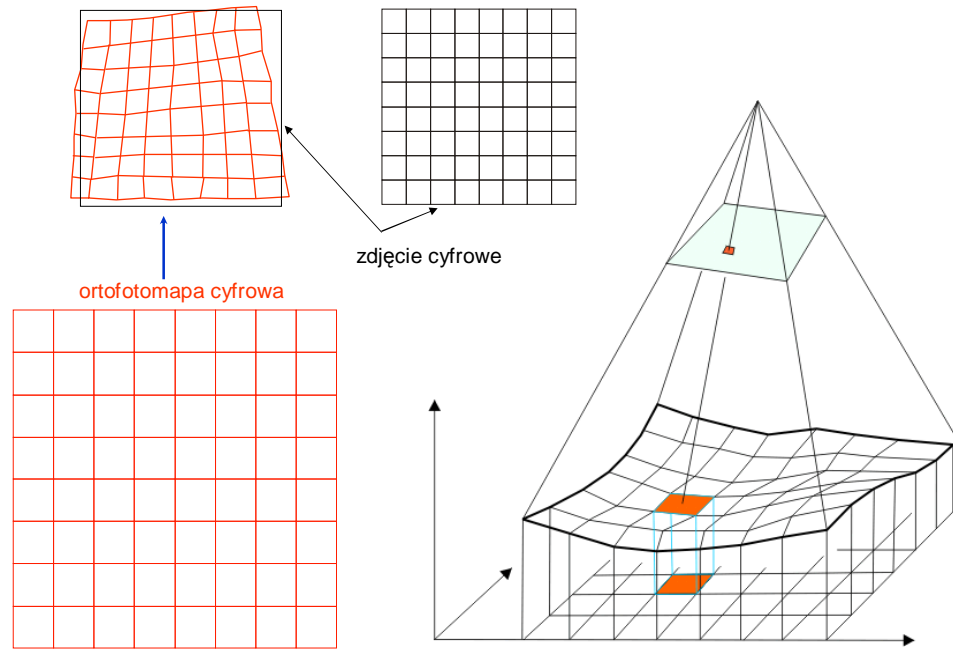
### ortorektifikacja - metoda cyfrowa



KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 22

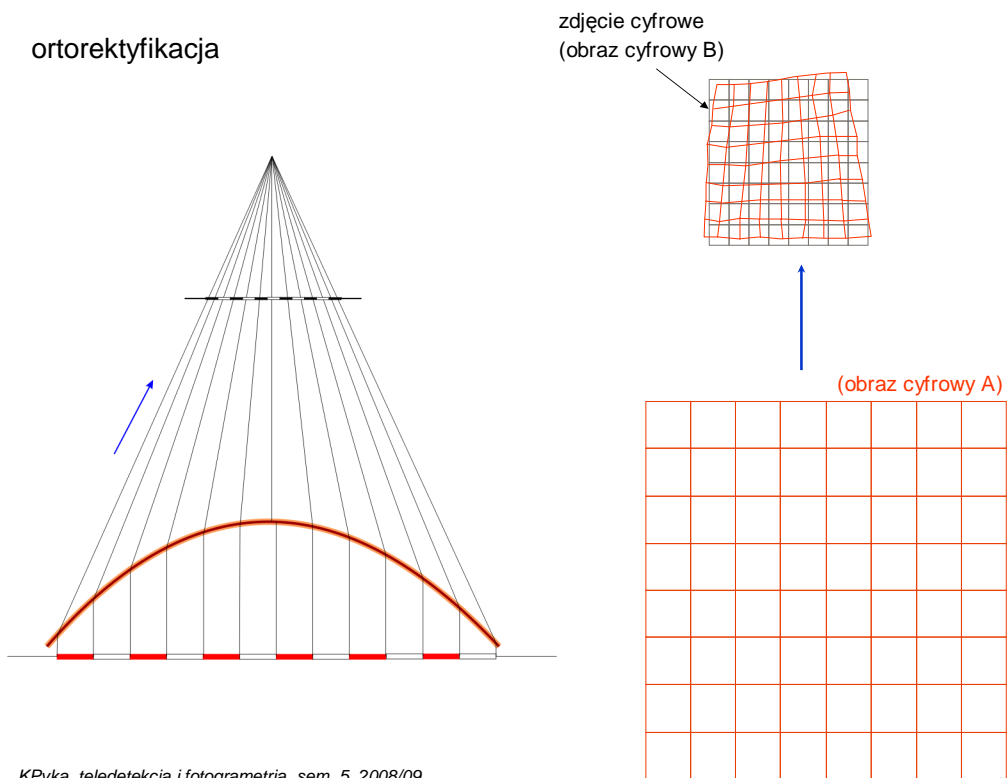
## ortorektyfikacja - metoda cyfrowa



KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 23

## ortorektyfikacja



KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 24

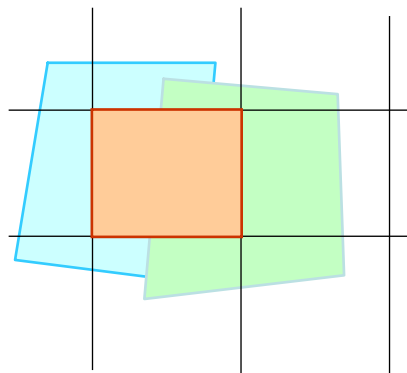
### Ortofotomapa - terminologia

Ortorektyfikacja to proces rektyfikacji obrazów źródłowych (zdjęć lotniczych, naziemnych, obrazów satelitarnych) którego celem jest uzyskanie obrazu terenu jaki powstałby przy rzutowaniu ortogonalnym na wybraną powierzchnię odniesienia

Ortoobraz to wynik ortorektyfikacji przeprowadzonej dla pojedynczego zdjęcia (obrazu); także ortofotografia

### Ortofotomapa - terminologia

Mozaikowanie - łączenie ortoobrazów, uzyskanych z ortorektyfikacji sąsiednich obrazów źródłowych, w większe fragmenty, najczęściej w celu wypełnienia powierzchni wyznaczonej przez arkuszowy podział map przy określonej skali



### Dane potrzebne do rektyfikacja zdjęć

Fotomapa – 4 pkt-y o znanych  $x,y, X,Y$

Ortofotomapa:

- metryka kalibracji kamery (do wykonania orientacji wewnętrznej)
- elementy orientacji zewnętrznej zdjęcia (lub wyznaczenie EOZ na podstawie minimum 3 pkt. o znanych  $x,y,X,Y,Z$ )

• Numeryczny Model Terenu

oraz dodatkowo dla potrzeb kontroli dokładności – punkty lub elementy kontrolne

### NUMERYCZNY MODEL TERENU

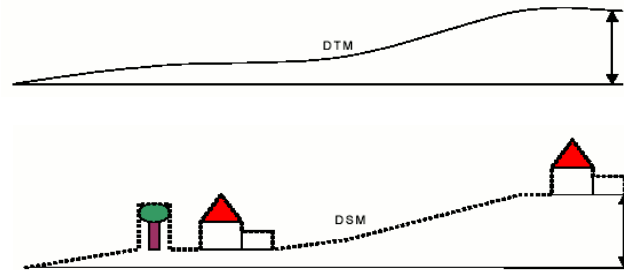
NMT jest **numeryczną reprezentacją powierzchni terenu umożliwiającą określenie wysokości  $h$  dowolnego punktu  $xy$  (w określonym obszarze), odtworzenie kształtu powierzchni terenu a także określenie wielkości pochodnych do kształtu**

NMT - Numeryczny Model terenu

DTM – Digital Terrain Model

NMP – Numeryczny Model Powierzchni

DSM – Digital Surface Model

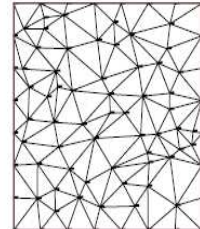
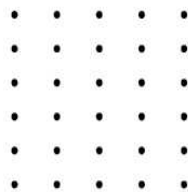


KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 29

NMT ( jako obiekt ciągły w GIS) jest najczęściej reprezentowany w postaci:

- zbioru elementów punktowych rozmieszczonych regularnie (siatka kwadratów, prostokątów – ang. GRID),
- zbioru elementów liniowych - warstwie,
- sieci nieregularnych trójkątów **TIN** (ang. Triangular Irregular Network) opartych na punktach pomiarowych.

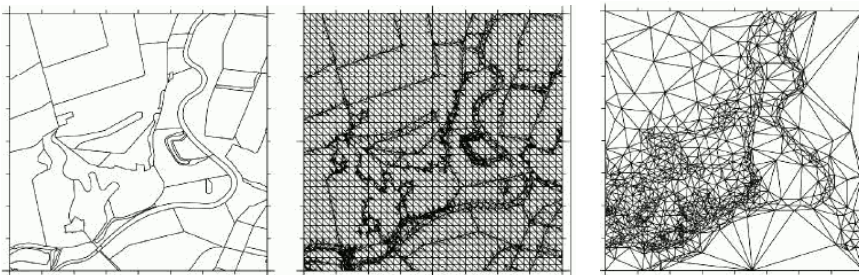


KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 30

Opracowanie NMT obejmuje

- pozyskiwanie danych => pomiar bezpośredni, fotogrametryczny, laserowy, radarowy,...
- przetwarzanie danych => od danych źródłowych do docelowej struktury NMT



KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 31

## FOTOGRAMETRYCZNE POZYSKIWANIE DANYCH DO BUDOWY NMT

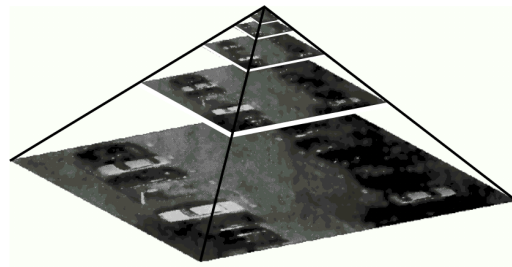
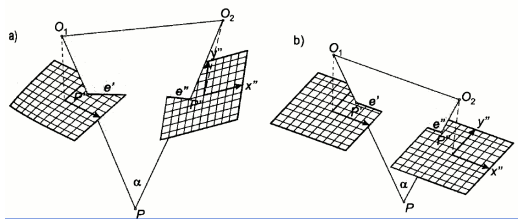
Pomiar manualny: punkty, linie charakterystyczne, warstwice

Pomiar manualny sterowany automatycznie: pomiar w siatce GRID, nastawy X,Y wybierane przez system nadzorujący

KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

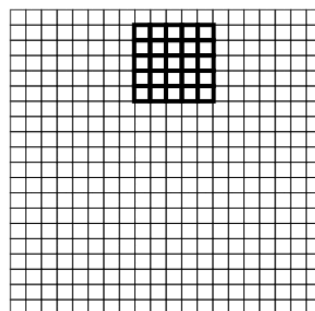
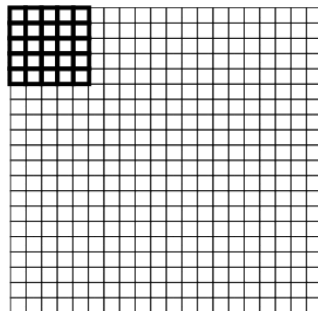
orto 32





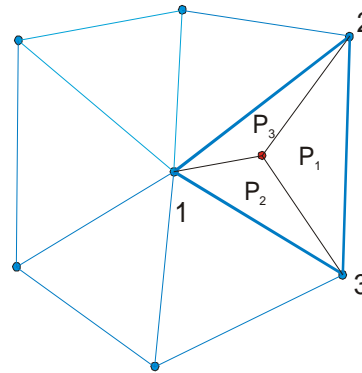
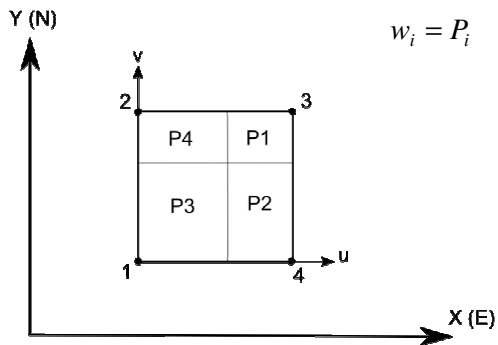
### Area-Based Matching (ABM)

$$c = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (a_{ij} - \bar{a})(b_{ij} - \bar{b})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (a_{ij} - \bar{a})^2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (b_{ij} - \bar{b})^2}}$$



$$h(x, y) = \frac{\sum_1^4 w_i h_i}{\sum_1^4 w_i}$$

$$h(x, y) = \frac{\sum_1^3 w_i h_i}{\sum_1^3 w_i}$$



KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 35

### Użytkowanie NMT

- jako obligatoryjny element w klasycznym procesie ortorektifikacji (korekta przesunięć radialnych)
- opracowywanie produktów pochodnych
- wizualizowanie NMT: warstwyce, mapa hipsometryczna, cieniowana, rzuty perspektywiczne, itp.
- wykorzystanie NMT jako element składowy analiz np. modelowanie erozji, wyznaczenie obszarów do zalesiania, stref zalewowych

KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 36

## Klasyczna i prawdziwa (*true*) ortofotomapa

Ortofotomapa klasyczna – mapa fotograficzna na której obrazy obiektów położonych na terenie są zrektyfikowane do położenia ortogonalnego.

True ortofoto - prawdziwa ortofotomapa - jest to mapa fotograficzna na której obrazy **wszystkich** (lub **wybranych**) obiektów są zrektyfikowane do położenia ortogonalnego.

KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 37

- wykonanie lotu z większej wysokości
- zastosowanie stożka kamery o dłuższej ogniskowej,
- zwiększenie pokrycia podłużnego i poprzecznego i do opracowania stosowanie tylko centralnych fragmentów zdjęć.



KPyka, teledetekcja i fotogrametria, sem. 5, 2008/09

orto 38

