

Cyfrowa fotogrametria lotnicza i satelitarna II

True ortho

- minimalizacja przesunięć obiektów wystających na klasycznej ortofotomapie
- wpływ rodzaju modelu na wynik ortorektyfikacji budynków
 - strategie opracowania true ortho
 - wady true ortho
 - orto ze zdjęć ukośnych

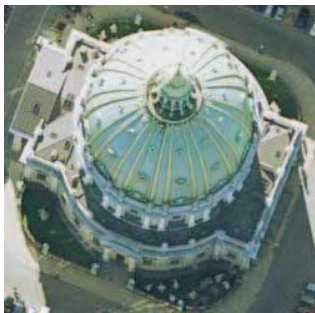
Klasyczna i prawdziwa (true) ortofotomapa

- Ortofotomapa klasyczna – mapa fotograficzna na której obrazy obiektów tworzących powierzchnię terenu są zrektifikowane do położenia ortogonalnego (tereny odkryte, drogi, wody)
- True ortho (... orthophoto, ...orthophotomap) - prawdziwa ortofotomapa - jest to mapa fotograficzna na której obrazy obiektów leżących na terenie jak i wystających ponad teren są zrektifikowane do położenia ortogonalnego.
- Klasyczna ortofotomapa jest wystarczająca dla terenów niezurbanizowanych lub w obszarach o niskiej zabudowie. W miastach, zwłaszcza w dużych skalach, wiele obszarów jest zakrytych przez „leżące” budynki
- Prawdziwa ortofotomapa jest pozbawiona tych wad ale jej opracowanie jest bardziej pracochłonne a przez to droższe.

Rozwiązaniem kompromisowym jest wykonywanie klasycznej ortofotomapy ale z minimalizacją przesunięć radialnych obiektów wystających ponad teren oraz z minimalizacją martwych pól

Minimalizacja przesunięć obiektów wystających

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



$c=300$ mm, $W= 1500$ m



$c=150$ mm, $W= 750$ m

Morten Nielsen, 2004: True orthophoto generation

Zwiększenie P i Q zmniejsza martwe pola na orto

Pola martwe w zależności od c, W i pokrycia poprzecznego



(a) Wide angle camera, 20% sidelap (outside sidelap)



(b) Wide angle camera, 60% sidelap

$c=150$ mm, $W= 750$ m



(c) Normal angle, 20% sidelap (outside sidelap)



(d) Normal angle camera, 60% sidelap

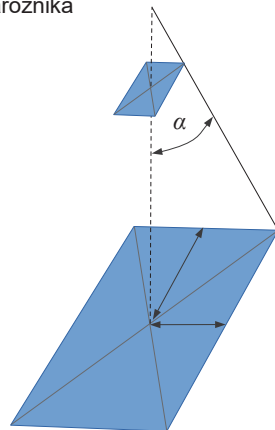
$c=300$ mm, $W= 1500$ m



Projektowanie lotu z warunkiem aby maksymalny kąt pionowy do narożnika obszaru wchodzącego do orto był $\leq \alpha$, np. 20°

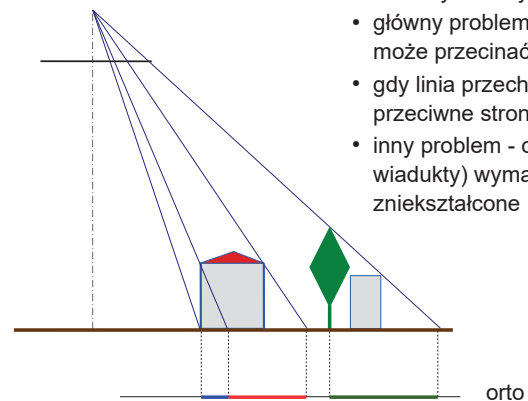
Na tej podstawie oblicza się pokrycie podłużne i poprzeczne zdjęć.

Trzeba uwzględnić parametry wybranej/dostępnej kamery: ogniskowa, piksel matrycy, kadr zdjęcia
 Na podstawie w/w danych obliczyć wysokość W nad terenem.
 Prostokątny kształt kadru powoduje, że na wielkość kąta α decydujący wpływ ma pokrycie poprzeczne.
 Zakłada się podłużne $p=60\%$, co determinuje bazę podłużną.
 Trzeba wyliczyć bazę poprzeczną tak aby był spełniony warunek dla kąta α .
 Baza poprzeczna determinuje pokrycie poprzeczne.



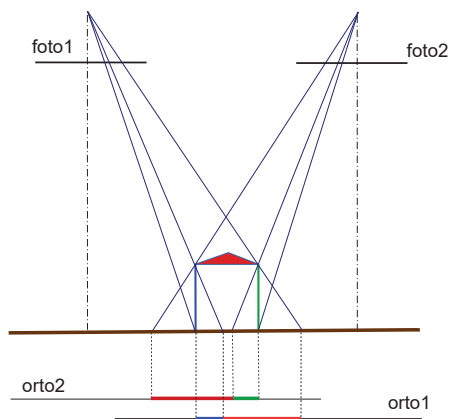
Orto na NMT:

- obiekty wystające (budynki, drzewa) – pokazane w kładzie
- obszary/obiekty przesłonięte – niewidoczne
- główny problem technologiczny - linia mozaikowania nie może przecinać obrazów obiektów wystających
- gdy linia przechodzi osią ulicy – budynki kładą się w przeciwnie strony
- inny problem - obiekty „wiszące” nad terenem (mosty, wiadukty) wymagają dodatkowych zabiegów aby nie były zniekształcone



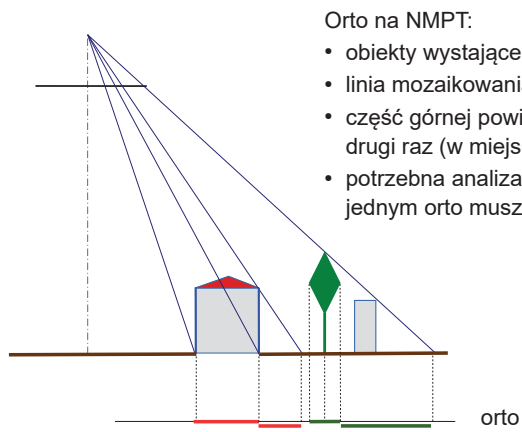
ORTO na NMT

Linia łączenia ortoobrazów nie może przecinać obiektów wystających nad teren. W przeciwnym razie na łączeniu powstaną artefakty.



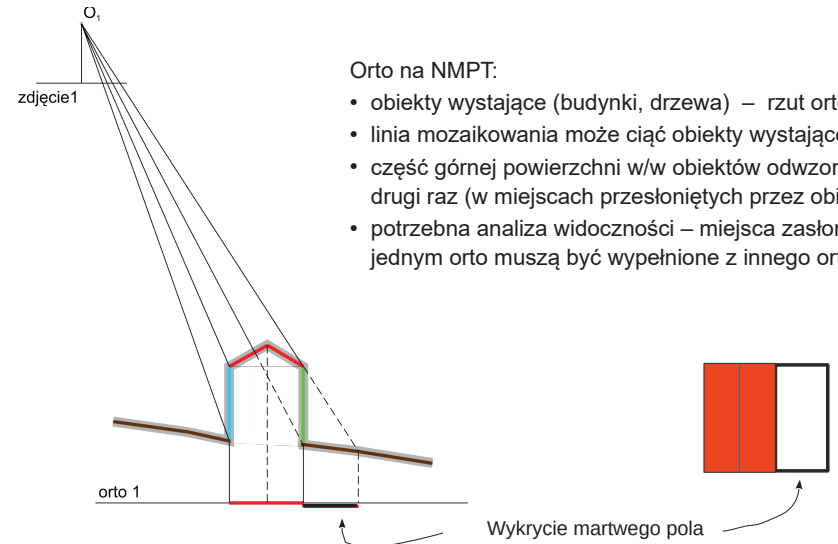
Efekt „złamania perspektywy” na klasycznej ortofotomapie.





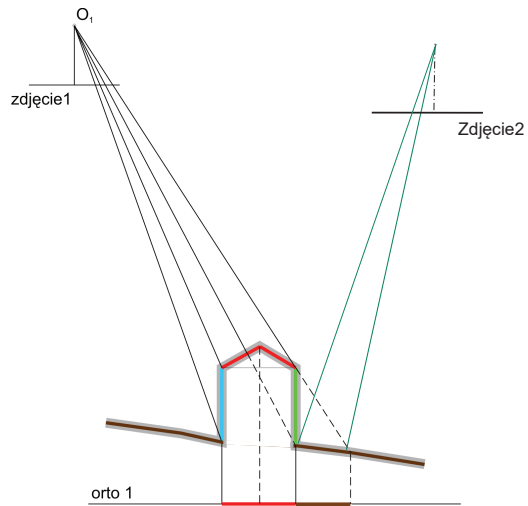
Orto na NMPT:

- obiekty wystające (budynki, drzewa) – rzut ortogonalny
- linia mozaikowania może ciąć obiekty wystające
- część górnej powierzchni w/w obiektów odwzorowana drugi raz (w miejscach przesłoniętych przez obiekt)
- potrzebna analiza widoczności – miejsca zasłonięte na jednym orto muszą być wypełnione z innego orto



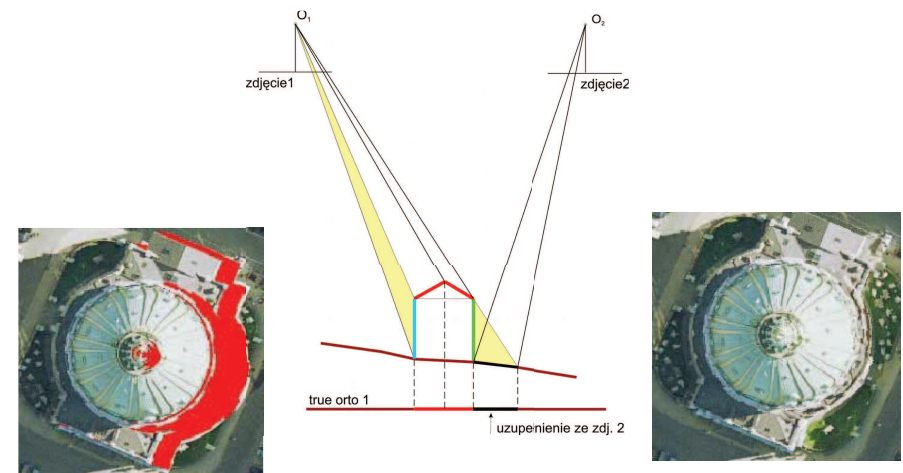
Orto na NMPT:

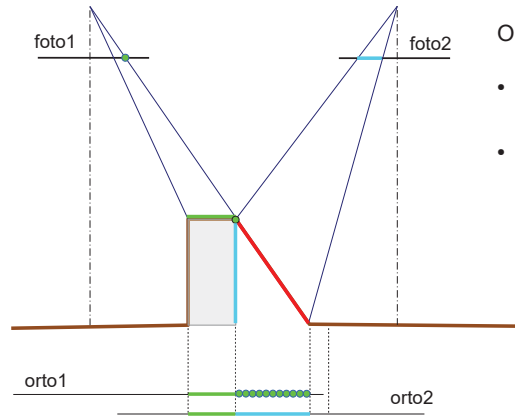
- obiekty wystające (budynki, drzewa) – rzut ortogonalny
- linia mozaikowania może ciąć obiekty wystające
- część górnej powierzchni w/w obiektów odwzorowana drugi raz (w miejscach przesłoniętych przez obiekt)
- potrzebna analiza widoczności – miejsca zasłonięte na jednym orto muszą być wypełnione z innego orto



Orto na NMPT

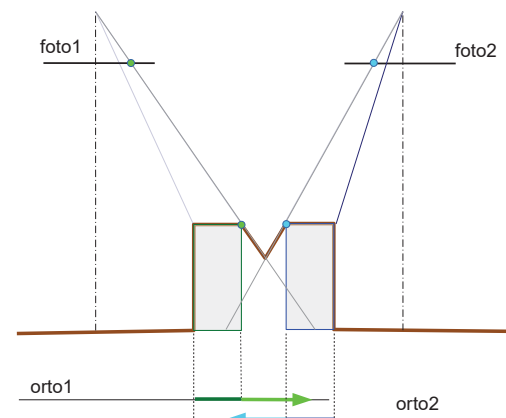
Martwe pole na zdjęciu 1
wypełnione ze zdjęcia 2





Orto na NMPT z lokalnym błędem (1)

- w strefie niewidocznej dla żadnej stereopary model jest błędny
- efektem będą artefakty na ortobrazach:
 orto1 - rozmazanie (ten sam piksel)



Orto na NMPT z lokalnym błędem (2)

- w strefie niewidocznej dla stereopary model jest błędny
- efektem będzie rozmazanie obu ortobrazów

orto1 — strefa rozmazania
 orto2 —



Zastąpienie modelu typu NMT przez NMPT nie rozwiązuje problemu uzyskania true ortho - w miejscach przesłoniętych powstają artefakty.

Trzeba zidentyfikować miejsca które nie odfotografowały się na danym zdjęciu (ortobrazie) i znaleźć zdjęcie na którym miejsce jest widoczne. Następstwem jest uzupełnienia małych fragmentów z innych ortobrazów.

Takie postępowanie wymaga:

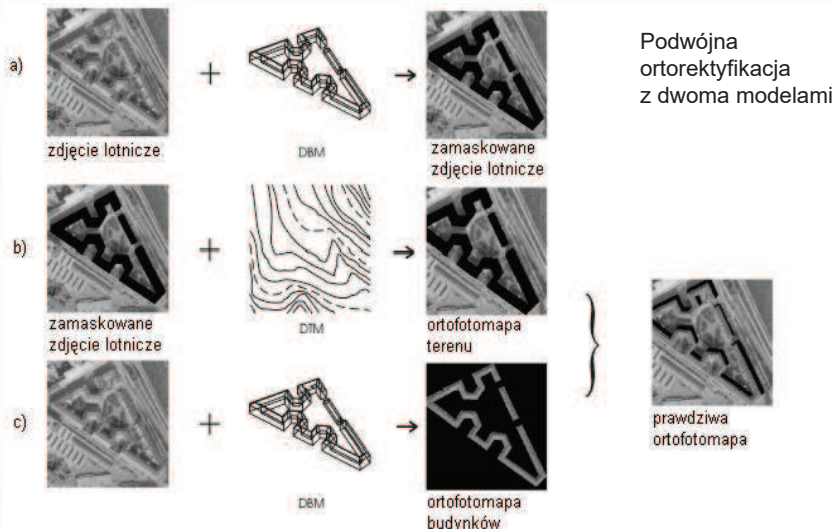
- modelu wektorowego obiektów wystających lub
- NMPT o b. wysokiej rozdzielczości powstałego z gęstej chmury punktów.



Podwójna ortorektyfikacja z dwoma modelami

- pierwsza ortorektyfikacja - same budynki, model DBM (wektorowy, zawierający tylko budynki), obszary poza budynkami nie są przetwarzane, wszystkie piksele zdjęcia które brały udział w procesie tworzą maskę dla drugiej ortorektyfikacji (maska-obraz roboczy o rozmiarach zdjęcia, zawiera piksele wykorzystane na tym etapie)
- druga ortorektyfikacja - model DTM, piksele zdjęcia leżące wewnątrz są wyłączone z przetwarzania („za budynkami” powstaje martwe pole)
- nałożenie obu ortobrazów

Metoda może być stosowana dla terenów o rzadkiej, pojedynczej, niewysokiej zabudowie (budynki nie przesłaniają się wzajemnie)



Podwójna ortorektifikacja z dwoma modelami

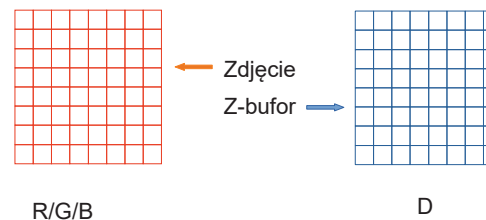
na podstawie Amhar i inni, 1998.



Wykrywanie martwych pól metodą Z-bufora

- a. Z-bufor prosty, model DSM lub wektorowy (DBM)
- b. Z-bufor złożony, model wektorowy (DBM)

Z-bufor to raster o wymiarach identycznych jak zdjęcie, w którym wartościami pikseli są odległości środka rzutów do punktów DSM wzdłuż promieni rzutowania; Na początku procesu wszystkie piksele mają jedną wartość inicjalną (np. 100000), która, jeśli się nie zmienia w trakcie generowania to będzie oznaczała martwe pole



a. Z-bufor prosty



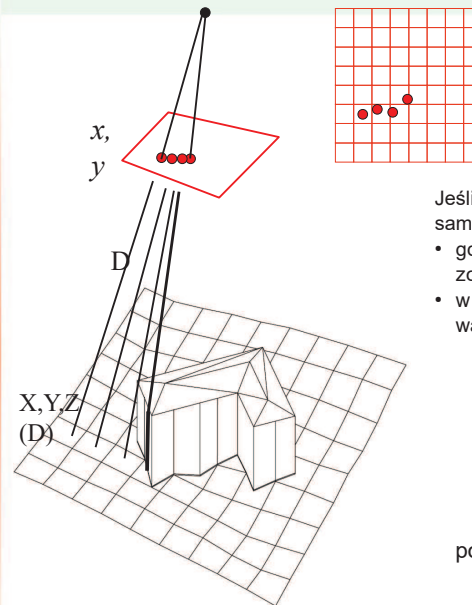
- Ortorektifikacja (wstecz) poprzedzona jest wygenerowaniem Z-bufora na podstawie NMPT i EOZ,
- dla każdego piksela orto o wsp. X,Y + Z (z DSM) są obliczane (z krokiem PX):

odległość do środka rzutów zdjęcia: $D_i = \sqrt{(X_i - X_o)^2 + (Y_i - Y_o)^2 + (Z_i - Z_o)^2}$

wsp. x,y na zdjęciu: $x_i = -c \frac{r_{11}(X_i - X_o) + r_{21}(Y_i - Y_o) + r_{31}(Z_i - Z_o)}{r_{13}(X_i - X_o) + r_{23}(Y_i - Y_o) + r_{33}(Z_i - Z_o)}$

$y_i = -c \frac{r_{12}(X_i - X_o) + r_{22}(Y_i - Y_o) + r_{32}(Z_i - Z_o)}{r_{13}(X_i - X_o) + r_{23}(Y_i - Y_o) + r_{33}(Z_i - Z_o)}$

a. Z-bufor prosty



Na drodze resamplingu (metodą najbliższego sąsiada) tablica Z-bufor jest wypełniana wartościami D, obliczonymi dla każdego piksela

- Jeśli po raz drugi nastąpi próba wpisania D do tego samego piksela to:
- gdy nowe D jest mniejsze od już wpisanego – zostanie wpisane mniejsze
 - w przeciwnym wypadku pozostanie poprzednia wartość

ortorektifikacja:

$(X, Y, Z) \rightarrow (x, y) \rightarrow (r, c)$

- gdy $D > Z(r, c)$ – pole martwe
- gdy $D = Z(r, c)$ – pobranie jasności

powstaje maska martwego pola

b. Z-bufor złożony (ZI-bufor)

Metoda wymaga wektorowego modelu budynków (DBM)

- Ortorektifikacja (wstecz) poprzedzona jest wygenerowaniem Z-bufora liczonego na podstawie DTM, DBM, EOZ
- dla każdego węzła DBM o wsp. X,Y,Z oraz dla siatki DTM (X,Y + Z) są obliczane:

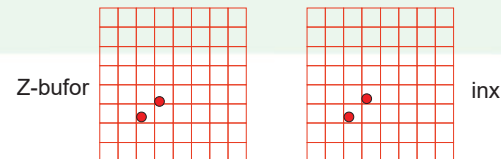
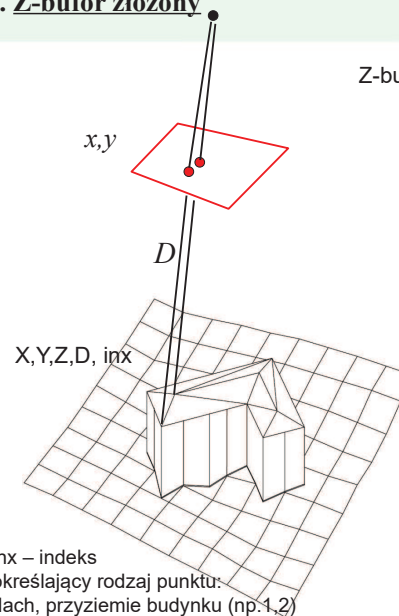
odległość do środka rzutów zdjęcia: $D_i = \sqrt{(X_i - X_o)^2 + (Y_i - Y_o)^2 + (Z_i - Z_o)^2}$

$$\text{wsp. } x,y \text{ na zdjęciu: } x_i = -c \frac{r_{11}(X_i - X_o) + r_{21}(Y_i - Y_o) + r_{31}(Z_i - Z_o)}{r_{13}(X_i - X_o) + r_{23}(Y_i - Y_o) + r_{33}(Z_i - Z_o)}$$

$$y_i = -c \frac{r_{12}(X_i - X_o) + r_{22}(Y_i - Y_o) + r_{32}(Z_i - Z_o)}{r_{13}(X_i - X_o) + r_{23}(Y_i - Y_o) + r_{33}(Z_i - Z_o)}$$

- oraz są przechowywane indeksy odróżniające punkty (piksele) z DBM i DTM

b. Z-bufor złożony



Na drodze resamplingu powstają dwie tablice:
Z-bufor i tablica indeksów
wartości pikseli → D wartości pikseli → inx

Tablice wpiery wypełnione są „wyspowo” (budynki),
potem uzupełnione o punkty terenu (siatka)

ortorektifikacja:

(X,Y,Z) → (x,y) → (r,c)

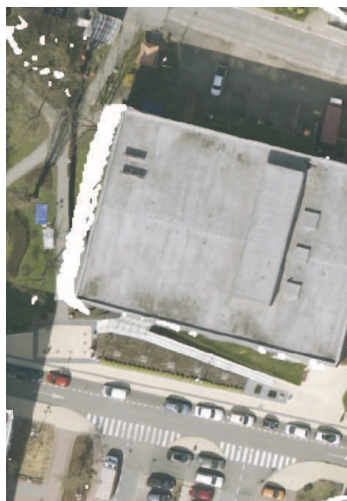
gdy D > Z(r,c) – pole martwe

gdy D = Z(r,c) – pobranie jasności

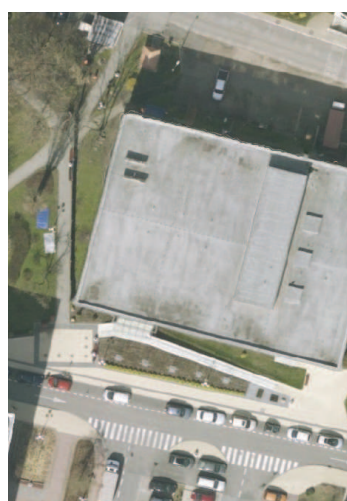
nie ma interpolacji pomiędzy pixelami należącymi
do obiektów różnego typu – decyduje inx

Amar F, Jansa J., Rias C. 1998: *The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM*. ISPRS, Vol. 32, Part 4 “GIS-Between Visions and Applications”, Stuttgart

Ortoobraz z martwymi polami



Ortoobraz z po wypełnieniu z orto od strony ...



Opracowanie true orto z wykorzystaniem NMPT

przygotowanie NMPT/DSM

postać TIN lub **grid**

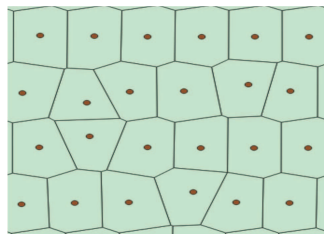
rozdzielczość **grid**-a: najlepiej = pikselowi tworzonej ortofotomapy/ortomozaiki
w praktyce 2-3 x piksel orto (dostosowana do gęstości chmury)

- ortorektifikacja wszystkich zdjęć
- rozciągnięcie poligonów Woronoi-a wokół środków rzutów (2D)
- zamaskowanie ortooobrazów poza poligonami Woronoi-a
- detekcja martwych pól w każdym ortooobrazie (w ramach poligonu W.) metodą Z-bufora prostego
- uzupełnienie martwych pól ortooobrazu (w ramach poligonu) teksturą z ortooobrazu sąsiedniego
- zmontowanie ortomozaiki – główne linie mozaikowania = poligony Woronoi-a, dodatkowe dla martwych pól



- z każdego ortobrazu jest brana część środkowa
- udział ortobrazu w mozaice wyznacza podział obszaru wg diagramu Woronoja,

dla danego zbioru n punktów, dzieli się płaszczyznę na n obszarów, w taki sposób, że każdy punkt w dowolnym obszarze znajduje się bliżej określonego punktu ze zbioru n punktów, niż od pozostałych $n - 1$ punktów



- wypełnienie białych plam z innych ortobrazów
- sprawdzenie na których ortobrazach sąsiednich martwe pole jest pokryte treścią
- jeśli na więcej niż jednym – pobranie treści (tekstury) z tego które leży pod mniejszym kątem względem osi kamery
- jeśli martwe pole nie jest pokryte w całości na żadnym z sąsiednich ortobrazów wówczas jest uzupełniane kawałkami z kilku ortobrazów
- jeśli mimo tego nie da się znaleźć tekstury – zostanie biała plama chyba że zezwoli się na „zalewanie” tych dziur poprzez interpolację



Automatyczny proces mozaikowania wprowadza artefakty:

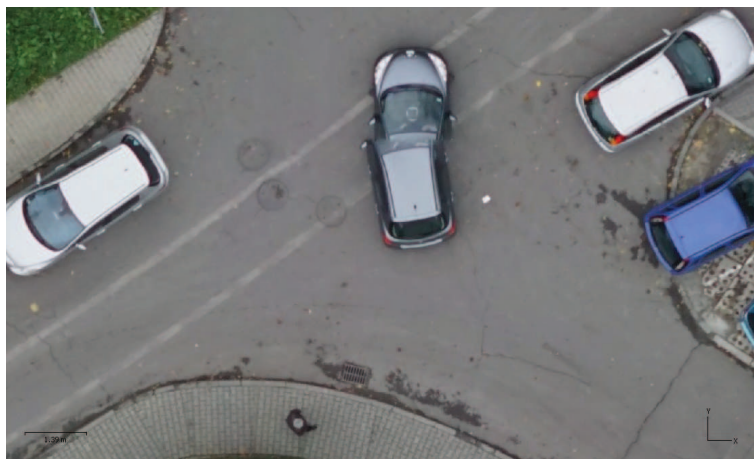
- przy krawędziach budynków (widoczne)
- przy koronach drzew i krzewów (mniej widoczne)



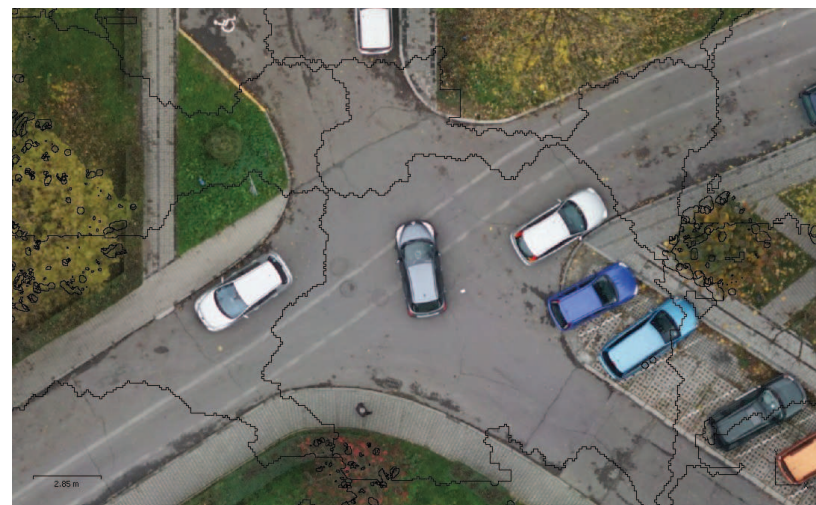
[P.Wiącek]

Automatyczny proces mozaikowania wprowadza artefakty:

- na pojazdach w ruchu

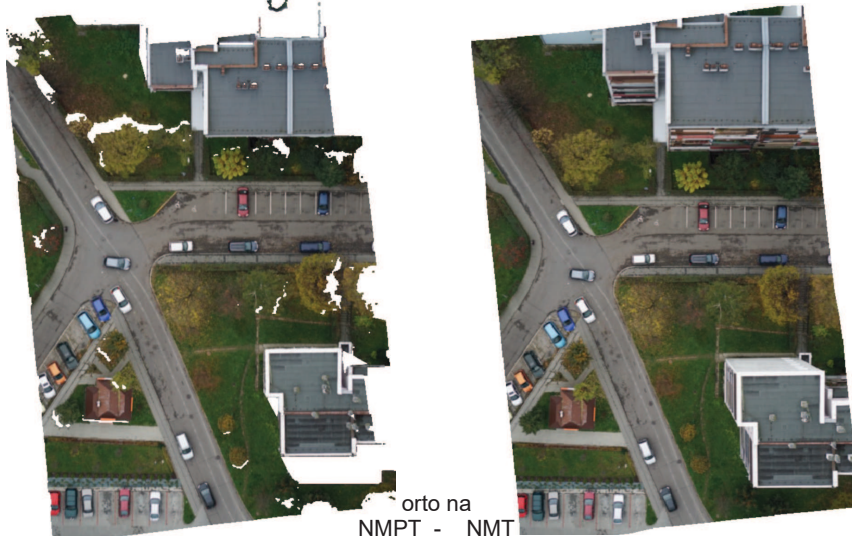


Przecinanie obiektów można zminimalizować stosując dodatkowe opcje przy mozaikowaniu





pojedyncze ortoobrazy

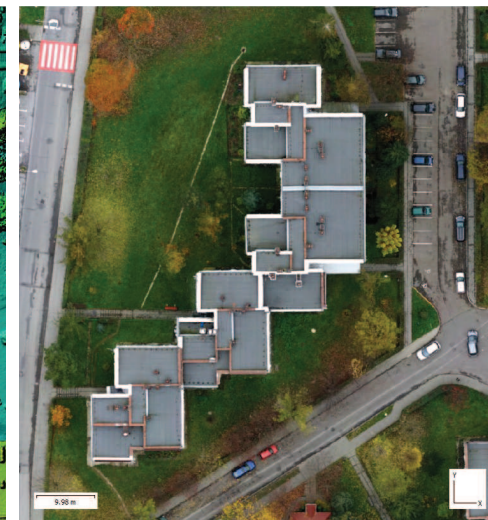
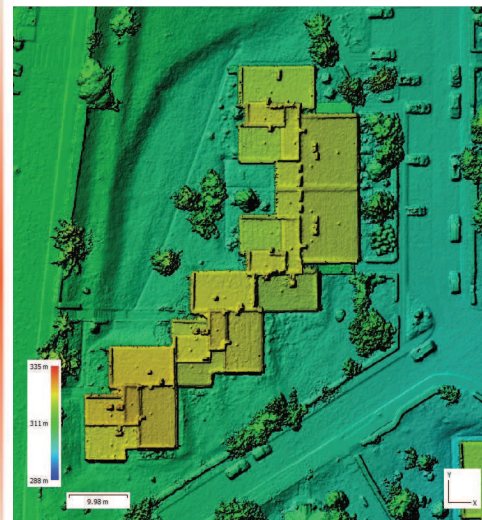


orto na NMPT - NMT



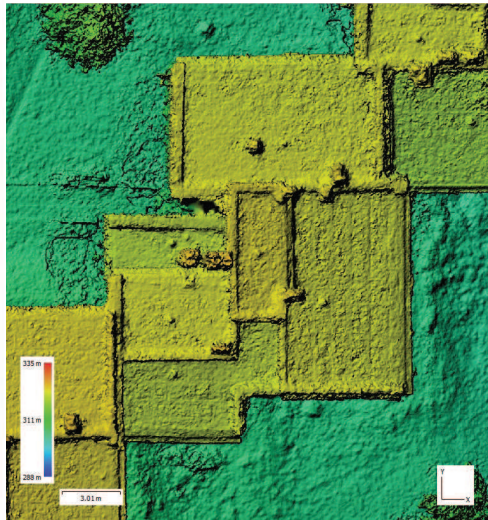
fragment ortomozaiki z ortoobrazów NMPT

ortoobraz NMT





Główna przyczyna artefaktów na orto z NMPT – szumy na krawędziach w NMPT



Kpyka

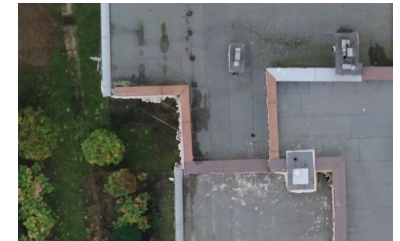
prawdziwe orto

33

Wady true orto (z punktu widzenia wysokiej fotogrametrii)



- wysokie koszty opracowania, główny powodem jest koszt wygenerowania gęstej chmury punktów (gdy DSM) lub modelu wektorowego (DBM)
- przy krawędziach budynków, od strony zewnętrznej względem pkt-u głównego powstaje rozmazanie (dotyczy ortorektifikacji na DSM)
- w terenach wiejskich nie wnosi znaczących korzyści w stosunku do klasycznej ortofotomapy



Kpyka

prawdziwe orto

34

Model wysokościowy dla ortorektifikacji



NMT / DTM

Zalety

- know how
- niski koszt NMT w tym możliwość wykorzystania NMT z ALS
- jakość bliska zdjęciom
- zachowanie prostoliniowych krawędzi budynków

Wady

- pracochłonny etap trasowania linii mozaikowania,
- przesunięcia radialne obiektów wystających, łamanie perspektywy
- przesunięcia za budynkami

NMPT / DSM

Zalety

- powstaje quasi true orto
- wysoki stopień automatyzacji

Wady

- wysoki koszt NMPT
- artefakty na krawędziach budynków

DTM + DBM

Zalety

- powstaje true orto dla budynków

Wady

- wysoki koszt DBM – wektoryzacja stereo lub z ALS (ale sytuacyjnie ALS jest za mało dokładne)

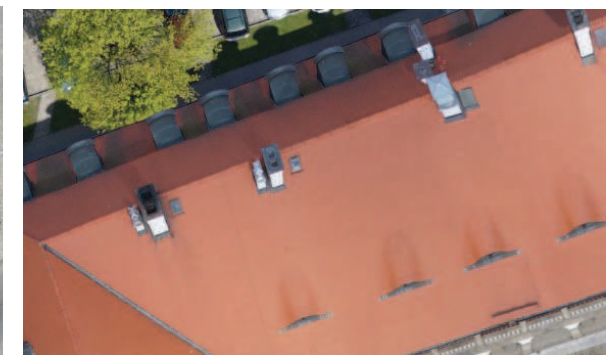
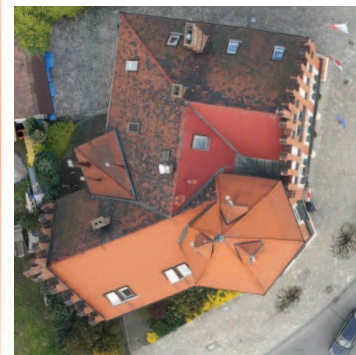
Kpyka

prawdziwe orto

35

W fotogrametrii „niskiej” rzadko stosowana jest ortorektifikacja na NMT

- technologia jest podobna jak dla „wysokiej” fotogrametrii
- wyszukiwane są linie mozaikowania biegnące po terenie (automat + korekta manualna)
- problemem są budynki które nie mieszczą się w kadrze jednego zdjęcia, wymagają edycji manualnej



Kpyka

prawdziwe orto

[M.Guzik]

36

Tomasz Nowak,
praca magisterska,
AGH, GiFT, 2006



Prawdziwa
ortofotomapa
opracowana przy
pomocy Terra Solid

Kpyka

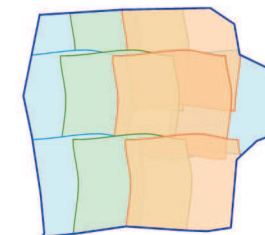
prawdziwe orto

37

Ortomozaika vs ortofotomapa

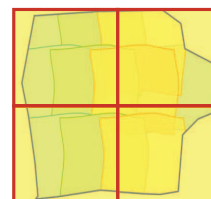
Ortomozaika to połączone ortoobrazy z dowolnym kadrowaniem, wynikającym ze specyfiki projektu, np:

- opracowanie pełnego obszaru administracyjnego (gmina, dzielnica)
- opracowanie obszaru mapy dla celów projektowych



ortomozaika

Ortofotomapa



rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 2014 2020 r. w sprawie baz danych dotyczących zobrażeń lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu

- krój arkuszowy
- zdjęcia wykonane kamerą metryczną

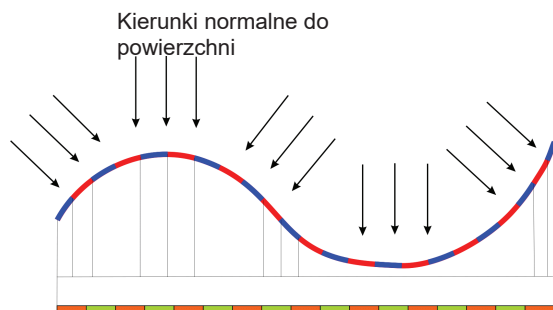
Gdy produkt nie spełnia kryteriów rozporządzenia nie powinien być nazywany ortofotomapą

Kpyka

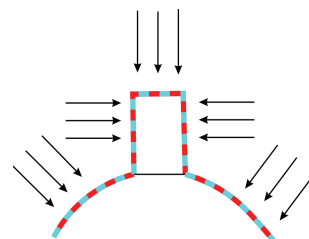
prawdziwe orto

38

Z teoretycznego punktu widzenia dla potrzeb modeli 3D z teksturą fotograficzną potrzebna jest seria rzutów ortogonalnych na płaszczyzny styczne do powierzchni (promienie wzdłuż normalnych do powierzchni).



W przypadku modeli z budynkami należałoby stosować dodatkowo zdjęcia poziome.



W praktyce wykonuje się zdjęcia pionowe i ukośne pod kątem 45°

Kpyka

prawdziwe orto

39

Zdjęcia ukośne

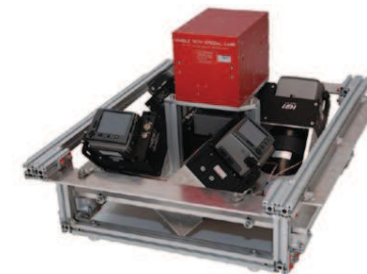
Pictometry - technologia stosowana od 2000 r., polega na:

- wykonywaniu zdjęć lotniczych w pięciu kierunkach: nadir + cztery wychylenia boczne,
- opracowaniu modelu 3D z teksturą fotograficzną.

Celem jest głównie atrakcyjny model 3D, dokładność na drugim miejscu (rzędu 2-3 m)

Zarys technologii:

- aero – EOZ
- gęsta chmura punktów
- budowa mesh 3D
- analiza widoczności
- teksturowanie



Kpyka

prawdziwe orto

40



Wykonywanie 5 ortomozaik:
ze zdjęć pionowych
i ukośnych z 4 kierunków



Ortomozaiki x5

