

Produkty LiDAR i produkty pochodne

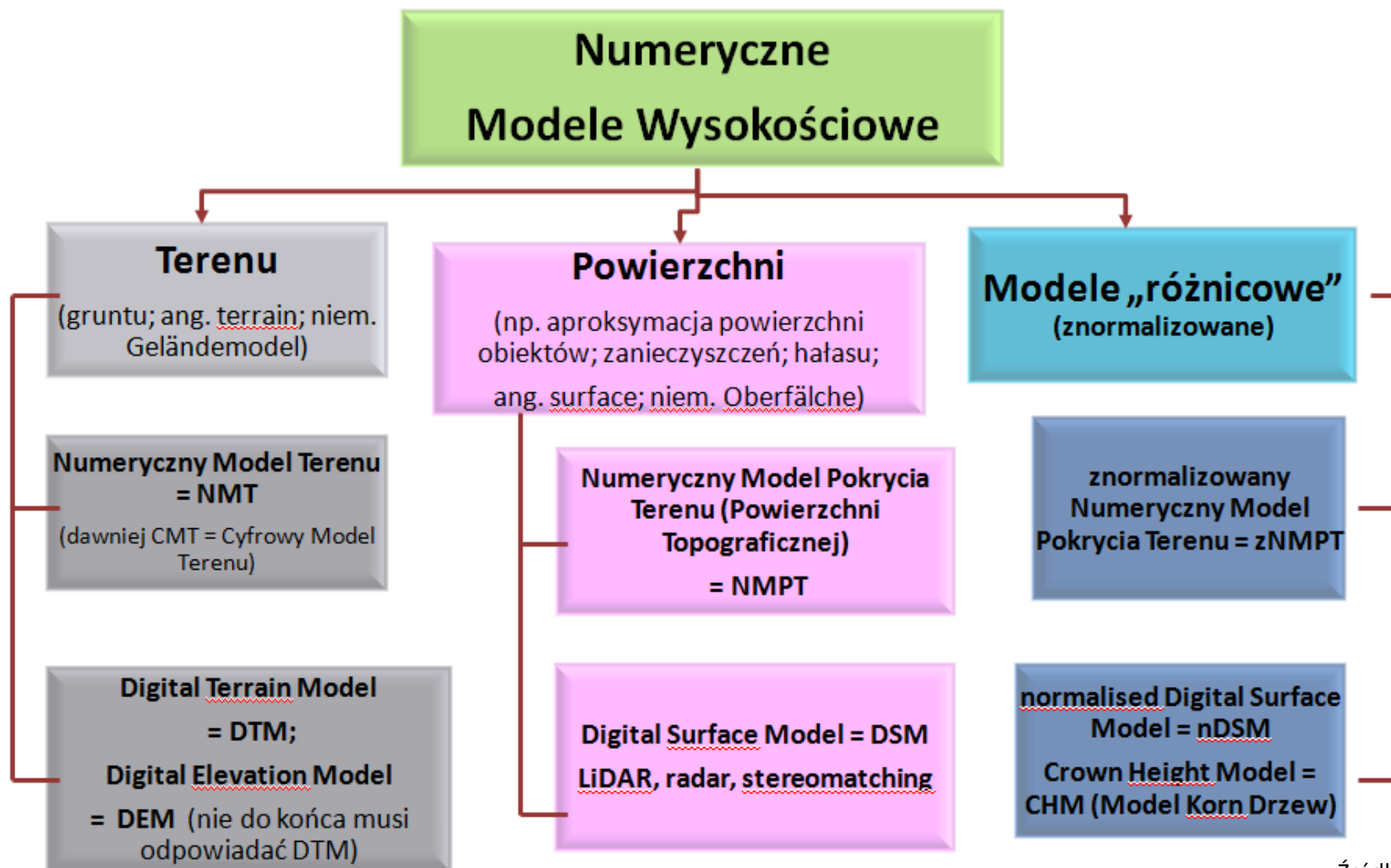


Dział Szkoleń i Marketingu
ProGea Consulting
szkolenia@progea.pl



Numeryczne modele wysokościowe

Definicja



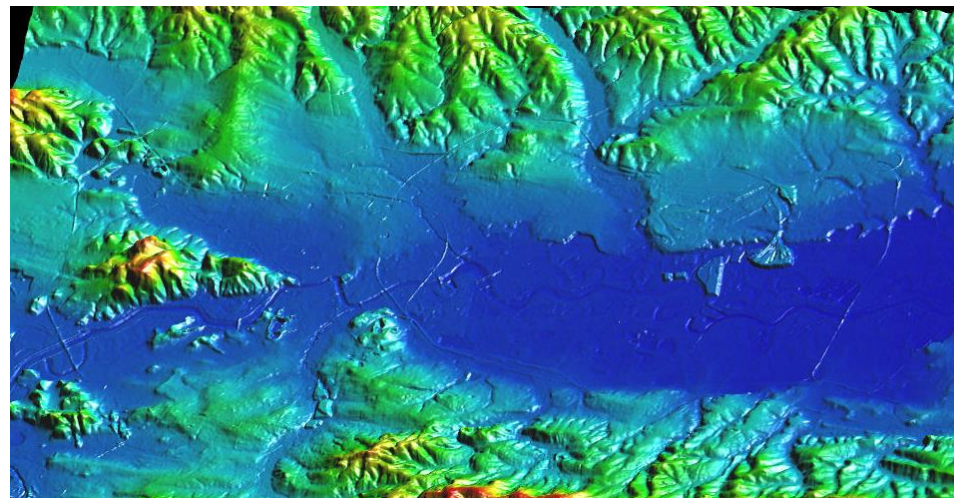
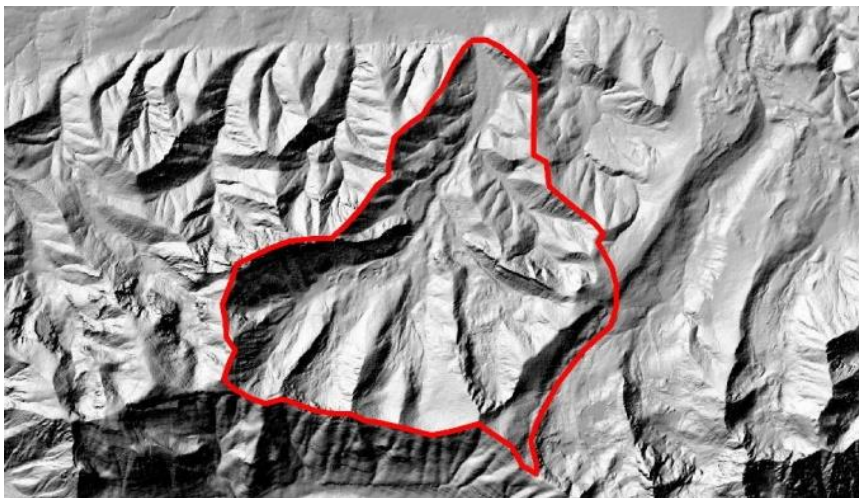
Źródło: Wężyk, 2013

Numeryczny model terenu (1)

Definicja

Definicja:

Numeryczny model terenu (NMT) - to numeryczna reprezentacja powierzchni terenowej, utworzona zazwyczaj przez zbiór odpowiednio wybranych punktów (XYZ) tej powierzchni oraz algorytmy interpolacyjne umożliwiające odtworzenie jej kształtu na określonym obszarze (Gaździcki 2001).



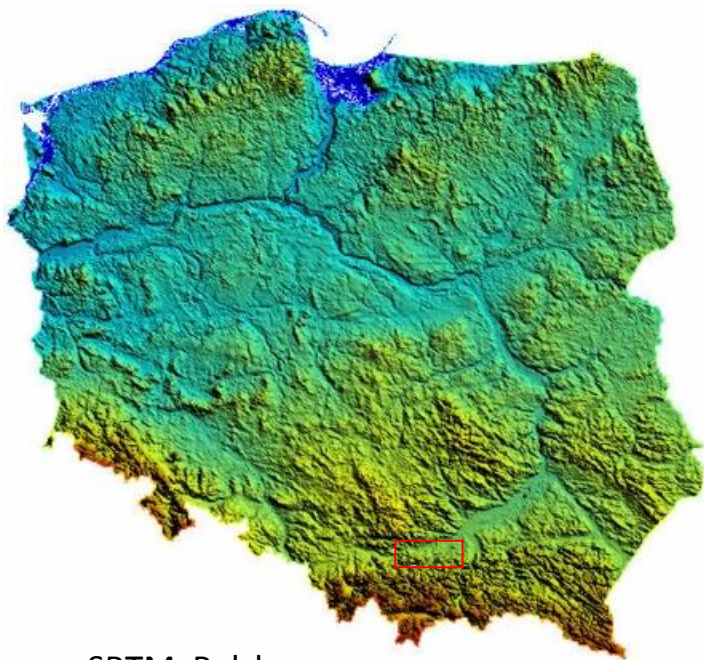
Źródło: Węzyk, 2013

Numeryczny model terenu (2)

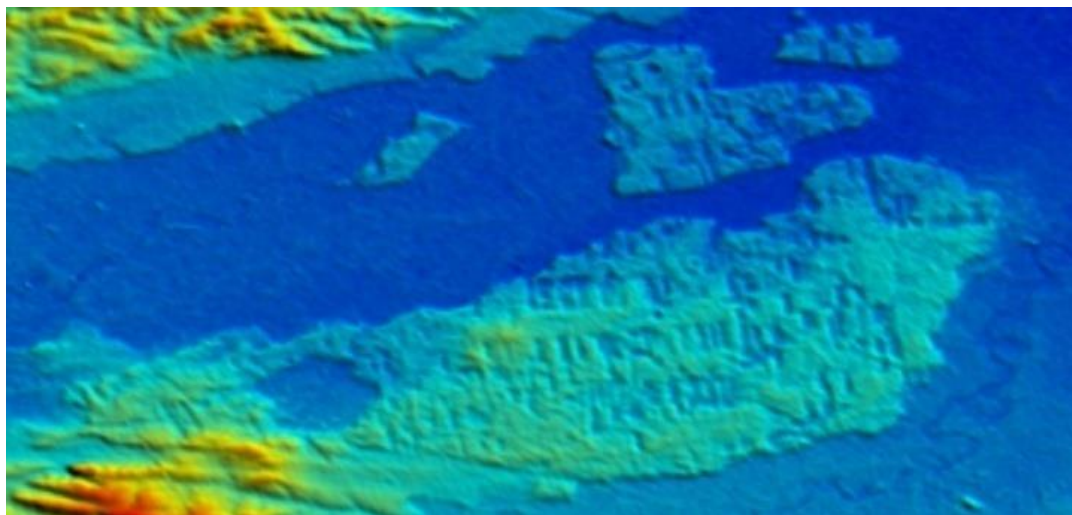
Typ: GRID

Definicja:

Model GRID - bazuje na siatce regularnych kwadratów, przy czym każdemu węzłowi tej siatki przypisana jest wysokość (H).



SRTM, Polska



SRTM, Puszcza Niepołomska

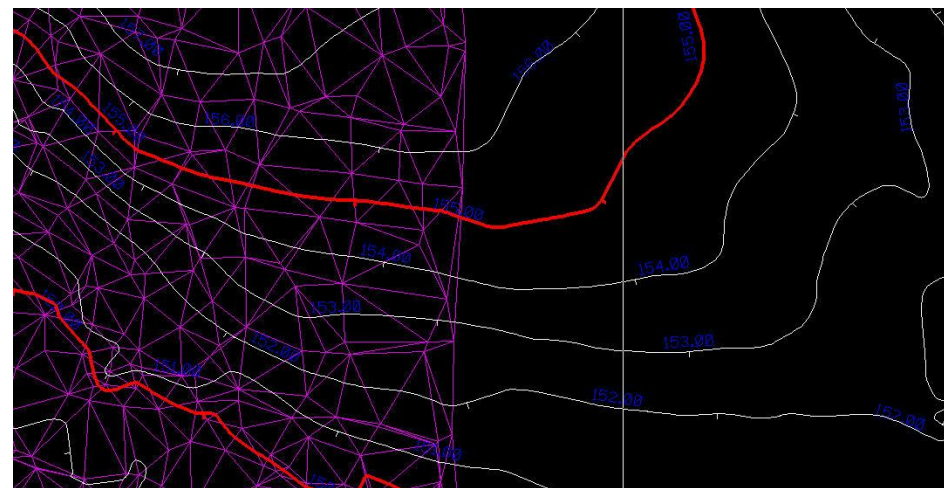
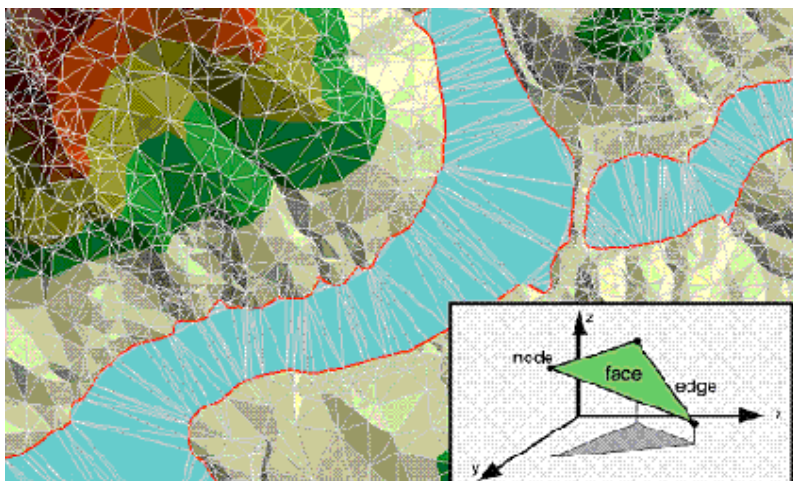
Źródło: ProGea Consulting

Numeryczny model terenu (3)

Typ: TIN

Definicja:

Model TIN oparty jest na nieregularnej siatce trójkątów (*ang.* Triangulated Irregular Network), która generowana jest na podstawie oryginalnych danych ALS (chmurze punktów reprezentujących grunt) bez jakiegokolwiek ich interpolacji. Wierzchołki trójkątów tworzone są na punktach klasy grunt (ang. Ground; nr = 2; ASPRS). Każdy z wierzchołków trójkąta opisany jest przez współrzędne X, Y i Z. Dwie pierwsze współrzędne określają położenie w układzie płaskim (2-D), a trzecia wysokość danego punktu (3D). Model TIN zawiera informacje o topologii trójkątów. Spadek i ekspozycja są stałe dla każdego trójkąta, wysokość jest interpolowana.



Źródło: ProGea Consulting

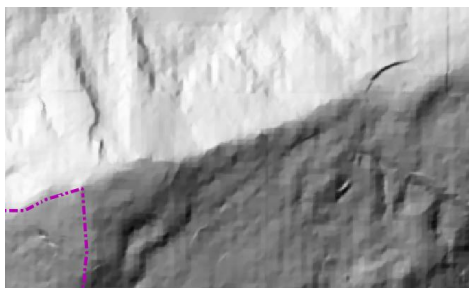
Numeryczny model terenu (4)

Typ hybrydowy

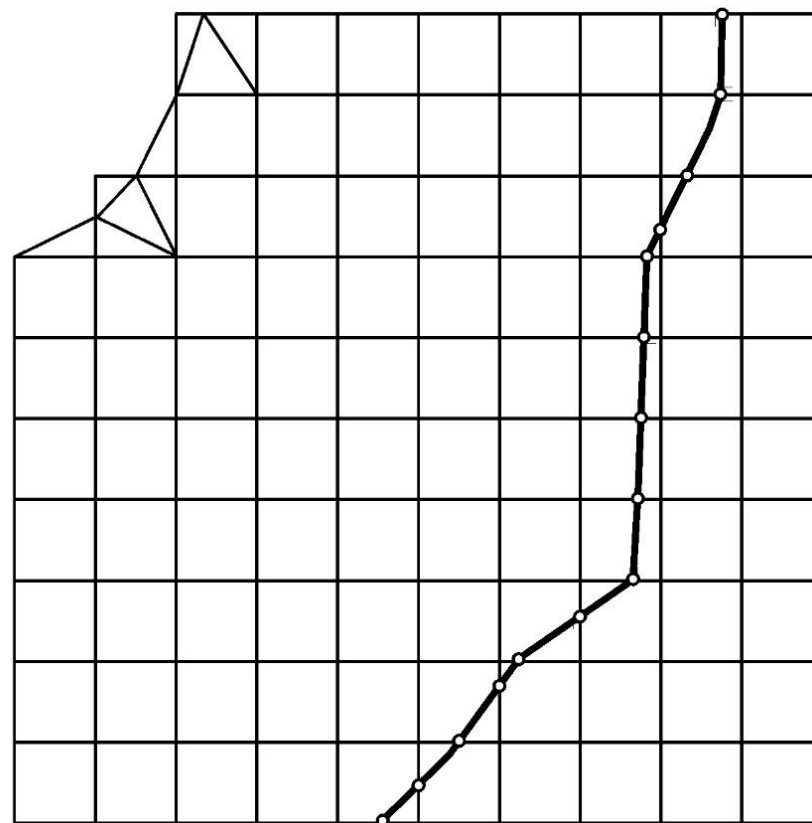
Definicja:

Model hybrydowy ma strukturę warstwową, gdzie warstwę podstawową stanowi siatka kwadratów z wysokościami (GRID).

GRID LPIS



TIN



Źródło: Borkowski, 2014

Numeryczny model terenu (5)

Bezpośrednie pomiary geodezyjne

Charakterystyka:

- sposób bardzo dokładny, ale tylko punktów pomiarowych,
- zagęszczenie punktów pomiarowych stosunkowo niewielkie, uwarunkowane geomorfologią terenu,
- metoda stosowana do budowy lokalnych i precyzyjnych NMT.
- metoda czasochłonna.



Źródło: www.leica.com



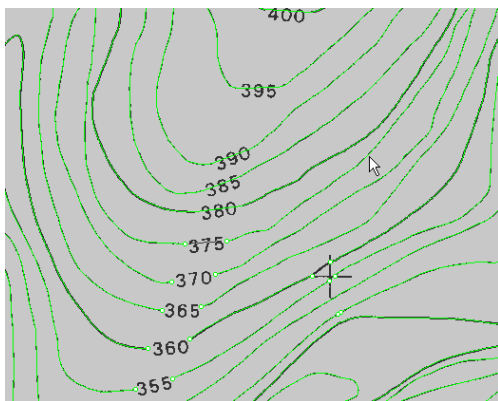
Źródło: Wężyk, 2013

Numeryczny model terenu (6)

Wektoryzacja map

Digitalizacja istniejących materiałów kartograficznych

- digitalizacji (manualnej lub półautomatycznej) podlegają linie warstwiczne oraz inne elementy rzeźby terenu (np. punkty wysokościowe) zobrazowane na mapach topograficznych,
- metoda stosunkowo tania ale mało dokładna.



Półautomatyczna
wektoryzacja
rysunku
warstwiczego w
programie R2V

Mapa topograficzna



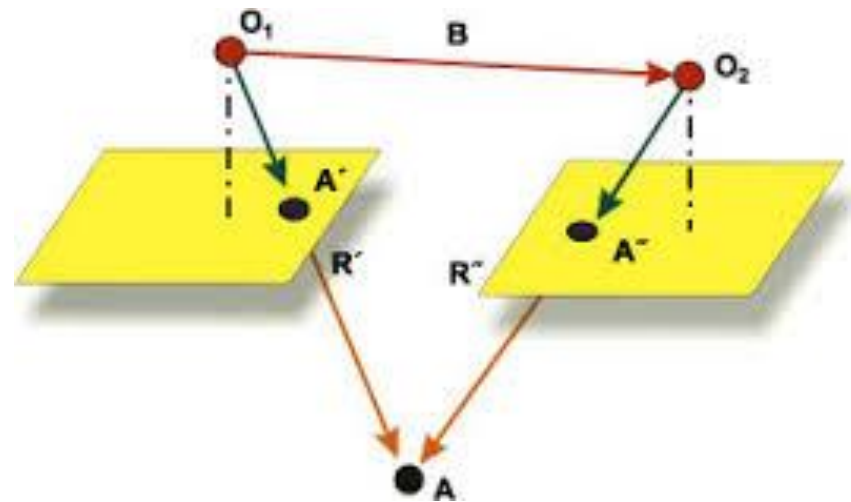
Źródło: www.rowerempogorach.pl

Numeryczny model terenu (7)

Fotogrametria

Opracowania fotogrametryczne stereogramów zdjęć lotniczych lub satelitarnych

- możliwe jest bardzo duże zagęszczenie powierzchni terenu punktami pomiarowymi (pikiety wysokościowe),
- pomiarowi podlegają punkty rozproszone regularnie lub nieregularnie oraz wszelkie punkty charakterystyczne,
- pomiar może być realizowany w trybie obserwacji wzrokowej lub automatycznie z wykorzystaniem korelacji obrazu (steromatching).

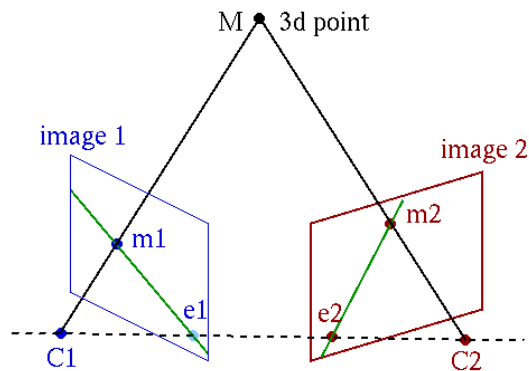


Źródło: www.geoforum.pl

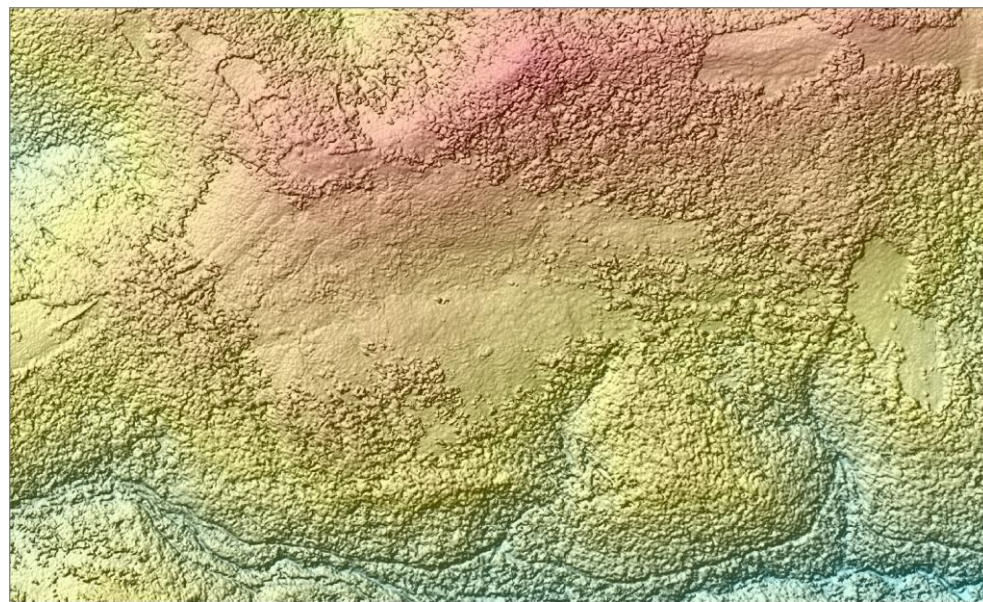
Wyznaczanie położenia punktu na podstawie dwóch zdjęć

Numeryczny model terenu (8)

Dopasowanie zdjęć



- automatyczne znalezienie wzajemnej odpowiedniości fragmentów dwóch obrazów cyfrowych;
- w przypadku obszarów leśnych wynikiem jest NMPT;
- *ang.* Stereomatching;
- algorytm SGM (Semi Global Matching).



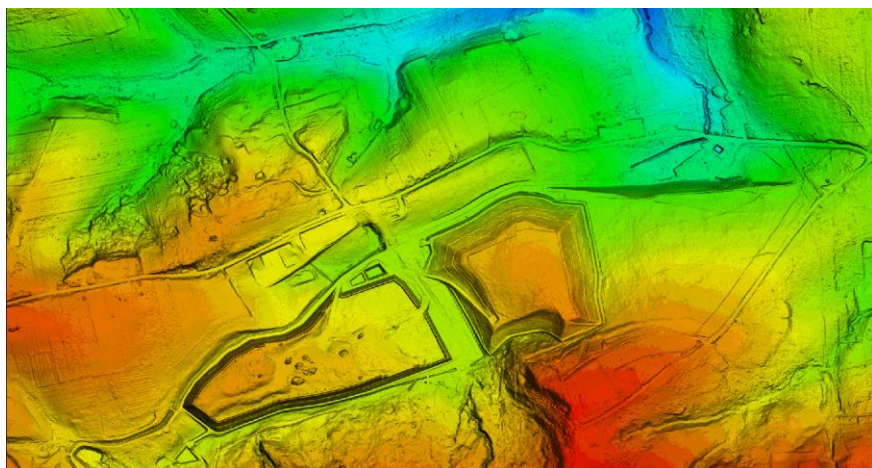
Źródło: Wężyk 2014

NMPT masywu Kudłonia (Gorce) wygenerowany na podstawie stereomatchingu zdjęć lotniczych LPIS

Numeryczny model terenu (9)

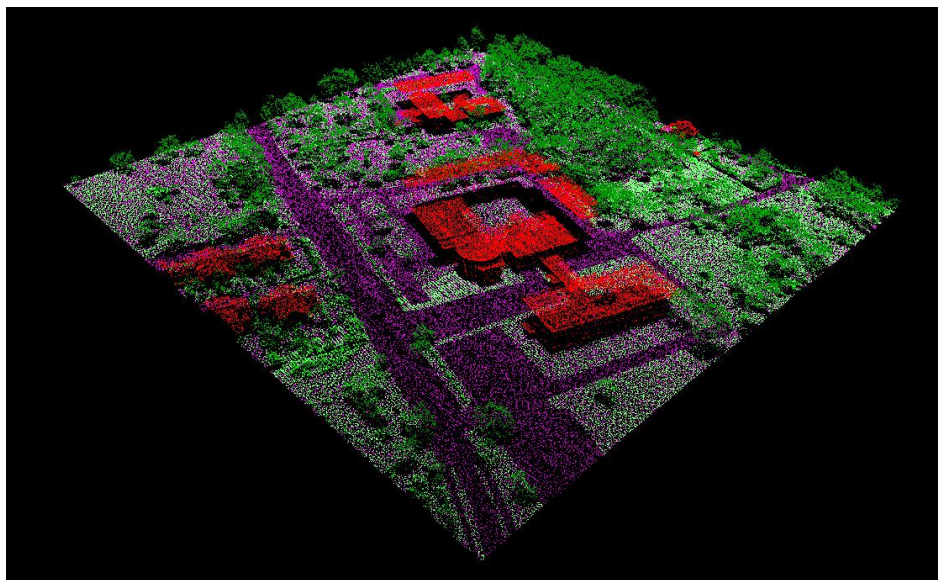
Lotnicze skanowanie laserowe

Podstawą generowania NMT jest sklasyfikowana chmura punktów, z której wykorzystuje się zazwyczaj tylko klasę punktów reprezentujących grunt.



NMT wygenerowany z chmury punktów ALS

Źródło: ProGea Consulting



Źródło: ProGea Consulting

Chmura punktów ALS

Numeryczny model terenu (10)

Interferometria radarowa

- metoda polega na obrazowaniu powierzchni terenu z wykorzystaniem radaru (zakres mikrofalowy) z pułapu lotniczego, a najczęściej satelitarnego;
- wyniku odpowiedniego przetwarzania danych, na podstawie przesunięcia fazowego wyznaczane są wysokości punktów;
- technologia stosowana do budowy modeli globalnych obejmujących bardzo duże obszary Ziemi (np. misja TanDEM-X).



Źródło: www.dlr.de

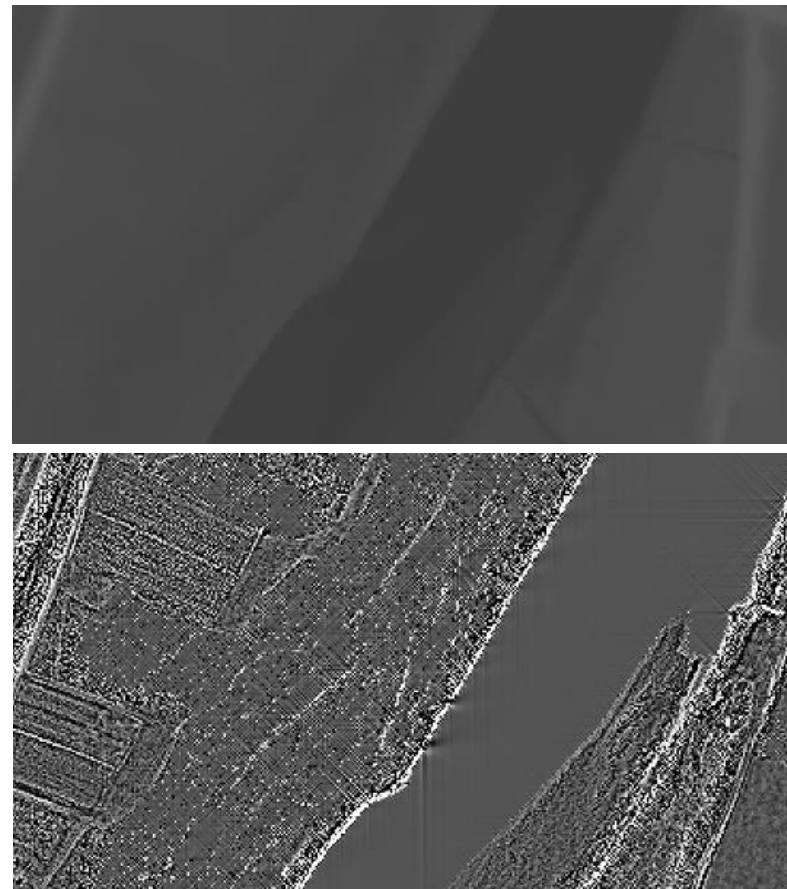
Numeryczny model terenu (11)

Modelowanie linii krawędziowych (1)

Metody bazujące na cyfrowym przetwarzaniu obrazów

- chmura punktów klasy „grunt” interpolowana jest na regularny raster,
- poszczególnym wysokościam przypisywane są stopnie szarości obrazu,
- powstały obraz poddawany jest detekcji krawędzi z wykorzystaniem standardowych narzędzi (np. filtr Laplace’a) przetwarzania obrazów,
- otrzymuje się położenie planarne linii krawędziowej,
- trzecią współrzędną oblicza się na podstawie interpolacji NMT lub bezpośrednio z chmury punktów (Borkowski 2014).

Wynik wykrywania krawędzi na NMT
filtrem Laplace'a



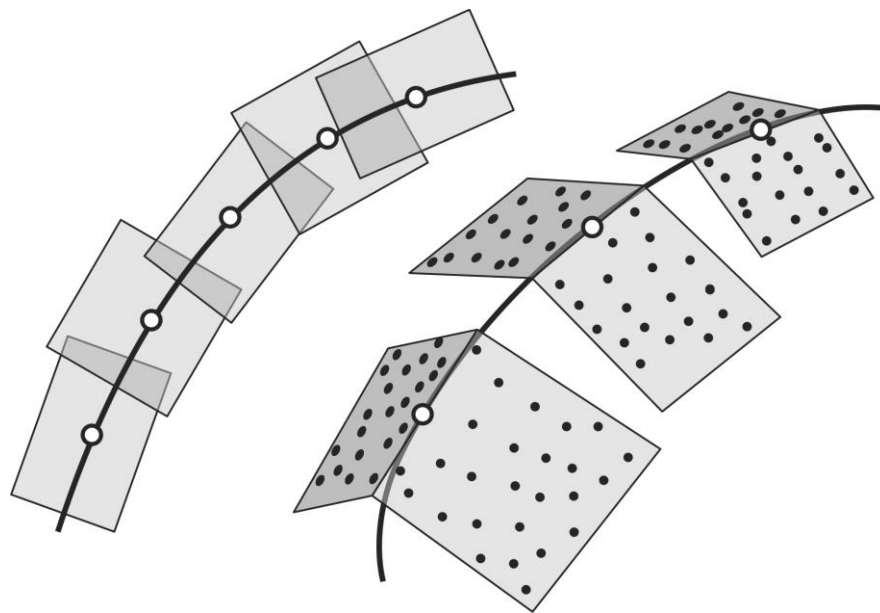
Źródło: ProGea Consulting

Numeryczny model terenu (12)

Modelowanie linii krawędziowych (2)

Modelowanie na podstawie oryginalnych danych ALS

- przedstawiony obok model traktuje krawędź określoną metodami cyfrowego przetwarzania obrazów, jako pierwsze przybliżenie;
- przybliżenie to pozwala podzielić zbiór punktów ze skanowania laserowego na dwa podzbiory: punkty leżące po lewej i punkty leżące po prawej stronie krawędzi;
- każdy z podzbiorów dzielony jest na niewielkie nakładające się na siebie płyty (Borkowski 2014).



Źródło: Borkowski, 2014

Modelowanie 3D krawędzi jako linii przecięcia
płaszczyzn w przestrzeni trójwymiarowej

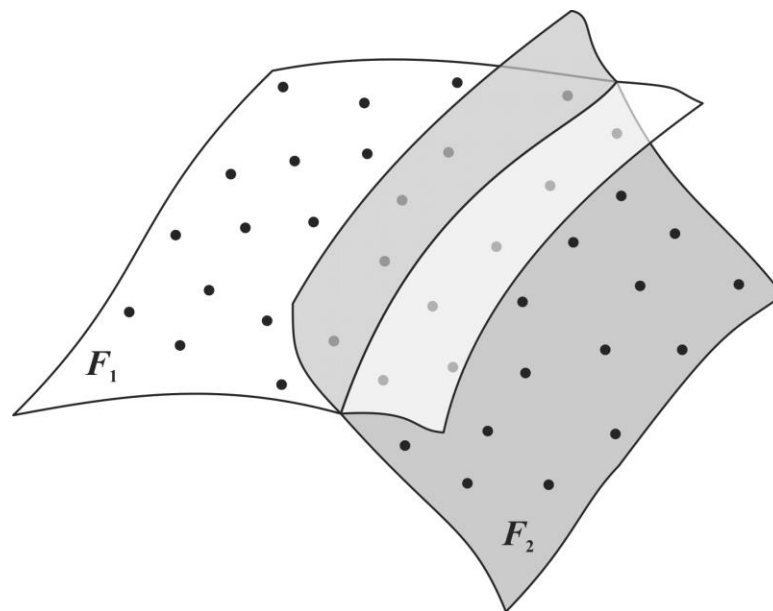
Numeryczny model terenu (13)

Modelowanie linii krawędziowych (3)

Modelowanie na podstawie oryginalnych danych ALS

- pewnym uogólnieniem poprzedniego algorytmu jest metoda opracowana w Instytucie Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu;
- w metodzie tej punkty po lewej i prawej stronie krawędzi (bez podziału na podobszary) aproksymowane są dowolnym modelem funkcyjnym;
- w omawianej realizacji zastosowano funkcje sklepane minimalnej krzywizny (Borkowski 2014).

Modelowanie 3D krawędzi jako linii przecięcia powierzchni



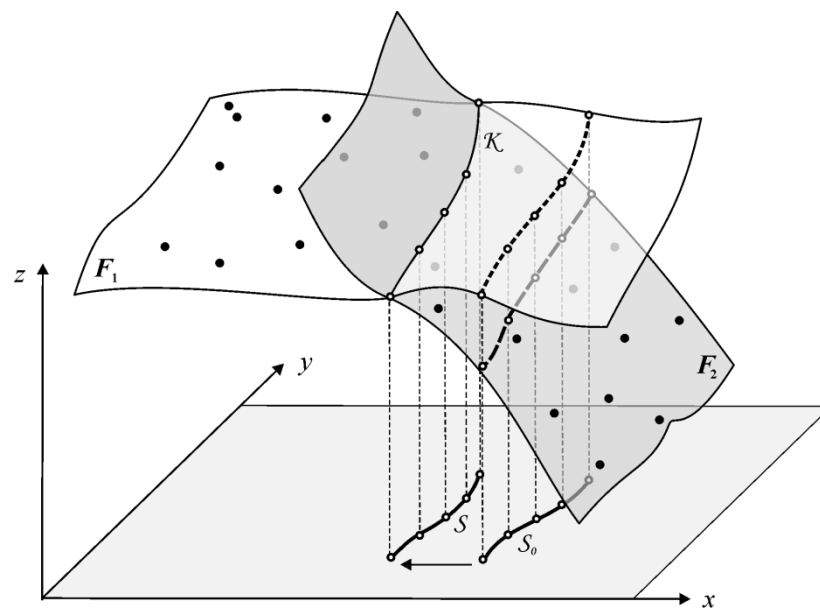
Źródło: Borkowski, 2014

Numeryczny model terenu (14)

Modelowanie linii krawędziowych (4)

Modelowanie na podstawie oryginalnych danych ALS

- alternatywnym podejściem jest wyznaczenie położenia rzutu planarnego linii krawędziowej za pomocą algorytmu aktywnych konturów;
- energię zewnętrzną aktywnego konturu definiuje się wtedy jako proporcjonalną do odległości pomiędzy powierzchniami F_1 i F_2 (Borkowski 2014).



Graficzna reprezentacja modelowania 3D jako linii przecięcia powierzchni z wykorzystaniem algorytmu aktywnych konturów

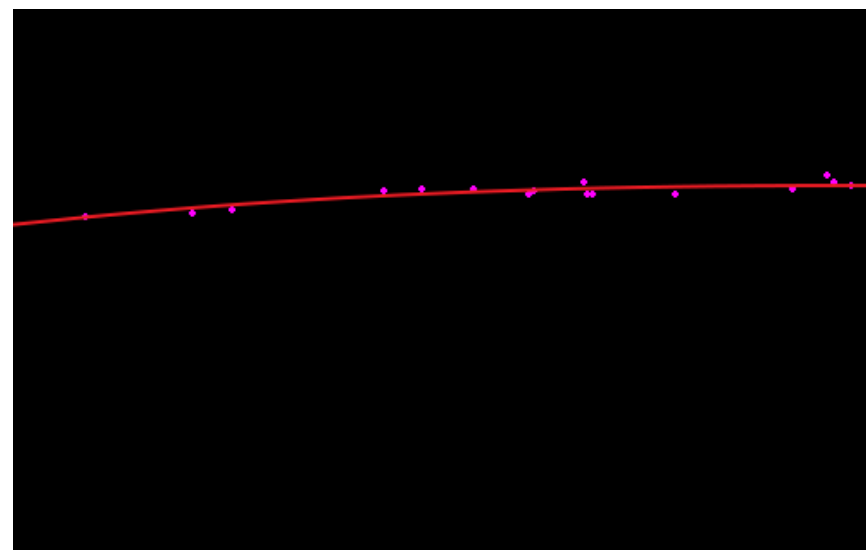
Źródło: Borkowski, 2014

Numeryczny model terenu (15)

Dokładność NMT (1)

Dokładność wewnętrzna

- wyznaczana na podstawie różnic pomiędzy wysokościami w punktach pomiarowych (np. punktach klasy „grunt” z chmury punktów ALS), a wysokościami obliczonymi na podstawie NMT w tych samych punktach;
- wyrażana w postaci błędu średniego (RMSE);
- błąd jest w zasadzie miarą poprawności i dokładności generowania NMT.



Pojedyncze punkty z klasy "grunt" i wygenerowany NMT (profil).

Źródło: ProGea Consulting

Numeryczny model terenu (16)

Dokładność NMT (2)

Dokładność bezwzględna

- wyznaczana na podstawie niezależnych pomiarów, najczęściej technikami geodezyjnymi, o wyższej dokładności (RTK GNSS + tachimetr);
- miarą dokładności jest błąd średni liczony na podstawie różnic pomiędzy wysokościami punktów danych referencyjnych a wysokościami tych samych punktów obliczonymi z NMT;
- jest odzwierciedleniem zarówno jakości danych, jak i procesu generowania NMT.



Sprzęt geodezyjny

Numeryczny model terenu (17)

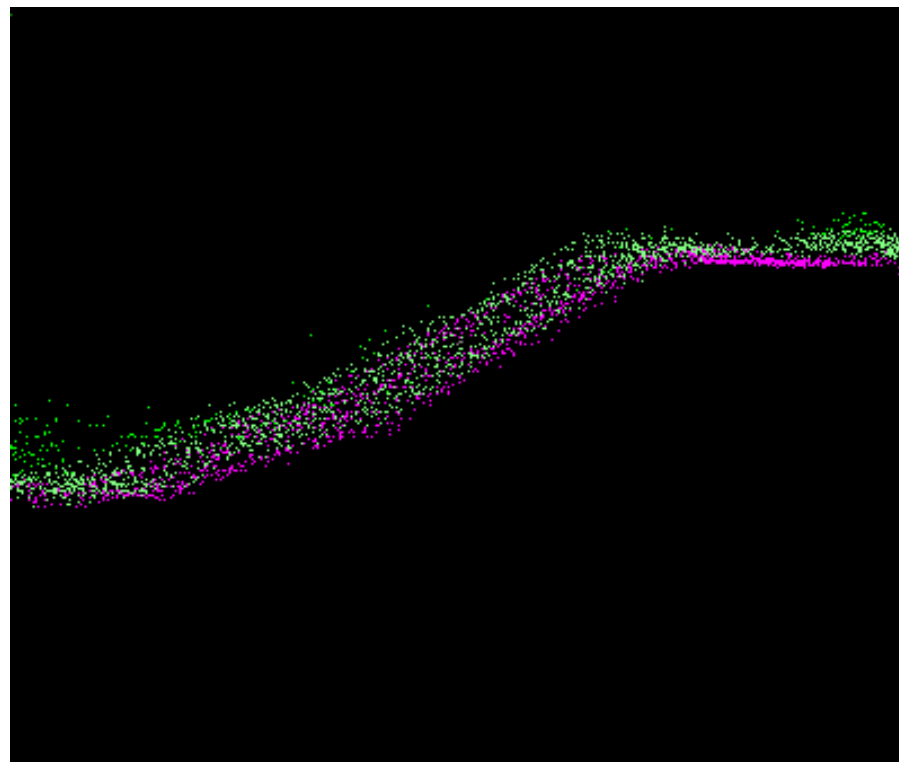
Dokładność NMT (3)

Dane ALS

- do oceny dokładności NMT wygenerowanego na podstawie danych ALS można wykorzystać empiryczną zależność:

$$\text{RMSE Z [cm]} = 6/\sqrt{n} + 30 \tan(\alpha)$$

- w której n - gęstość skanowania, α - kąt nachylenia terenu;
- zależność ta nie uwzględnia obecności pokrywy roślinnej (Borkowski 2014).



Chmura punktów ALS

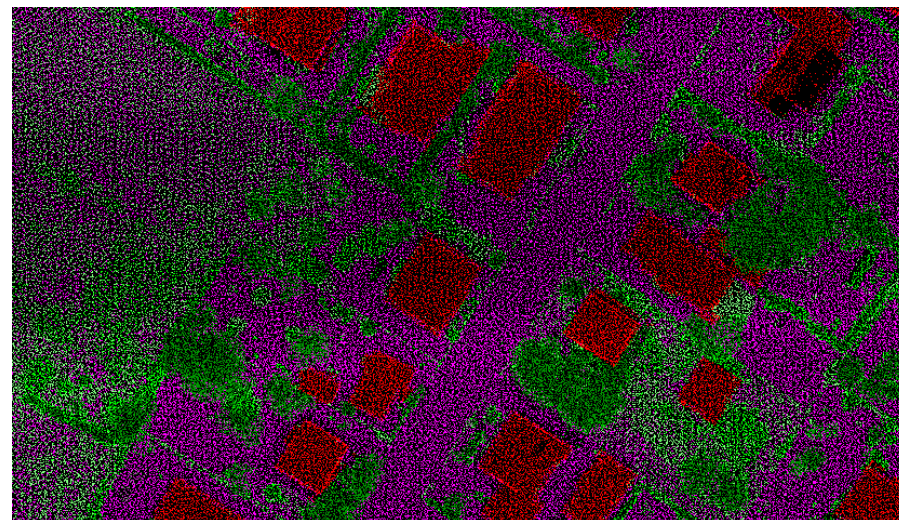
Źródło: ProGea Consulting

Numeryczny model terenu (18)

Dokładność NMT (4)

Dane ALS

- Dla terenów utwardzonych możliwe jest osiągnięcie dokładności na poziomie około **3 cm**;
- dla powierzchni naturalnych, ale wolnych od roślinności, RMSE rośnie do około **10 cm**;
- natomiast dla terenów pokrytych roślinnością, RMSE kształtuje się na poziomie około **20 cm**;
- w przypadku bardzo gęstej pokrywy roślinnej (głównie tzw. niska roślinność, jak gęsta trawa, szuwary) błąd może osiągać wartości na poziomie **50 cm** i więcej (Borkowski 2014).



Sklasyfikowana chmura punktów ALS

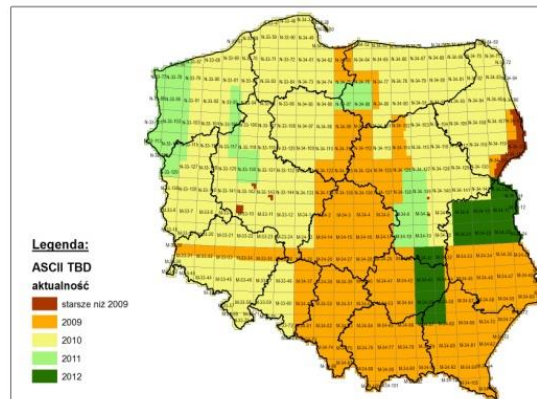
Źródło: ProGea Consulting

Numeryczny model terenu (19)

Formaty wymiany danych (1)

W przypadku standardów wymiany danych NMT najczęściej stosowane są następujące formaty:

- ASCII TBD;
- ESRI TIN;
- Intergraph TTN;
- ASCII (XYZ);
- Esri GRID (*Arcinfo ASCII GRID*);
- FLT (*Floating point raster file*);
- INGR;
- GeoTIFF.



N-34-117-D-d-4_c.asc - Notatnik

Plik	Edycja	Format	Widok	Pomoc
540073.58	732717.48	119.72		
540074.92	732721.26	119.67		
540076.66	732722.73	119.64		
540081.79	732723.29	119.56		
540125.07	732717.82	119.31		
End				
Start				
540158.59	732378.77	119.31		
540178.42	732402.28	119.34		
540197.14	732426.26	118.89		
540214.58	732457.79	118.71		
End				
Start				
540218.72	732465.37	118.74		
540223.32	732475.84	118.50		
End				
Start				
540226.19	732481.10	118.42		
540260.58	732548.46	118.05		
540273.51	732575.13	117.75		
540278.83	732593.36	117.58		
540283.25	732610.50	117.52		
540287.02	732620.91	117.50		
540290.38	732627.59	117.32		
540295.82	732632.20	117.20		
540319.96	732648.62	116.92		
End				
Start				
540440.24	732530.17	118.29		
540443.74	732577.50	117.90		
540453.08	732645.19	117.23		
End				

Źródło: CODGiK, 2014

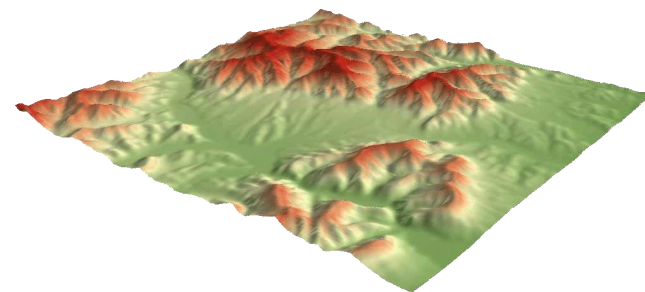
Numeryczny model terenu (20)

Formaty wymiany danych (2)

ASCII TBD

- nie jest ściśle formatem wymiany danych NMT a raczej formatem zapisu danych pozyskanych z mapy topograficznej w skali 1:10 000;
- Pliki tekstowe zorganizowane w warstwach:
 - 1. p - punkty siatki;
 - 2. j - obszary planarne;
 - 3. c – cieki;
 - 4. k - punkty (koty) wysokościowe;
 - 5. o - obiekty inżynieryjne;
 - 6. pz - punkty na obszarach wydzielonych;
 - 7. s - linie nieciągłości;
 - 8. sz - linie nieciągłości w obszarach wydzieleni;
 - 9. z - obszary wydzielone (o obniżonej dokładności np. lasy).

Wszystkie dane wysokościowe wykonane są w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych „1992”, a wysokości odnoszą się do układu wysokości normalnych „Kronsztadt 86”.



Źródło: WODGiK Katowice

```
Start  
654195.19 676895.52 115.94  
654218.44 676895.52 115.94  
654226.22 676899.26 115.94  
654229.74 676900.25 115.94  
654234.20 676900.81 115.94
```

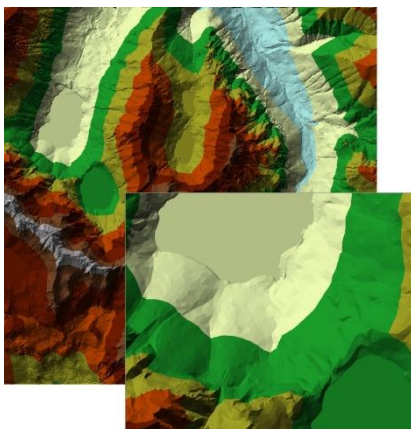
Źródło: Borkowski, 2014

Numeryczny model terenu (21)

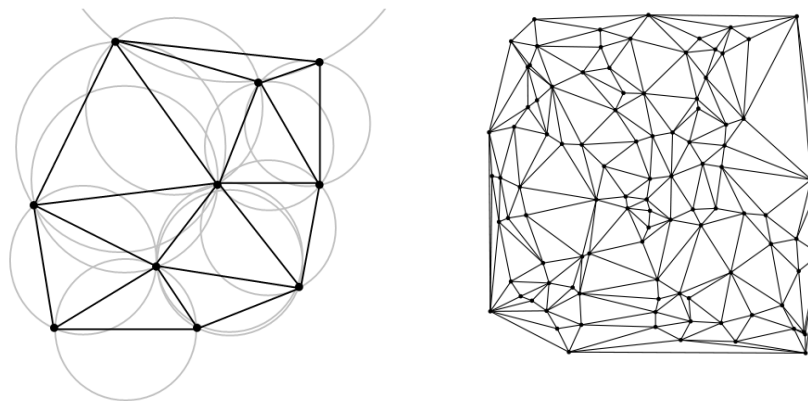
Formaty wymiany danych (3)

ESRI TIN

Pliki w formacie zgodnym ze standardem firmy ESRI, zawierające rozproszone punkty wysokościowe tworzące nieregularną siatkę trójkątów (*Triangulated Irregular Network*). Utworzone są na podstawie danych pomiarowych ASCII_TBD. Błąd średni wysokości zawiera się w przedziale 0.8 - 2.0 m. Poszczególne pliki odpowiadają zasięgom arkuszy w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych „1992” w skali 1:10 000.



Model TIN



Tworzenie poligonów Voronoi

Źródło: Wężyk, 2013



Numeryczny model terenu (22)

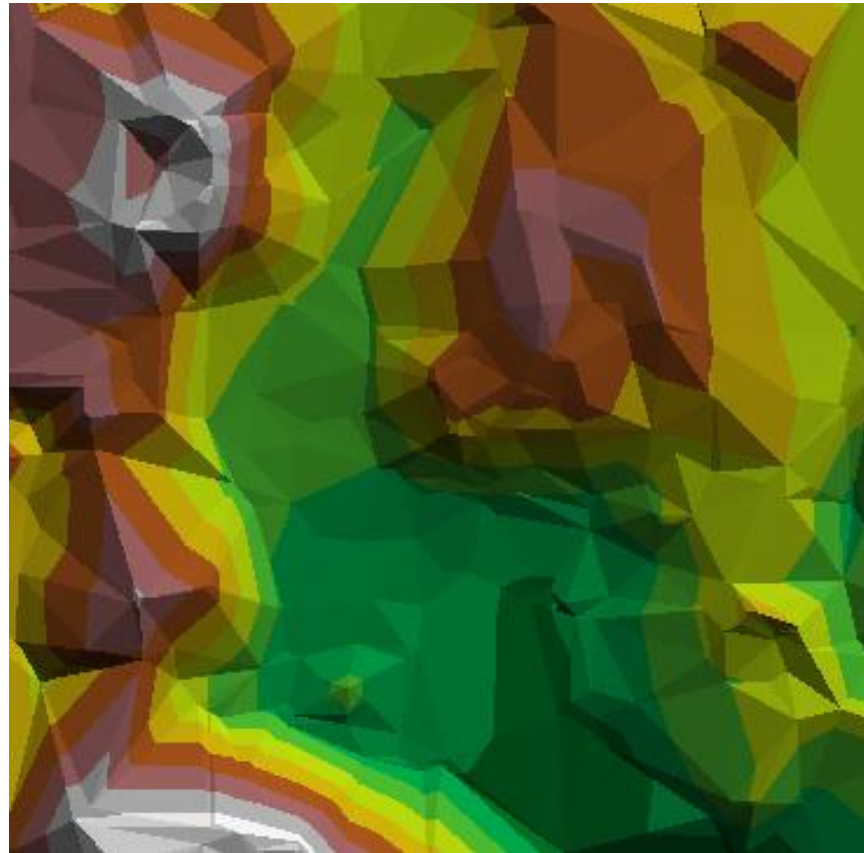
Formaty wymiany danych (4)

Intergraph TTN

- na podstawie danych pomiarowych tworzone są pliki zgodne ze standardem firmy Intergraph, w których rozproszone punkty połączone są w nieregularną sieć trójkątów wyznaczającą ukształtowanie powierzchni terenu.



Model TIN



Źródło: ProGea Consulting

Numeryczny model terenu (23)

Formaty wymiany danych (5)

ASCII (XYZ)

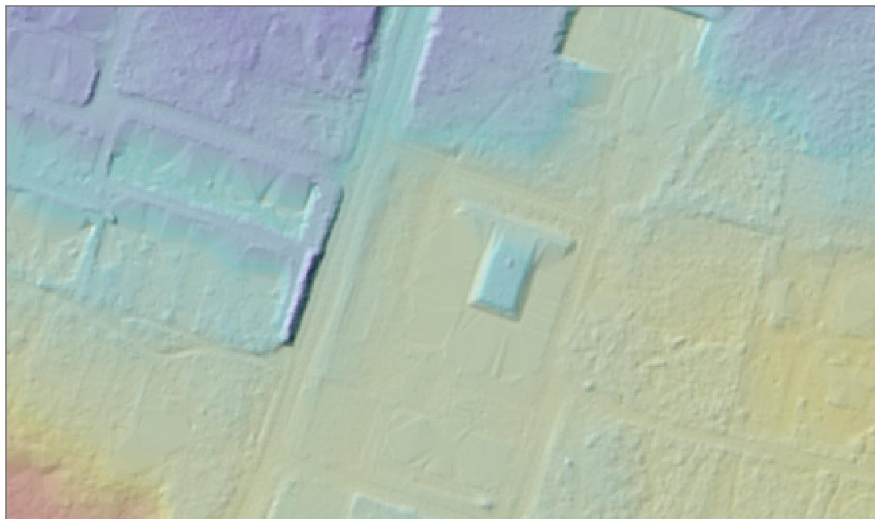
- plik tekstowy z rozszerzeniem XYZ;
- w kolejnych wierszach pliku zapisane są współrzędne (X, Y, Z) dla poszczególnych punktów siatki GRID.

123545.000	123545.000	45.015
123545.000	123546.000	47.455
123545.000	123547.000	35.012
123546.000	123545.000	47.115
123547.000	123545.000	45.016

...

Źródło: Borkowski, 2014

NMT



Źródło: ProGea Consulting

Numeryczny model terenu (24)

Formaty wymiany danych (6)

Esri GRID (*Arcinfo ASCII GRID*)

- plik tekstowy z rozszerzeniem ASC. Jest to format rastrowy;
- składa się z nagłówka opisującego właściwości rastra (rozmiar piksela, liczbę kolumn i wierszy, współrzędne XY początku układu rastra) oraz wykazu współrzędnych wysokości zapisanych wiersz po wierszu.



```
NCOLS xxx
NROWS xxx
XLLCENTER xxx | XLLCORNER xxx
YLLCENTER xxx | YLLCORNER xxx
CELLSIZE xxx
NODATA_VALUE xxx
  row 1
  row 2
  ...
  row n
```

Źródło: Borkowski, 2014

Numeryczny model terenu (25)

Formaty wymiany danych (7)

FLT (*Floating point raster file*)

- binarny format wymiany danych, w którym wartości zapisywane są w wierszach z północy na południe;
- format zawiera również oddzielny plik nagłówka z rozszerzeniem HDR, w którym zawarte są informacje o pliku oraz georeferencji.

.hdr file:

```
ncols 321
nrows 468
xllcorner 387570.0
yllcorner 5289240.0
cellsize 30.0
nodata_value -32767
byteorder LSBFIRST
```

.flt file - binarny odpowiada:

```
386.1  393.0  393.4  392.8  392.6  itd.
387.0  394.5  396.4  396.3  393.9  itd.
:
itd.
```

Źródło: Borkowski, 2014

Numeryczny model terenu (26)

Formaty wymiany danych (8)

INGR

- format rastrowy danych zgodny ze standardem firmy Intergraph (*Intergraph Raster File Format*);
- format ten zawiera elementy zwiększające wydajność oprogramowanie firmy Intergraph.



Header Block1:

```
WORD HeaderTypeCode
WORD WordsToFollow
WORD DataTypeCode
WORD ApplicationType
DOUBLE XViewOrigin
DOUBLE YViewOrigin
DOUBLE ZViewOrigin
DOUBLE XViewExtent
DOUBLE YViewExtent
DOUBLE ZViewExtent
DOUBLE TransformMatrix[16]
DWORD PixelsPerLine
DWORD NumberOfLines
SHORT DeviceResolution
BYTE ScanlineOrient
BYTE ScannableFlag
DOUBLE RotationAngle
DOUBLE SkewAngle
WORD DataTypeModifier
BYTE DesignFile[66]
BYTE DatabaseFile[66]
BYTE ParentGridFile[66]
BYTE FileDescription[80]
union _MinValue
{
    BYTE MinValueI1
    WORD MinValueI2
    DWORD MinValueI4
    FLOAT MinValueR4
    DOUBLE MinValueR8
} MinValue;
union _MaxValue
{
    BYTE MaxValueI1
    WORD MaxValueI2
    DWORD MaxValueI4
    FLOAT MaxValueR4
    DOUBLE MaxValueR8
} MaxValue;
BYTE Reserved[3]
BYTE GridFileVersion
```

Header Block2:

```
BYTE Gain
BYTE OffsetThreshold
BYTE ViewScreen1
BYTE ViewScreen2
BYTE ViewNumber
BYTE Reserved1
WORD Reserved2
DOUBLE AspectRatio
DWORD NextImageOffset
WORD ColorTableType
WORD Reserved3
DWORD ColorTableEntries
DWORD StartOfAppPacket
DWORD LenOfDataPackets
WORD Reserved[110]
WORD ApplicationData[128]
```

Raster Data

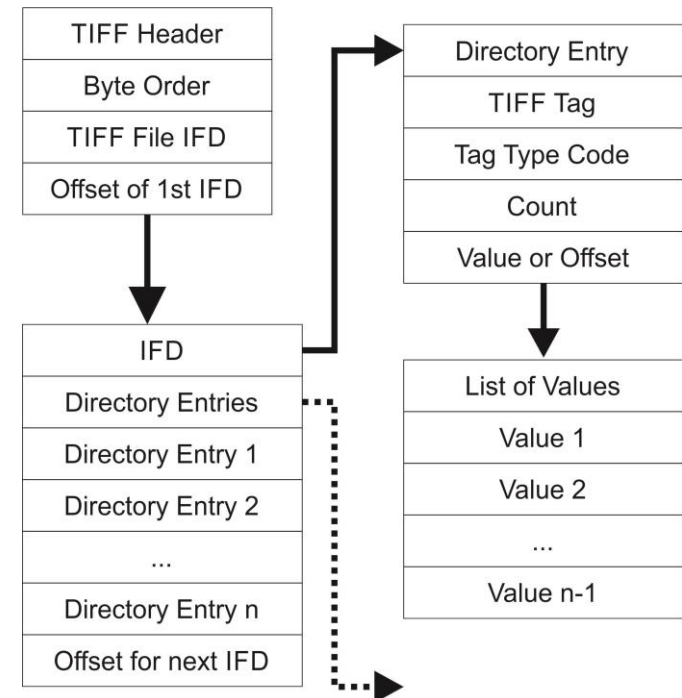
Źródło: Borkowski, 2014

Numeryczny model terenu (27)

Formaty wymiany danych (9)

GeoTIFF

- TIFF (*Tagged Image File Format*),
- zawiera nagłówek z informacją o lokalizacji rastra w przestrzeni,
- dane georeferencyjne mogą zawierać współrzędne oraz parametry układu odniesienia, parametry (informacje) odwzorowania oraz inne zależnie od potrzeb.



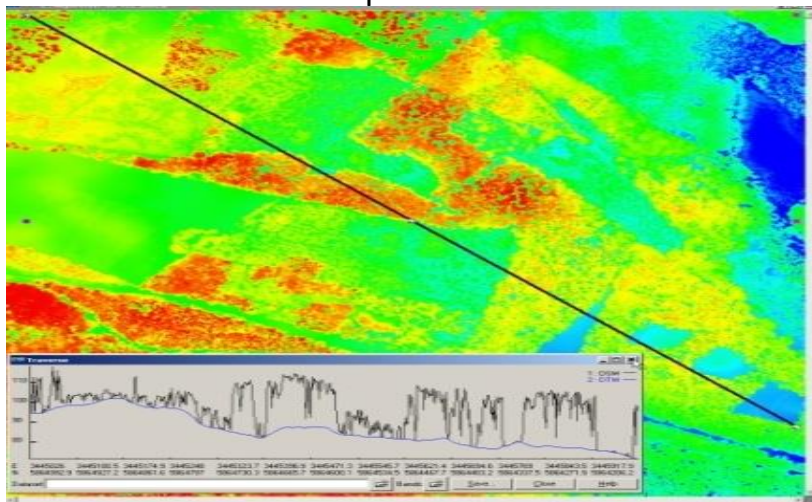
Źródło: Borkowski, 2014

NMPT (1)

Definicja

Numeryczny model pokrycia terenu (NMPT) jest obrazem powierzchni terenu (gruntu) z uwzględnieniem występującej na nim pokrywy roślinnej, zabudowy, infrastruktury, czyli obiektów trwale związanych z powierzchnią terenu.

Profil przez NMPT



Źródło: ProGea Consulting

NMPT



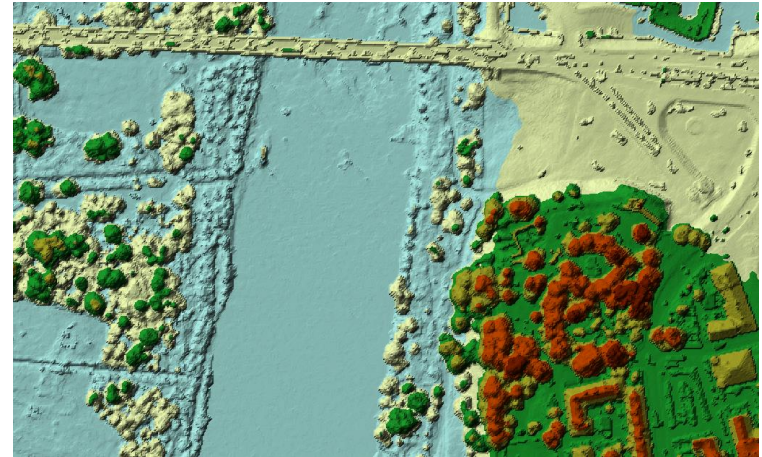
Źródło: ProGea Consulting

NMPT (2)

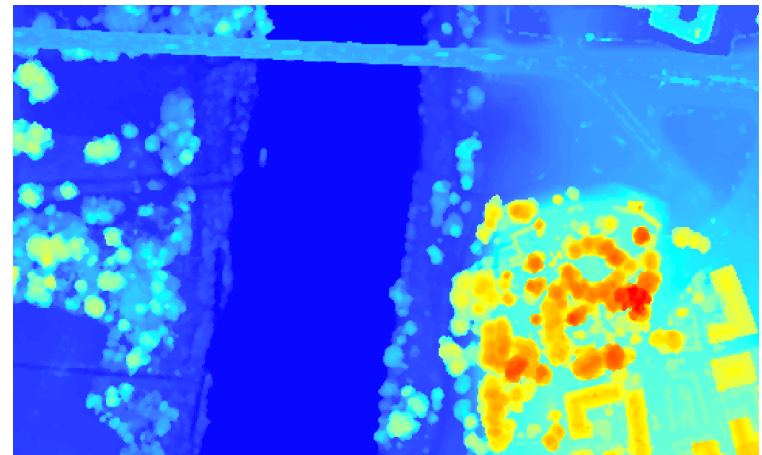
Sposoby organizacji danych

- NMPT mogą być zorganizowane na siatce TIN lub GRID;
- te same metody interpolacyjne, co w przypadku NMT, mogą być wykorzystane do generowania NMPT;
- istnieje jednak jedna podstawowa różnica: o ile w przypadku NMT staramy się odfiltrować zbędne punkty pomiarowe (często błędy lub zbędne klasy), to w przypadku generowania NMPT często unika się efektu wygładzania, aby możliwie wiernie przedstawić obiekty o jednoznacznych krawędziach (np. budynki) a część z nich wygładza (np. korony drzew liściastych).

Model TIN



Model GRID



Źródło: ProGea Consulting

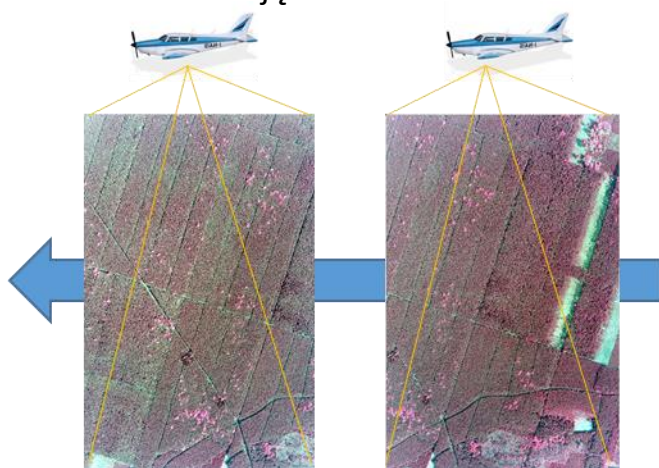
NMPT (3)

Źródła danych

Dane do NMPT pozyskiwane są głównie za pomocą technik zdalnych wymienionych przy okazji omawiania NMT, a w szczególności:

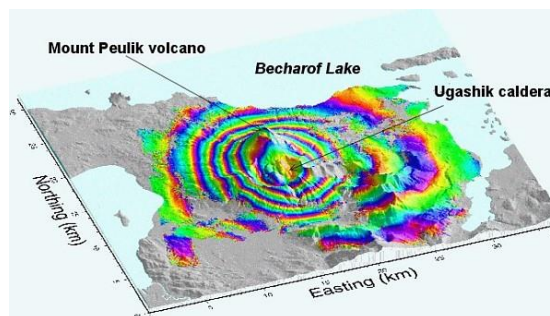
- pomiar fotogrametryczny stereomodelu utworzonego na podstawie zdjęć lotniczych lub satelitarnych;
- metoda stereomatchingu zdjęć lotniczych;
- interferometria radarowa;
- skanowanie laserowe z pułapu lotniczego.

Zdjęcia lotnicze

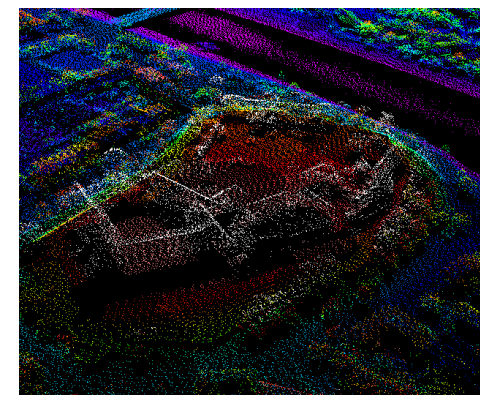


Źródło: Wężyk, 2013

Interferometria



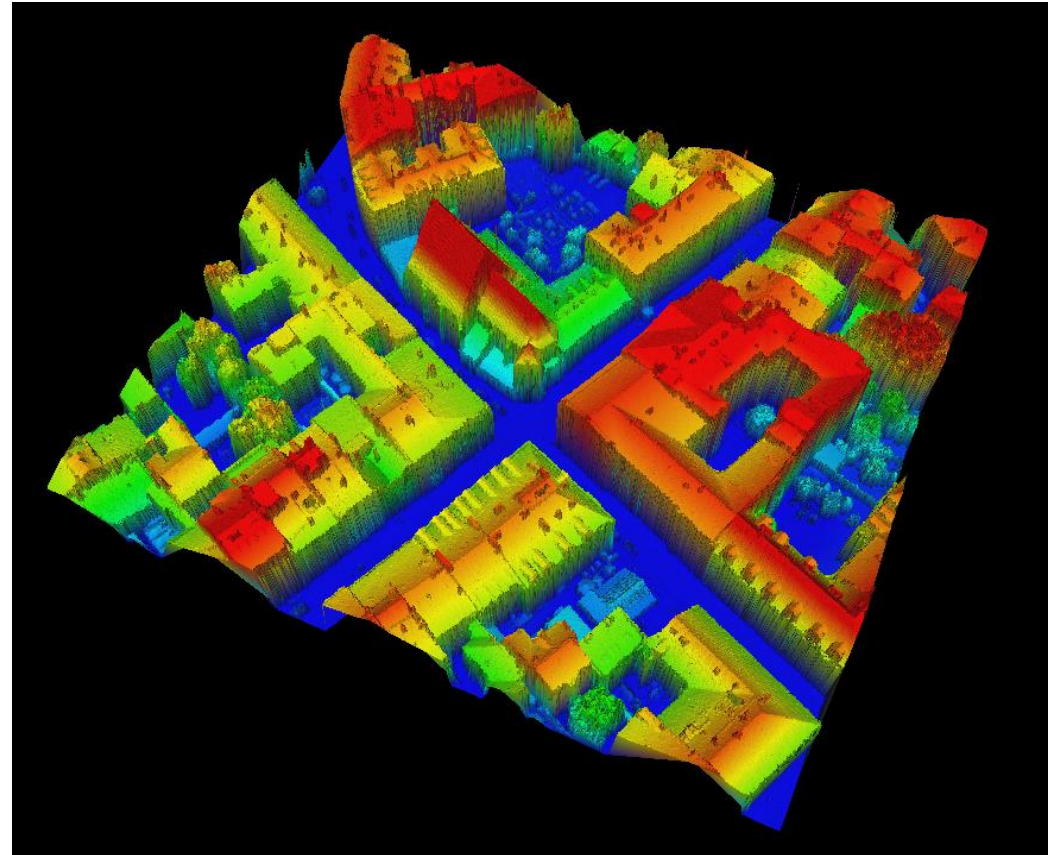
Skanowanie laserowe



Źródło: ProGea Consulting

NMPT (4) ALS

- najwyższą jakość, zarówno rozdzielczość jak i dokładność, ma NMPT budowane na podstawie danych skanowania laserowego;
- do wygenerowania NMPT nie jest konieczna klasyfikacja czy filtracja danych ALS, bowiem model ten interpolowany jest najczęściej na podstawie wszystkich punktów będących pierwszym echem (odbiciem od obiektu) impulsów lasera.



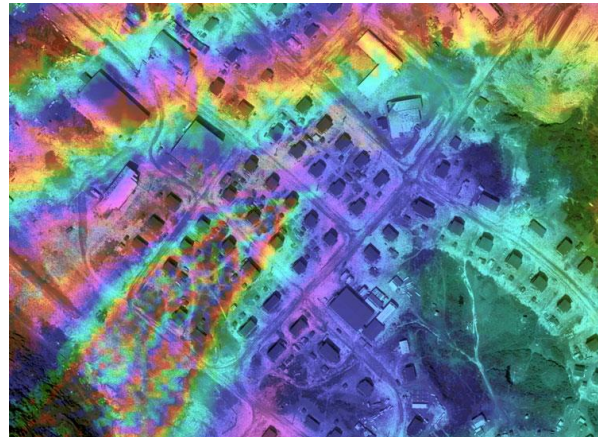
Źródło: ProGea Consulting

NMPT fragmentu Starego Miasta w Krakowie (skrzyżowanie ulic św. Marka i Sławkowskiej; Wężyk 2014)

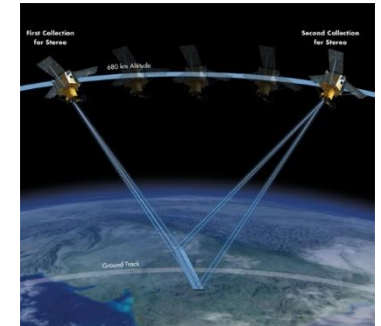
NMPT (5)

Dokładność NMPT

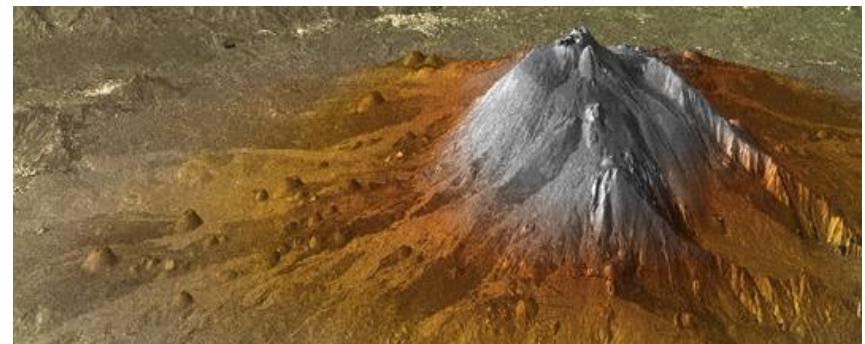
- głównym czynnikiem determinującym dokładność NMPT jest metoda pozyskiwania danych;
- najniższą dokładność mają NMPT pozyskiwane na podstawie obrazów satelitarnych oraz interferometrycznych;
- Przykład: system IKONOS-2 dokładność kształtuje się na poziomie około 1,5 m, a dla danych SRTM nominalna dokładność wynosi od 6,0 do 9,0 m;
- dla danych TanDEM-X należy spodziewać się dokładności nie gorszej niż 2,0 m.



Interferometria



Pozyskiwanie
stereopary
IKONOS-2



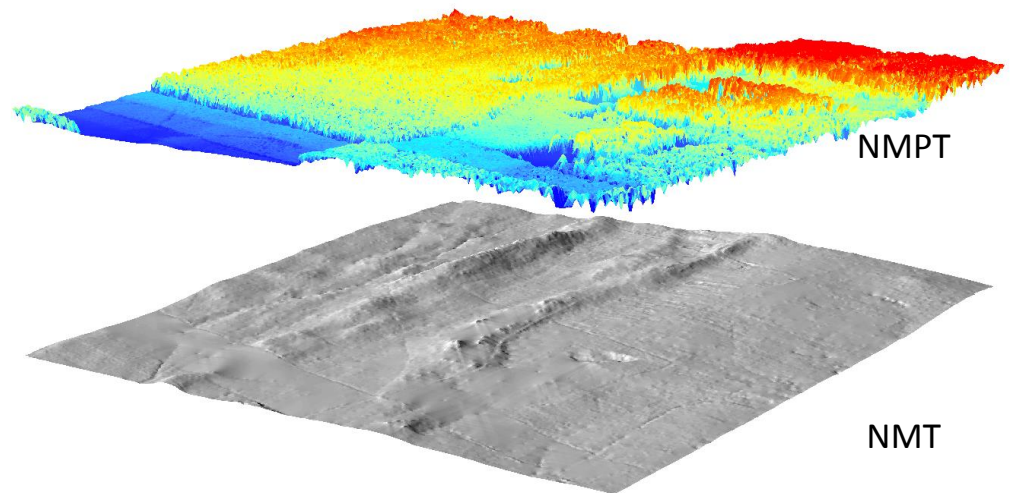
NMPT

NMPT (6)

Formaty wymiany danych

Do zapisu i wymiany danych NMPT stosowane są te same formaty i standardy co w przypadku NMT:

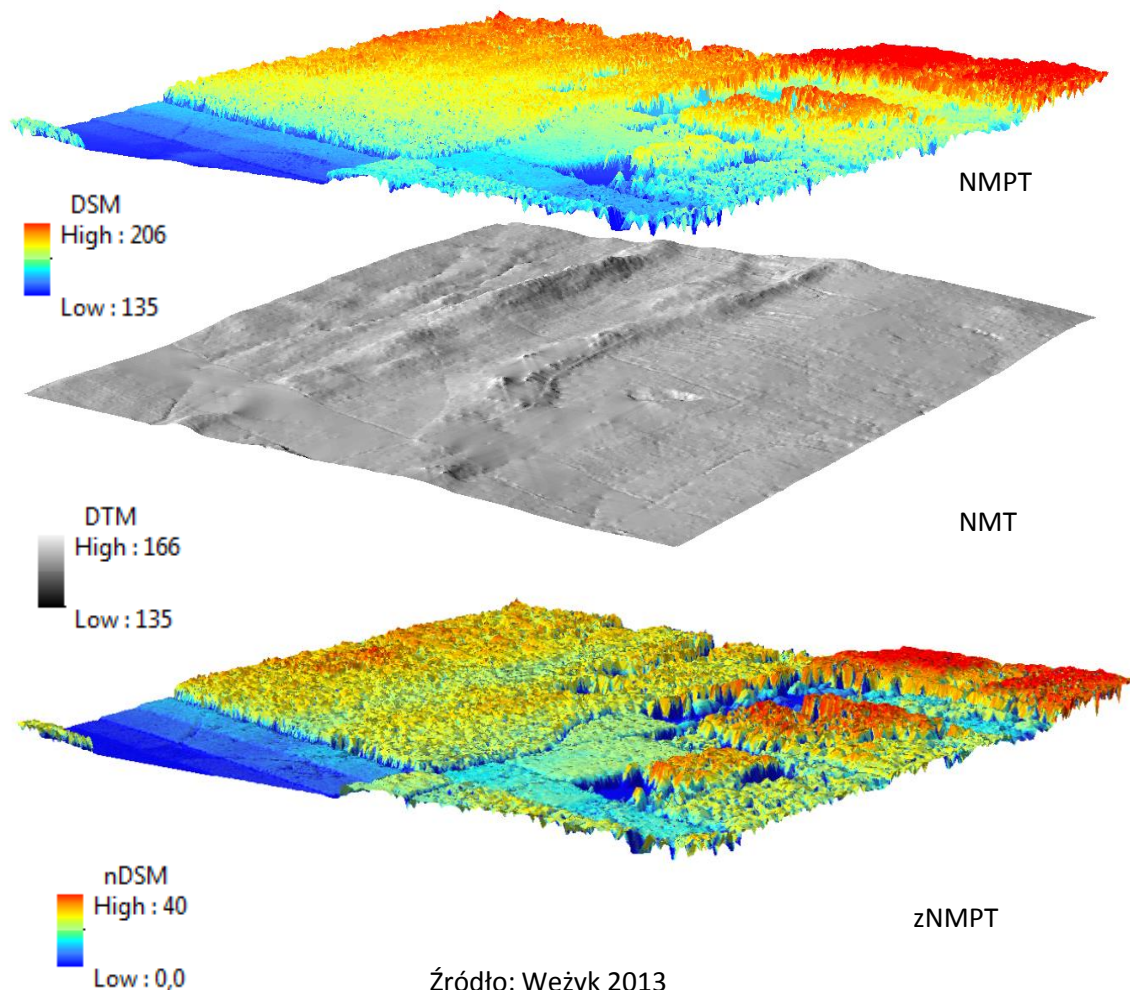
- ASCII TBD;
- ESRI TIN;
- Intergraph TTN;
- ASCII (XYZ);
- Esri GRID (*Arcinfo ASCII GRID*);
- FLT (*Floating point raster file*);
- INGR;
- GeoTIFF.



Źródło: Wężyk 2013

Znormalizowany numeryczny model pokrycia terenu (1)

- zNMPT = *nDSM*, ang. *normalised Digital Surface Model; nDSM*);
- model otrzymuje się jako różnicę pomiędzy modelami: NMPT oraz NMT;
- obrazuje wysokości względne obiektów ponad płaszczyznę reprezentującą powierzchnię terenu.



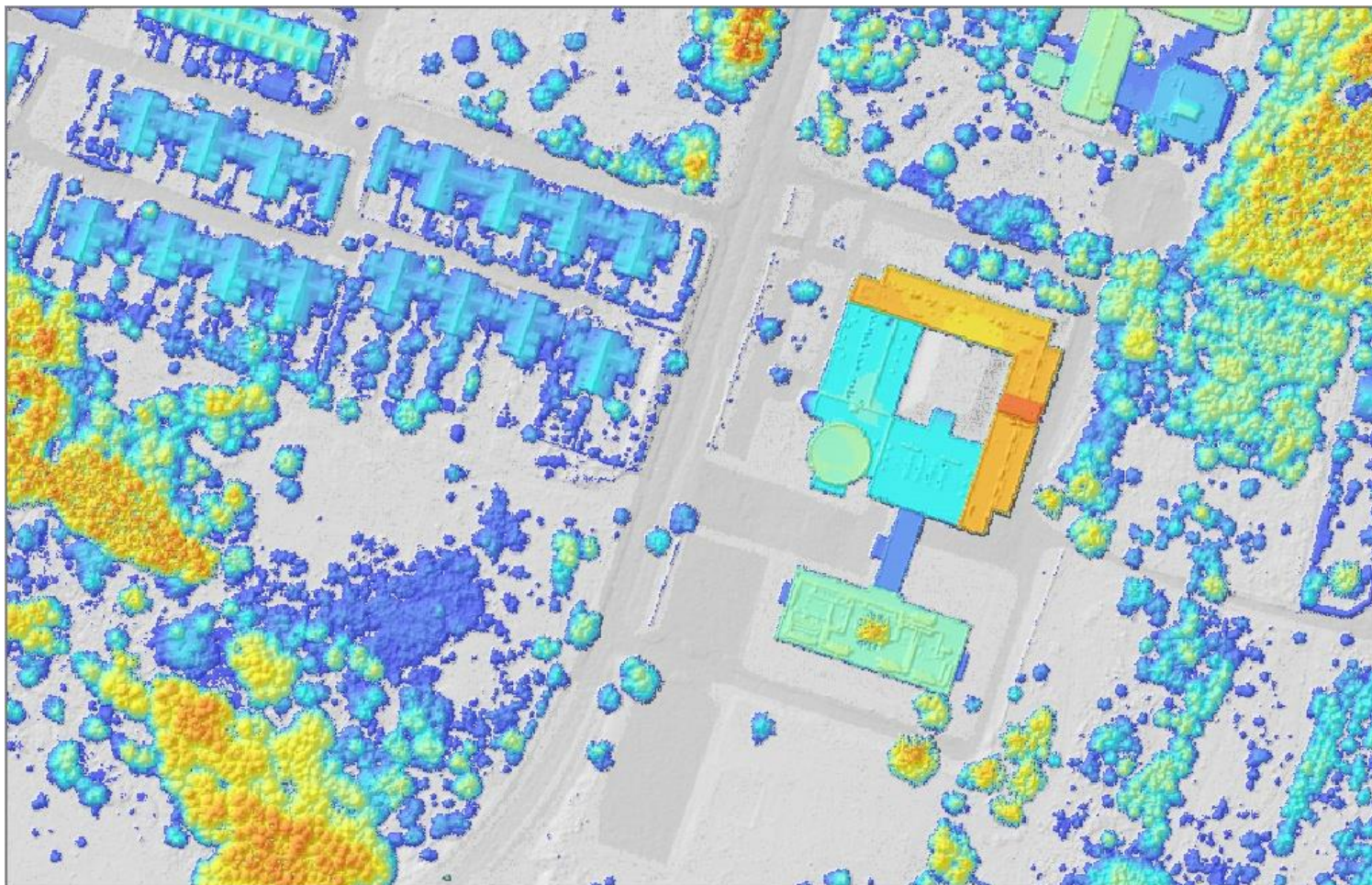
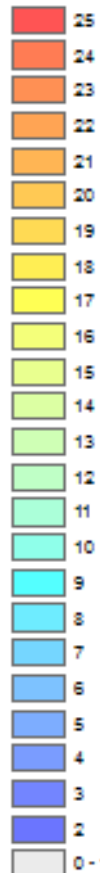
Źródło: Węzyk 2013

Znormalizowany numeryczny model pokrycia terenu (2)

Legenda

ZNMPT.tif

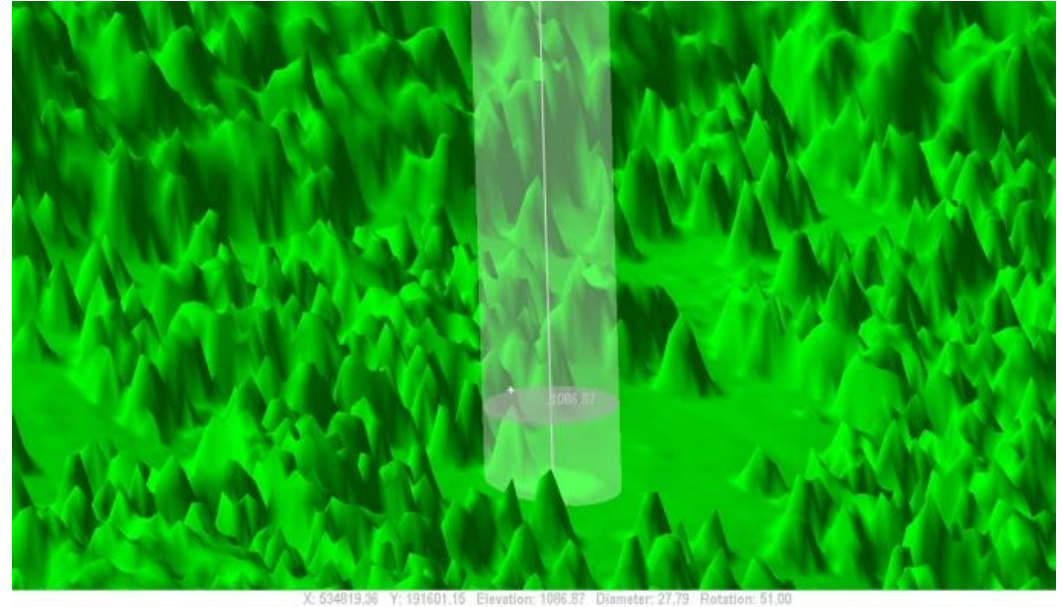
m



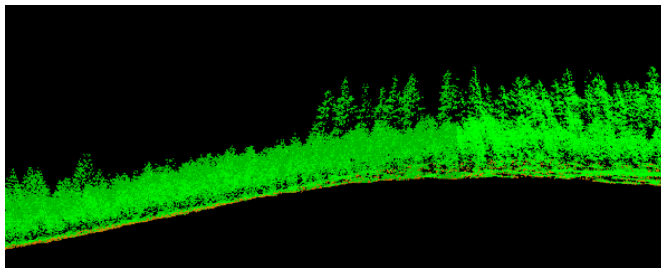
Źródło: Wężyk 2013

Model Koron Drzew (MKD)

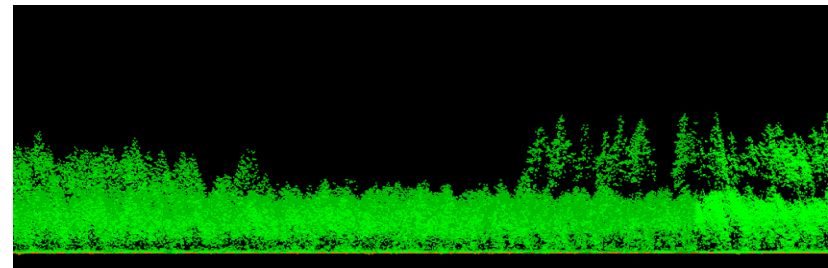
- Numeryczne modele koron drzew MKD (ang. *Canopy Height Model; CHM*);
- generowane w oparciu o klasy punktów leżących na gruncie (2) oraz wysokiej roślinności, które są następnie **normalizowane** względem NMT;
- wykorzystywane są do określania różnych parametrów drzewostanu bądź pojedynczych drzew.



Model koron drzew (MKD)



Chmura punktów ALS

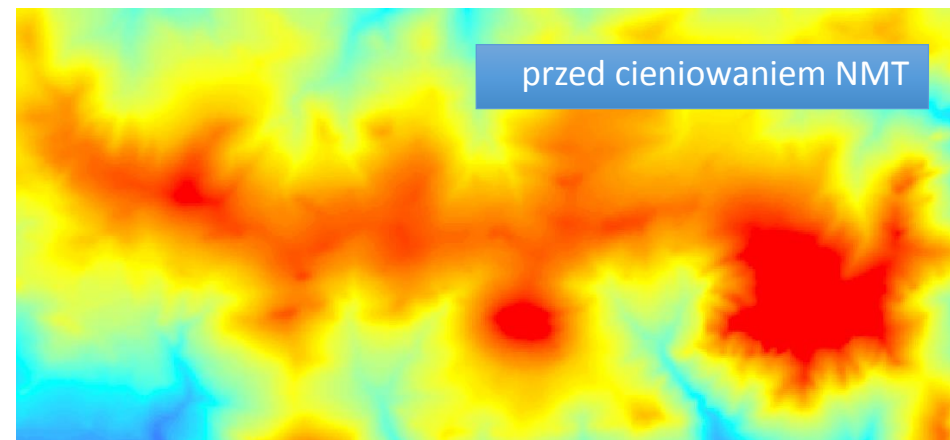


Znormalizowana chmura punktów ALS

Źródło: Wężyk 2013

Cieniowana rzeźba terenu

- cieniowanie rzeźby terenu (ang. hillshade) dodaje efekt cienia do powierzchni 3D poprzez odpowiednią projekcję światła słonecznego na powierzchnię terenu z określonego kierunku (azymutu) i pod określonym kątem pionowym;
- efekt cieniowania pozwala uzyskać bardziej realistyczny obraz i ułatwia zrozumienie znaczenia i wzajemnych stosunków między różnymi zmianami poziomu powierzchni.



Źródło: ProGea Consulting

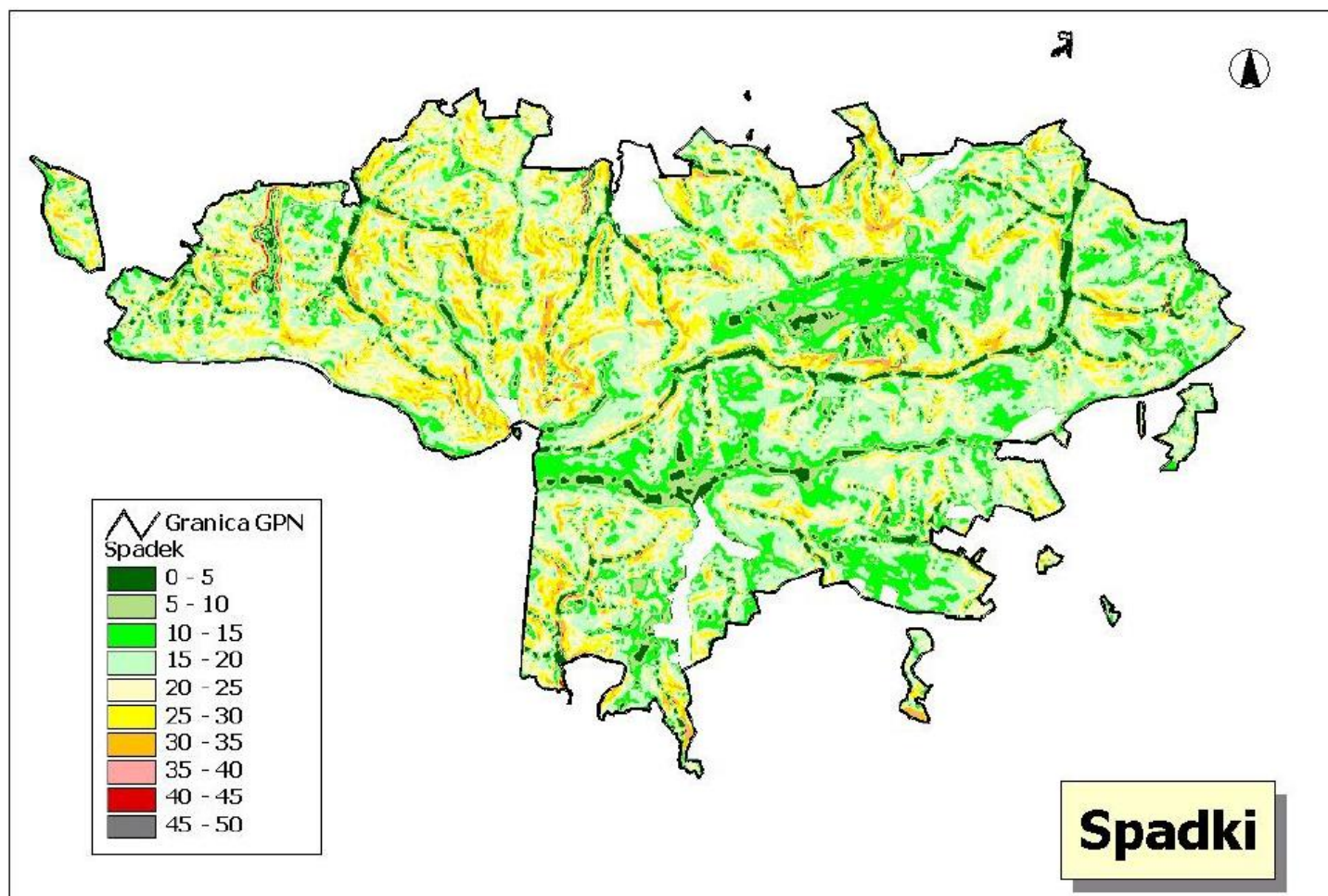
Mapa warstwiczna

- najbardziej tradycyjna forma przedstawienia rzeźby terenu. Linie warstwiczne, o zadanym cięciu warstwicowym, generowane są na podstawie NMT z wykorzystaniem algorytmów interpolacyjnych, najczęściej interpolacji liniowej.



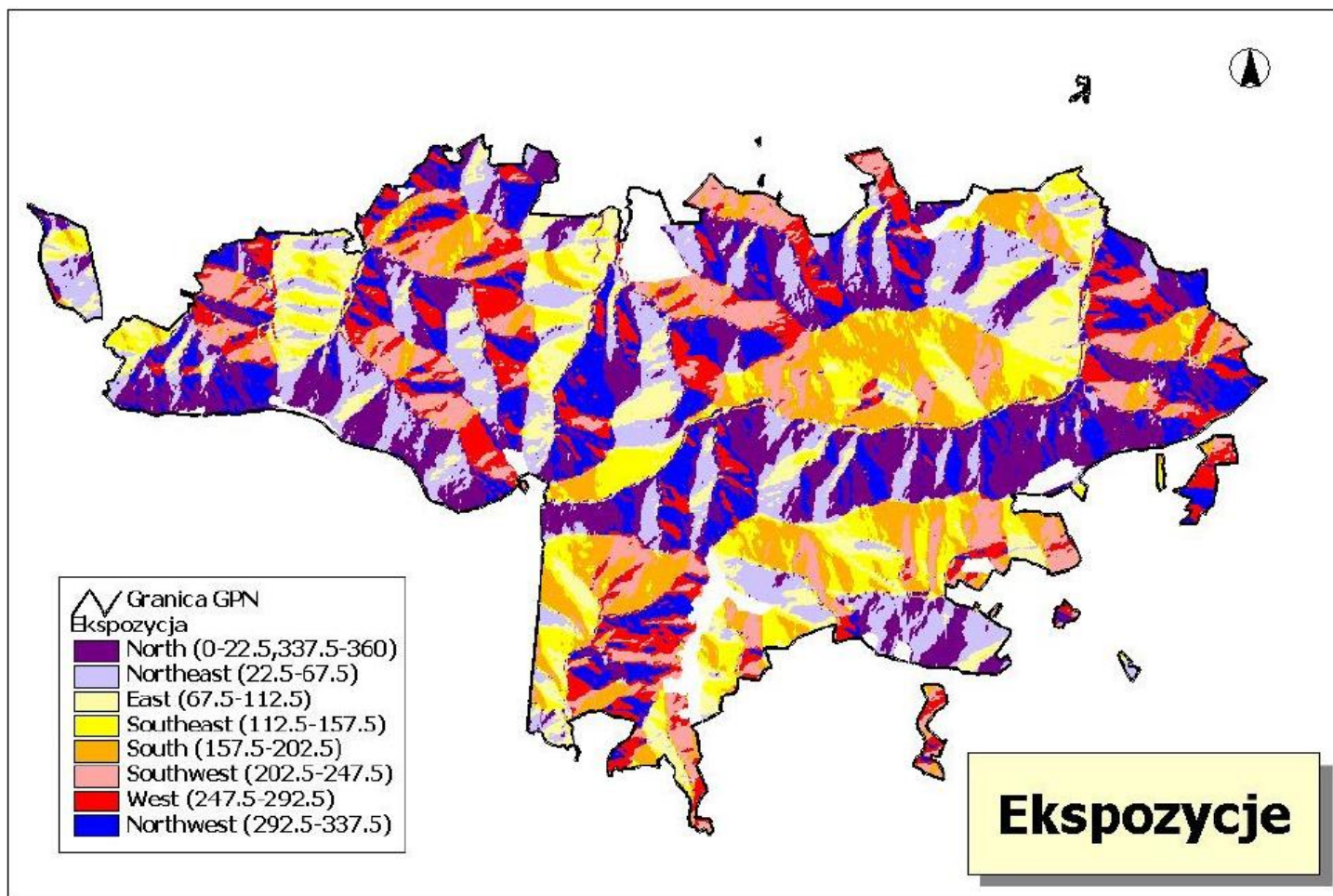
Źródło: ProGea Consulting

Mapa spadków terenu



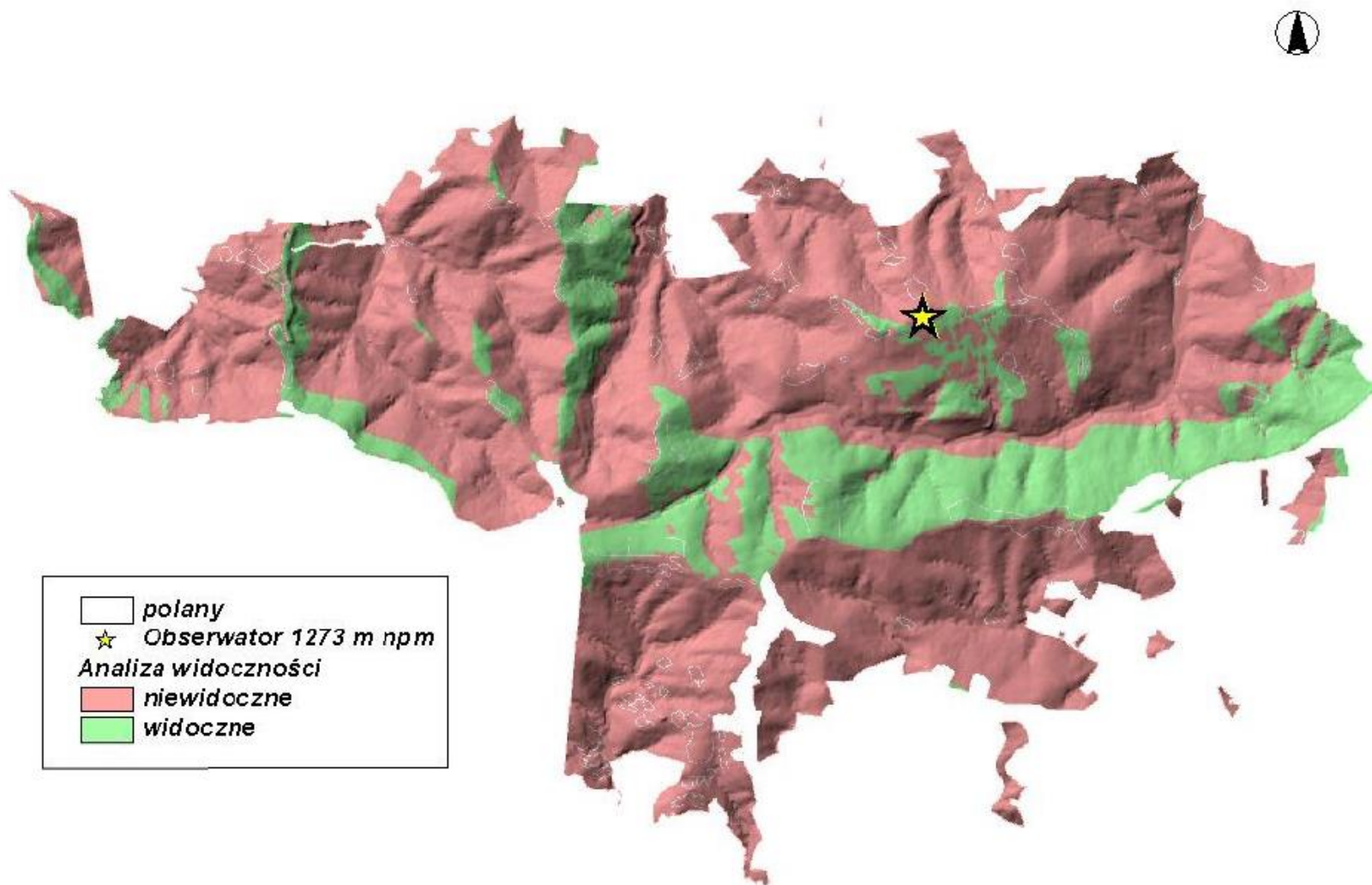
Źródło: Wężyk, 2013

Mapa ekspozycji



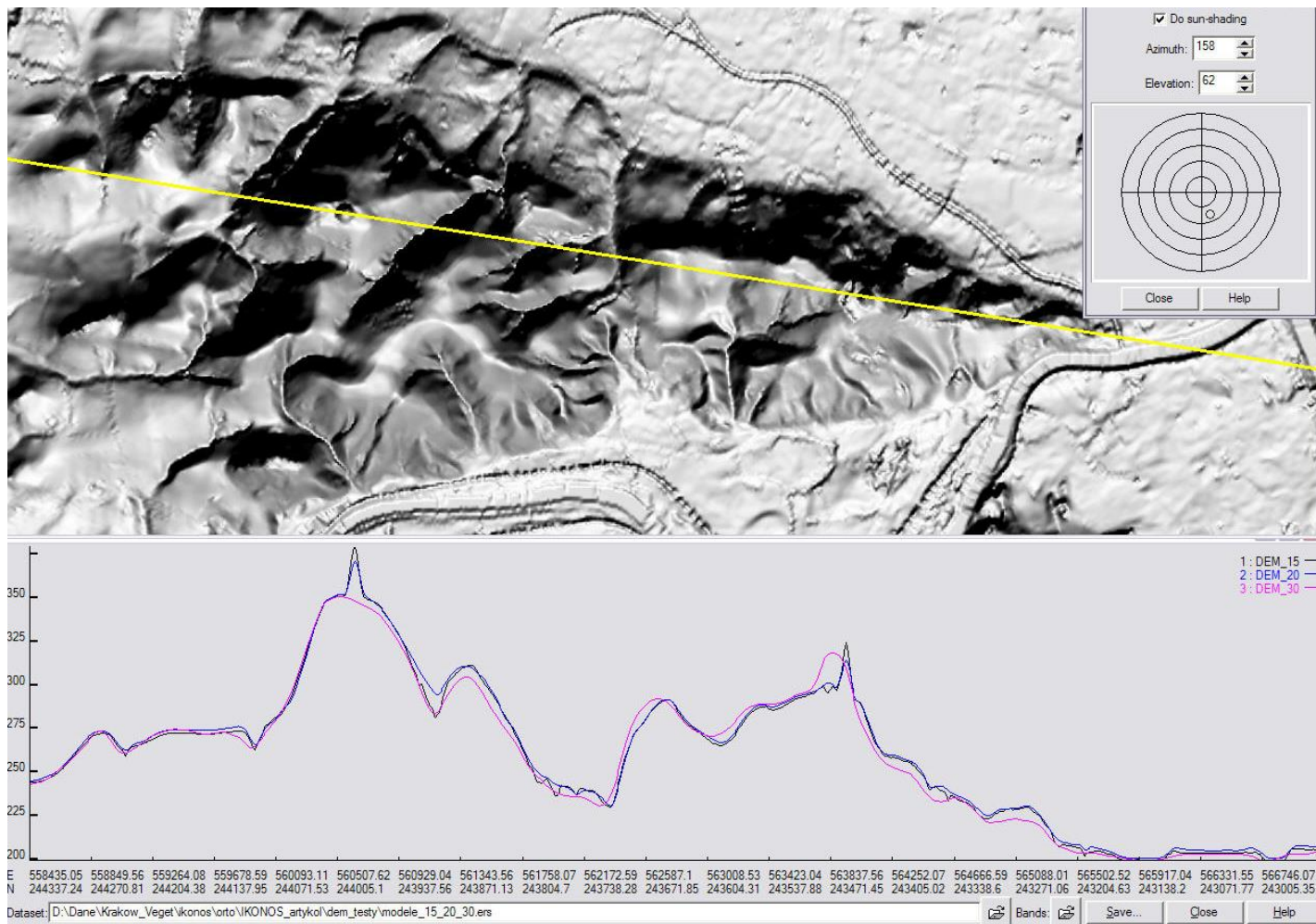
Źródło: Wężyk, 2013

Mapa widoczności



Źródło: Wężyk, 2013

Profile terenowe



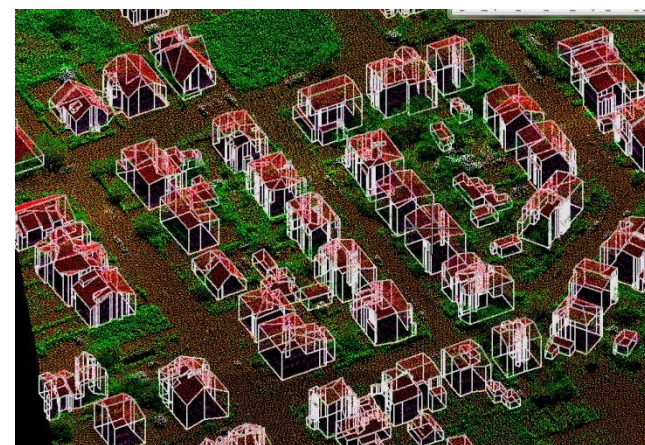
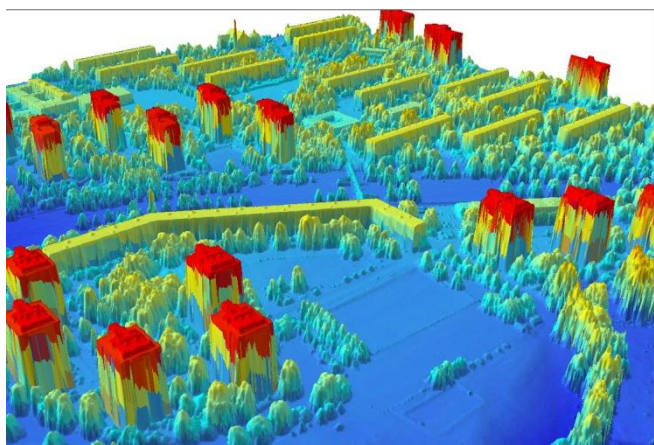
Źródło: Wężyk, 2013

Modele 3D budynków

- modelowanie 3D budynków może być przeprowadzone na różnym poziomie szczegółowości i dokładności;
- poziomy definiuje standard CityGML (www.citygml.org)



Źródło: Borkowski, 2014



Źródło: ProGea Consulting

LITERATURA:

Borkowski A., 2014. Numeryczne Modele Terenu. W: Wężyk P. (Ed.) Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów ISOK. GUGiK. Warszawa 2014

CODGiK, 2014. Numeryczne Dane Wysokościowe (<http://www.codgik.gov.pl/index.php/zasob/numeryczne-dane-wysokosciowe.html>).

Gaździcki J., 2001. Leksykon geomatyczny. Polskie Towarzystwo Informacji Przestrzennej. Warszawa.

Wężyk P., 2013. Wykłady do przedmiotu Geomatyka: Modelowanie przestrzenne środowiska. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie (<http://geo.ur.krakow.pl>).

Wężyk P. (Ed.), 2014. Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LiDAR. Warszawa

Wężyk P., Hawryło P., Szostak M., 2014 . Assessment of forest stand condition in Gorce National Park (South Poland) using an Object Based Image Analysis approach of CIR aerial orthophoto and nDSM derived from stereomatchig. Forest Change. IUFRO. Muenchen

Dziękujemy za uwagę!

Zapraszamy na stronę internetową
www.szkolenialidar.gugik.gov.pl

Projekt "Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami-ISOK", realizowany przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii w konsorcjum z Krajowym Zarządem Gospodarki Wodnej jako liderem, Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej- Państwowym Instytutem Badawczym, Instytutem Łączności- Państwowym Instytutem Badawczym oraz Rządowym Centrum Bezpieczeństwa jest finansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach 7. osi priorytetowej "Społeczeństwo informacyjne- budowa elektronicznej administracji" Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013.