

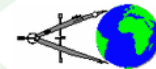


Georastry – standardy de facto

Georeferencja pełna i uproszczona
standard „World File”
standard GeoTIFF

Pseudo-rastry do zapisu NMT/NMPT - grid

LIDAR (ALS) w GIS



georeferencja uproszczona

World File

Jest to zbiór danych umożliwiających transformację współrzędnych pikselowych do jednego układu prostokątnego płaskiego

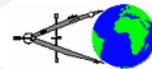
$$(c, r) \rightarrow (x, y)_{P1}$$

georeferencja pełna

GeoTIFF

Jest to zbiór danych umożliwiających transformację współrzędnych pikselowych do dowolnego układu prostokątnego płaskiego

$$(c, r) \rightarrow (x, y)_{P1} \rightarrow (B, L) \rightarrow (x, y)_{P2}$$



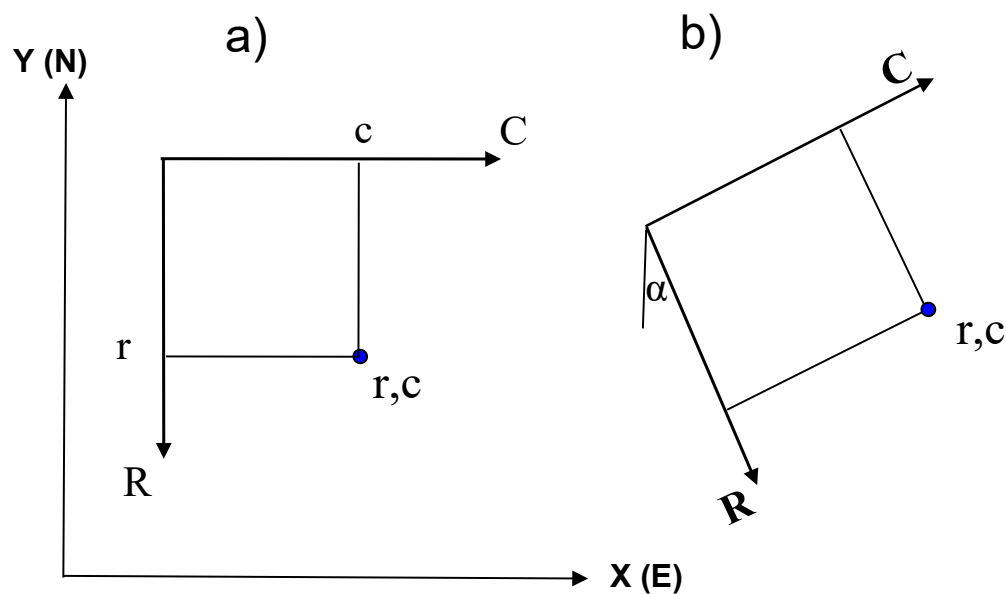
Mapa rastrowa posiada swój układ pikselowy (CR), wynikający z organizacji zapisu w wiersze (r) i kolumny (c);

a) gdy mapa rastrowa była opracowana w układzie (XY) to:

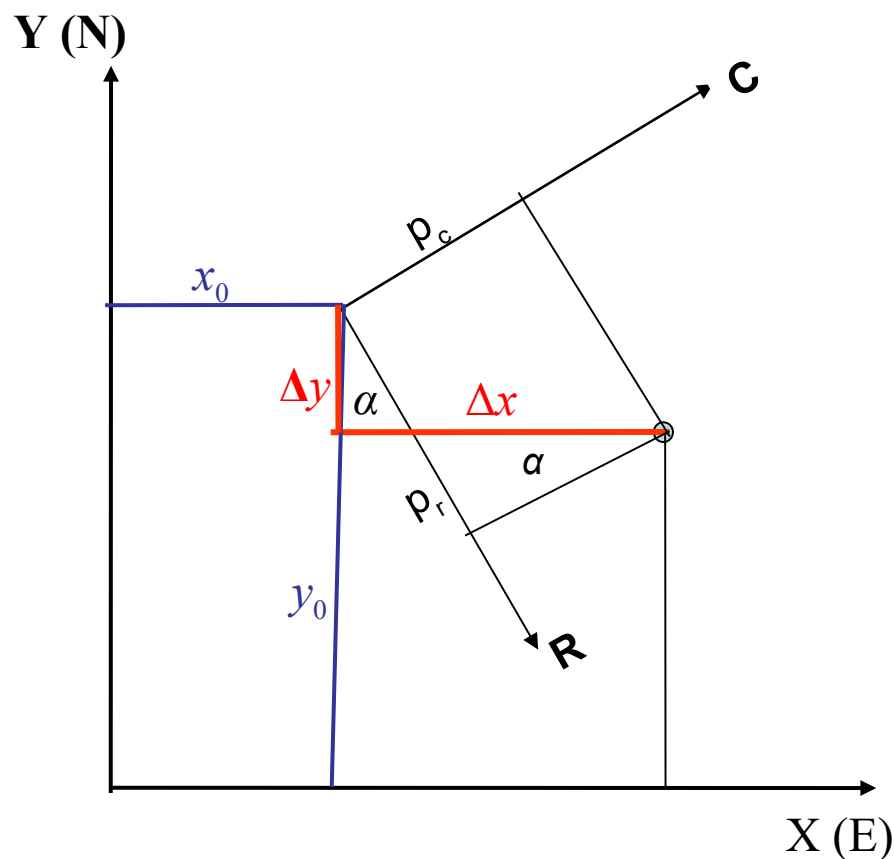
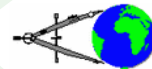
osie układu (CR) są równoległe do osi (XY)

b) gdy użytkujemy mapę z układu $(XY)_{P1}$ w układzie $(XY)_{P2}$ to:

osie układu (CR) **nie** są równoległe do osi (XY)



$$(c, r) \rightarrow (x, y)_{P1}$$



$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & C & E \\ B & D & F \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ r \\ 1 \end{bmatrix}$$

c, r - układ pikselowy

p_c, p_r – rozmiar piksela

$$x = x_0 + \Delta x$$

$$y = y_0 + \Delta y$$

$$\Delta x = c \cdot p_c \cdot \cos \alpha + r \cdot p_r \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta y = c \cdot p_c \cdot \sin \alpha - r \cdot p_r \cdot \cos \alpha$$

$$A = p_c \cdot \cos \alpha \quad C = p_r \cdot \sin \alpha$$

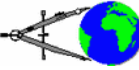
$$B = p_c \cdot \sin \alpha \quad D = -p_r \cdot \cos \alpha$$

$$E = x_0 \quad F = y_0$$

$$x = A \cdot c + C \cdot r + E$$

$$y = B \cdot c + D \cdot r + F$$





jest to plik ASCII, zawiera 6 wierszy, w każdym jedna liczba (współczynnik transformacji):

A
B
C
D
E
F

$$A = p_c \cdot \cos \alpha$$

$$B = p_c \cdot \sin \alpha$$

$$C = p_r \cdot \sin \alpha$$

$$D = -p_r \cdot \cos \alpha$$

$$E = x_0$$

$$F = y_0$$

Jeśli $\alpha = 0$
to

$$A = p_c$$

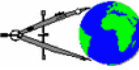
$$B = 0$$

$$C = 0$$

$$D = -p_r$$

$$E = x_0$$

$$F = y_0$$



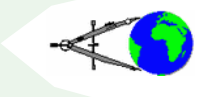
Mapie rastrowej towarzyszy osobny plik zawierający współczynniki transformacji z układu pikselowego do określonego układu współrzędnych prostokątnych płaskich (domyślnie UTM).

Pomysłodawca f-ma ESRI.

Plik World File jest rozpoznawany na podstawie rozszerzenia w nazwie:

xxx.**tfw**, xxx.tiffw
xxx.jgw xxx.jpegw
xxx.pngw

Para plików, np.. xxx.tif + xxx.tfw

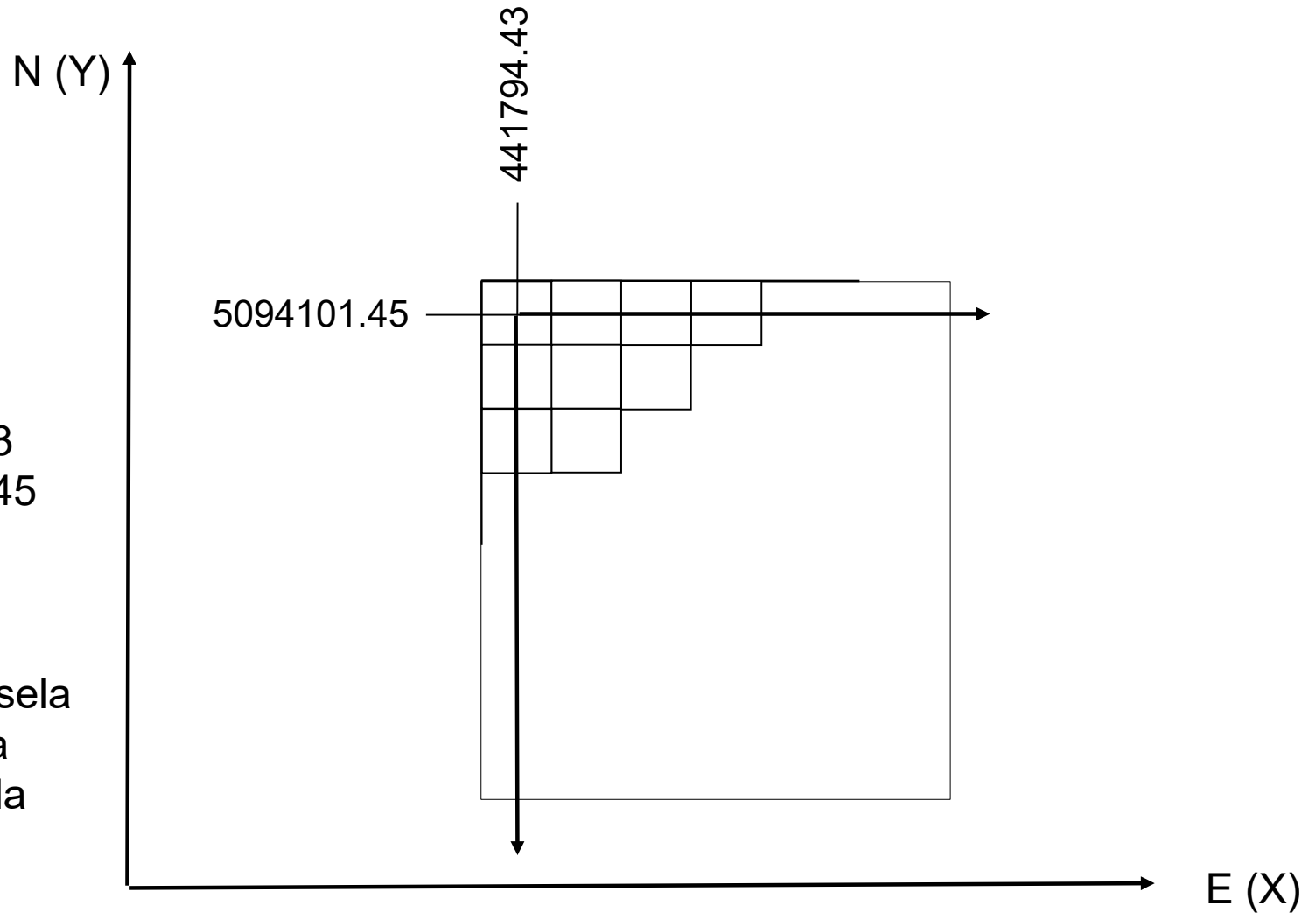


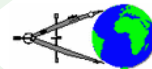
Przykład gdy układy pikselowy i terenowy są równoległe

np.

- A 0.50
- B 0.00
- C 0.00
- D -0.50
- E 441794.43
- F 5094101.45

A,D – rozmiar piksela
E,F – wsp. środka
pierwszego piksela
w układzie XY

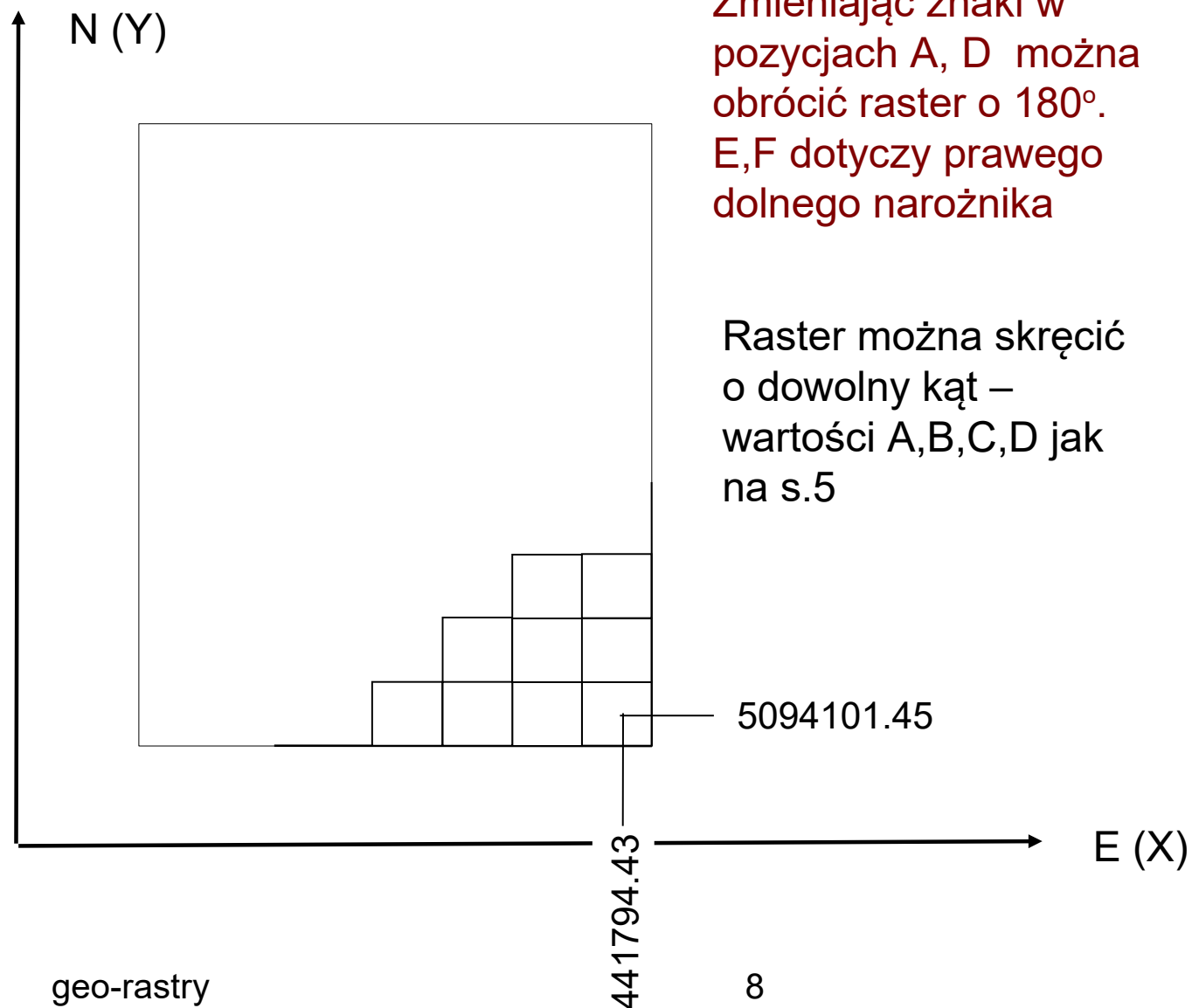


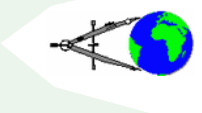


Przykład gdy układy pikselowy i terenowy są równoległe

np.
A -0.50
B 0.00
C 0.00
D 0.50
E 441794.43
F 5094101.45

A,D – rozmiar piksela
E,F – wsp. środka
pierwszego piksela
w układzie XY

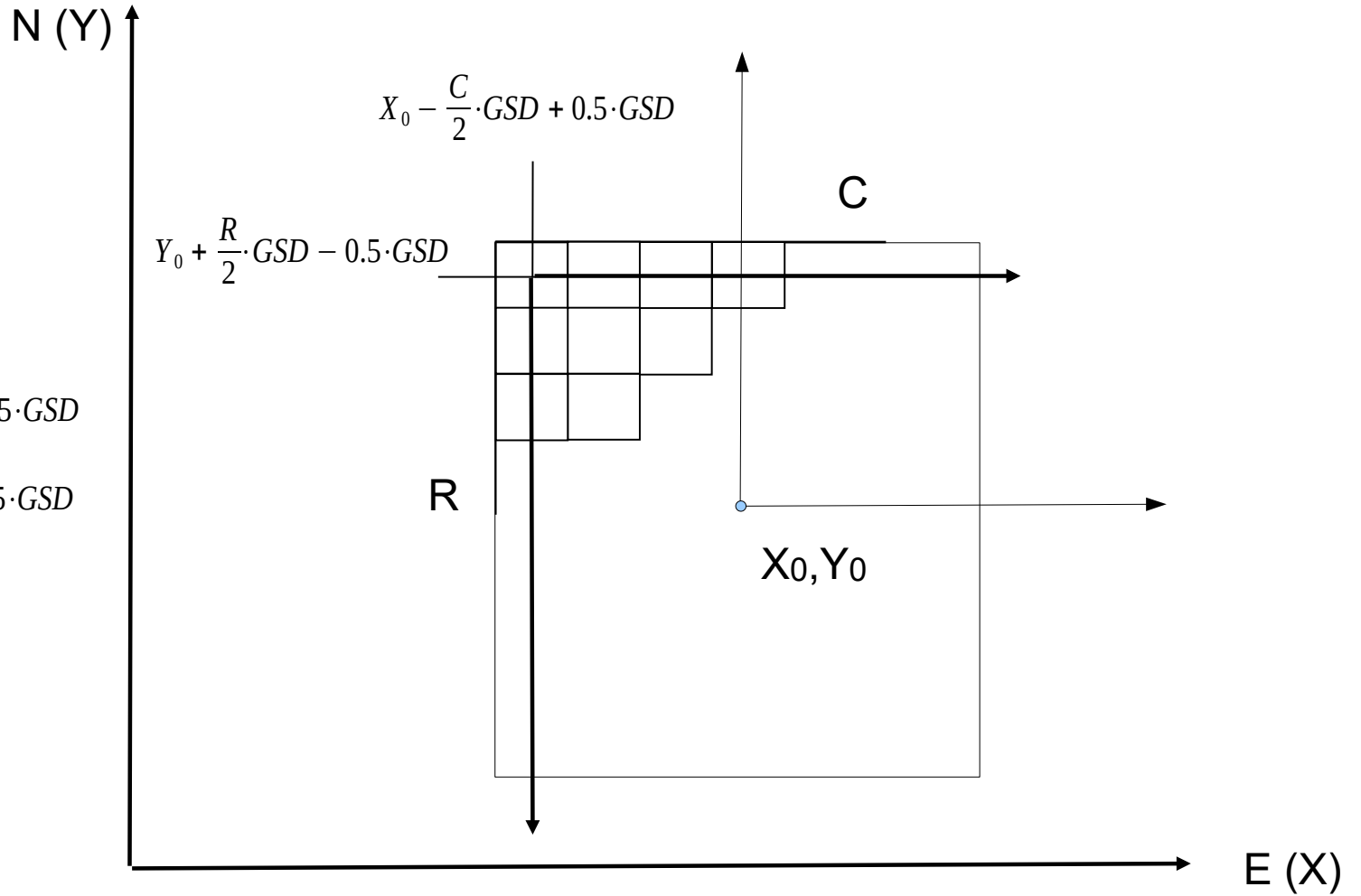




Parametry TFW na podstawie wsp. środków rzutów (znane GSD, rozmiar zdjęć C x R)

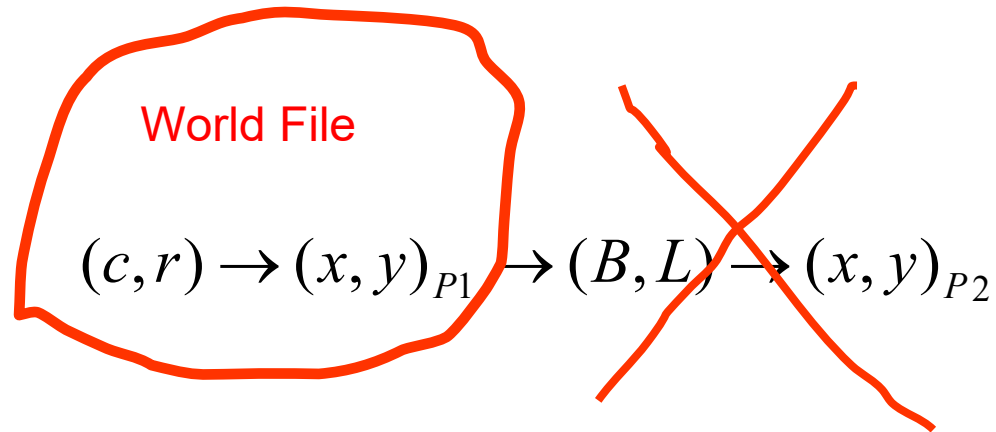
np.

- A GSD
- B 0
- C 0
- D $-GSD$
- E $X_0 - \frac{C}{2} \cdot GSD + 0.5 \cdot GSD$
- F $Y_0 + \frac{R}{2} \cdot GSD - 0.5 \cdot GSD$

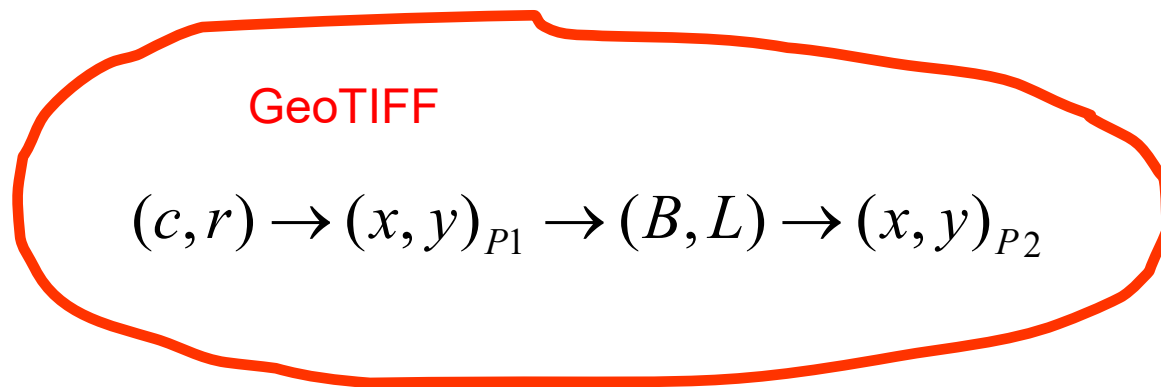




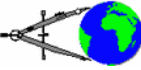
georeferencja uproszczona



georeferencja pełna

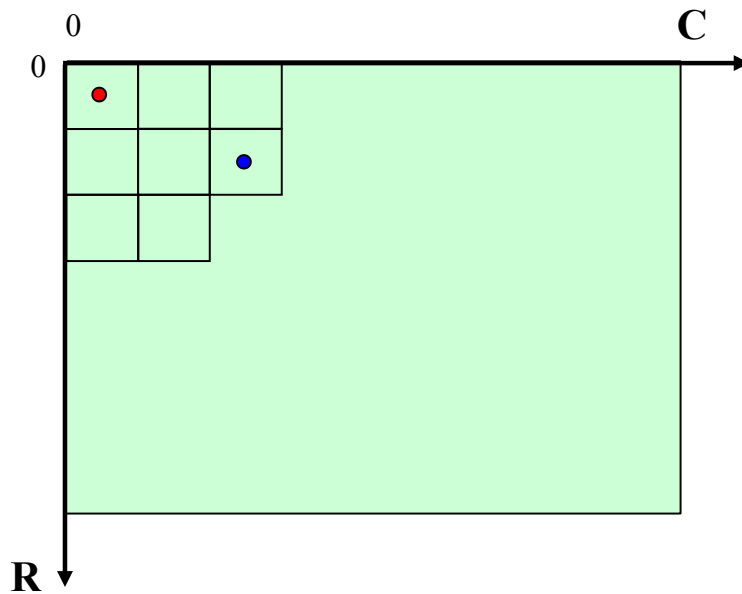


Dwie definicje układu pikselowego



$r=0.5, c=0.5$

$r=1.5, c=2.5$



Pixel Is Area

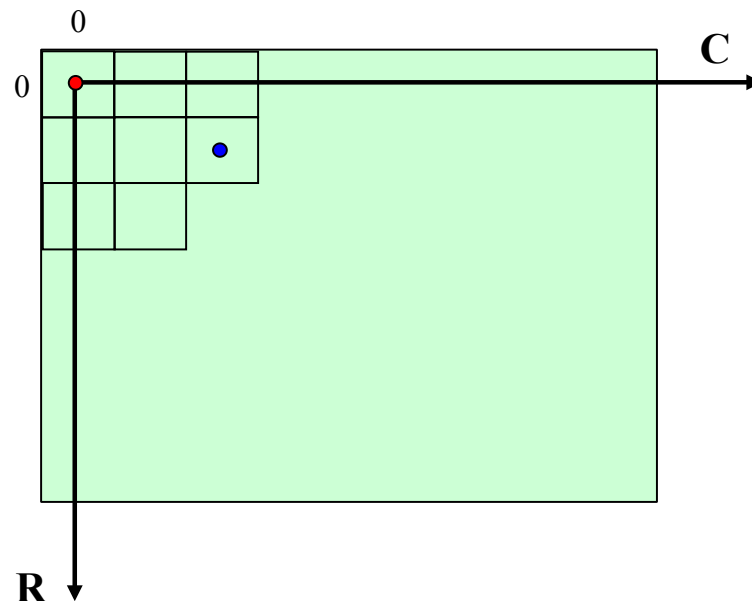
początek układu: zewnętrzny narożnik pierwszego piksela (lewego, górnego)

GeoTIFF dopuszcza oba warianty

World File tylko Pixel Is Point

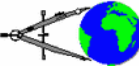
$r=0.0, c=0.0$

$r=1.0, c=2.0$



Pixel Is Point

początek układu: środek pierwszego piksela

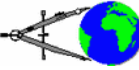


GeoTIFF to format TIFF ale z dodatkowo wpisanymi georeferencjami mapy, pozwalającymi systemowi GIS dokonać transformacji:

$$(c, r) \rightarrow (x, y)_{P_1} \rightarrow (B, L) \rightarrow (x, y)_{P_2}$$

TIFF (Tagged Image File Format)

- format otwarty (opublikowana specyfikacja)
- elastyczna struktura oparta na znacznikach (tag-ach) : określone znaki dzielą strukturę na pola w których są wpisane informacje zarówno o charakterze metadanych jak i sama treść obrazu
- szeroki zakres bitów przenoszących informacje o pikselu: od 1 bit do 32
- kilka metod kompresji
- możliwość zapisu kilku obrazów w jednym pliku

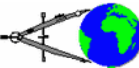


Wyróżnia się trzy grupy znaczników:

- znaczniki standardowe, w których zostają zapisane podstawowe informacje dotyczące pliku, np.: wymiary obrazu, zastosowany rodzaj kodowania, ilość bitów przypadających na jednostkę zapisanych danych;
- znaczniki rozszerzone, inne dane dotyczące pliku
- znaczniki prywatne,

W znacznikach standardowych i rozszerzonych jest szeroka wiedza o rastrze ale brak odniesienia do przestrzeni.

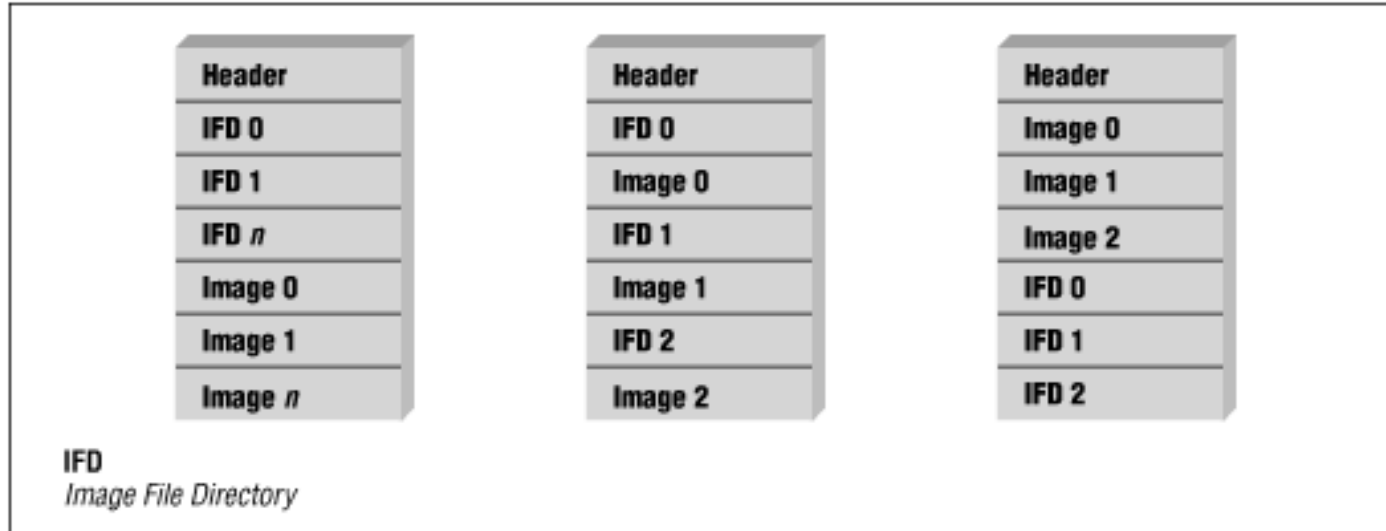
Format GeoTIFF powstał na drodze powszechnego zaakceptowania znaczników prywatnych zaproponowanych przez kilku pomysłodawców;

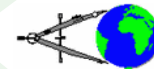


Plik TIFF jest złożony z trzech sekcji:

- nagłówka ogólnego - Image File Header (IFH),
- nagłówka(-ów) szczegółowego - Image File Directory (IFD),
- właściwych danych obrazowych

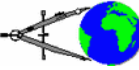
Tylko nagłówek ogólny ma stałą pozycję i rozmiar (8-bajtów),
Krytyczny jest segment IFD w którym opisana jest szczegółowo
organizacja obrazu





Wybrane znaczniki do zapisu georeferencji

Code		Nazwa	Właściciel / użycie w aplikacjach
Dec	Hex		
33550	830E	ModelPixelScaleTag	SoftDesk / powszechne
33918	847E	INGR Packet Data Tag	Intergraph / lokalne.
33919	847F	INGR Flag Registers	Intergraph / lokalne
33920	8480	IrasB Transformation Matrix	Intergraph / tylko IrasB
33922	8482	ModelTiepointTag	Intergraph / powszechne
34264	85D8	ModelTransformationTag	JPL Carto Group / powszechne
34735	87AF	GeoKeyDirectoryTag	SPOT / powszechne
34736	87B0	GeoDoubleParamsTag	SPOT / powszechne
34737	87B1	GeoAsciiParamsTag	SPOT / powszechne
42112	A480	GDAL_METADATA	GDAL library ...
42113	A481	GDAL_NODATA	GDAL library



34735 - GeoKeyDirectory Tag

ModelTypeGeoKey

1 =ModelTypeProjected
2 =ModelTypeGeographic
3 =ModelTypeGeocentric

RasterTypeGeoKey

1 =RasterPixelIsArea
2 =RasterPixelIsPoint

ProjCoordTransGeoKey

1 = TransverseMercator
7 = Mercator
14 = Stereographic

.....

32767 = user-defined

ProjectedCSTypeGeoKey

.....

32633 =WGS84_UTM_zone_33N

32634 =WGS84_UTM_zone_34N

32635 =WGS84_UTM_zone_35N

.....

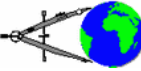
32767 = user-defined

GeographicTypeGeoKey

4019 =GRS1980

4024 =Krassowsky1940

4030 =WGS84



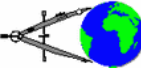
Creation Options (wybrane, pełna lista http://www.gdal.org/frmt_gtiff.html)

INTERLEAVE=[BAND,PIXEL]: By default TIFF files with pixel interleaving are created. These are slightly less efficient than BAND interleaving for some purposes, but some applications only support pixel interleaved TIFF files.

TILED=YES: By default stripped TIFF files are created. This option can be used to force creation of tiled TIFF files.

BLOCKXSIZE=n BLOCKYSIZE=n Sets tile width, defaults to 256.

NBITS=n: Create a file with less than 8 bits per sample by passing a value from 1 to 7. The apparent pixel type should be **Byte**. From GDAL 1.6.0, values of n=9...15 (UInt16, Int16) and n=17...31 (UInt32 type, UInt32, Int32, Float32, Float64) are also accepted.



Creation Options (wybrane, pełna lista http://www.gdal.org/frmt_gtiff.html)

COMPRESS=[JPEG/LZW/PACKBITS/DEFLATE/CCITTRLE/CCITTFAX3/CCITTFAX4/NONE]:

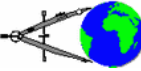
JPEG should generally only be used with Byte data (8 bit per channel). But starting with GDAL 1.7.0 and provided that GDAL is built with internal libtiff and libjpeg, it is possible to read and write TIFF files with 12bit JPEG compressed TIFF files (seen as UInt16 bands with NBITS=12).

The CCITT compression should only be used with 1bit (NBITS=1) data.

None is the default

JPEG_QUALITY=[1-100]: Set the JPEG quality when using JPEG compression. A value of 100 is best quality (least compression), and 1 is worst quality (best compression). The default is 75.

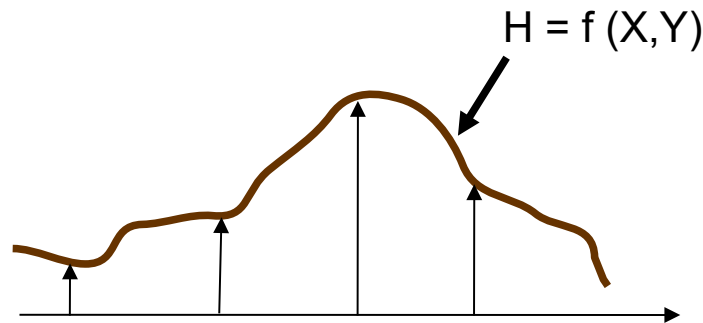
<http://trac.osgeo.org/gdal/wiki/SoftwareUsingGdal>



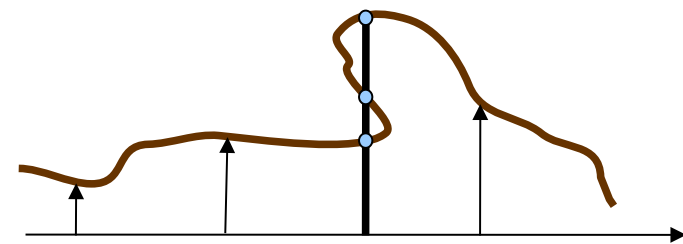
Numeryczny Model Terenu jest **numeryczną reprezentacją powierzchni terenu** **umożliwiającą określenie wysokości H** dowolnego punktu XY (w określonym obszarze), **odtworzenie kształtu** powierzchni terenu a także **określenie wielkości pochodnych do kształtu**

NMT jest to zorganizowany zbiór punktów powierzchni $\{X_i, Y_i, H_i\}$ oraz algorytm służący do interpolacji/aproksymacji jej kształtu w „dowolnym” miejscu.

$NMT \leftrightarrow \{X_i, Y_i, H_i\} + \text{algorytm interpolacji zwracający wysokość dla dowolnego } X, Y$

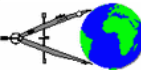


Klasyczny NMT ma ograniczenia – jeden punkt X, Y – jedna wysokość,
Nazywany jest NMT 2,5D



NMT 3D jest jeszcze b. rzadko stosowany

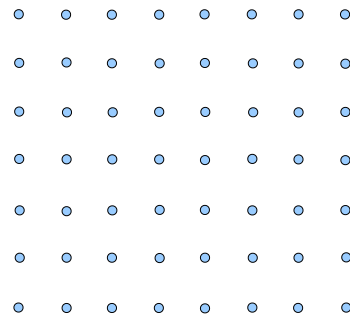
Opracowanie NMT / DTM z danych punktowych



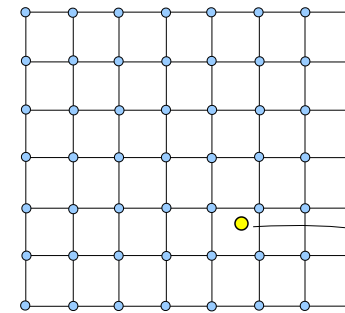
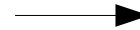
- Dane pomiarowe są zbiorem punktów rozproszonych a NMT jest strukturą przestrzenną (GRID lub TIN)
- W NMT jest ustalone jak będzie interpolowana wysokość dla dowolnego punktu X,Y, a w danych – nie.

Aby z danych powstał NMT trzeba wprowadzić reguły sąsiedztwa pomiędzy danymi pomiarowymi, czyli zorganizować ich strukturę przestrzenną i ustalić metodę interpolacji.

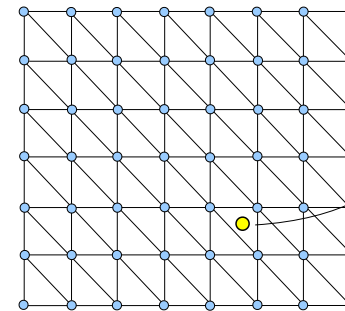
Nawet jeśli dane pomiarowe mają strukturę regularnej siatki, nie stanowią NMT



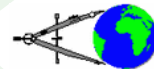
NMT GRID



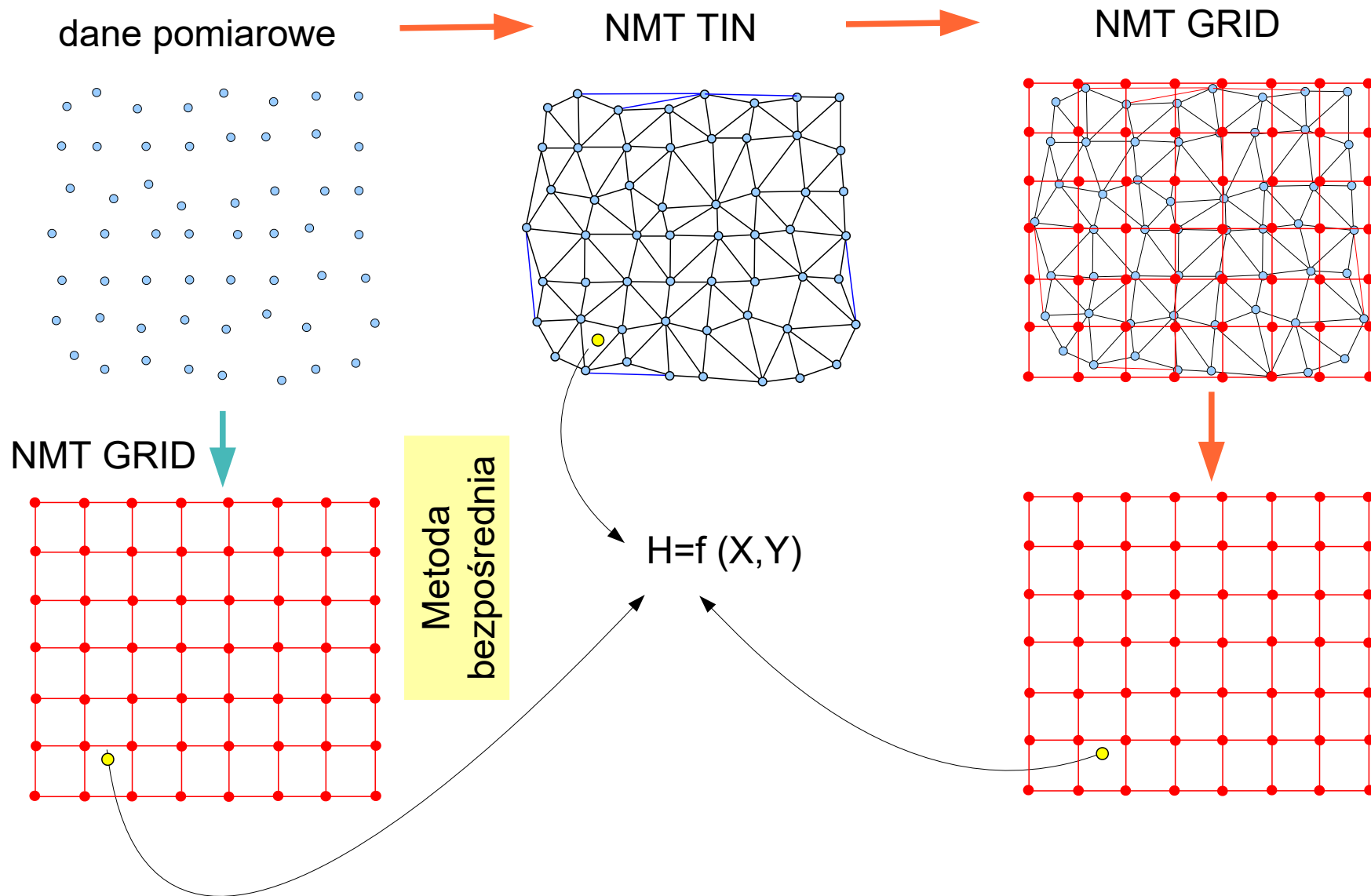
NMT TIN

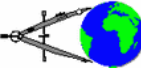


$H=f(X,Y)$



Metoda pośrednia przez TIN





Strategie generowania GRID

- A. Bezpośrednio ze zbioru danych
- B. Pośrednio poprzez model TIN

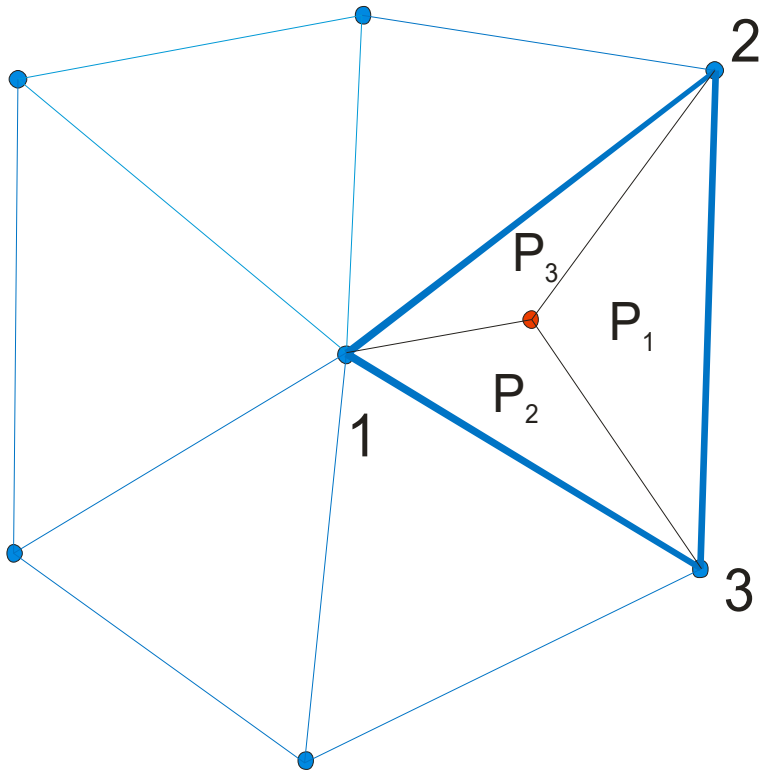
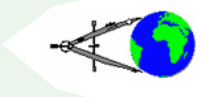
Metody interpolacji

A

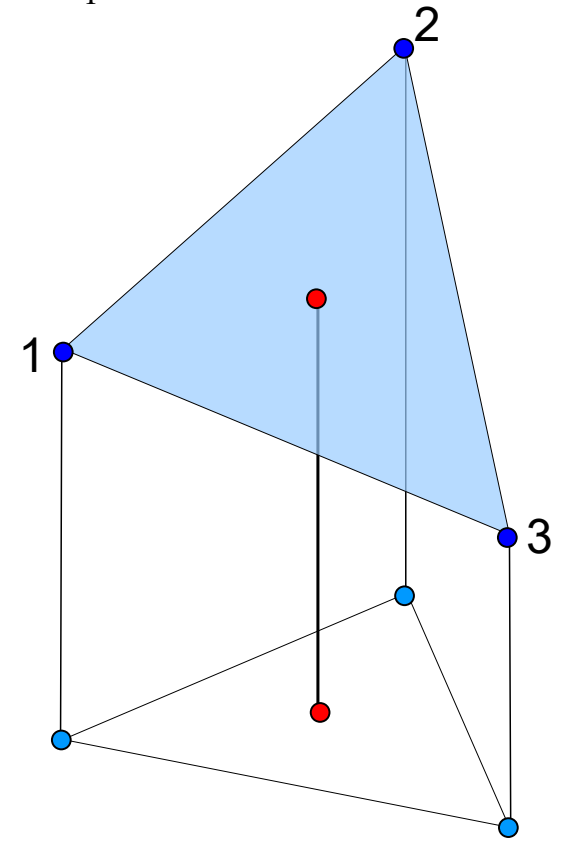
- Najbliższego sąsiada
- Średnia ważona (odległością)
- Interpolacja wielomianami
- Interpolacja splajnami
- Metoda elementów skończonych
- Geostatyczna/kriging

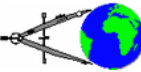
B

- Planarna
- Naturalne sąsiedztwo



$$h(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^3 w_i h_i}{\sum_{i=1}^3 w_i}$$





Dane pomiarowe b. dużej gęstości(chmura punktów) pozwalają na opracowanie grida typu NMPT / DSM

- metody interpolacji stosowane dla DTM nie sprawdzają się w przypadku DSM
- interpolacja powoduje niekorzystny efekt w postaci artefaktów krawędzi budynków

Do opracowania DSM z chmury wykorzystuje się metodę **binning**.

Binning polega na wyborze określonej wartości w komórce grid-a, jest stosowany dla równych danych, opracowanie DSM to przypadek szczególny.

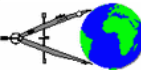
Opracowanie DSM z chmury:

- analiza wszystkich punktów jakie występują komórce grida-a
- wybór maksymalnej wysokości i przypisanie jej danej komórce

Zamiast przypisywania max Z czasami liczy się średnią z wysokości najwyższych.

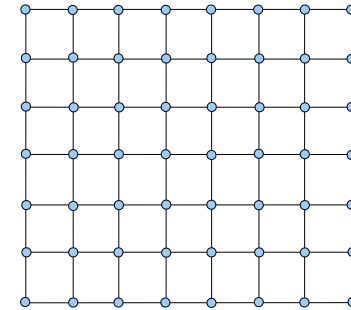
Towarzyszy temu analiza rozkładu wartości w komórce (np. std_dev).

Gdy w komórce nie ma punktów – komórka jest pusta - No data



Dwie grupy

- specjalizowane dla grid-ów (bin lub ascii) – ArcInfo, Surfer
- rozszerzenie GeoTiff: GeoTiffDEM (bin)

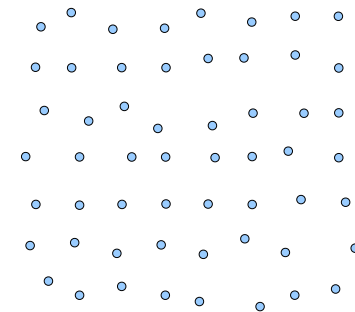


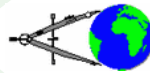
Uwaga: tzw format XYZ (ascii lub bin) czyli lista rekordów,
każdy o tej samej strukturze

X Y Z lub NR X Y Z

Jest przeznaczony do zapisu punktów rozproszonych,
a nie struktury grid.

Zapis punktów regularnie ułożonych w siatce w formacie XYZ
jest nieefektywny.





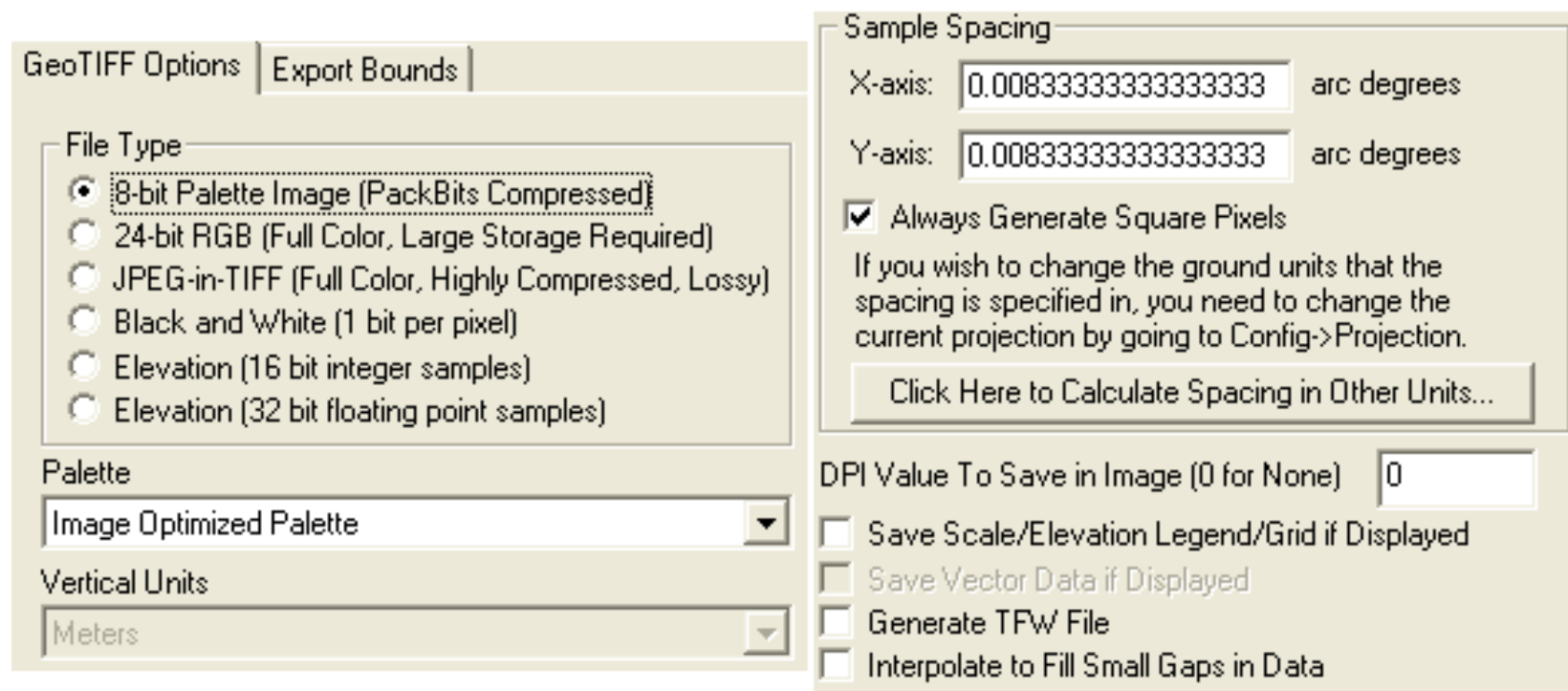
GeoTiff DEM – najczęściej zapis NMT następuje w trybie 16. bitowym, co powoduje, że informacja wysokościowa dotycząca węzła siatki ma zakres liczbowy z przedziału:

$[0, 2^{16} - 1]$ lub $[2^{15}, 2^{16} - 1]$ czyli $[0, 65\ 535]$ lub $[-32\ 768, 32\ 767]$,

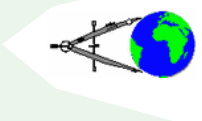
to wystarcza na zapis wysokości terenu całej kuli ziemskiej z precyzją do 1 m

lub np. zakres 0-655,36 z precyzją do cm

Tryb 32 bitowy nie ma praktycznie żadnych ograniczeń



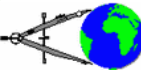
Format zapisu NMT ASCII Grid



Arc/Info ASCII Grid AAIGrid *.asc (*.grd)

Jeden plik, wartości: Byte, UInt16, Int16, Int32, Float32

ncols	Liczba kolumn grid-a
nrows	Liczba wierszy grid-a
xllcorner	wsp. x lewego dolnego narożnika
yllcorner	wsp. y lewego dolnego narożnika
cellsize	Rozmiar grid-a (kwadrat)
NODATA_value	Wartość w węzłach o nieokreślonej wysokości
H1,1 H1,2 H1,3 ... H1,ncols	kolejne wysokości w wierszu 1 (północny -porządek macierzowy)
H2,1 H2,2 H2,3 ... H2,ncols	w wierszu 2
.	
Hnrows,1 Hnrows,2 Hnrows,3 ... Hnrows,ncols	w wierszu ostatnim (południowy)

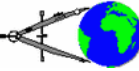


Jeden plik, wartości: Byte, UInt16, Int16, Int32, Float32, Float64

DSAA	zawsze - stały identyfikator
ncols nrows	liczba kolumn grid-a liczba wierszy grid-a
xmin xmax	min i max wsp. x
ymin ymax	min i max wsp. y
hmin hmax	min i max wsp. h (gdy nieznane: 0 1)
$h_{11} h_{12} h_{13} \dots h_{1ncols}$	kolejne wysokości w wierszu 1 (południowy)
$h_{21} h_{22} h_{23} \dots h_{2ncols}$	w wierszu 2
.	
$h_{nrows1} h_{nrows2} h_{nrows3} \dots h_{nrowsncols}$	w wierszu ostatnim (północ)
NODATA	zawsze: 1.70141e38

$$xmax = xmin + (ncols - 1) * cellsize$$

$$ymax = ymin + (nrows - 1) * cellsize$$



LiDAR – technika (akronim utworzony od wyrażenia ang. *Light Detection And Ranging*, utożsamiany ze skanowaniem laserowym)

Lotnicze skanowanie laserowe, ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*),

dane LiDAR

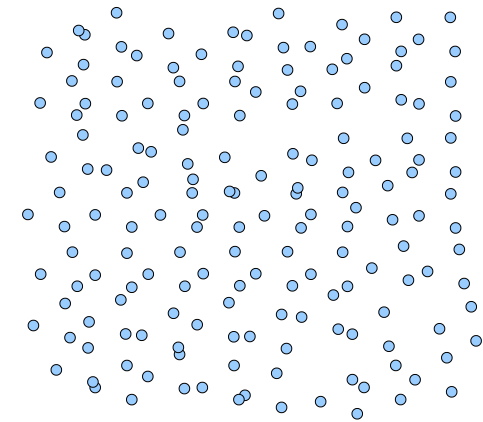
dane wysokościowe pozyskane w technologii lotniczego skanowania laserowego.

synonimy: dane ALS, dane pomiarowe ALS, chmura punktów LiDAR, chmura punktów ALS

Chmura punktów ALS – zbiór punktów rozproszonych X,Y,Z o bardzo dużej gęstości np. 10/m²



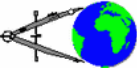
[???





Klasyfikacja chmury wg standardu ASPRS

- 1 – punkty przetwarzane, ale niesklasyfikowane – są to punkty, które należą m. in. do środków transportu (np. samochody, pociągi), obiektów nietrwałych (np. stosy siana),
- 2 – grunt,
- 3 – niska roślinność (0-0,4m),
- 4 – średnia roślinność (0,4m-2m),
- 5 – wysoka roślinność (powyżej 2m),
- 6 – budynki, budowle oraz obiekty inżynierskie,
- 7 – *Low Points* – punkty błędne (np. piki wysokościowe),
- 8 – *Model Key-Points*,
- 9 – Wody.

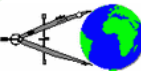


Formaty zapisu chmury punktów (ALS)

- * LAS – standard ASPRS, wersja 1.4(2011, rev. 2019)
- * ASCII
- * LAZ - najmocniejsza kompresja
- * zLAS (Esri)
- * MG4 (LizardTech)
- * Oracle

The LAS file format is a public file format for the interchange of 3-dimensional point cloud data data between data users. Although developed primarily for exchange of lidar point cloud data, this format supports the exchange of any 3-dimensional x,y,z tuple.

<https://www.asprs.org/divisions-committees/lidar-division/laser-las-file-format-exchange-activities>



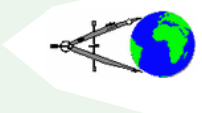
Format binarny

Rekord związany z każdym punktem, poza X,Y,Z zawiera potencjalnie kilkanaście dodatkowych dla każdego punktu informacji

Format kompresujący dane LAS to LAZ

- Narzędzia GIS „widzą” format LAS/LAZ (bezpośrednio lub przy pomocy wtyczek)
- Dane można przekonwertować na SHP punktowy, ale jest to nieefektywne)
- Dla analiz GIS najczęściej interpoluje się NMT/NMPT o strukturze grid

<input checked="" type="checkbox"/>	(x)
<input checked="" type="checkbox"/>	(y)
<input checked="" type="checkbox"/>	(z)
<input type="checkbox"/>	(i)ntensity
<input type="checkbox"/>	(r)eturn number
<input type="checkbox"/>	(n)umber of returns
<input type="checkbox"/>	scan (d)irection
<input type="checkbox"/>	(e)dge of flight line
<input type="checkbox"/>	(c)lassification
<input type="checkbox"/>	scan (a)ngle
<input type="checkbox"/>	(u)ser data
<input type="checkbox"/>	(p)oint source ID
<input type="checkbox"/>	GPS (t)ime
<input type="checkbox"/>	(R)GB color
<input type="checkbox"/>	(W)ave packet
<input type="checkbox"/>	wa(V)e form



reporting all LAS header entries:

```
file signature:      'LASF'  
file source ID:     0  
global_encoding:    1  
project ID GUID data 1-4: 0 0 0 "  
version major.minor: 1.2  
system identifier:  "  
generating software: 'TerraScan'  
file creation day/year: 0/0  
header size:        227  
offset to point data: 229  
number var. length records: 0  
point data format:  3  
point data record length: 34  
number of point records: 6097243  
number of points by return:  
5245665 728284 111210 11295 751  
scale factor x y z: 0.01 0.01 0.01  
offset x y z:       0 0 0  
min x y z:          565388.96 244894.46 202.60  
max x y z:          565954.91 245480.05 247.42
```

```
intensity 7 65535  
number_of_returns_of_given_pulse 1 7  
return_number 1 7  
classification 0 7  
scan_angle_rank -25 25  
user_data 0 0  
  
gps_time 25677913.177556 25867644.986663  
Color R 6144 65280  
G 8192 65280  
B 8704 65280  
histogram of classification of points:  
102698 Created, never classified (0)  
2139939 Ground (2)  
120732 Low Vegetation (3)  
201833 Medium Vegetation (4)  
1601306 High Vegetation (5)  
1930340 Building (6)  
395 Low Point (noise) (7)
```