



## Georastry – standardy de facto

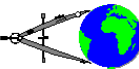
---

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

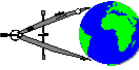
$$(c, r) \rightarrow (x, y)_{P1}$$

georeferencja pełna

*GeoTIFF*

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

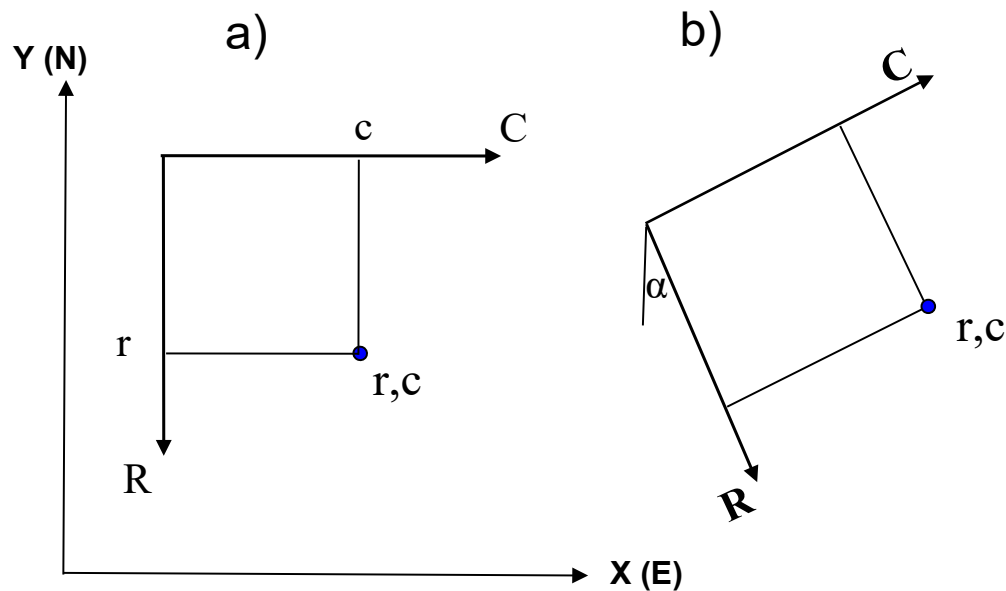
$$(c, r) \rightarrow (x, y)_{P1} \rightarrow (B, L) \rightarrow (x, y)_{P2}$$



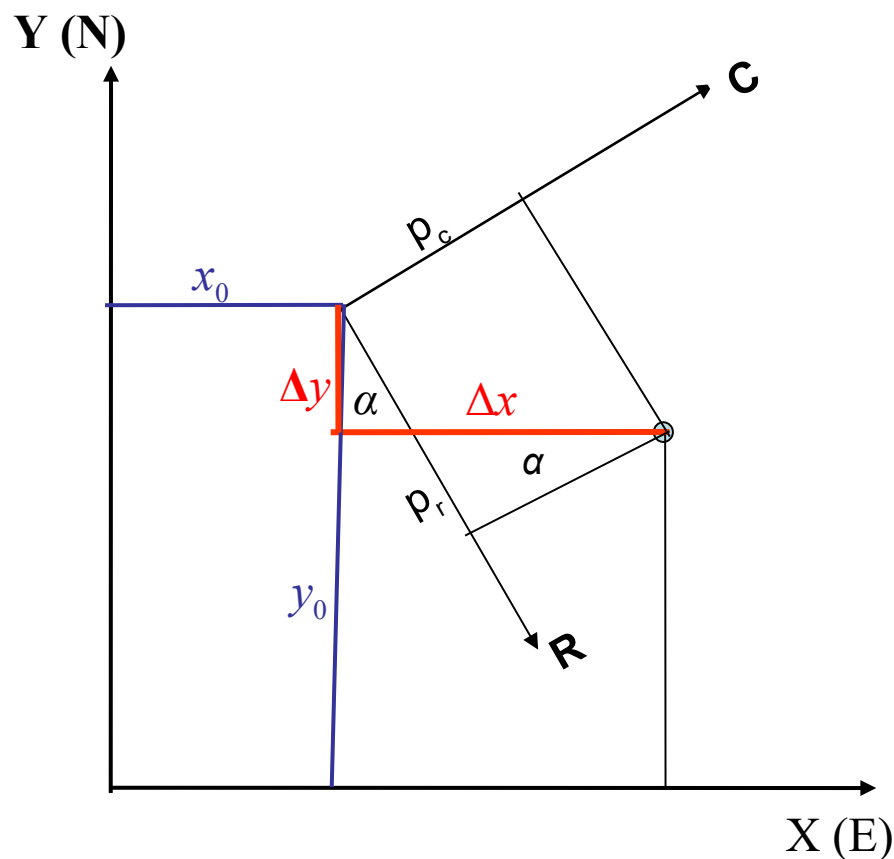
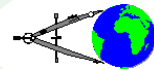
Mapa rastrowa posiada swój układ pikselowy (CR), wynikający z organizacji zapisu w wiersze (r) i kolumny (c);

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

$$x = x_0 + \Delta x$$

$$y = y_0 + \Delta y$$

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

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

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

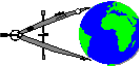
$$B = p_c \cdot \sin \alpha \quad D = -p_r \cdot \cos \alpha$$

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

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

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





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

$$A = p_c$$

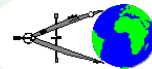
$$B = 0$$

$$C = 0$$

$$D = -p_r$$

$$E = x_0$$

$$F = y_0$$

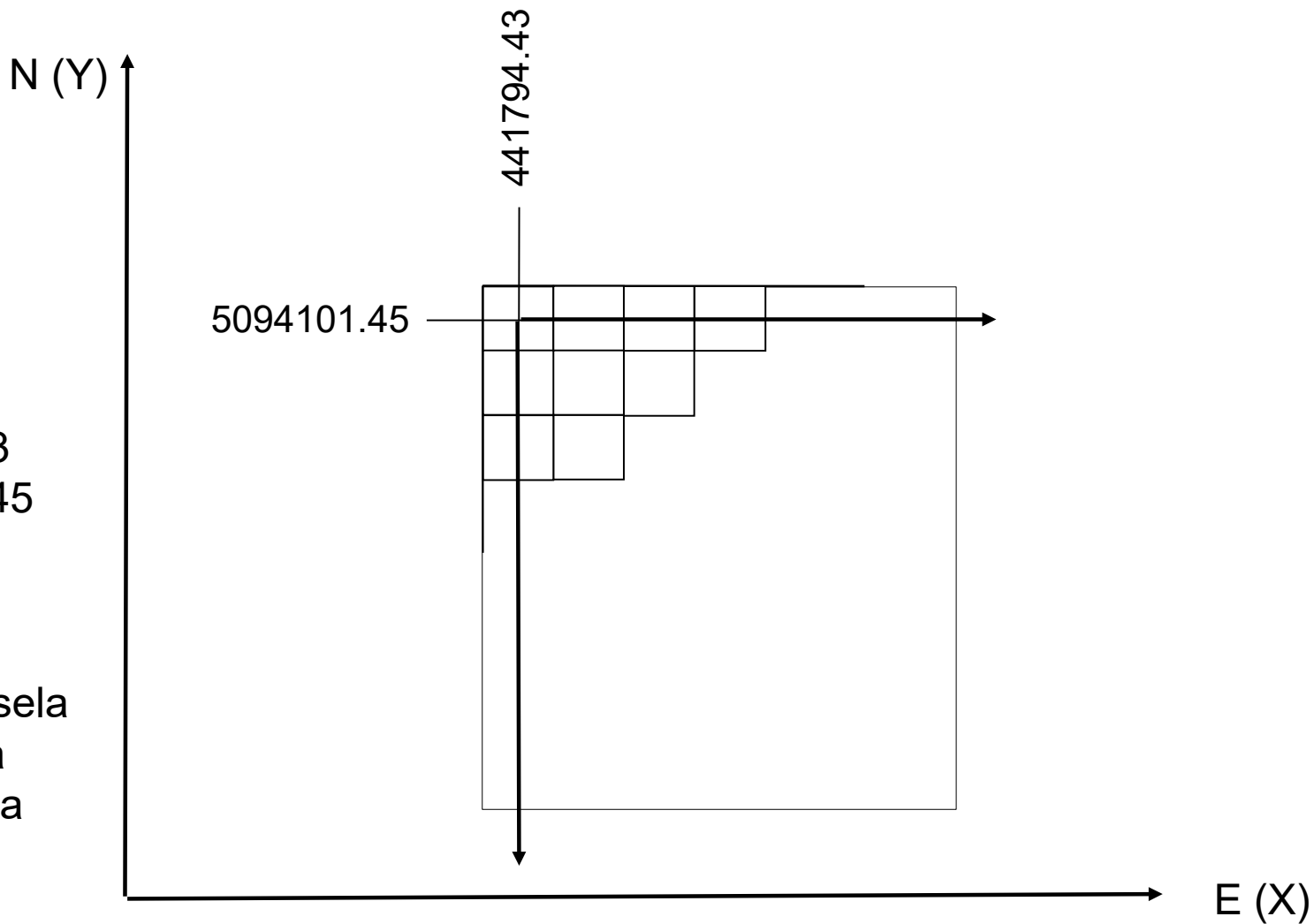


Przykład gdy układy pikselowy i terenowy są równoległe

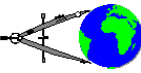
np.

- 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



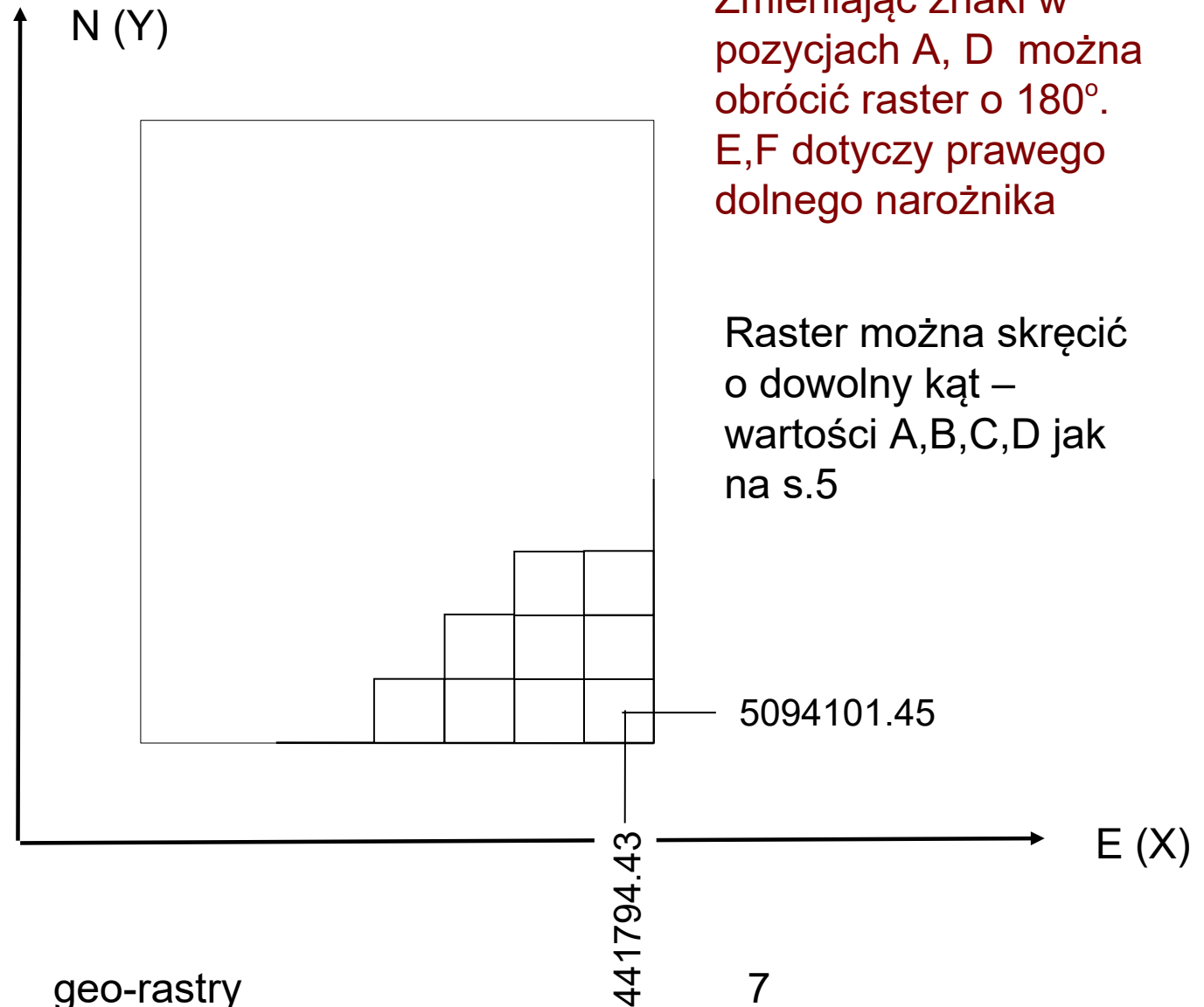
# „World File” jako realizacja transformacji $(c,r) \rightarrow (x,y)$

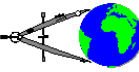


Przykład gdy układy pikselowy i terenowy są równoległe

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





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

Pomysłodawca f-ma ESRI.

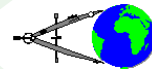
Plik World File jest rozpoznawany na podstawie rozszerzenia w nazwie:

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

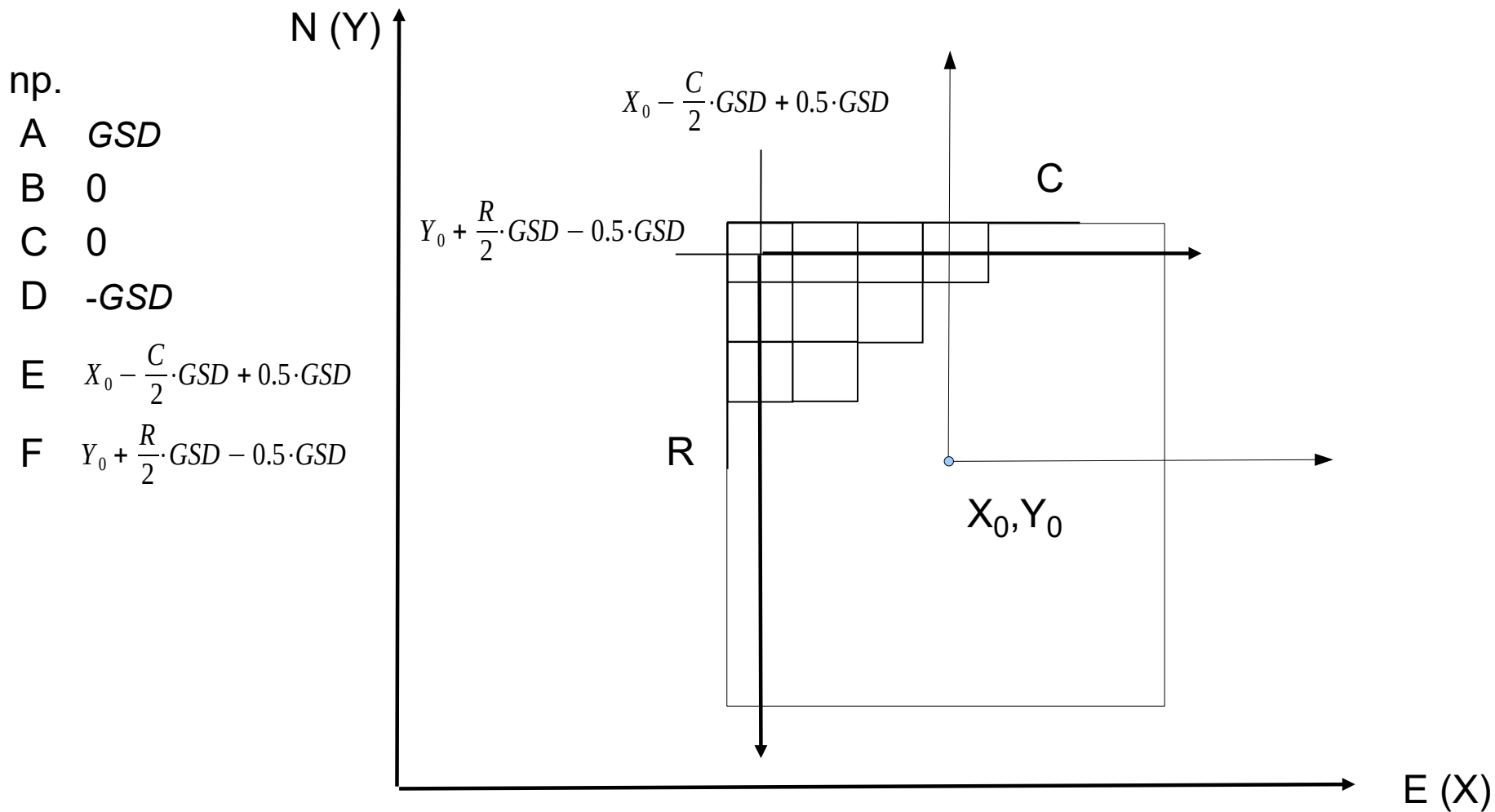
Para plików, np.. xxx.tif + xxx.tfw



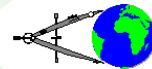
# „World File” jako realizacja transformacji $(c,r) \rightarrow (x,y)$



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



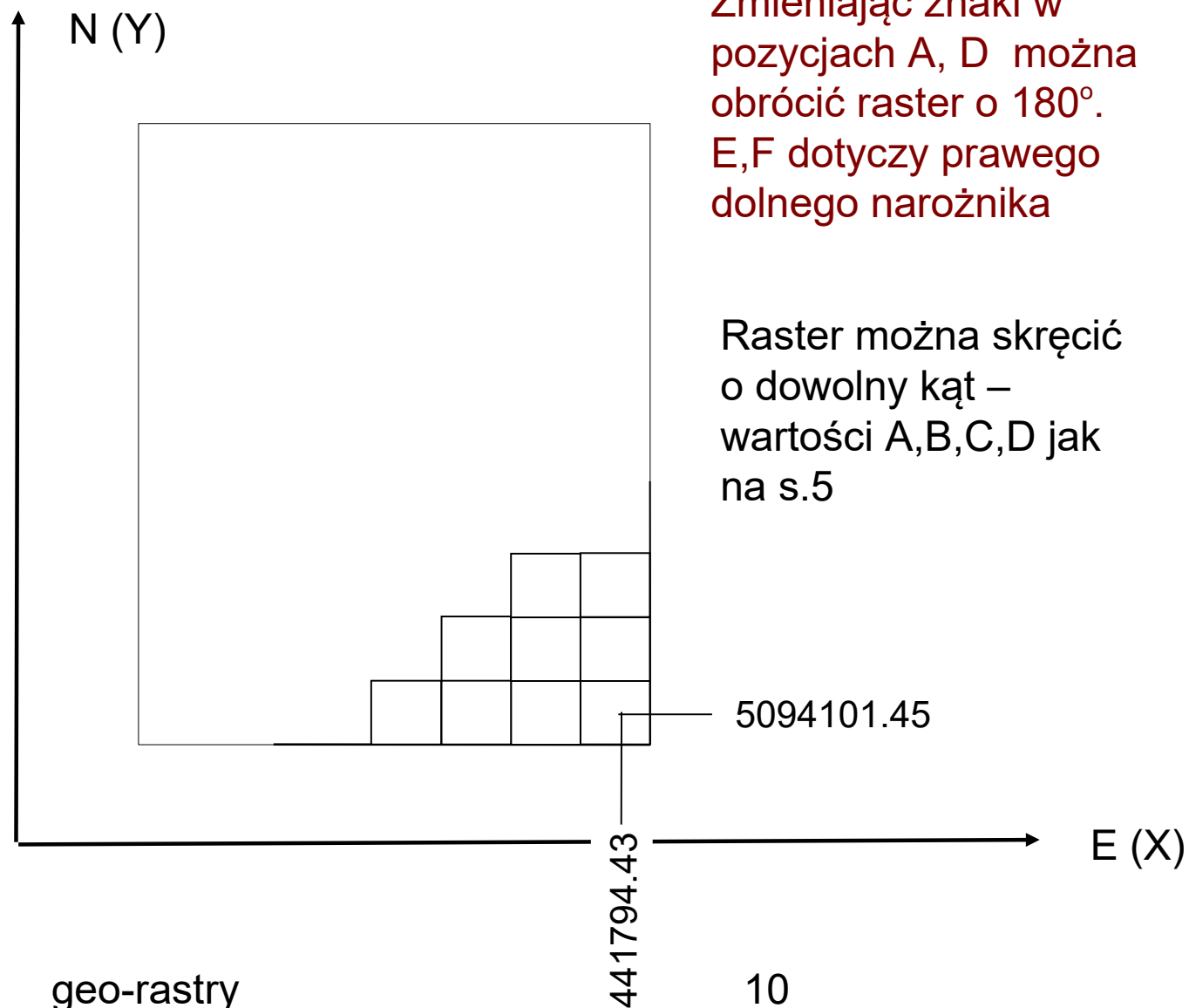
# „World File” jako realizacja transformacji $(c,r) \rightarrow (x,y)$

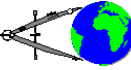


Przykład gdy układy pikselowy i terenowy są równoległe

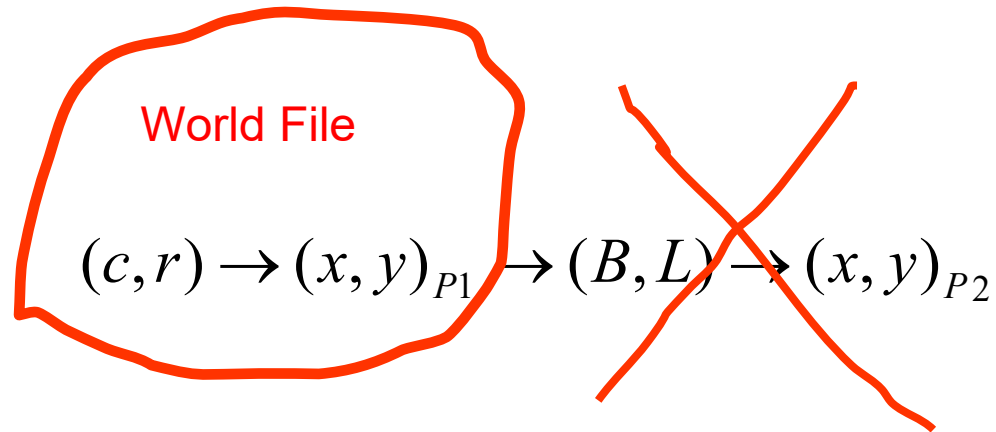
np.  
A -0.50  
B 0.00  
C 0.00  
D 0.50  
E 441794.43  
F 5094101.45

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

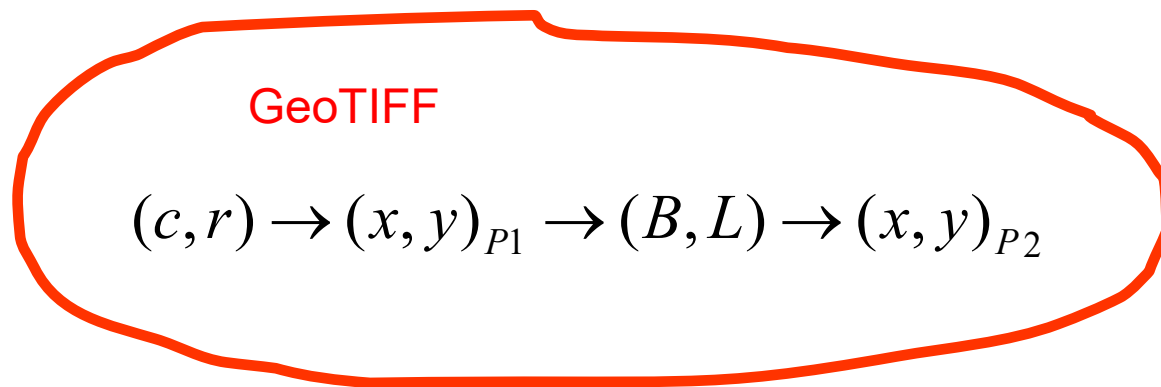




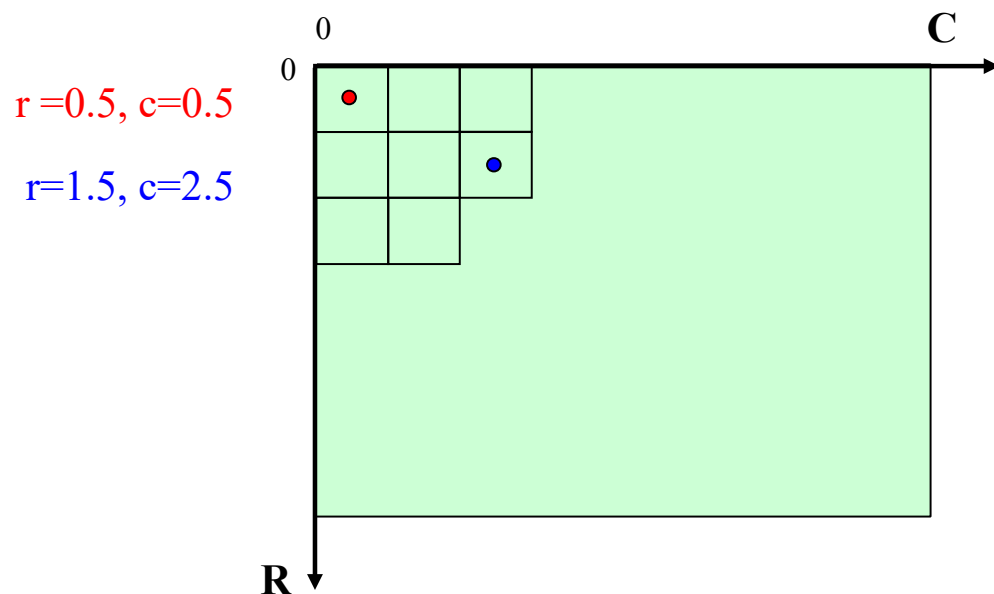
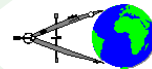
## georeferencja uproszczona



## georeferencja pełna

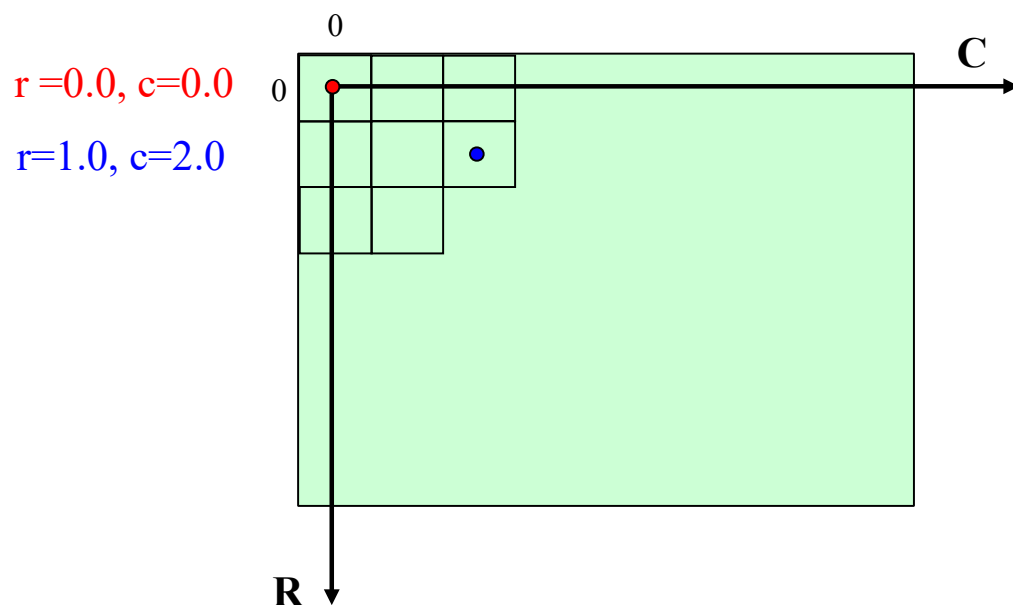


# Dwie definicje układu pikselowego

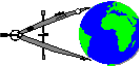


*Pixel Is Area*  
początek układu: zewnętrzny narożnik pierwszego piksela (lewego, górnego)

GeoTIFF dopuszcza oba warianty  
World File tylko Pixel Is Point



*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

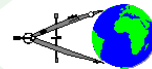


Wyróżnia się trzy grupy znaczników:

- 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.

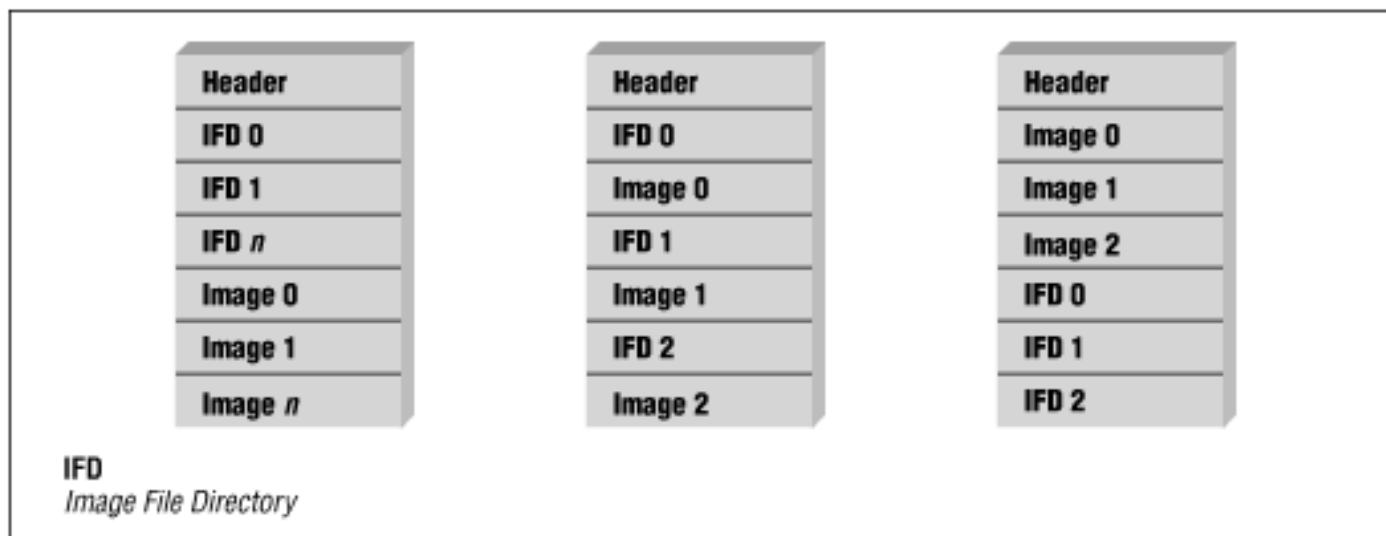
Format GeoTIFF powstał na drodze powszechnego zaakceptowania znaczników prywatnych zaproponowanych przez kilku pomysłodawców;

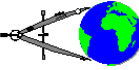


Plik TIFF jest złożony z trzech sekcji:

- 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

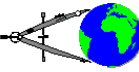




## Wybrane znaczniki do zapisu georeferencji

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



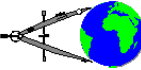
Creation Options (wybrane, pełna lista [http://www.gdal.org/frmt\\_gtiff.html](http://www.gdal.org/frmt_gtiff.html))

**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](http://www.gdal.org/frmt_gtiff.html))

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

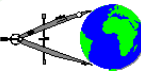
JPEG should generally only be used with Byte data (8 bit per channel). But starting with GDAL 1.7.0 and provided that GDAL is built with internal libtiff and libjpeg, it is possible to read and write TIFF files with 12bit JPEG compressed TIFF files (seen as UInt16 bands with NBITS=12).

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>



**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  $[-32\ 768, 32\ 767]$ ,

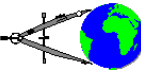
to wystarcza na zapis wysokości terenu całej kuli ziemskiej z precyzją do 1 m

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

Tryb 32 bitowy nie ma praktycznie żadnych ograniczeń

The screenshot shows the 'GeoTIFF Options' dialog box with the 'Export Bounds' tab selected. The 'File Type' section has '8-bit Palette Image (PackBits Compressed)' selected. The 'Palette' dropdown is set to 'Image Optimized Palette' and 'Vertical Units' is set to 'Meters'. The 'Sample Spacing' section shows X-axis and Y-axis values of 0.008333333333333333 arc degrees, with 'Always Generate Square Pixels' checked. There are also checkboxes for 'Save Scale/Elevation Legend/Grid if Displayed', 'Save Vector Data if Displayed', 'Generate TFW File', and 'Interpolate to Fill Small Gaps in Data'.

# Formaty zapisu NMT



## Arc/Info ASCII Grid      AAIGrid      \*.asc      (\*.grid)

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)

$h_{11}$   $h_{12}$   $h_{13}$  ...  $h_{1ncols}$

kolejne wysokości w wierszu 1 (południowy)

$h_{21}$   $h_{22}$   $h_{23}$  ...  $h_{2ncols}$

w wierszu 2

.

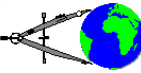
$h_{nrows1}$   $h_{nrows2}$   $h_{nrows3}$  ...  $h_{nrowsncols}$

w wierszu ostatnim (północ)

NODATA zawsze: 1.70141e38

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

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

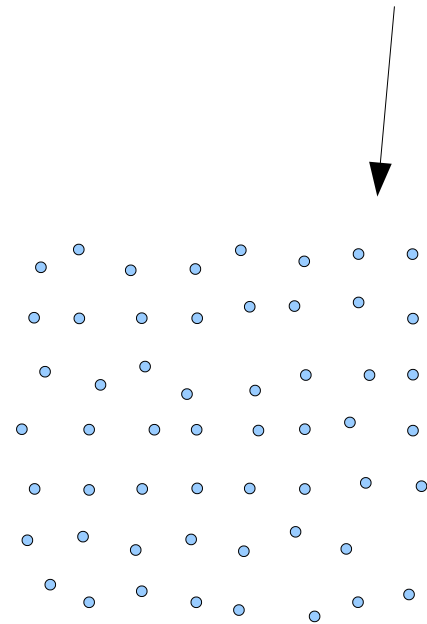
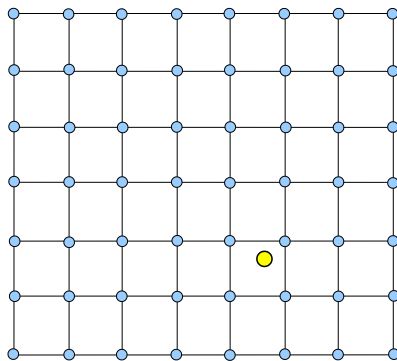


Format XYZ (ascii lub bin) to lista rekordów, każdy o tej samej strukturze

X Y Z lub NR X Y Z

Zasadniczo przeznaczony do zapisu punktów rozproszonych

Zapis rastra możliwy ale nieefektywny  
gdyż powtarza XY które da się prosto  
odtworzyć znając metadane rastra



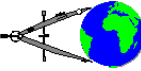


Numeryczny Model Terenu jest **numeryczną reprezentacją powierzchni terenu umożliwiającą określenie wysokości H** dowolnego punktu **XY** (w określonym obszarze), **odtworzenie kształtu** powierzchni terenu a także **określenie wielkości pochodnych do kształtu**

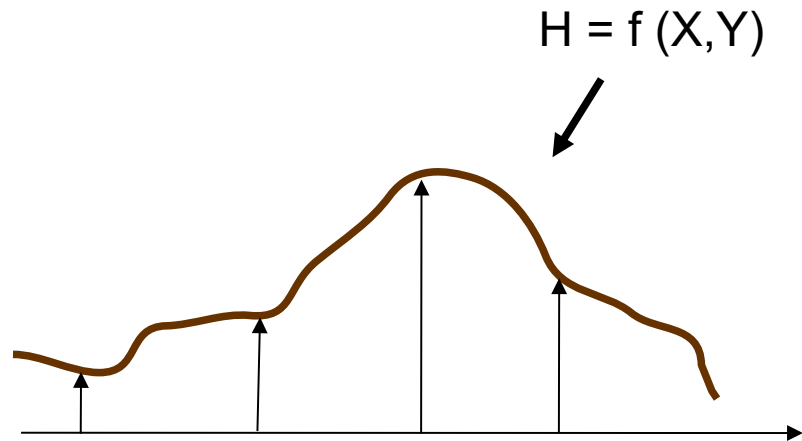
**NMT jest to zorganizowany zbiór punktów powierzchni  $\{X_i, Y_i, H_i\}$  oraz algorytm służący do interpolacji/aproksymacji jej kształtu w „dowolnym” miejscu.**

**NMT  $\leftrightarrow \{X_i, Y_i, H_i\}$  + algorytm interpolacji**

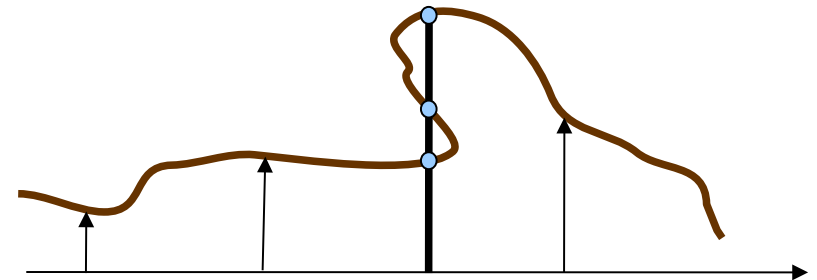




Numeryczny Model Terenu jest **numeryczną reprezentacją powierzchni terenu umożliwiającą określenie wysokości  $H$**  dowolnego punktu  $XY$  (w określonym obszarze), **odtworzenie kształtu** powierzchni terenu a także **określenie wielkości pochodnych do kształtu**

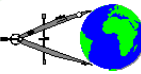


Klasyczny NMT ma ograniczenia – jeden punkt  $X, Y$  – jedna wysokość, Nazywany jest NMT 2,5D



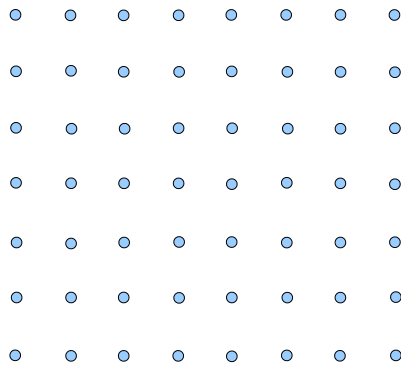
NMT 3D jest jeszcze b. rzadko stosowany

# Dane do budowy NMT

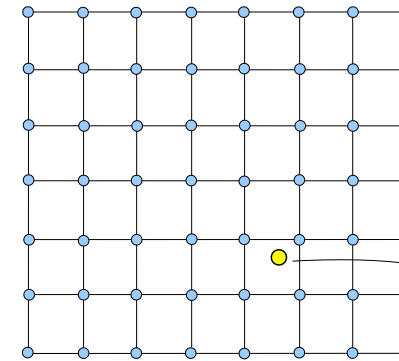


Różnica pomiędzy danymi pomiarowymi a NMT polega na tym, że w NMT jest ustalone jak będzie interpolowana wysokość dla dowolnego punktu  $X,Y$ , a w danych – nie. Aby z danych powstał NMT trzeba wprowadzić reguły sąsiedztwa pomiędzy danymi pomiarowymi, czyli zorganizować ich strukturę przestrzenną i ustalić wzór na interpolację.

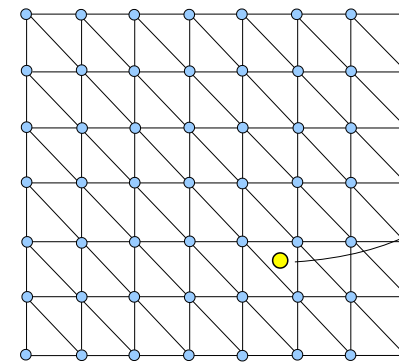
dane pomiarowe



NMT GRID

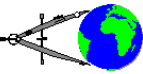


NMT TIN



$H=f(X,Y)$

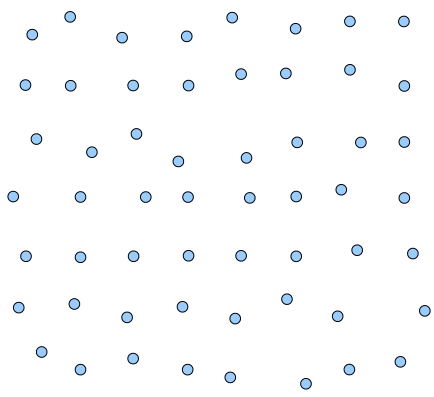
# Dane do budowy NMT



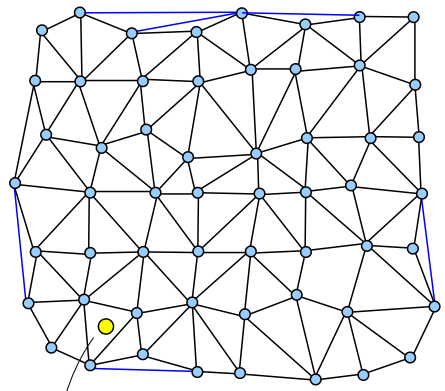
Różnica pomiędzy danymi pomiarowymi a NMT ...

Metoda pośrednia przez TIN

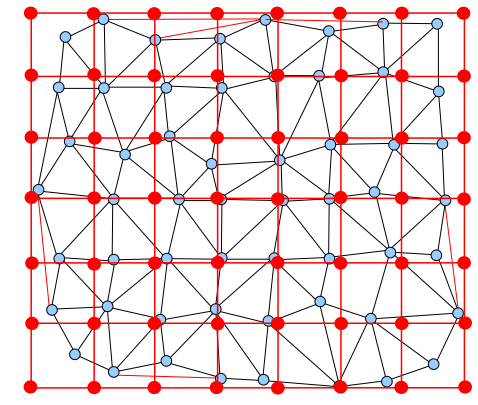
dane pomiarowe



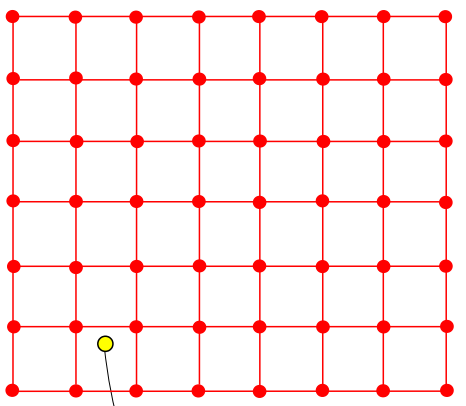
NMT TIN



NMT GRID

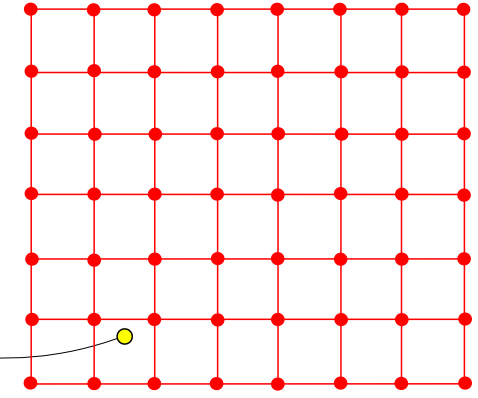


NMT GRID



Metoda  
bezpośrednia

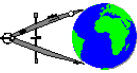
$$H=f(X,Y)$$



Kpyka - IDP/2

geo-rastry

27



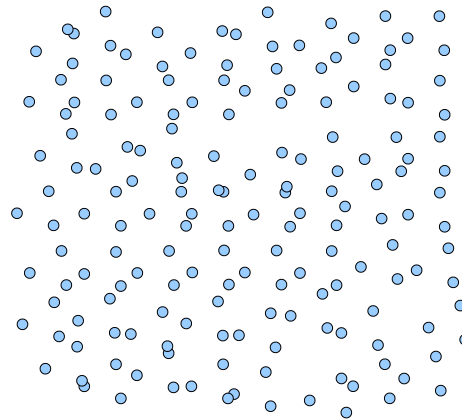
LiDAR – technika (akronim utworzony od wyrażenia ang. *Light Detection And Ranging*, utożsamiany ze skanowaniem laserowym)

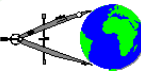
Lotnicze skanowanie laserowe, ALS (ang. *Airborne Laser Scanning*),

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/m<sup>2</sup>





## Format binarny

Rekord związany z każdym punktem, poza X,Y,Z zawiera nawet kilkanaście innych informacji

## Format kompresujący LAZ

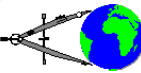
## Narzędzia GIS „widzą” format LAS

Traktują chmurę jako dane wejściowe do:

# konwersji na SHP punktowy (nieefektywne)

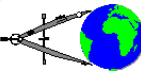
# interpolacji NMT/NMPT o strukturze grid (tin)

- (x)
- (y)
- (z)
- (i)ntensity
- (r)eturn number
- (n)umber of returns
- scan (d)irection
- (e)dge of flight line
- (c)lassification
- scan (a)ngle
- (u)ser data
- (p)oint source ID
- GPS (t)ime
- (R)GB color
- (W)ave packet
- 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)
```