

Podstawy przetwarzania obrazów teledetekcyjnych

Format rastrowy

Definicja rastrowego modelu danych

- podstawowy element obrazu cyfrowego to piksel, uważany w danym momencie za wewnętrznie jednorodny
- piksele są uporządkowane w numerowane wiersze i kolumny, tworząc macierz
- początek wewnętrznego układu współrzędnych znajduje się najczęściej w lewym górnym rogu obrazu (0,0,Z) – TNTMips, PCI, MapInfo lub w lewym dolnym (I ćwiartka kartezjańskiego. układu współ.) - ArcMap
- dla każdego piksela określana jest jego pozycja względem początku układu oraz przyporządkowywana wartość lub cecha, która odpowiada np. barwie, wartości odbitego promieniowania EM czy wysokości n.p.m. itd.
- wartości jakie może przyjąć piksel, są ściśle określone przez tzw. głębokość piksela, czyli ilość bitów zarezerwowanych w pamięci do zapisania tejże wartości
- praktyczna realizacja rastrowego modelu danych wyraża się istnieniem wielu formatów rastrowych

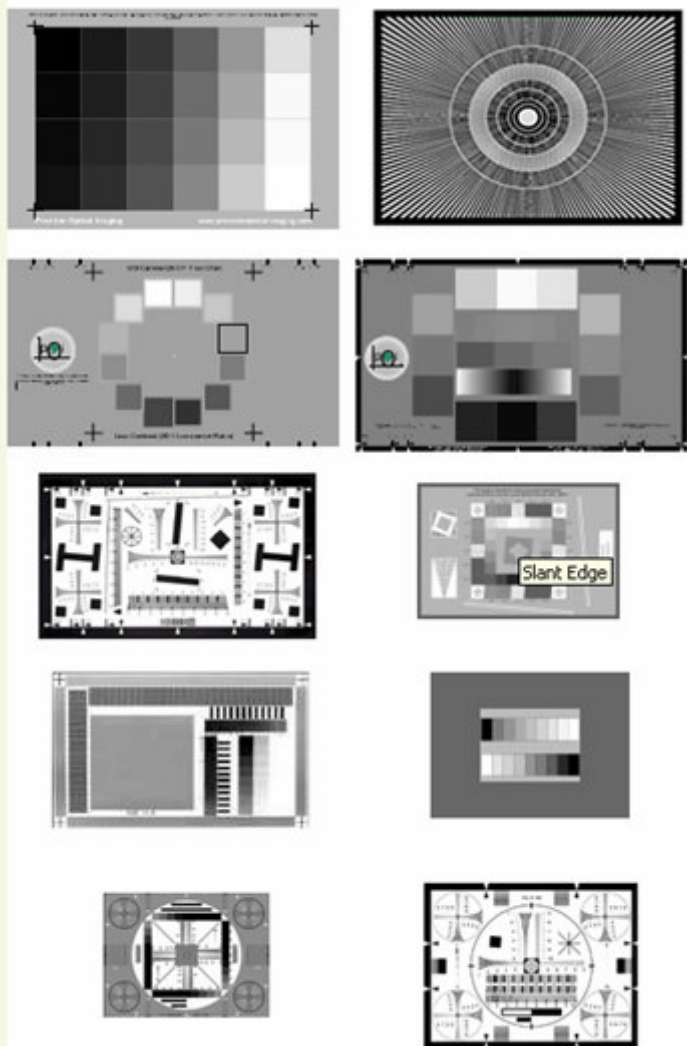
Elementy struktury pliku rastrowego

- Początek pliku rastrowego stanowi nagłówek, który zawiera wszelkie informacje niezbędne do odczytu i interpretacji danych rastrowych; wielkość nagłówka może osiągnąć wielkość kilkuset bajtów,
- W systemach GIS/RS informacje zwarte w nagłówku pliku rastrowego mogą być przechowywane w oddzielnych plikach tekstowych
- Obszar danych to uporządkowana w określony sposób informacja o położeniu i wartości przypisanej poszczególnym pikselom, ten sposób uwzględnia również kompresję danych
- Formy uporządkowania obszaru danych:
 - Sekwencja zakresów (BSQ),
 - Zakres przeplatany liniami (BIL),
 - Zakres przeplatany pikselem (BIP).
- Piramida rastrowa

Pojęcie zdolności rozdzielczej

- Może być one rozpatrywane z różnych punktów widzenia:
 - sposobu rejestracji obrazu (klisza fot., matryca CCD),
 - właściwości układu optycznego,
 - właściwości materiału, na którym wykonana jest odbitka zdjęcia (papier fot., diapozytyw),
 - cech urządzenia skanującego (skanery),
 - cech urządzenia wyświetlającego (monitor, projektor),
 - w odniesieniu do rozmiarów najmniejszego, fotografowanego obiektu (**rozdzielczość naziemna**),
 - powtarzalności fotografowania (**rozdzielczość czasowa**),
 - ilości wąskich zakresów (kanałów) promieniowania elektromagnetycznego (**rozdzielczość spektralna**).

Rozdzielczość fotograficzna



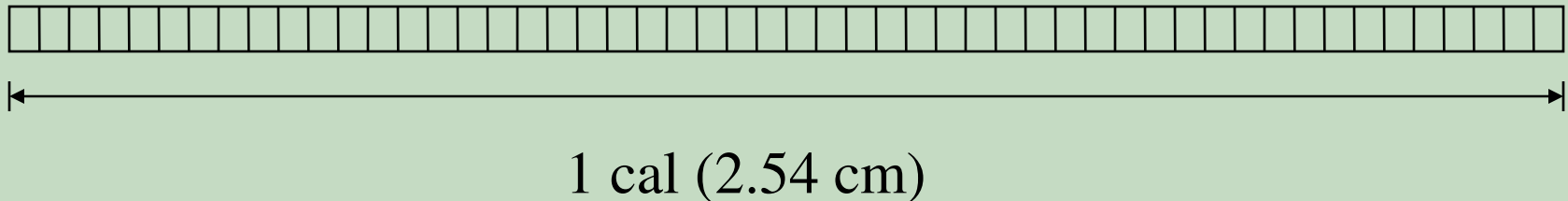
Związana jest z właściwościami optycznymi obiektywu. Każda kamera lotnicza poddawana jest procesowi kalibracji, podczas którego ustala się m.in. zdolność rozdzielczą w płaszczyźnie całego zdjęcia. Miarą zdolności rozdzielczej obiektywu jest ilość par linii, które można odfotografować w 1 [mm].

Rozdzielczość skanowania

W przypadku skanerów wyróżniamy dwa rodzaje rozdzielczości:

- rozdzielczość optyczną,
- rozdzielczość interpolowaną.

Matryca skanująca CCD.



Rozdzielczość najczęściej określa się podając liczbę punktów na cal (np. 50 dpi = dot per inch)

Zwiększenie rozdzielczości poprzez interpolację.



Porównanie jednostek rozdzielczości

Informacje na temat standardów pomiarów zdolności rozdzielczej i wielu innych pokrewnych tematów dostępne są na stronie <http://www.precisionopticalimaging.com/>

BAR OR SPACE DIMENSIONS			Resulting Resolution Readings *			
MM	MICRONS	INCHES	Lines/MM (mm)	Cycles/MM	Lines/Inch	Line Pairs/Inch
0.001	1	0.00004	1000.00	500.00	25400	12700
0.002	2	0.00008	500.00	250.00	12700	6350
0.003	3	0.00012	333.00	167.00	8458	4229
0.004	4	0.00016	250.00	125.00	6350	3175
0.005	5	0.00020	200.00	100.00	5080	2540
0.006	6	0.00024	166.00	83.00	4216	2108
0.007	7	0.00028	142.00	71.00	3607	1804
0.008	8	0.00031	125.00	62.00	3175	1588
0.009	9	0.00035	111.00	55.00	2819	1409
0.010	10	0.00040	100.00	50.00	2540	1270
0.020	20	0.00080	50.00	25.00	1270	635
0.030	30	0.00120	33.00	16.00	845	423
0.040	40	0.00160	25.00	12.00	635	318
0.050	50	0.00200	20.00	10.00	508	254
0.060	60	0.00240	16.60	8.30	422	211
0.070	70	0.00280	14.20	7.10	361	180
0.080	80	0.00310	12.50	6.30	318	159
0.090	90	0.00350	11.10	5.60	282	141
0.100	100	0.00400	10.00	5.00	254	127
0.200	200	0.00800	5.00	2.50	127	64
0.300	300	0.01200	3.30	1.70	85	42
0.400	400	0.01600	2.50	1.20	64	32
0.500	500	0.02000	2.00	1.00	51	25
0.600	600	0.02400	1.60	0.80	42	21
0.700	700	0.02800	1.40	0.70	36	18
0.800	800	0.03100	1.20	0.60	32	16
0.900	900	0.03500	1.10	0.55	28	14
1.000	1000	0.04000	1.00	0.50	25	12

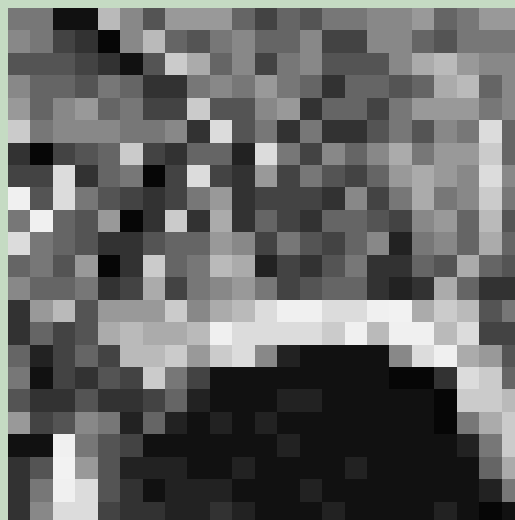
W ramach ćwiczenia – zadania do wykonania

1. Skala mapy wynosi 1:10000, mapę zeskanowano z rozdzielczością 300 dpi. Oblicz średnią rozdzielczość rzeczywistą piksela obrazu cyfrowego mapy.
2. Skala mapy wynosi 1:25000 a rozdzielczość naziemna 0,5 m. Oblicz rozdzielczość zastosowaną w trakcie skanowania?
3. Średnia rozdzielczość rzeczywista piksela mapy została ustalona na 1 m. W trakcie skanowania zastosowano rozdzielność 400 dpi. Oblicz skalę mapy topograficznej.

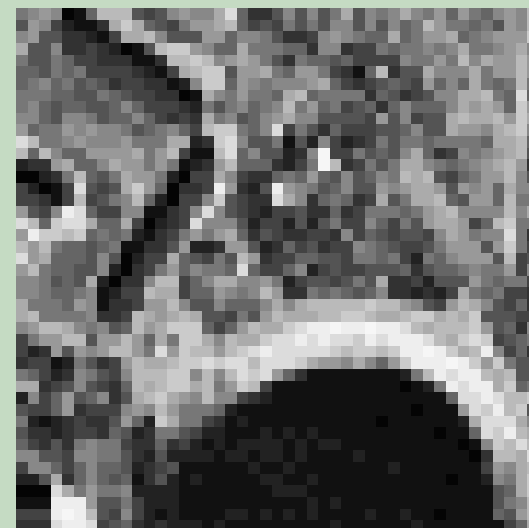
Zdjęcie lotnicze skanowane w różnych rozdzielczościach



12 dpi-12x11-132



25dpi-23x23-529



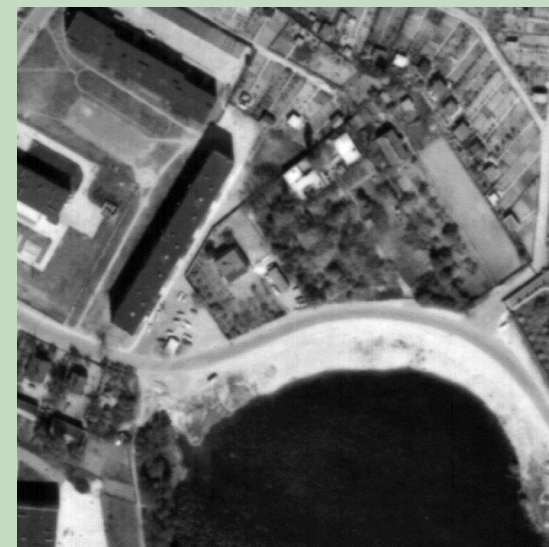
50dpi-45x45-2025



100dpi-90x90-8100



300dpi-269x268-72092



800dpi-718x715-513370

X dpi - rozdzielczość zdjęcia w punktach (dot per inch)

Obliczanie wielkości pliku

$$R = N \times M \times (d/8),$$

gdzie

N - ilość wierszy,

M - ilość kolumn,

d - głębokość piksela w bitach

Zewnętrzne układy współrzędnych

W celu powiązania informacji zawartej na zdjęciu (obrazie) lotniczym lub satelitarnym z danymi zawartymi na mapie np. topograficznej należy nadać mu współrzędne takie jakie posiada mapa (współrzędne płaskie, współrzędne geograficzne).

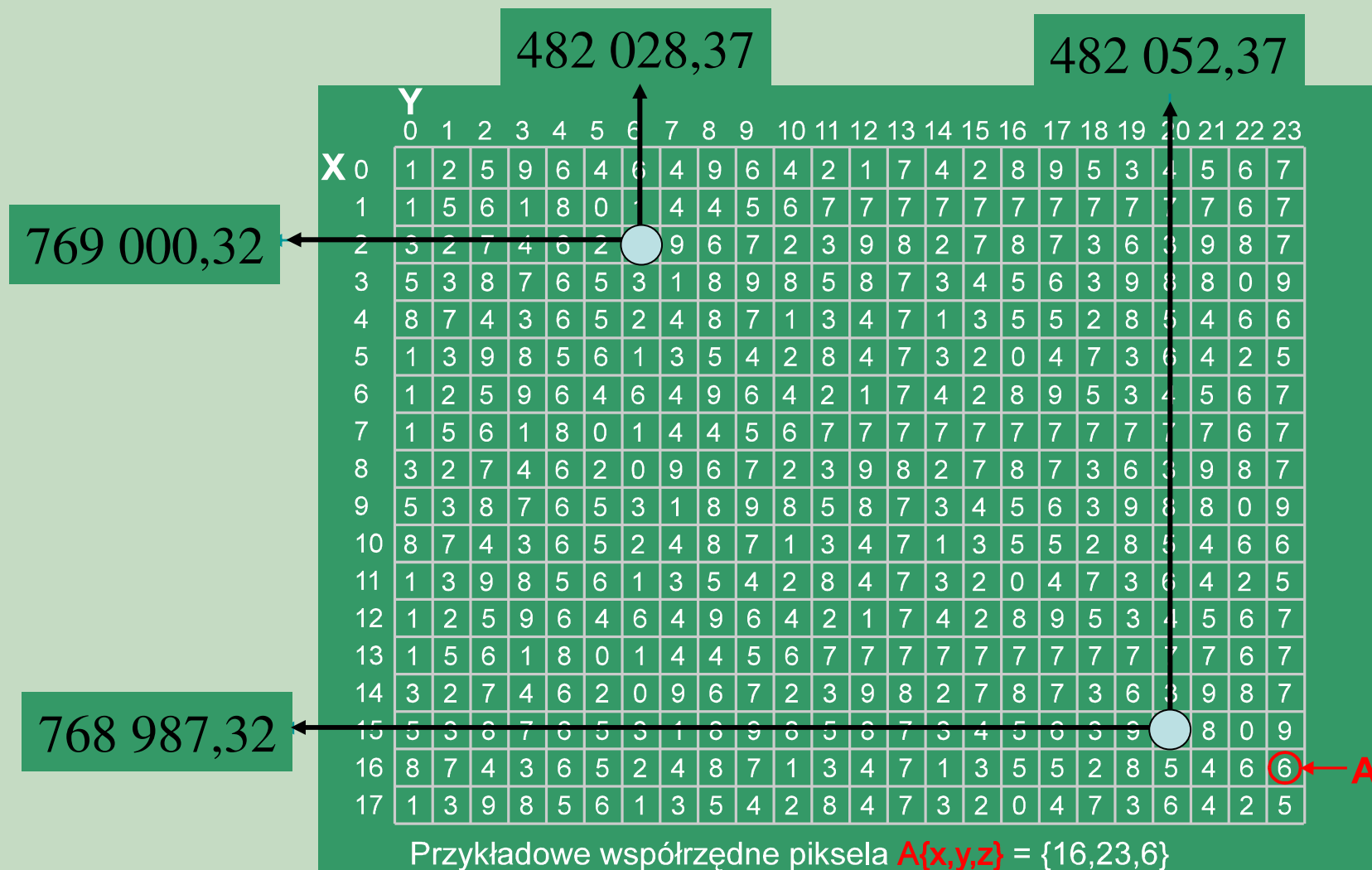
Nadanie współrzędnych obrazowi rastrowemu jest powiązaniem współrzędnych wewnętrznych (układ linii i kolumn) ze współrzędnymi zewnętrznymi (X i Y [m] w układzie topograficznym; długość i szerokość geograficzna).

Współrzędne obiektowe {x,y,z}

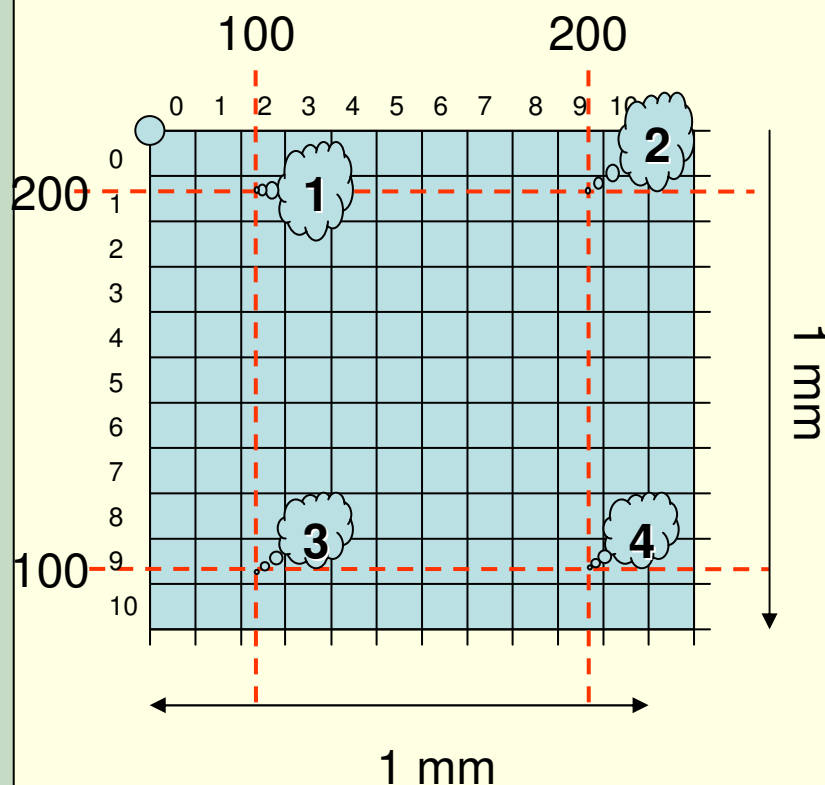
		Y																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
X	0	1	2	5	9	6	4	6	4	9	6	4	2	1	7	4	2	8	9	5	3	4	5	6	7
	1	1	5	6	1	8	0	1	4	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7
	2	3	2	7	4	6	2	0	9	6	7	2	3	9	8	2	7	8	7	3	6	3	9	8	7
	3	5	3	8	7	6	5	3	1	8	9	8	5	8	7	3	4	5	6	3	9	8	8	0	9
	4	8	7	4	3	6	5	2	4	8	7	1	3	4	7	1	3	5	5	2	8	5	4	6	6
	5	1	3	9	8	5	6	1	3	5	4	2	8	4	7	3	2	0	4	7	3	6	4	2	5
	6	1	2	5	9	6	4	6	4	9	6	4	2	1	7	4	2	8	9	5	3	4	5	6	7
	7	1	5	6	1	8	0	1	4	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7
	8	3	2	7	4	6	2	0	9	6	7	2	3	9	8	2	7	8	7	3	6	3	9	8	7
	9	5	3	8	7	6	5	3	1	8	9	8	5	8	7	3	4	5	6	3	9	8	8	0	9
	10	8	7	4	3	6	5	2	4	8	7	1	3	4	7	1	3	5	5	2	8	5	4	6	6
	11	1	3	9	8	5	6	1	3	5	4	2	8	4	7	3	2	0	4	7	3	6	4	2	5
	12	1	2	5	9	6	4	6	4	9	6	4	2	1	7	4	2	8	9	5	3	4	5	6	7
	13	1	5	6	1	8	0	1	4	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7
	14	3	2	7	4	6	2	0	9	6	7	2	3	9	8	2	7	8	7	3	6	3	9	8	7
	15	5	3	8	7	6	5	3	1	8	9	8	5	8	7	3	4	5	6	3	9	8	8	0	9
16	8	7	4	3	6	5	2	4	8	7	1	3	4	7	1	3	5	5	2	8	5	4	6	6	← A
17	1	3	9	8	5	6	1	3	5	4	2	8	4	7	3	2	0	4	7	3	6	4	2	5	

Przykładowe współrzędne piksela $A\{x,y,z\} = \{16,23,6\}$

Nadanie zewnętrznego układu współrzędnych



Obraz rastrowy



Nr Punktu	Nr linii	Nr kolumny	Współrzędna X [m]	Współrzędna Y [m]
1	1,33	2,33	200	100
2	1,33	9,67	200	200
3	9,67	2,33	100	100
4	9,67	9,67	100	200

kolumny: $7,33 \text{ p} = 100 \text{ m}$

wiersze: $8,33 \text{ p} = 100 \text{ m}$

Rozdzielczość rzeczywista/naziemna

Kolumna: $100/7,33 = 13,64 \text{ m/p}$

Wiersz: $100/8,33 = 12,00 \text{ m/p}$

Dokładność danych rastrowych/ skala

Kolumny: $1 \text{ mm} = 10 \text{ p}$, $1 \text{ p} = 13,64 \text{ m} \Rightarrow$ skala: $10 \text{ p} * 13,64 \text{ m} = 136,3 \text{ m}$, $1 : 1363$

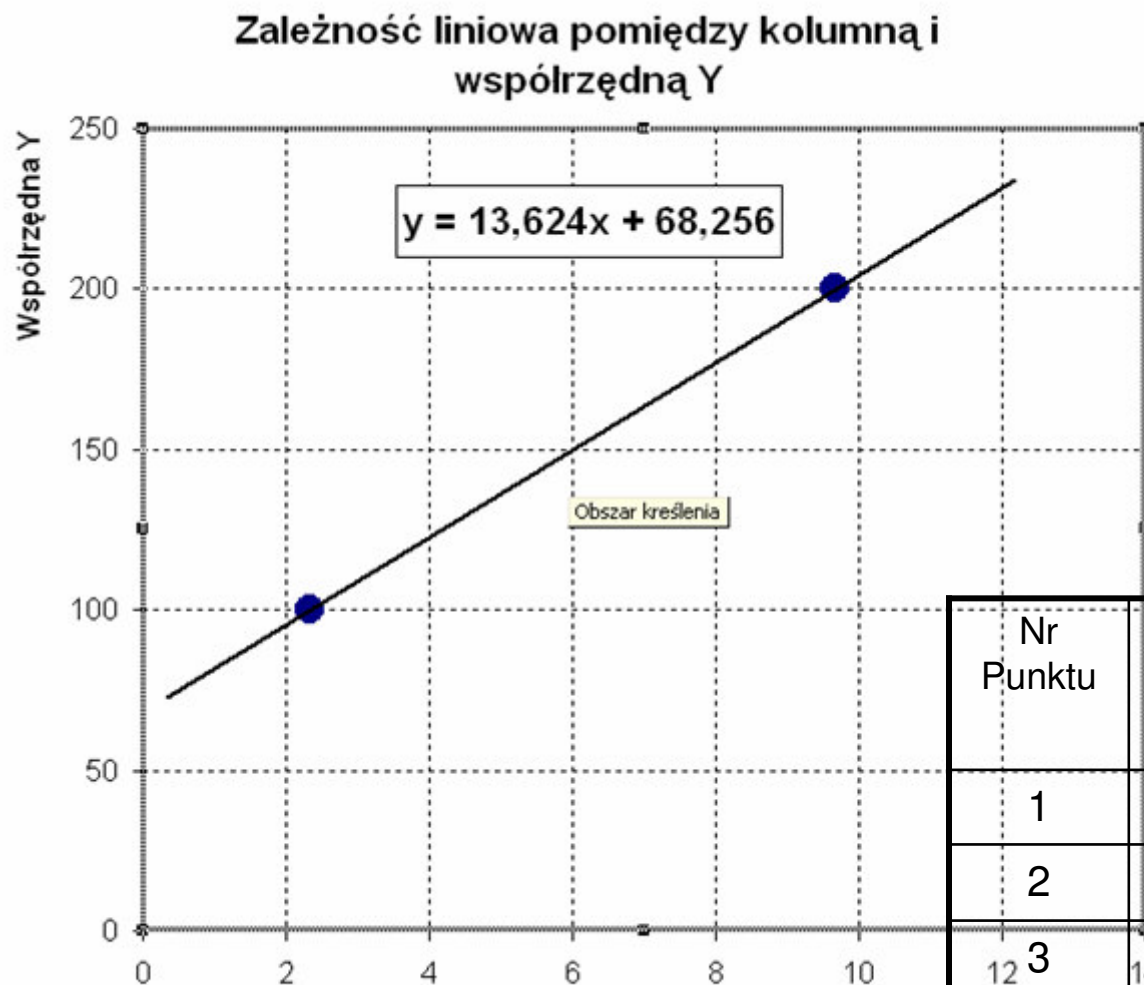
Wiersze: $1 \text{ mm} = 10 \text{ p}$, $1 \text{ p} = 12,00 \text{ m} \Rightarrow$ skala: $10 \text{ p} * 12,00 \text{ m} = 120 \text{ m}$, $1 : 1200$

Jakość skanowania (ilość pikseli w jednym calu = dpi, *dot per inch*; $1 \text{ cal.} = 2.54 \text{ cm}$)

Kolumny: $1 \text{ mm} = 11 \text{ p}$; $25,4 \text{ mm} * 11 = 265 \text{ dpi}$

Wiersze: $1 \text{ mm} = 11 \text{ p}$; $25,4 \text{ mm} * 10 = 265 \text{ dpi}$

Jak obliczyć współrzędne dowolnego piksela?



Zestaw dwóch równań dla kolumn i wierszy nosi nazwę modelu transformacji. Dla równań liniowych jest to transformacja afiniczna.

Nr Punktu	Nr linii	Nr kolumny	Współrzędna X [m]	Współrzędna Y [m]
1	1,33	2,33	200	100
2	1,33	9,67	200	200
3	9,67	2,33	100	100
4	9,67	9,67	100	200

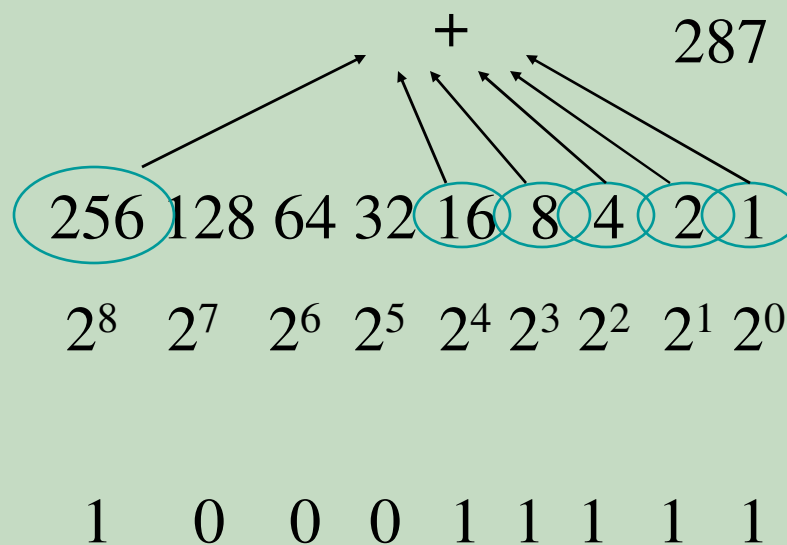
Zapis barw. System dwójkowy.

Każda liczba może być przedstawiona za pomocą sumy odpowiednich potęg liczby 2. Nie wszystkie kolejne potęgi są muszą być wykorzystywane. W zapisie dwójkowym „1” oznacza wykorzystanie danej potęgi, „0” - brak danej potęgi w sumie.

Liczba w układzie
dziesiętnym

Kolejne potęgi
liczby 2

Liczba w zapisie
dwójkowym



Głębokość piksela

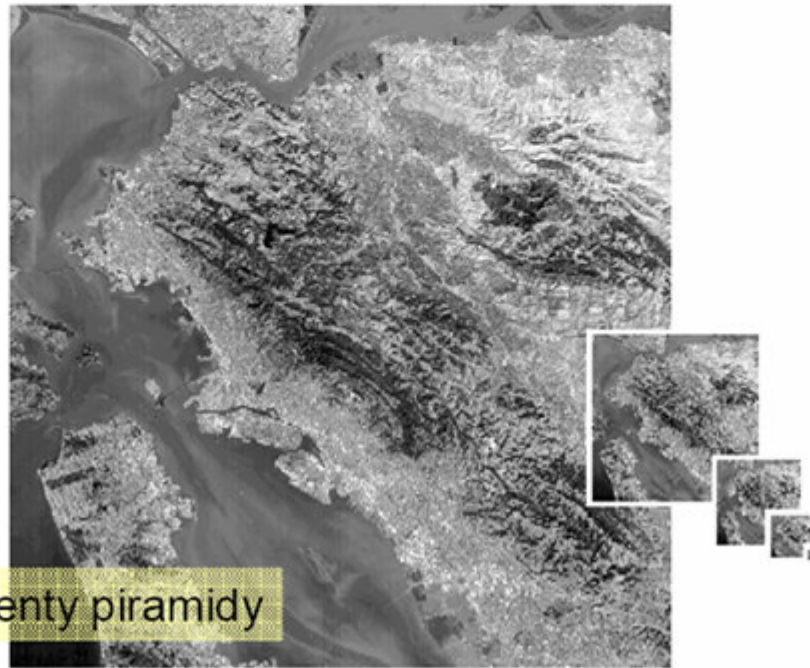
- Binary [binarny] (0,1) 1-bit
- classification output, dithered print [klasyfikacja, wydruk] (0 to 15) 4-bit
- unsigned integer [całkowity dodatni] (0 to 255) 8-bit
- signed integer [całkowity ze znakiem] (-128 to 127) 8-bit
- composite color [złożony kolor, tabela kolorów] (0 to 255, requires color map) 8-bit
- unsigned integer [całkowity dodatni] (0 to 65,535) 16-bit
- signed integer [całkowity ze znakiem] (-32,768 to 32,767) 16-bit
- composite color [złożony kolor] (RGB or BGR packed) 16-bit
- composite color [złożony kolor] (RGB or BGR packed) 24-bit
- unsigned integer [całkowity dodatni] (0 to 4,294,967,295) 32-bit
- signed integer [całkowity ze znakiem] (-2,147,483,648 to 2,147,483,647) 32-bit
- floating point [rzeczywisty zmiennie-przecinkowy] 32-bit
- floating point [rzeczywisty zmiennie-przecinkowy] 64-bit
- <http://www.randelshofer.ch/fhw/gri/float.html> chapter floating point format
- complex number [liczby zespolone] (magnitude/phase) 64-bit
- complex number [liczby zespolone] (real/imaginary pair) 64-bit
- complex number [liczby zespolone] (magnitude/phase) 128-bit
- complex number [liczby zespolone] (real/imaginary pair) 128-bit

Jaka powinna być głębokość piksela, czyli zakres wartości pikseli w zależności od cechy zapisanej w rastrze

- zapis zmienności wysokości topograficznej w skali kontynentu **signed integer [całkowity ze znakiem] (-32,768 to 32,767) 16-bit**
- zapis wysokości topograficznej dla mapy topograficznej 1:10000 (cięcie ćwiartkowe 1,25m) **floating point [rzeczywisty zmiennie-przecinkowy] 32-bit**
- zapis wyników obrazu funkcji trendu powierzchniowego zjawiska **floating point [rzeczywisty zmiennie-przecinkowy] 32-bit**
- zapis 17 kategorii użytkowania ziemi kodowanych liczbami całkowitymi dodatnimi, **unsigned integer [całkowity dodatni] (0 to 255) 8-bit**
- zapis obrazu w barwach rzeczywistych, **composite color [złożony kolor] (RGB or BGR packed) 16-bit**
- zapis wystawy stoku w stopniach, **unsigned integer [całkowity dodatni] (0 to 65,535) 16-bit**
- zapis mapy topograficznej czterobarwnej, **classification output, dithered print [klasyfikacja, wydruk] (0 to 15) 4-bit**
- zapis mapy topograficznej dwubarwnej, **binary [binarny] (0,1) 1-bit**

Piramida rastra

- Przyspiesza szybkość wyświetlania rastra
- Zwiększa ilość miejsca zajmowanego na dysku (w ArcInfo piramida jest zapisywana w pliku o tej samej nazwie i rozszerzeniu .rrd)
- W Mipsie piramida jest zapisywana jako podobiektu do obiektu, wewnątrz pliku .rvc,
- MapInfo nie pozwala tworzyć piramidy dla rastrów, stąd bardzo duże pliki powinny być wyświetlane obrazy zapisane w formatach falkowych,
- Formaty falkowe posiadają piramidę w swej strukturze jako integralną część pliku

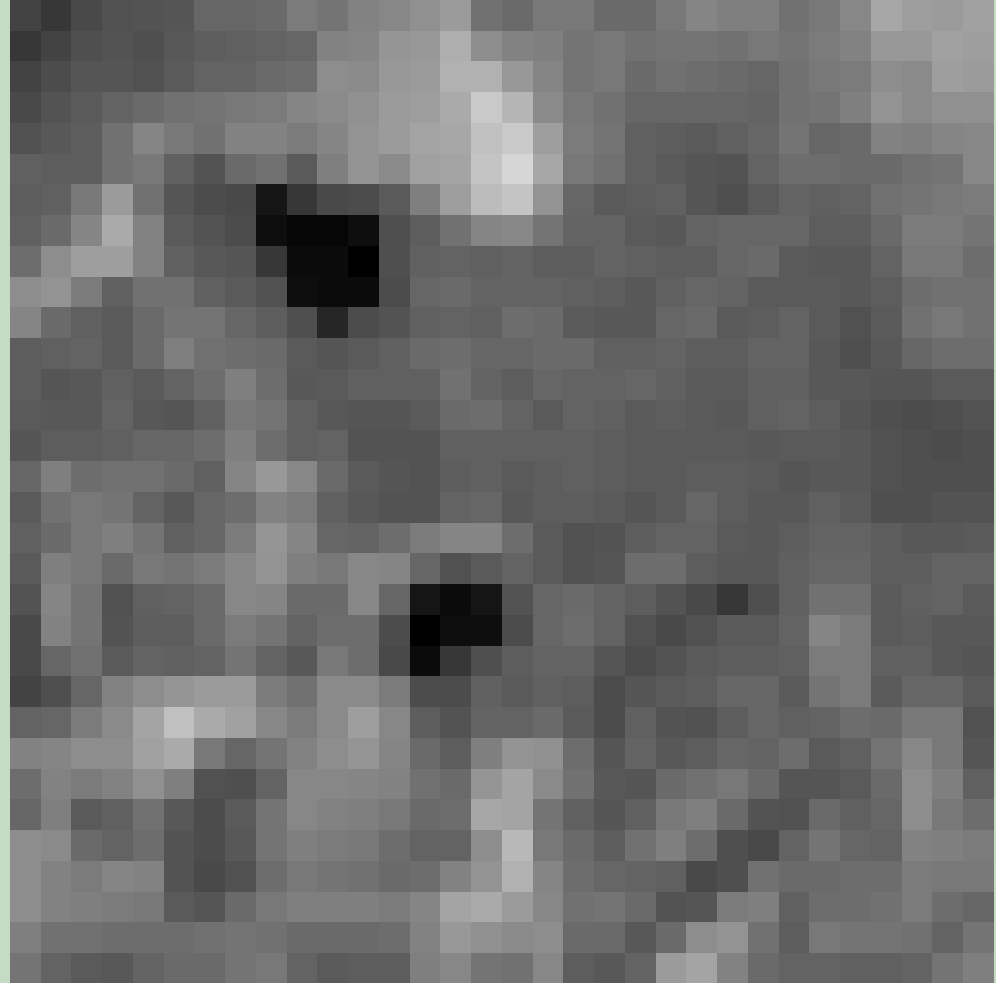


Kolejne elementy piramidy

Zdjęcie lotnicze w skali 1:10000 a obraz satelitarny Landsat 7



1260x1541 (300 dpi) [skala 1:10000]

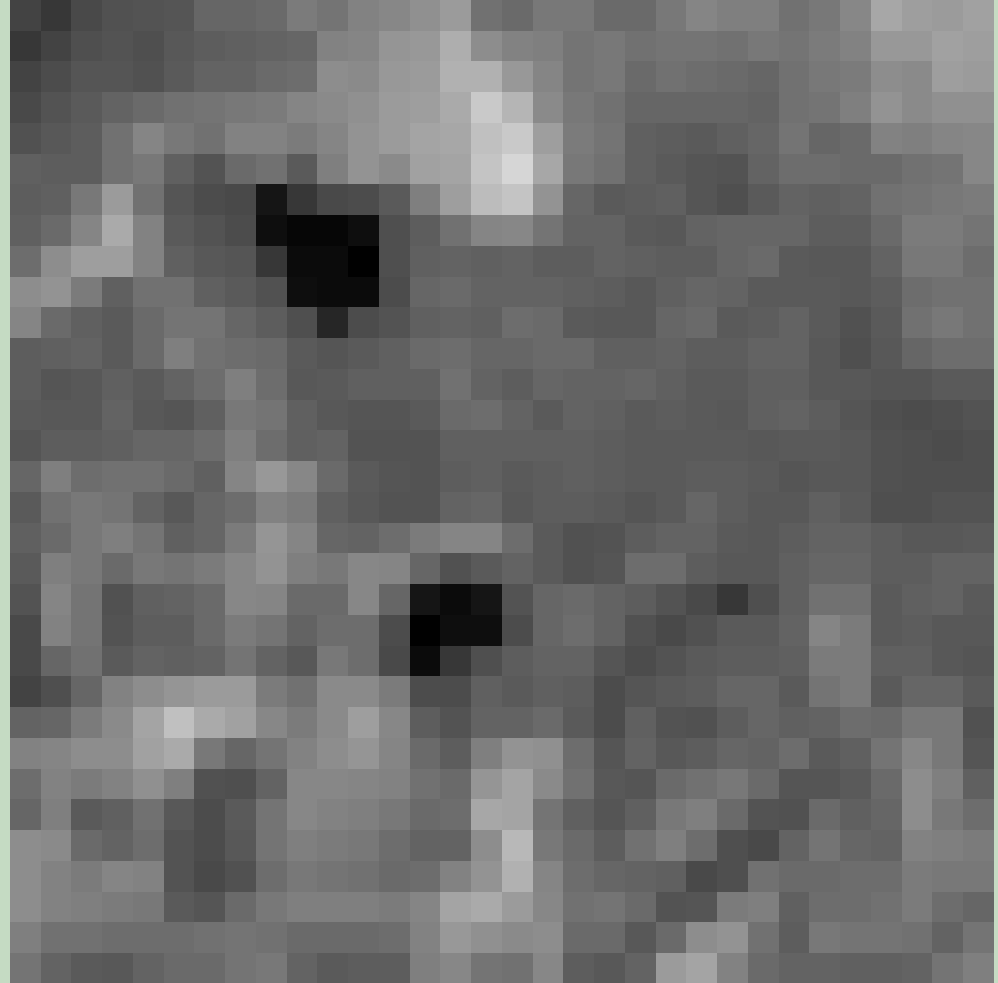


32x32 piksele

Zdjęcie lotnicze w skali 1:10000 a obraz satelitarny Landsat 7



1260x1541 (300 dpi) [skala 1:10000]



32x32 piksele

Kompresja plików rastrowych

Kompresja jest stosowana w celu zapisu tej samej ilości informacji przy zmniejszeniu wielkości zajmowanej na dysku. Kompresja stosowana bywa przy zapisie pliku na dysk w określonym miejscu (kompresja systemowa) lub w obrębie samego pliku rastrowego.

Wyróżniamy dwa podstawowe rodzaje kompresji rastrowej:

- **bezstratną** (nie zmienia wartości barwnych pikseli, Lossless, LZW- TIFF, Huffman, RLE)
- **stratną** (zmniejszenie przestrzeni barwnej, JPEG, JPEG2000, ECW, MrSID).

Poniżej przedstawiony został prosty przykład bezstratnej kompresji dla pliku binarnego o wymiarach 1 x 30.

Przed kompresją:

111111111100000000001111100000

Po kompresji:

10 1 10 0 5 1 1 5 1

Jakie wymagania techniczne stosować wobec map skanowanych na potrzeby pozyskania informacji?

- Rozdzielczość skanowania 200-400 dpi (100 – 600), lepsza jest wyższa (ok. 300 dpi odpowiada dokładności widzenia oka ludzkiego z tzw. odległości dobrego widzenia, wynoszącej 24 cm),
- przy mapach kolorowych typ kompresji bezstratnej (np. TIFF w trybie kolorów indeksowanych, paleta kolorów, z kompresją LZW)
- **Przy jpg, nie stosować zbyt dużego stopnia kompresji (zmniejsza dokładność geometryczną rysunku mapy)**
- **Z ekonomicznego punktu widzenia trzeba uważać na zastosowanie kompresji lub jej brak w ofercie firmy usługowej (plik obrazu mapy nie skompresowany będzie wielokrotnie większy niż skompresowany, przez to oczywiście droższy)**