



# Wykład 5

## Przetwarzanie obrazu

## **Typy obrazów w Matlabie**

Jedną z podstawowych cech obrazu jest format, w jakim jest zapisany, obejmujący rozdzielność przestrzenną oraz ilość poziomów szarości (poziomów barw), tzw. rozdzielczość barwną. Biorąc pod uwagę ilość poziomów barw (szarości) wyróżnia się obrazy czarno-białe, obrazy monochromatyczne (tzw. wieloodcieniowe) oraz obrazy kolorowe.

**Matlab obsługuje 4 typy obrazów:**

- 1) czarno-białe czyli binarne (BW image)**
- 2) szare (gray, intensity image)**
- 3) barwne typu RGB (Red, Green, Blue)**
- 4) barwne indeksowane**

## ad.1 Obrazy czarno-białe

Najprostszym, a równocześnie bardzo ważnym formatem zapisu obrazu są obrazy czarnobiałe, w żargonie komputerowym nazywane również binarnymi lub 1-bitowymi. Nazwa „obrazy binarne” wynika z tego, że wyróżnia się w nich tylko dwa poziomy szarości, najczęściej czarny i biały. Jeżeli czerni przypisze się wartość 1, a bieli wartość 0, to rozdzielczość poziomów szarości obrazów czarno-białych wynosi dwa, a do zapamiętania pojedynczego punktu obrazu wystarczy 1 bit pamięci. Obraz czarno-biały jest macierzą o rozmiarach  $M \times N$  zawierającą tylko zera i jedynki.

## ad. 2 Obrazy szare

Bardzo ważną grupę stanowią obrazy charakteryzujące się większą ilością pośrednich poziomów przejścia między czernią a bielą. Obrazy o większej od dwóch liczbie poziomów szarości zwane są w literaturze obrazami **monochromatycznymi** (lub czasem obrazami **wieloodcieniowymi**).

Do zapamiętania stopnia szarości pojedynczego punktu zazwyczaj stosuje się 8 bitów pamięci. Pozwala to na zapamiętanie  **$2^8$ , czyli 256 stopni szarości**. Jeżeli podobnie jak dla obrazów czarno-białych, wartość **1** przypiszemy **czerni**, a wartość **0** **bieli**, to rozdzielczość poziomów szarości obrazów monochromatycznych wyniesie 256. Ponadto 256 stopni szarości wystarcza do większości zastosowań. Jest to więcej niż potrafi rozróżnić nasze oko („przeciętne” **oko rozróżnia około 70 poziomów szarości**).

Posiadając te informacje można już ocenić, jaka pojemność pamięci jest potrzebna do zapamiętania obrazu. Wyobraźmy sobie, że chcemy przygotować do druku widokówkę będącą monochromatycznym zdjęciem. Aby wynik naszej pracy miał profesjonalny wygląd, oko nie powinno widzieć poszczególnych punktów obrazu.

## ad. 2 Obrazy szare

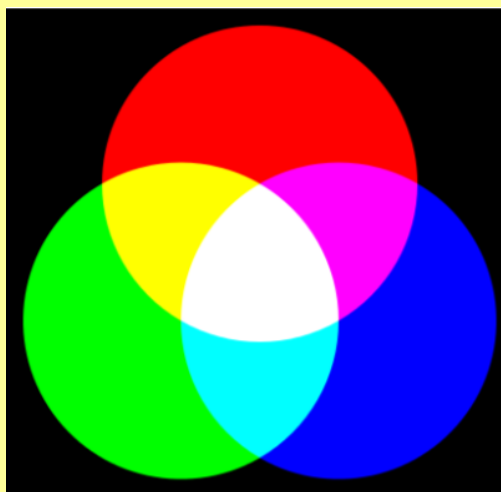
Dlatego też na wydruku powinno być co najmniej 10 punktów na każdy milimetr (**zdolność rozdzielcza oka wynosi około 0,1 mm z odległości dobrego widzenia**), czyli **100 punktów na 1mm<sup>2</sup>**. Przy formacie pocztówki 15x10,5 cm daje to 1 575 000 bajtów pamięci.

Obraz szary to macierz o rozmiarach  $M \times N$  o wartościach ze zbioru  $[0,255]$  (typ uint8) lub  $[0, 1]$  (typ double) co odpowiada 256 odcieniom szarości. Ten typ macierzy zapisujemy z rozszerzeniem unit 8. Jeśli obraz jest o większej liczbie poziomów szarości niż 8 bitów, to najczęściej jest on zapisywany w macierzy z rozszerzeniem double, a wartości pikseli zawierają się wówczas w przedziale  $[0, 1]$ . Podobną interpretację przeprowadza się w stosunku do formatu uint 16, której interpretacja jest analogiczna do formatu uint8.

### ad.3 Obrazy barwne RGB

Obrazy występujące w przyrodzie są na ogół obrazami kolorowymi. Technika komputerowa, podobnie jak telewizja do zapisu obrazów kolorowych, korzysta między innymi ze standardu RGB (red - green - blue), czyli tworzy wszystkie kolory z trzech podstawowych składowych: czerwonej, zielonej i niebieskiej.

**Model RGB jest modelem addytywnym**, co oznacza, że kolor powstaje przez dodanie do siebie światła o barwach podstawowych. Zmieszanie maksymalnego natężenia wszystkich trzech składowych RGB daje kolor biały, ich brak - kolor czarny. Połączenie równych ilości kolorów czerwonego, zielonego i niebieskiego daje kolor neutralny szary.



### ad.3 Obrazy barwne RGB

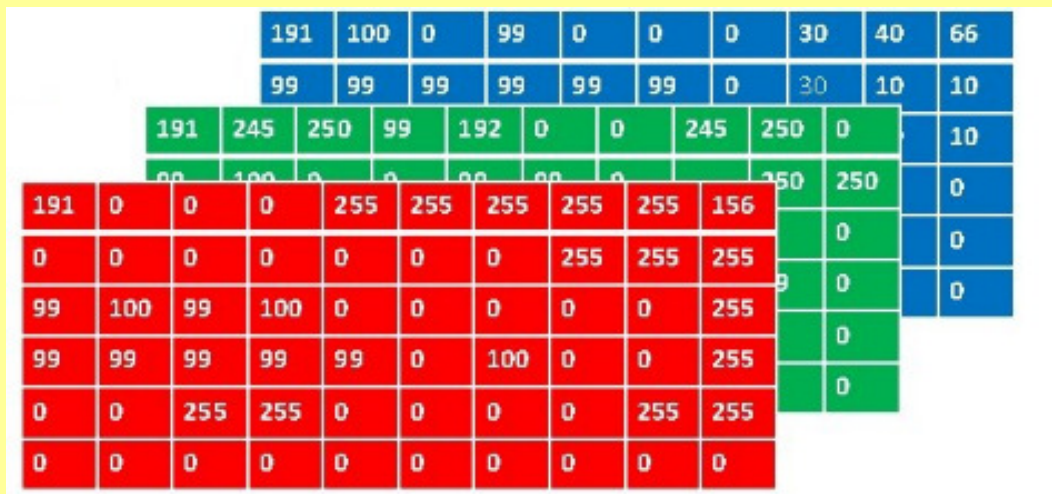
**W grafice komputerowej najczęściej stosuje się opis RGB** jako kombinację trzech liczb 8-bitowych (czasem są to liczby 16-bitowe) - każda składowa może więc przybierać 256 poziomów, co razem daje 16,7 milionów kolorów. Taką też ilość barw są w stanie zreprodukować (przynajmniej teoretycznie) urządzenia pracujące w tym modelu: monitory, skanery, kamery cyfrowe.

Dobór właściwych, z punktu widzenia przetwarzania obrazu, poziomów szarości dla obrazów monochromatycznych lub nasycenia poszczególnych kolorów jest zawsze **kompromisem pomiędzy jakością obrazu**, i - co za tym idzie - ilością ukrytej w nim informacji, a **zajętością pamięci**.

Sposób postępowania wygląda zazwyczaj następująco: pozyskuje się obraz o stosunkowo dużej ilości kolorów, by w trakcie kolejnych, wstępnych etapów obróbki obrazu dojść do mniejszej, praktycznej ilości kolorów. **Warto tutaj zwrócić uwagę, iż proces ten jest nieodwracalny.**

### ad.3 Obrazy barwne RGB

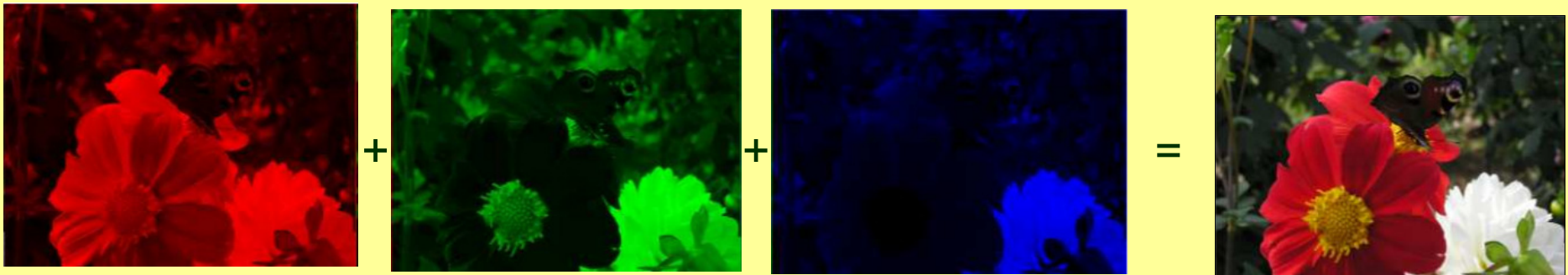
Obraz barwny RGB to macierz trójwymiarowa ( $M \times N \times 3$ ), a jej trzy składowe macierze podają jasności składowych barw pikseli: R - czerwony (Red), G - zielony (Green), B - niebieski (Blue).



Macierz intensywności kolorów RGB to w rzeczywistości trzy macierze o wymiarach  $M \times N \times 3$ , co można zapisać:  $M \times N \times R$ ,  $M \times N \times G$ ,  $M \times N \times B$ . Poszczególne elementy kolejnych macierzy  $M \times N \times R$ ,  $M \times N \times G$ ,  $M \times N \times B$  przyjmują wartości całkowite najczęściej z przedziału  $[0, 255]$ , co odpowiada 256 poziomom nasycenia odpowiednio barw czerwonej, zielonej lub niebieskiej, występujących w obrazie, lub z przedziału  $[0, 1]$  przy większej rozdzielczości poziomów nasycenia barw.



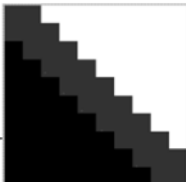
## Sumowanie RGB



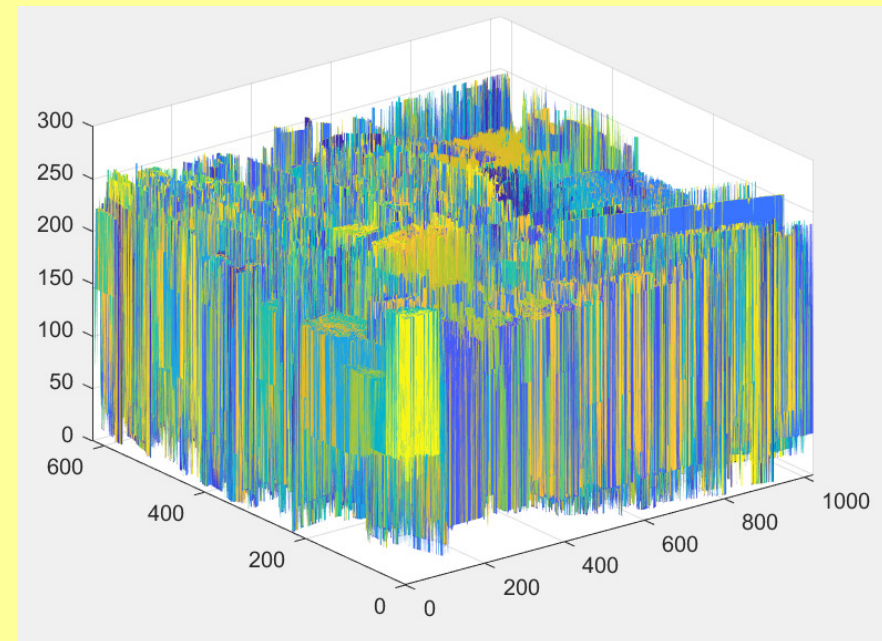
## ad. Obrazy barwne indeksowane.

Obraz indeksowany jest zapisany dwoma macierzami. Pierwsza o wymiarach  $M \times N$  podaje indeksy (numery) kolorów dla każdego piksela. Druga macierz przechowuje paletę kolorów. Posiada trzy kolumny odpowiadające odcieniom trzech barw podstawowych i tyle wierszy ile kolorów w paletcie.

a) macierz indeksów	b) macierz mapy kolorów
<b>A =</b>	<b>map =</b>
9 9 15 15 15 15 15 15 15 15	0 0 0
9 9 9 15 15 15 15 15 15 15	0.7490 0 0
0 9 9 9 15 15 15 15 15 15	0 0.7490 0
0 0 9 9 9 15 15 15 15 15	0.7490 0.7490 0
0 0 0 9 9 9 15 15 15 15	0 0 0.7490
0 0 0 0 9 9 9 15 15 15	0.7490 0 0.7490
0 0 0 0 0 9 9 9 15 15	0 0.7490 0.7490
0 0 0 0 0 0 9 9 9 15	0.7529 0.7529 0.7529
0 0 0 0 0 0 0 9 9 9	0.5020 0.5020 0.5020
0 0 0 0 0 0 0 0 9 9	1.0000 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 9	0 1.0000 0
	1.0000 1.0000 0
	0 0 1.0000
	1.0000 0 1.0000
	0 1.0000 1.0000
	1.0000 1.0000 1.0000



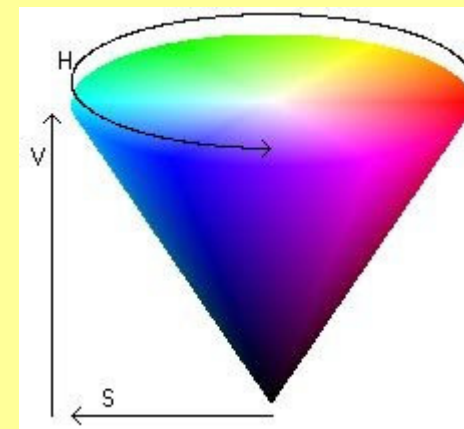
## Obraz indeksowany można przedstawić w postaci powierzchni 3D



## Palety barw w programie Matlab

Podstawowym sposobem zapisu barwy obrazów cyfrowych jest tzw. format **RGB**. Wpływ zmian wartości poszczególnych składowych R, G, B na końcową barwę nie zawsze jest zgodny z odczuciem człowieka, dlatego opracowano inne modele barw ułatwiających odbiór obrazu w komputerze. Jednym z nich jest model HSV.

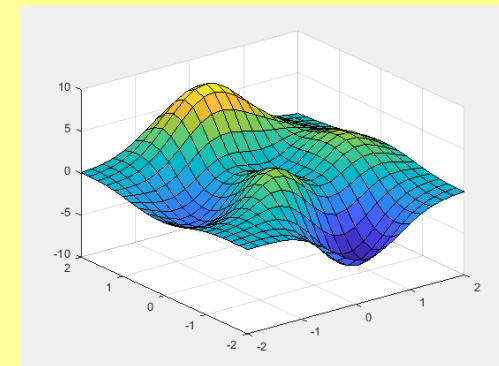
Model HSV nawiązuje do sposobu, w jakim widzi ludzki narząd wzroku, gdzie wszystkie barwy postrzegane są jako światło pochodzące z oświetlenia. Według tego modelu wszelkie barwy wywodzą się ze światła białego, gdzie część widma zostaje wchłonięta, a część odbita od oświetlanych przedmiotów. Model jest rozpatrywany jako stożek, którego podstawą jest koło barw.



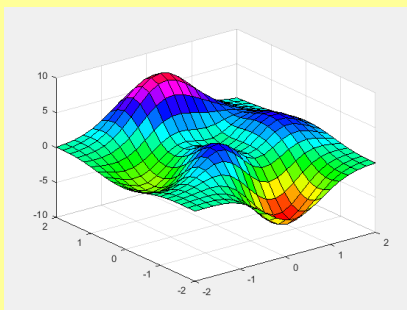
Jak pokazano niżej, macierz typu IND o rozdzielczości MxN wykorzystywana do reprezentacji natężenia pikseli obrazu monochromatycznego często jest łączona z macierzą mapy kolorów. Dzięki takiemu połączeniu powstaje obraz kolorowy o ilościach kolorów zależnych od ilości wierszy w macierzy map. Matlab umożliwia również utworzenie sztucznych palet barw, które zestawiono w poniższej tabeli:

### Sztuczne palety barw w Matlabie:

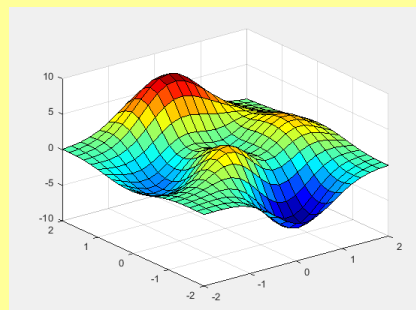
HSV	mapa kolorów hsv
Jet	przestawione mapy hsv
Hot	kolory ciepłe: czarny, czerwony, żółty, biały
Cool	kolory zimne: odcienie błękitu i purpury
Gray	skala szarości
Bone	skala szarości w odcieniu niebieskim
Copper	skala szarości w odcieniu miedzi
Pink	skala szarości w odcieniu różu
Prism	kolory: zielony, żółty, czerwony, fiolet, niebieski
Flag	kolory: czerwony, biały, niebieski, czarny.



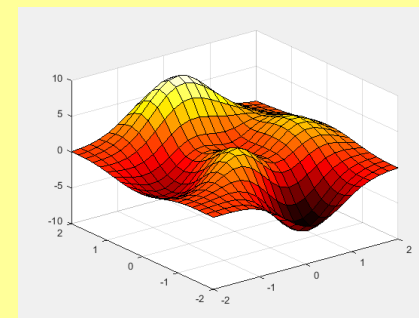
# Palety barw



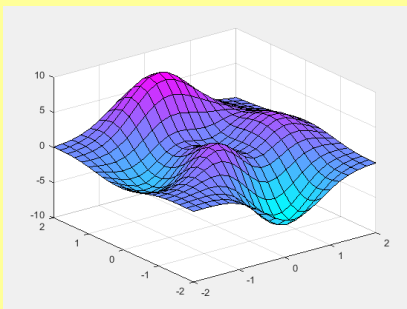
HSV



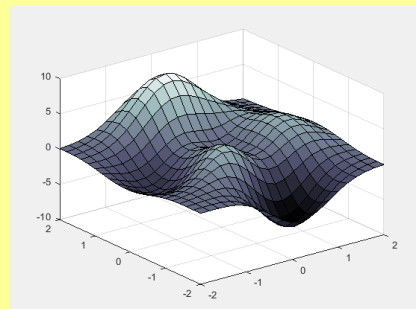
Jet



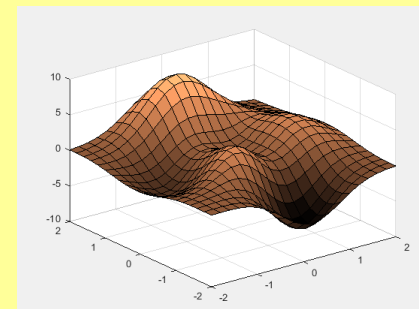
Hot



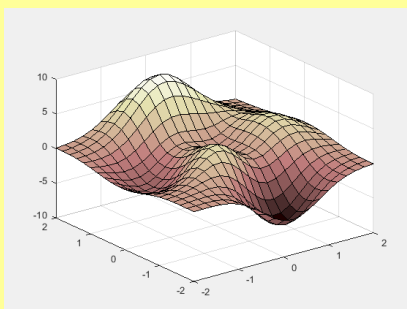
Cool



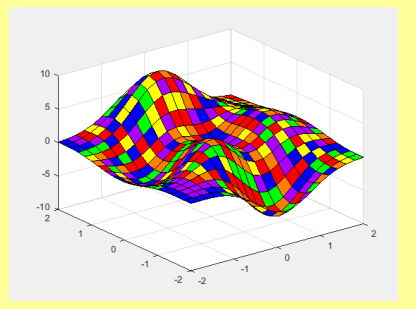
Bone



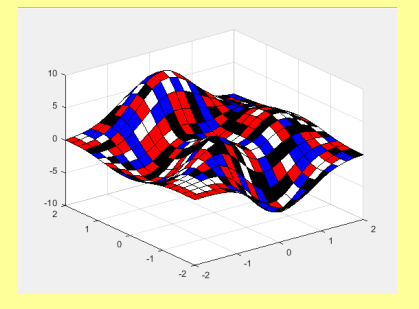
Copper



Pink



Prism



Flag

## Wczytywanie obrazu

Ogólna postać instrukcji wczytywania obrazu z pliku do macierzy ma następującą składnię:

```
Nazwa_macierzy = imread(nazwa_pliku);
```

Dla obrazu kolorowego typu indeksowanego funkcja ta wczytuje także drugą macierz - paletę (mapę) kolorów:

```
[Nazwa_macierzy mapa] = imread(nazwa_pliku);
```

## Wyświetlanie obrazów

Do wyświetlenia obrazu służy instrukcja: **imshow** (macierz\_obrazu, macierz\_palety); dla obrazów szarych wystarczy: `imshow (macierz obrazu);`



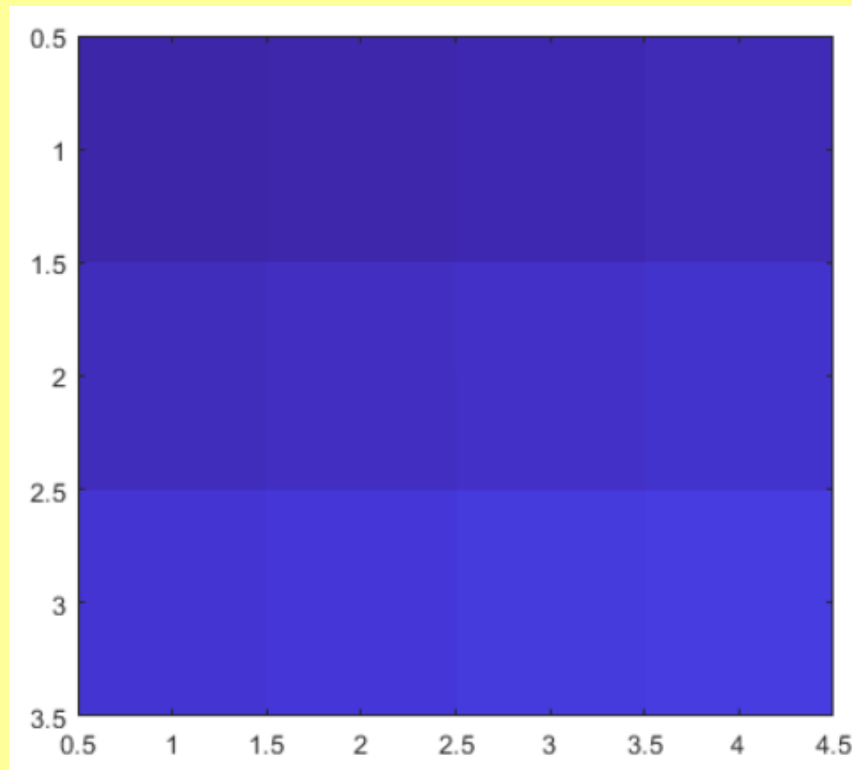
Obrazy można wyświetlać także przy pomocy instrukcji przeznaczonych do wyświetlania zawartości macierzy: **image** i **imagesc** (ze skalowaniem do pełnej palety barw).



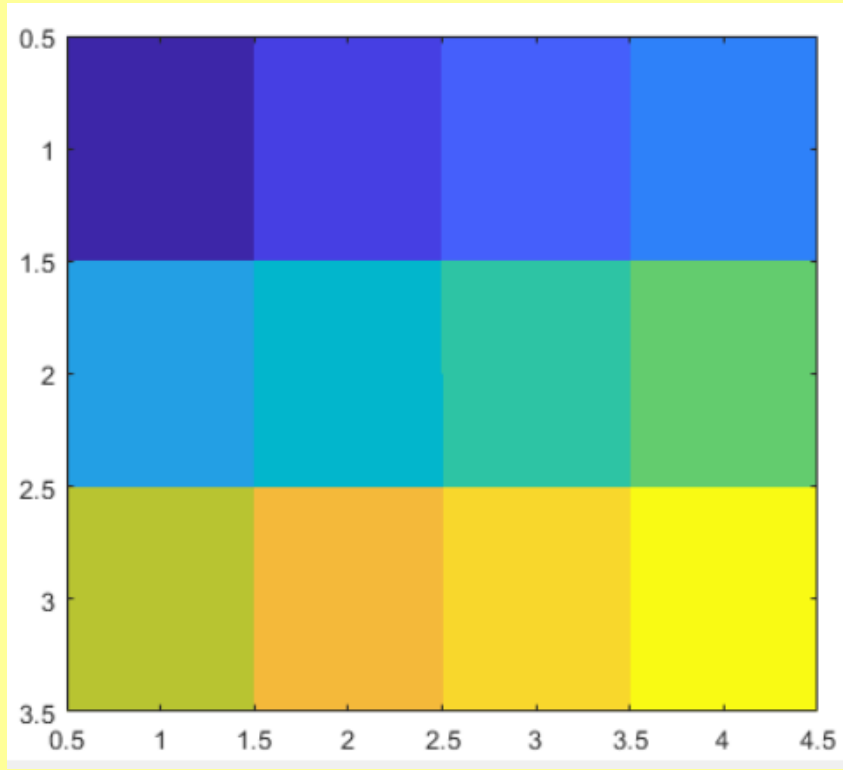
## Różnice w działaniu funkcji image i imagesc

Wyświetl macierz  $D = [0 \ 2 \ 4 \ 6; 8 \ 10 \ 12 \ 14; 16 \ 18 \ 20 \ 22]$

**Image(D)**



**Imagesc(D)**



Do wyświetlania zawartości macierzy można także użyć funkcji stosowanych do tworzenia wykresów 2D, np. **surf**.

Należy przy tym pamiętać, że numeracja wierszy w Matlabie jest przeprowadzana **w odwrotnej kolejności** w stosunku do kartezjańskiego układu współrzędnych.

Funkcja **image**



Funkcja **surf**



Często zachodzi potrzeba konwersji jednego formatu zapisu obrazu w drugi. Do przeprowadzania tego typu operacji służą funkcje zestawione poniżej:

### **Funkcje transformujące mapy kolorów**

<b>hsv2rgb</b>	transformuje macierz obrazu hsv na rgb
<b>ntsc2rgb</b>	transformuje macierz obrazu ntsc na rgb
<b>rgb2hsv</b>	transformuje macierz obrazu rgb na hsv
<b>rgb2ntsc</b>	transformuje macierz obrazu rgb na ntsc
<b>ind2bw</b>	przetwarza obraz w obraz binarny z zadaniem progiem
<b>ind2gray</b>	przetwarza macierz indeksów w macierz intensywności
<b>Ind2rgb</b>	przetwarza macierz indeksów w macierz RGB
<b>mat2gray</b>	przetwarza macierz w macierz intensywności obrazu
<b>rgb2gray</b>	przetwarza obraz RGB do grayscale
<b>rgb2 ind</b>	przetwarza obraz RGB w macierz indeksu obrazu

### Przykład: konwersja obrazu kolorowego na monochromatyczny

```
Zdjecie_prawe=rgb2gray(zdjecie_lewe);
```



W Matlabie rozróżnia się kilka typów **formatu danych**. Najczęściej stosuje się trzy typy danych: **uint8** - 8-bitowa, **double** - 64-bitowa i **logical** 1-bitowa. Podczas pracy z wykorzystaniem programu Image Processing niejednokrotnie zachodzi potrzeba zamiany jednego typu danych na drugi.

**Wszelkie** operacje arytmetyczne na macierzy obrazu w Matlabie wymagają przekonwertowania na typ **double**.

Poniżej zestawiono sposoby zamiany typów danych dla różnych postaci macierzy obrazów.

### Metody zmiany typów danych macierzy obrazów

#### **uint8** → **double**

IND      $L2 = \text{double}(L1)+1$

GRAY    $JL2 = \text{double}(L1)/255$

BIN      $J2 = \text{double}(L1)$

#### **double** → **uint8**

IND      $L2 = \text{uint8}(\text{round}(A-1))$

GRAY    $L2 = \text{uint8}(\text{round}(A*255))$

BIN      $L2 = \text{logical}(\text{uint8}(\text{round}(A)))$

W Matlabie informacje o obrazie można uzyskać dzięki funkcji **imfinfo**.

**Najważniejsze parametry obrazu zwracane przez funkcję imfinfo.**

<b>Filename</b>	nazwa pliku
<b>FileModData</b>	ostatnia modyfikacja pliku
<b>FileSize</b>	rozmiar pliku w bajtach
<b>Format</b>	format pliku obrazu
<b>Format Version</b>	wersja formatu
<b>Width</b>	rozmiar pionowy w pikselach
<b>Height</b>	rozmiar poziomy w pikselach
<b>BitDepth</b>	ilość bitów reprezentujących pojedynczy piksel
<b>ColorType</b>	kolor obrazu, tj: „truecolor”, „grayscale” lub „indexed”.

## Format graficzny zapisu obrazu

W **nagłówku pliku graficznego** (po którym następują właściwe dane obrazu) zawarte są następujące informacje:

- typ obrazu,
- liczba bitów przypadających na jeden punkt obrazu,
- szerokość i wysokość obrazu,
- rzeczywisty rozmiar „wycinka” obszaru reprezentowanego przez pojedynczy punkt,
- sposób organizacji pamięci zapisu obrazu (np. wiersz po wierszu lub kolumna po kolumnie) itp.

Sposób zapisu tej informacji określa **format graficzny zapisu obrazu**. Najczęściej stosuje się następujące formaty zapisu obrazu: **BMP, PCX, TARGA, TIFF**.

### Typy plików graficznych obsługiwanych przez Matlab:

<b>Format</b>	<b>Typ pliku</b>
<b>bmp</b>	<b>Windows bitmap</b>
<b>hdf</b>	<b>Hierarchical Data Format</b>
<b>jpg</b> lub <b>jpeg</b>	<b>Joint Photographers Expert Group</b>
<b>pcx</b>	<b>Windows Paintbrush</b>
<b>tif</b> lub <b>tiff</b>	<b>Tragged Image File Format</b>
<b>xwd</b>	<b>X Windows Dump</b>
<b>png</b>	<b>Portale Network Graphics (rastrowy format plików, system bezstratnej kompresji)</b>

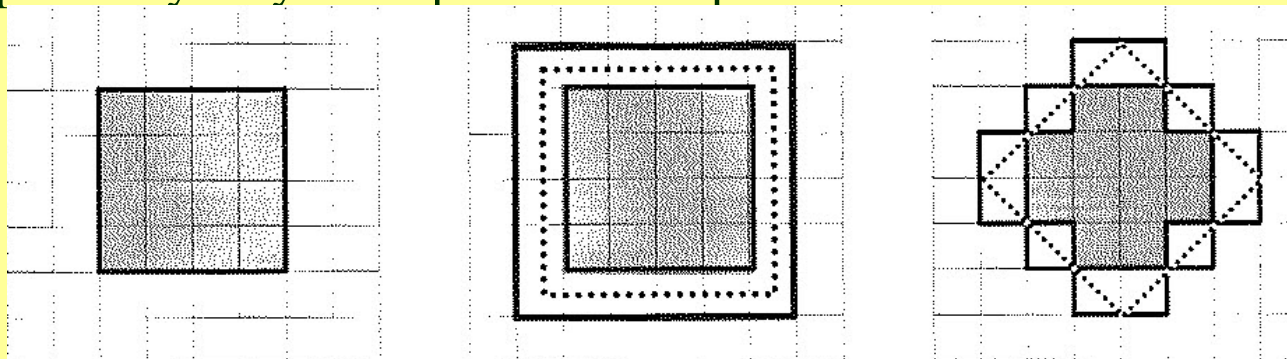


## Rozdzielczość przestrzenna obrazu

Obraz w komputerze składa się z siatki dyskretnych punktów o zadanym poziomie jasności dla obrazów monochromatycznych lub z odpowiedniej barwy dla obrazów kolorowych.

W przetwarzaniu oraz w analizie obrazów rozdzielczość przestrzenną można skrótowo określić jako iloczyn kartezyjański  $M \times N$ .

Na rysunku przedstawiono przykładowe problemy występujące podczas powiększenia i obrotu figury na kwadratowej siatce obrazu. Obraz można powiększać tylko skokowo o jeden stopień siatki, na której tworzy się obraz. Pogrubioną linią zaznaczono kontury obiektu powstałego dla dwóch kolejnych możliwych położenia poszczególnych pikseli, natomiast linią przerywaną - położenie figury, gdy występuje nieskończona rozdzielczość optyczna obrazu. W przypadku obrotu obrazu o zadany kąt pojawia się problem z kształtem otrzymanej figury (obrzeże figury może być utworzone tylko z jednostkowych odcinków położonych tylko w pionie lub w poziomie).



### Metody interpolacji przestrzennej obrazu

W przetwarzaniu stopni szarości i intensywności barw punktów obrazu wynikowego na podstawie wartości stopni szarości lub nasycenia barw punktów obrazu źródłowego wykorzystuje się trzy metody interpolacji wartości stopni szarości lub nasycenia barw. Są to:

- metoda najbliższego sąsiada,
- metoda interpolacji dwuliniowej,
- metoda interpolacji dwukwadratowej

W metodzie najbliższego sąsiada nową wartość piksela określa się biorąc pod uwagę wartości pikseli w jego sąsiedztwie (na ogół analizuje się wartości 4 najbliższych sąsiadów). Analizowany piksel przyjmuje wartość piksela, który znajduje się najbliżej niego w sensie odległości euklidesowej.

W odróżnieniu od metody najbliższego sąsiada w metodzie interpolacji dwuliniowej każdy z pikseli obrazu źródłowego wpływa na obliczenie wartości pikseli wchodzących z nim w sąsiedztwo (im bliżej położony piksel, z tym większą wagą jest brany pod uwagę).

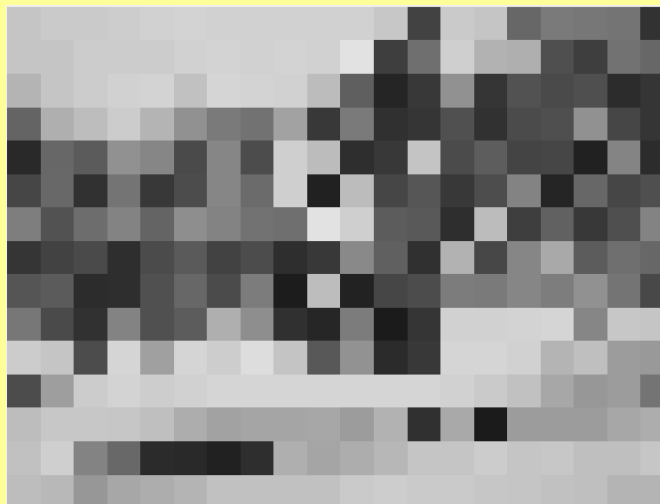
### Skutki zmiany rozdzielczości przestrzennej (metoda najbliższego sąsiada)



$M \times N = 240 \times 320$



$M \times N = 60 \times 80$



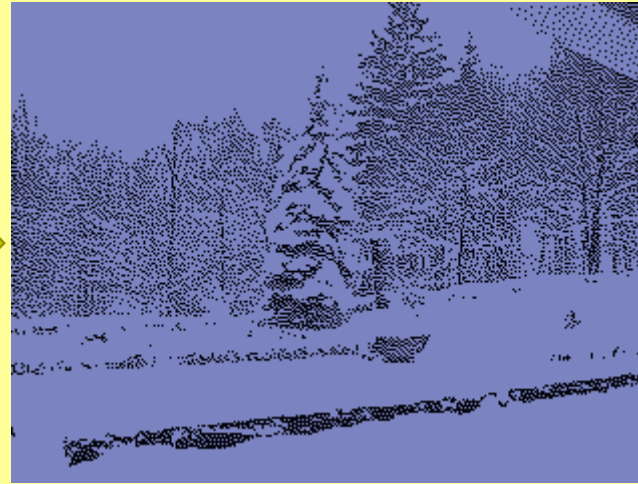
$M \times N = 15 \times 20$

## Rozdzielczość poziomów szarości obrazu

W praktyce przetwarzania obrazów czasami zachodzi potrzeba zmiany (zmniejszenia) liczby poziomów szarości lub nasycenia barw w obrazie. Proces odwrotny (zwiększenie) jest niemożliwy do wykonania.

W Matlabie zmniejszenie liczby poziomów obrazu [L map] realizuje funkcja `imapprox`:

```
[L2a, map2a]=imapprox(L, map, 2^8)
```



256x3 double			
	1	2	3
1	0.0451	0.0618	0.1574
2	0.0592	0.0717	0.2168
3	0.0745	0.1098	0.2168
4	0.1115	0.1187	0.2221

2x3 double			
	1	2	3
1	0.0157	0.0196	0.0471
2	0.4824	0.5137	0.7529
3			
4			

## Zmiana jasności obrazu

Zmniejszenie (zwiększenie) jasności jest w Matlabie stosunkowo łatwe i polega na podzieleniu (pomnożeniu) macierzy obrazu przez liczbę. Aby to było możliwe trzeba najpierw zamienić elementy macierzy na typ **double**:

```
zdjecied = double(zdjecie)+1;
```



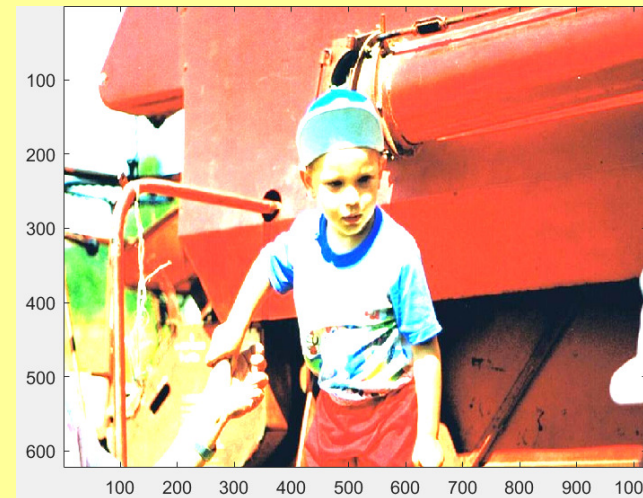
zmniejszenie jasności 2 razy

```
Zdjecie_c = zdjecied/2;
```



zwiększenie jasności 2 razy

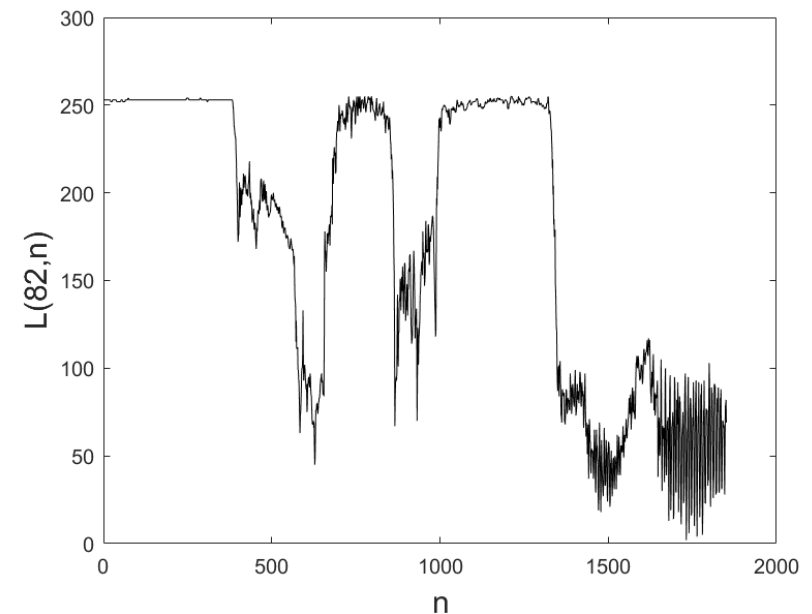
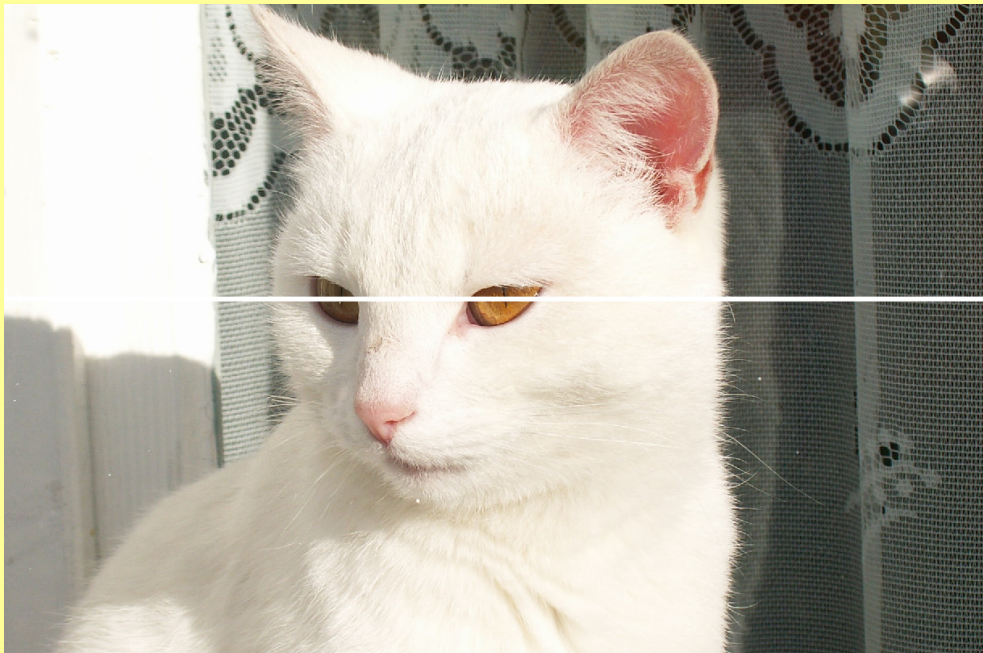
```
Zdjecie_j = zdjecied*2;
```



## Profile obrazu

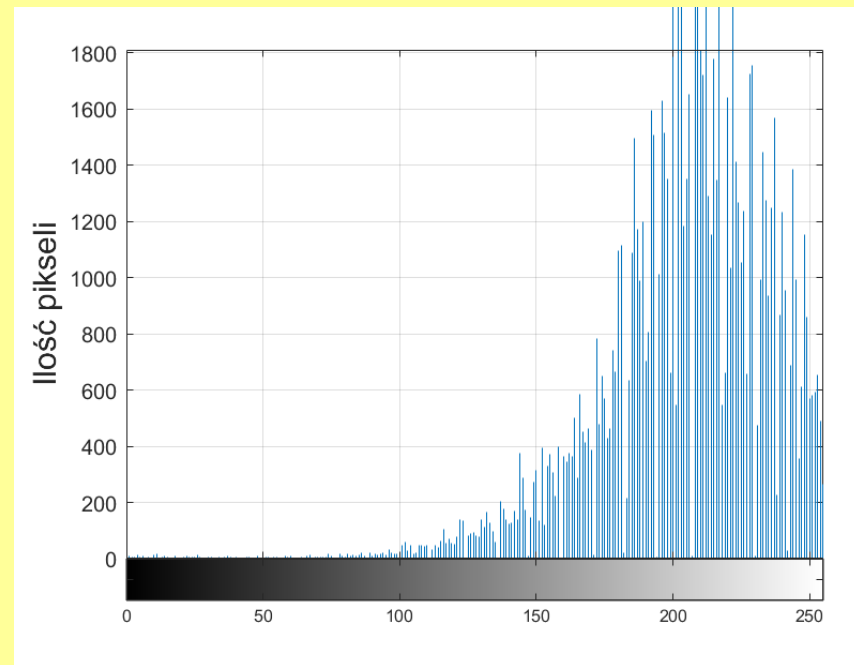
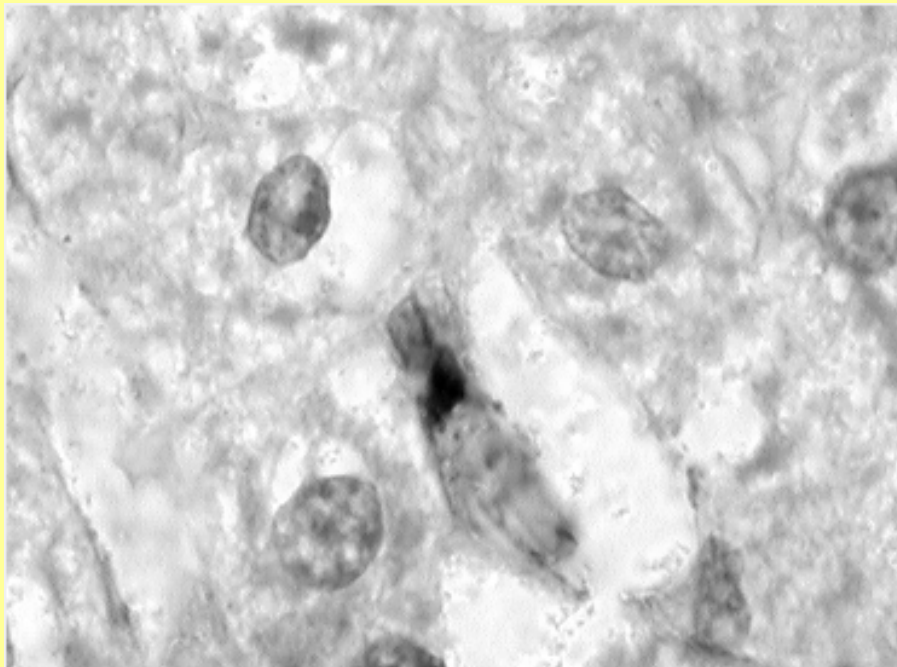
Wiele informacji o obrazie można uzyskać, rozpatrując jego **wybrane przekroje**. Obraz będący funkcją dwóch zmiennych bardzo plastycznie oddaje charakter obrazu.

W Matlabie obraz można przedstawić jako funkcję dwóch zmiennych lub uzyskać **przekroje** obrazów w poziomie, pionie lub względem dowolnej prostej. Linie, wzdłuż których mają być narysowane przekroje poziomów szarości w obrazie, mogą być zadane myszką lub przez podanie ich współrzędnych  $x_1, y_1$ .



## Histogram obrazu

Funkcja **imhist** podaje liczbę pikseli dla poszczególnych odcieni. W podanym poniżej przykładzie pokazano histogram obrazu monochromatycznego o 255 odcieniach.



Informację uzyskaną przy pomocy funkcji **imhist** można wykorzystać w procedurze binaryzacji

**Binaryzacja** jest jednym z podstawowych przekształceń stosowanych w analizie obrazów. Proces binaryzacji polega na przekształceniu obrazu mającego wiele poziomów szarości, czyli obrazów monochromatycznych i kolorowych, w obrazy czarno-białe (binarne: biały-1, czarny-0).

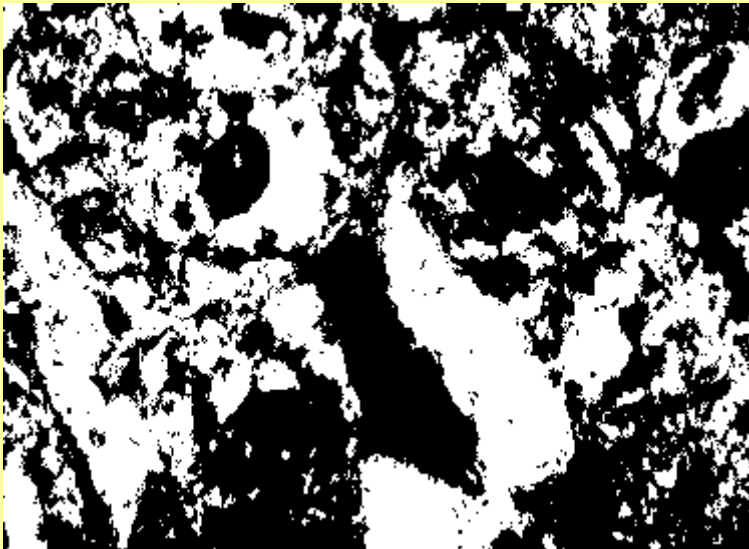
Celem binaryzacji jest radykalna redukcja ilości informacji zawartej w obrazie. Obrazy binarne najlepiej nadają się do:

- wykonywania podstawowych pomiarów na obrazach (długość, pole, liczebność elementów),
- analizowania i modyfikowania kształtów,
- definiowania przekształceń obrazów monochromatycznych (które traktuje się jako zbiór tyłu obrazów binarnych ile jest odcieni szarości).

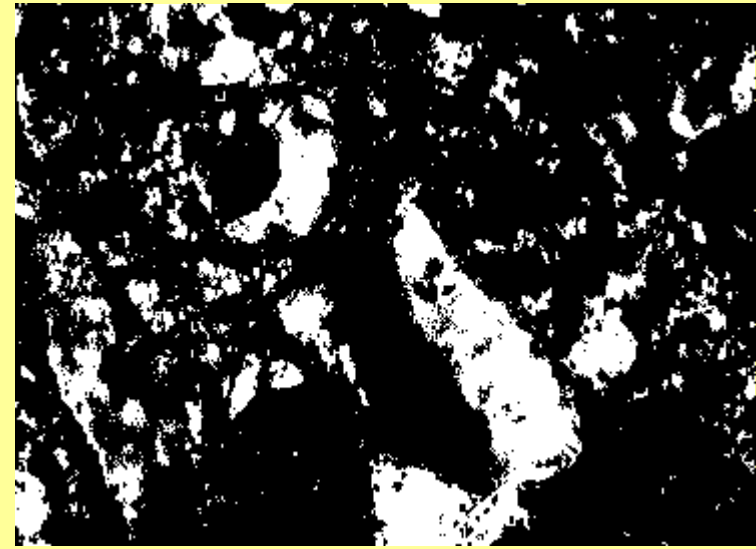


Binaryzacja z dwoma dolnymi progami obrazu monochromatycznego (wszystkie piksele poniżej progu stają się czarne-0, a powyżej białe-1)

```
L2a=L1>210;  
figure; imshow(L2a);
```



```
L2b=L1>230;  
figure; imshow(L2b);
```



### Dopełnienie obrazu

```
[L1a] = imread('kot.jpg');  
L1=rgb2gray(L1a);  
figure;imshow(L1);  
L2=imcomplement(L1);  
figure;imshow(L2);
```



### Przetwarzanie dwóch obrazów (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie)

Powyższe operacje, zarówno arytmetyczne jak i logiczne, wykonywane są na odpowiadających sobie punktach dwóch obrazów. Dodatkowo, operacje algebraiczne można wykonywać tylko na dwóch obrazach o tych samych rozmiarach.

W Matlabie dodawanie i odejmowanie dwóch obrazów realizuje się przez dodawanie lub odejmowanie stopnia szarości lub nasycenia barw odpowiadających sobie punktów na dwóch obrazach binarnych, monochromatycznych czy kolorowych.



+



=



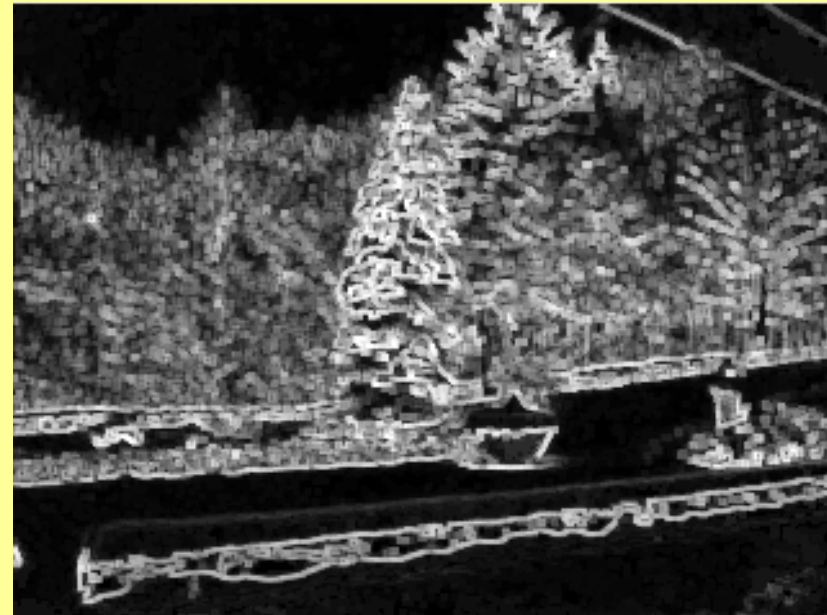
### Wybrane operacje morfologiczne

Erozja i dylatacja należą do podstawowych przekształceń morfologicznych. Proces erozji na obrazach binarnych można sobie wyobrazić, w najprostszej postaci, jako odcięcie pasa o zadanej szerokości wzdłuż brzegu obiektu. Dylatacja jest procesem odwrotnym.

...

```
gradL1=1/2*(imdilate(L1,SE)-imerode(L1,SE));
```

...



### Wybrane operacje morfologiczne

Kontur obiektu na obrazie binarnym można wyznaczyć odejmując od obrazu wejściowego obraz, na którym przeprowadzono operację erozji.

Wyznaczanie konturu obiektu na obrazie (przy pomocy elementu strukturalnego 3x3):

```
L=ind2gray(L1,map)>128; figure; imshow(L);  
SE=ones([3,3]); E=imerode(L,SE);  
L2=L-E;
```





**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**