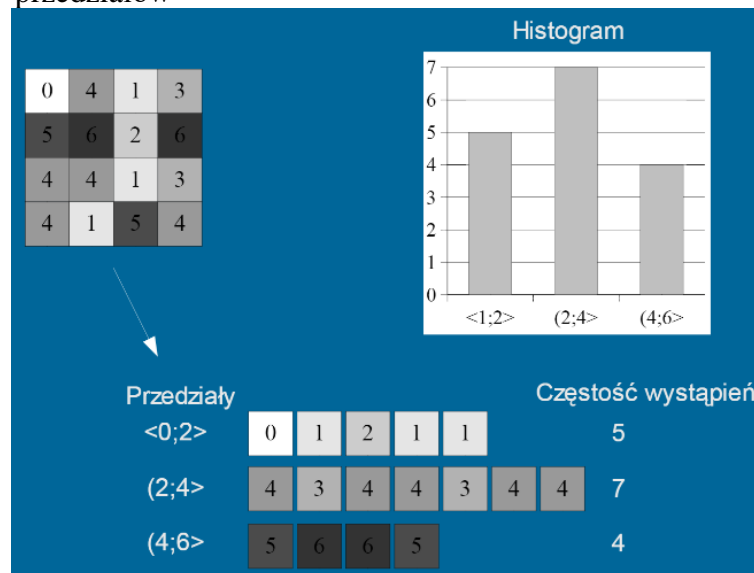


## 1. Histogram zwykły oraz dla dowolnej liczby przedziałów (+ normalizacja histogramu)

- histogram – wykres częstości występowania kolejnych wartości pikseli obrazu, pokazuje, jak liczne są w obrazie punkty o różnych wartościach jasności. Pierwszy element histogramu ma numer 0, a ostatni  $Z_{max}$  (maksymalny zakres,  $Z_{max} = 2^n - 1$ , jeżeli barwa jest reprezentowana przez „n” bitów)
- obliczanie histogramu:
  - ustalenie zakresu jasności lub przyjęcie domyślnego dla danej liczby bitów na piksel
  - określenie liczby przedziałów
  - wyznaczenie szerokości przedziałów poprzez podzielenie zakresu przez ich liczbę
  - obliczenie liczby pikseli o wartościach jasności należących do poszczególnych przedziałów



- parametry liczone z histogramu: średnia, dyspersja, współczynnik asymetrii, współczynnik ekscesu, energia, entropia
- normalizacja histogramu:
  - prosta operacja punktowa stosowana w celu poprawy obrazów o złym kontraście
  - dla histogramu  $H(b)$ , który posiada niezerowe wartości jedynie w pewnym przedziale  $[a, b]$  będącym podzakresem przedziału  $[0, 255]$  (czyli  $H(b) = 0$  dla  $0 \leq b < a$  oraz  $b < b \leq 255$ ) efektem działania operacji normalizacji jest rozszerzenie przedziału  $[a, b]$  na pełen zakres odcieni szarości
  - normalizacja jest opisywana funkcją liniową  $F$  o wartościach wzrastających od 0 do 255 w przedziale  $[a, b]$ .  $F = 0$  dla  $b < a$  oraz  $F = 255$  dla  $b > b$ .
  - normalizacja histogramu z liczbą elementów:

$$H_n(b) = \frac{H(b)}{\text{LiczbaElementowObrazu}}$$

- normalizacja histogramu z liczbą elementów i liczbą przedziałów:

$$H_n(b) = \frac{\text{LiczbaPrzedzialow} \cdot H(b)}{\text{LiczbaElementowObrazu}}$$

## 2. Normalizacja:

- normalizacja obrazu ma za zadanie ściągnąć cały zakres do przedziału  $\langle 0; 255 \rangle$  - przedział wartości dozwolonych

$$X_{norm} = 255 \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

X – macierz danych

Xnorm – znormalizowana macierz danych

```

normalizuj(Macierz) :=
  for w ∈ 0..rows(Macierz) - 1
    for k ∈ 0..cols(Macierz) - 1
      Mw,k ←
        0 if Macierzw,k < 0
        255 if Macierzw,k > 255
        floor(Macierzw,k) otherwise
  M

```

*pętla "for" po wszystkich wierszach i kolumnach*

*gdy wartość mniejsza od 0 to 0*

*gdy wartość większa od 255 to 255*

*w pozostałych przypadkach zaokrąglenie w dół do wartości całkowitej*

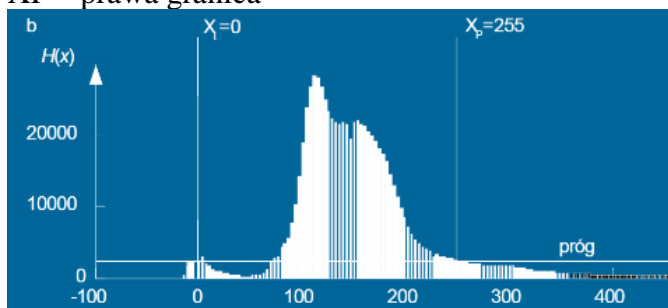
### 3. Normalizacja z wartościami progowymi (z ręcznym i automatycznym wyborem progów)

- polega na redefinicji zakresów wartości obrazu względem wartości progowej (czyli częstości występowania)
- dysponując histogramem obrazu możemy określić pozycje i szerokość zakresu, w którym znajduje się większość danych
- w tym celu wprowadza się próg określający minimalną częstość występowania elementów z lewej i prawej strony histogramu

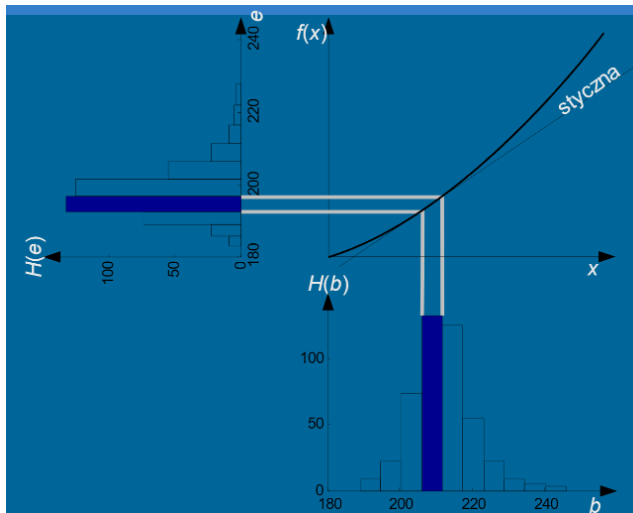
$$X_{norm} = 255 \frac{X - X_L}{X_P - X_L}$$

XL – lewa granica

XP – prawa granica



- wszystkie kanały RGB razem lub osobno
- ### 4. Rozciąganie histogramu wzdłuż krzywej – interpretacja geometryczna
- zmienia to rozkład jasności pikseli poprzez zmianę ich przyporządkowania do przedziałów histogramu, co przekłada się na zmianę szerokości przedziałów histogramu:
- $$de = f'(b)db$$
- $b$  – jasność piksela przed rozciąganiem histogramu
  - $e$  – jasność piksela po rozciąganiu histogramu
  - $f(b)$  – funkcja rozciągania histogramu
- tangens kąta nachylenia stycznej funkcji  $f(b)$  jest współczynnikiem zmiany szerokości przedziału



```

rozciągnięcie histogramu(Macierz) :=
min ← 0
max ← 255
H ← hist(h, Macierz)
while H_min ≤ 0
    min ← min + 1
while H_max ≤ 0
    max ← max - 1
for w ∈ 0..rows(Macierz) - 1
    for k ∈ 0..cols(Macierz) - 1
        M_w,k ← (255 / (max - min)) * (Macierz_w,k - min)
M
normalizuj(M)

```

przypisanie wartości początkowych zmiennym min i max  
 stworzenie wektora histogramu obrazu H wbudowaną w środowisku Mathcad funkcją hist(h, Macierz)  
 wyznaczenie elementu wektora H o najniższym indeksie, którego wartość jest większa od zera  
 wyznaczenie elementu wektora H o najwyższym indeksie, którego wartość jest większa od zera  
 przeskalowanie wartości wszystkich punktów obrazu  
 normalizacja nowych wartości obrazu

## 5. Rozciąganie histogramu wzdłuż krzywej (funkcja liniowa $y = ax + b$ – możliwość manipulowania współczynnikami $a$ i $b$ + przewidywanie kształtu histogramu)

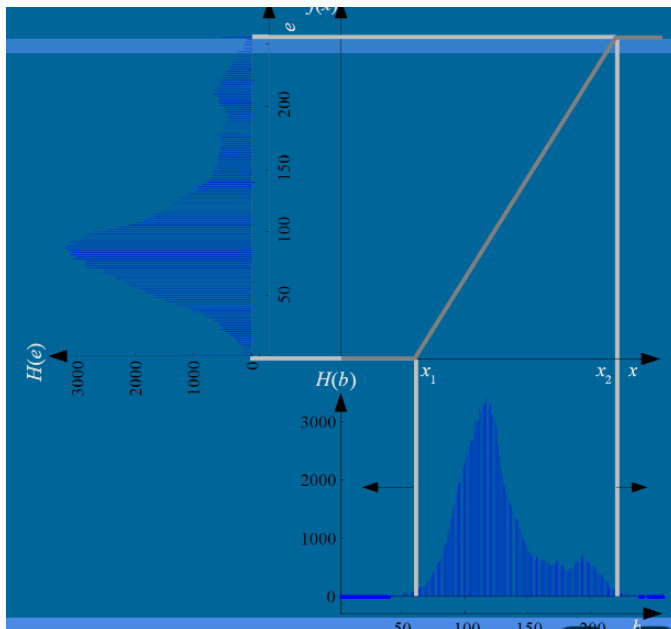
- rozciąganie histogramu wykonuje się, gdy nie pokrywa on całego zakresu wartości składowych obrazu, w celu takiej konwersji zakresu wartości składowych (np. 0-255), aby histogram obejmował wszystkie te wartości
- rozciąganie histogramu metodą liniową powoduje proporcjonalny wzrost kontrastu pomiędzy kolejnymi poziomami jasności
- funkcja liniowa jest najprostszą funkcją rozciągnięcia histogramu

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < 0 \\ ax & \\ E & \text{dla } x > E \end{cases}$$

- $E$  – maksymalna dopuszczalna wartość jasności
- $a$  – może mieć np. wartość:

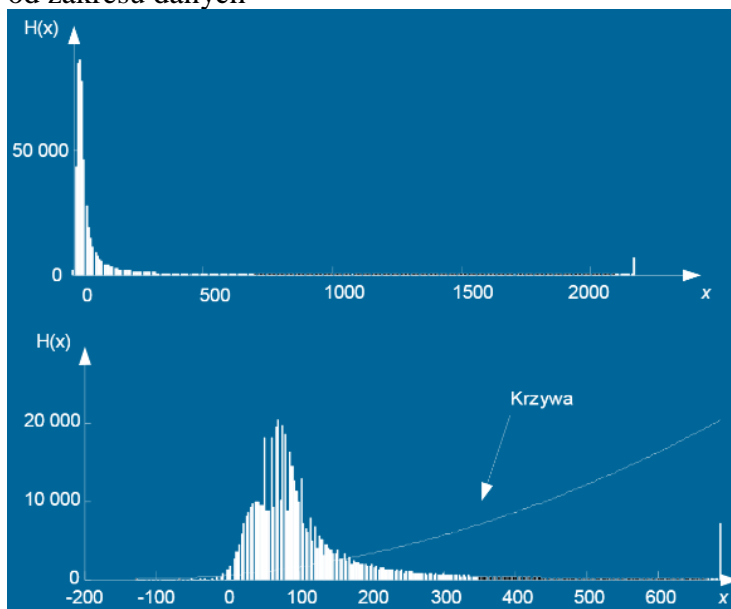
$$a = \frac{E}{x_2 - x_1}$$

- $x_1, x_2$  – wartości ograniczające histogram od dołu i od góry.



## 6. Rozciąganie histogramu wzdłuż krzywej (funkcja nieliniowa – możliwość manipulowania współczynnikiem $y = x^a$ + przewidywanie kształtu histogramu)

- wykorzystywana funkcja może być np. wykładnicza lub logarytmiczna
- rozciąganie nieliniowe powoduje podniesienie kontrastu w różnym stopniu, zależnie od zakresu danych

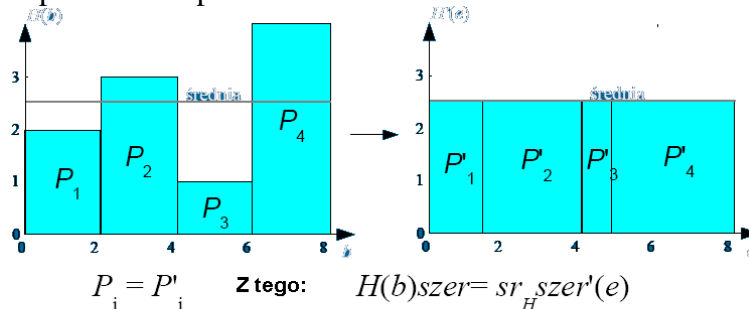


## 7. Wyrównanie histogramu (+ przewidywanie kształtu histogramu)

- ma na celu takie dobranie wartości aby wykres (histogram) był możliwie "płaski"
- polega na poprawieniu kontrastu obrazu z wykorzystaniem jego histogramu
- pozwala na uwypuklenie tych szczegółów w obrazie, które z uwagi na niewielki kontrast są mało widoczne
- sprowadza się do wykonania przekształcenia obrazu przy pomocy odpowiednio przygotowanej tablicy normalizacyjnej
  - obliczenie średniej wysokości słupków ( $N$  – liczba przedziałów,  $H$  – histogram) – dystrybucja obrazu:

$$sr_H = \frac{\sum_{b=1}^N H(b)}{N}$$

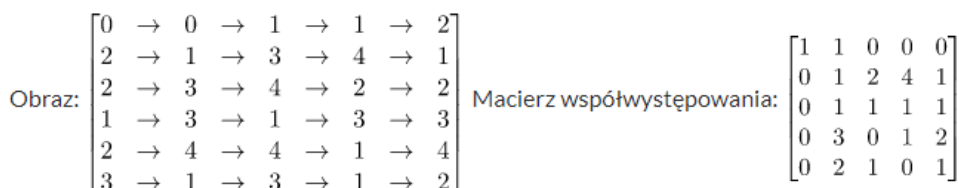
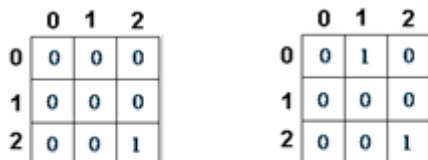
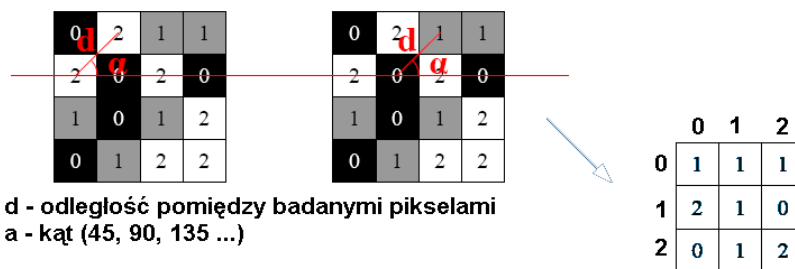
- obliczenie nowej szerokości przedziałów
- obliczanie granic przedziałów i zmiana wartości jasności tak aby znalazły się w odpowiednich przedziałach:



Czyli:  $Szer'(e) = \frac{H(b) \text{ szer}}{sr_H}$

## 8. Histogram dwuwymiarowy (macierz współwystępowania)

- jest podobna do histogramu, ale zamiast zliczać wystąpienia, zlicza relacje pomiędzy poszczególnymi pikselami (mogą one zachodzić w dowolnym kierunku) – służy do badania statystycznych zależności między sąsiednimi pikselami
- tak jak dla histogramu, istnieje podział wartości pikseli obrazu na N przedziałów jasności (wartości pikseli znajdują się w przedziale  $\langle 0, N-1 \rangle$ , a macierz ma rozmiar  $N \times N$ )
- wartość piksela i jego sąsiada są indeksami komórki w macierzy współwystępowania – indeks wiersza odpowiada wartości piksela, z którego wychodzi relacja, a indeks kolumny – na który relacja jest kierowana
- jest szczególnie przydatny w analizie tekstur



## 9. Normalizacja, negatyw i filtr konturyzacyjny Robertsa

- negatyw:
 
$$P'(x, y) = 255 - P(x, y)$$
  - $P(x, y)$  - jasność oryginalnego piksela obrazka
  - $P'(x, y)$  - jasność nowego piksela obrazka
- filtr konturizacyjny Roberts'a:
  - jego celem jest uwypuklenie i wykrywanie krawędzi, które umożliwia proste przejście do postaci wektorowej
  - działanie polega na obliczeniu różnic luminacji pikseli położonych koło siebie po przekątnych, a następnie dodaniu ich wartości bezwzględnych; otrzymuje się dwie macierze 2x2; wynikowy obraz krawędzi powstaje po obliczeniu różnic modułów z odpowiadającymi sobie elementom macierzy
  - najprościej przebieg obliczeń dla każdego piksela obrazu można zapisać w następujący sposób:
 
$$\begin{aligned} \text{tmp1} &= \text{input\_image}(x, y) - \text{input\_image}(x+1, y+1) \\ \text{tmp2} &= \text{input\_image}(x+1, y) - \text{input\_image}(x, y+1) \\ \text{output\_image}(x, y) &= \text{absolute\_value}(\text{tmp1}) + \text{absolute\_value}(\text{tmp2}) \end{aligned}$$
  - po filtracji jasności pikseli obszarów o jednolitym kolorze zostaną sprowadzone do poziomu zero, a obszary o dużej zmienności jasności otrzymają duże wartości dodatnie (w środku obrazu) lub ujemne (na krawędziach)
  - $$o_w(j, k) = \sqrt{[o(j, k) - o(j+1, k+1)]^2 + [o(j, k+1) - o(j+1, k)]^2}$$
 lub 
$$o_w(j, k) = |o(j, k) - o(j+1, k+1)| + |o(j, k+1) - o(j+1, k)|$$
, gdzie  $O_w$  - obraz wynikowy,  $O$  - obraz źródłowy

## 10. Progowanie binarne, binarne odwrotne, przedziałowe i przedziałowe odwrotne

Progowanie – operacja mająca na celu zmniejszenie poziomów jasności obrazka, np. uzyskanie obrazu binarnego. Polega na wyznaczeniu dla danego obrazu progów/progów jasności, powyżej i poniżej którego piksele otrzymują określoną wartość.

- binarne:

$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a \leq p \\ 1 & \text{dla } a > p \end{cases}$$

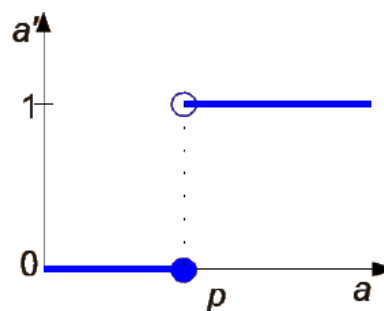
gdzie

$a$  – jasność oryginalnego piksela obrazka;

$a'$  – jasność nowego piksela obrazka;

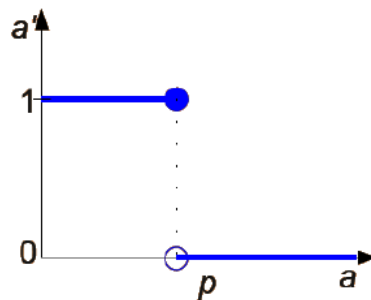
$p$  – ustalony próg.

0	4	1	3	$p = 2$	0	1	0	1
5	6	2	6		1	1	0	1
4	4	1	3		1	1	0	1
4	1	5	4		1	0	1	1



- binarne odwrotne:

$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a > p \\ 1 & \text{dla } a \leq p \end{cases}$$

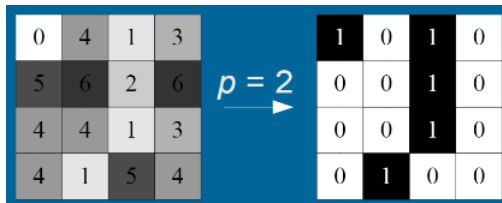


gdzie

$a$  – jasność oryginalnego piksela obrazka;

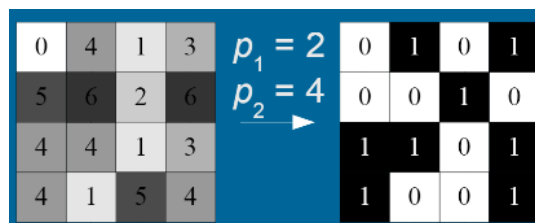
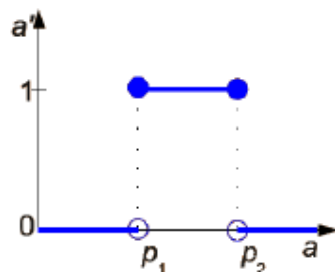
$a'$  – jasność nowego piksela obrazka;

$p$  – ustalony próg.



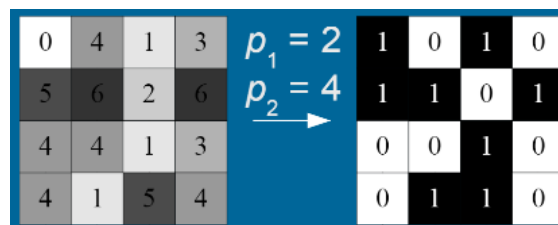
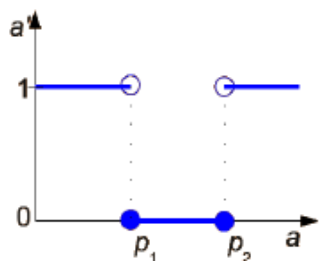
- binarne przedziałowe:

$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a < p_1 \vee a > p_2 \\ 1 & \text{dla } p_1 \leq a \leq p_2 \end{cases}$$



- przedziałowe odwrotne:

$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } p_1 \leq a \leq p_2 \\ 1 & \text{dla } a < p_1 \vee a > p_2 \end{cases}$$



## 11. Progowanie z zachowaniem poziomów szarości i progowanie wielopoziomowe:

- progowanie z zachowaniem poziomów szarości:

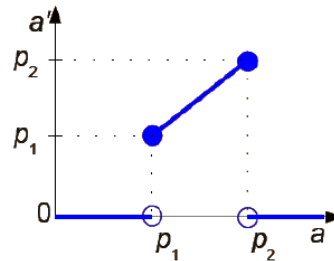
$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a < p_1 \vee a > p_2 \\ a & \text{dla } p_1 \leq a \leq p_2 \end{cases}$$

gdzie

$a$  – jasność oryginalnego piksela obrazka;

$a'$  – jasność nowego piksela obrazka;

$p_1, p_2$  – ustalone progi.



0	4	1	3	$p_1 = 2$	0	4	0	3
5	6	2	6	$p_2 = 4$	0	0	2	0
4	4	1	3	→	4	4	0	3
4	1	5	4		4	0	0	4

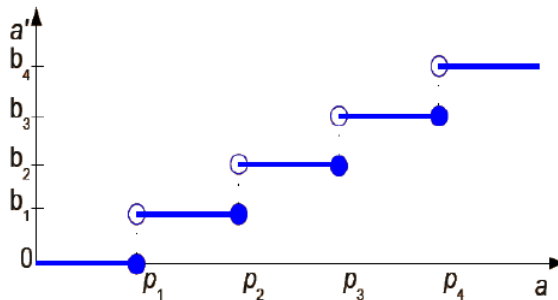
- progowanie (obrazu kolorowego) z zachowaniem poziomu jasności:

$$A' = \begin{cases} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} & \text{dla } a_r < p_{r1} \vee a_r > p_{r2} \vee a_g < p_{g1} \vee a_g > p_{g2} \vee a_b < p_{b1} \vee a_b > p_{b2} \\ A & \text{dla } p_{r1} \leq a_r \leq p_{r2} \wedge p_{g1} \leq a_g \leq p_{g2} \wedge p_{b1} \leq a_b \leq p_{b2} \end{cases}$$

- $A$  – wektor składowych koloru piksela obrazka przed progowaniem
- $A'$  – wektor składowych koloru piksela obrazka po progowaniu
- $p_{r1}, p_{r2}, p_{g1}, p_{g2}, p_{b1}, p_{b2}$  – ustalone progi dla poszczególnych kolorów

- progowanie wielopoziomowe:

$$a' = \begin{cases} 0 & \text{dla } a \leq p_1 \\ b_1 & \text{dla } p_1 < a \leq p_2 \\ b_2 & \text{dla } p_2 < a \leq p_3 \\ \vdots & \\ b_{N-1} & \text{dla } p_{N-1} < a \leq p_N \end{cases}$$



- $a$  – jasność oryginalnego piksela obrazka
- $a'$  – jasność nowego piksela obrazka
- $b_1, b_2, \dots, b_N$  – ustalone poziomy szarości
- $p_1, p_2, \dots, p_N$  – ustalone progi

0	4	1	3	$p_1 = 2$	0	1	0	1
5	6	2	6	$p_2 = 4$	2	2	0	2
4	4	1	3	→	1	1	0	1
4	1	5	4		1	0	2	1

## 12. Dodawanie obrazów:

- dodawanie obrazów jest możliwe dzięki temu, że w pamięci komputera obraz jest dwuwymiarową tablicą wartości liczbowych, na której można wykonywać operacje matematyczne takie jak dla macierzy (dodawanie, odejmowanie, działania logiczne)
- dwa lub więcej obrazów można połączyć poprzez operację sumowania macierzy:



$$O' = \frac{O_1}{w_1} + \frac{O_2}{w_2} + \dots + \frac{O_N}{w_N}$$

- $O_1, O_2, \dots, O_N$  - obrazki sumowane
- $O'$  - obrazek powstały w wyniku zsumowania
- $w_1, w_2, \dots, w_N$  - współczynniki normalizujące (wagi) – powinny spełniać warunek:

$$\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \dots + \frac{1}{w_N} = 1$$

```

dodawanie(M1,M2) :=
  for w ∈ 0..rows(M1) - 1
    for k ∈ 0..cols(M1) - 1
      Mw,k ← M1w,k + M2w,k
  M
  normalizuj(M)

```

### 13. Efekty uzyskiwane za pomocą przetwarzania obrazów: duch, Blue box

- duch:
  - efekt ten jest możliwy do poprzez dodanie do siebie dwóch obrazków z odpowiednim doбором ich wag (?)
  - ghost imaging – technika, w której otrzymuje się obraz obiektu poprzez połączenie informacji z dwóch detektorów światła – tradycyjnego wielopikselowego, który nie wyświetla obiektu, oraz jednopikselowego detektora wyświetlającego obiekt. Technika wykorzystywana np. gdy poziomy oświetlenia są bardzo niskie.
- Blue Box – polega na robieniu zdjęć obiektu na tle o jednolitym, występującym rzadko kolorze (niebieski, zielony). W czasie obróbki na kolor ten można nałożyć inny obraz, komputerowo generowane środowisko.

### 14. Wydzielanie konturu za pomocą operacji logicznych

- konturyzacja – uwypuklanie i wykrywanie krawędzi, umożliwia proste przejście do postaci wektorowej
- wykrywanie krawędzi redukuje obraz jedynie do zawartych w nim krawędzi
- może następować splotowym filtrem konturyzacyjnym lub z wykorzystaniem operacji logicznych:
  - obraz jako macierz wartości logicznych (0 i 1)
  - tworzy się dwie macierze pochodne z obrazem przesuniętym o 1 piksel w dół i o 1 piksel w prawo
  - operacja logiczna XOR macierzy pierwotnej z każdą z macierzy pochodnych
  - operacja logiczna OR powstałych macierzy
  - otrzymana macierz zawiera kontur obrazu z macierzy pierwotnej

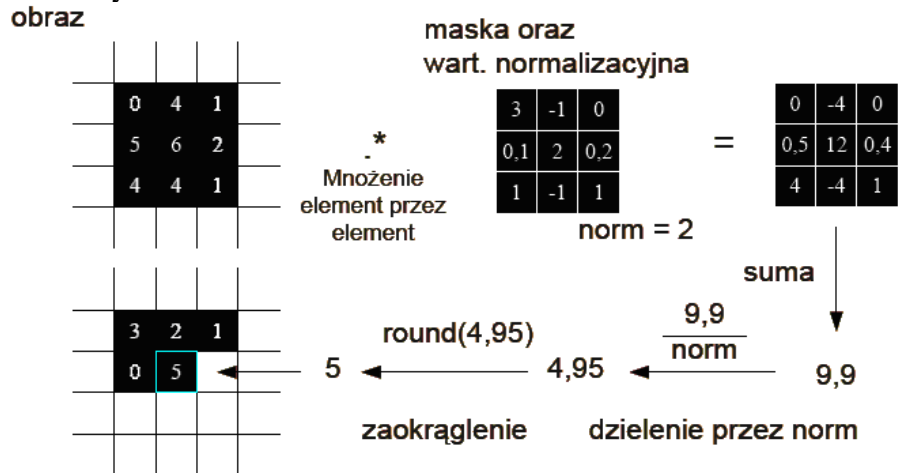
### 15. Dwuwymiarowa filtracja splotowa

- Punktem wyjścia do definicji filtracji splotowej jest splot – we wzorze na splot dwóch funkcji  $f$  i  $g$ :

$$h(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x') g(x - x') dx'$$

zastępuje się funkcje tablicami wartości dyskretnych i operacje całkowania – sumowaniem. Ze względu na sposób liczenia wartości tablicy splotu wyróżnia się splot liniowy, cykliczny lub sektorowy.

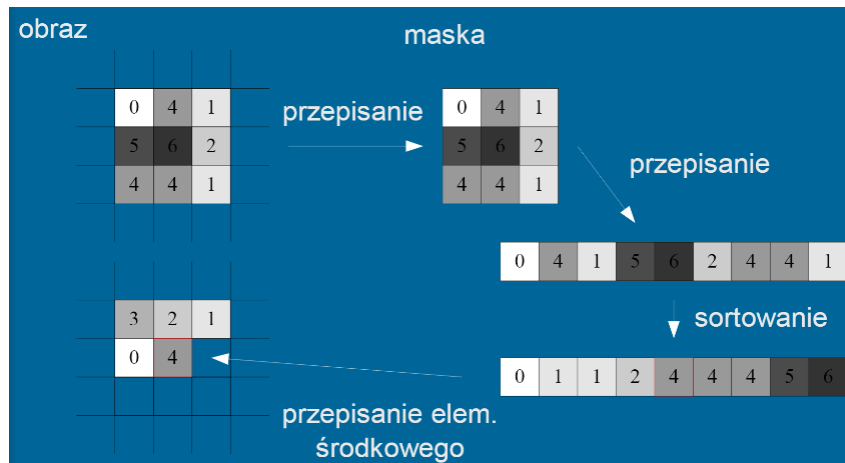
- Dwuwymiarowa filtracja splotowa – polega na przemnożeniu tablicowym fragmentu obrazu przez maskę (dwuwymiarową), zsumowaniu wyników, podzieleniu ich przez normę maski (norma musi być większa od 1, najczęściej jest to suma elementów maski), zaokrągleniu wyniku i wpisanie go do nowej macierzy:



- Może występować problem elementów skrajnych (ich pominięcie, powielenie lub dynamiczny rozmiar maski).
- Rodzaje filtrów splotowych: uśredniający (dolnoprzepustowy), wyostrzający (górnoprzepustowy), konturyzacyjny.
- Są stosowane m.in. do wykrywania linii.
- Modyfikacje filtru splotowego – efekt wiatru, pikselizacja.

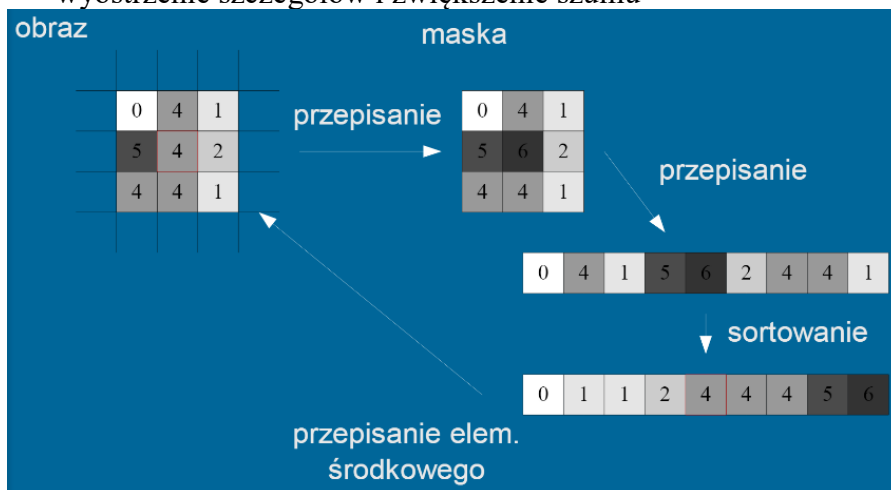
## 16. Filtr medianowy:

- należy do filtrów statycznych (umożliwiających oddzielenie i usunięcie szumu z obrazu bez istotnego zniekształcenia informacji)
- stosowany do usuwania zakłóceń z obrazu w postaci szumów (np. "pieprz i sól"); nie powoduje utraty informacji o krawędziach obiektów poprzez ich rozmywanie
- polega na wyznaczeniu wartości uśrednionej najbliższego otoczenia, wygładza obraz i usuwa szumy o niewielkiej amplitudzie
- przepisujemy określoną liczbę pikseli (wymiar maski) i sortujemy rosnąco, a następnie zapisujemy w wyjściowym obrazie wartość środkową naszej listy
- istnieją 2 wersje: mocna – gdy obliczony piksel zastępuje nam wejściowy, i bierze udział w obliczaniu sąsiednich pikseli, oraz wersja słabsza, kiedy obliczone piksele są zapisywane w innym miejscu



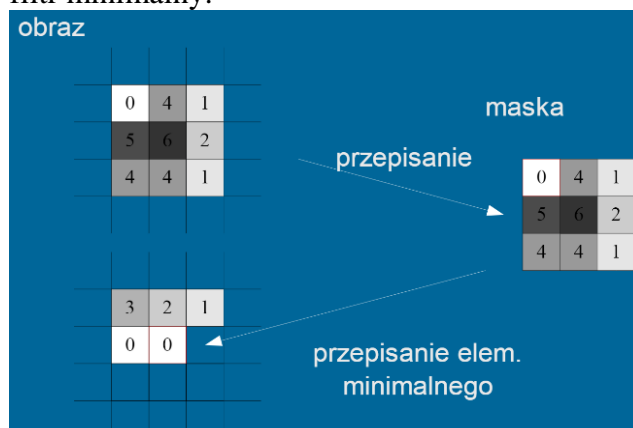
### 17. Filtr medianowy silniejszy:

- podobnie jak medianowy, tylko punkt centralny jest dużo wyższy a otaczające go pola mają małe wartości ujemne lub zerowe
- wyostrenie szczegółów i zwiększenie szumu

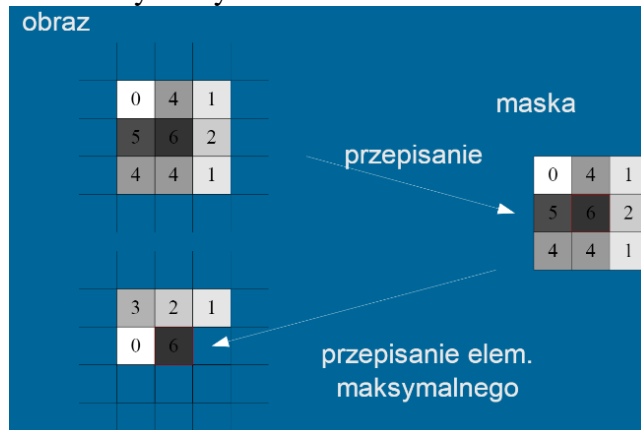


### 18. Filtr maksymalny i minimalny:

- również należą do filtrów statycznych
- w zależności od wielkości maski ( $n$  – ilość pikseli w każdą stronę od danego punktu, która będzie brana pod uwagę), badamy wartość jasności pikseli w obrębie naszej wybranej kropki, i zastępujemy ją największą lub najmniejszą wartością (w tym przypadku 0 dla filtru minimalnego i 6 dla maksymalnego)
- **filtr minimalny:**

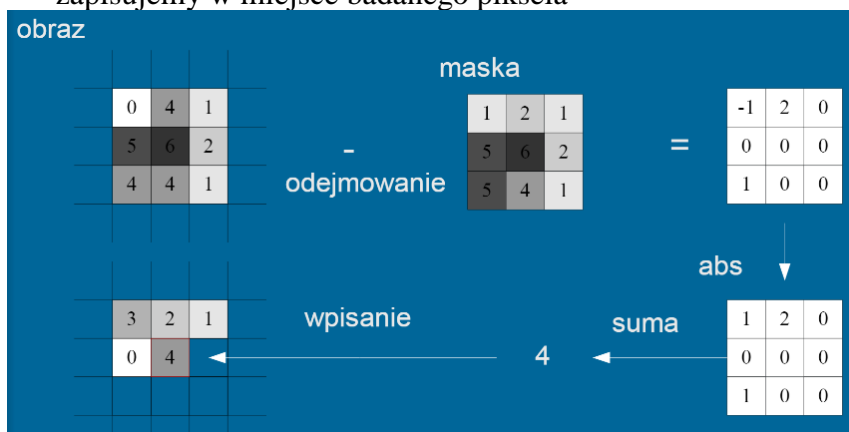


- filtr maksymalny:



### 19. Filtr różnicowy:

- w zależności o wielkości maski, od wartości pikseli w badanym obszarze odejmujemy wartości maski, obliczamy wartość bezwzględną i sumujemy – wynik zapisujemy w miejsce badanego piksela



### 20. Relief:

- obraz przekształcamy do negatywu
- przesunięcie negatywu (o 1, 2 piksele)
- suma obrazu oryginalnego z negatywem po przesunięciu
- normalizacja

### 21. Filtr Sobela:

- filtr konturyzacyjny
- poruszamy się po obrazie podobnie jak w filtracji splotowej – przesuwamy się kolejno od lewego górnego rogu do prawego dolnego i wycinamy z obrazu maski o rozmiarze 3x3. Maski takie przedstawiają się następująco:

$A_0$	$A_1$	$A_2$
$A_7$	$o(j,k)$	$A_3$
$A_6$	$A_5$	$A_4$

- następnie dokonujemy obliczeń:

$$X = (A_2 + 2A_3 + A_4) - (A_0 + 2A_7 + A_6)$$

$$Y = (A_0 + 2A_1 + A_2) - (A_6 + 2A_5 + A_4)$$

- po obliczeniu wartości X oraz Y podstawiamy je do obrazu wynikowego według wzoru:

$$o_w(j, k) = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

## 22. Filtr Kircha:

- filtr konturyzacyjny
- podobnie jak w filtrze Sobela wyznaczamy kolejne maski obrazu:

$A_0$	$A_1$	$A_2$
$A_7$	$o(j, k)$	$A_3$
$A_6$	$A_5$	$A_4$

- następnie trzeba obliczyć kolejne wartości  $S_i$  oraz  $T_i$ :

$$S_i = A_i + A_{i+1} + A_{i+2}$$

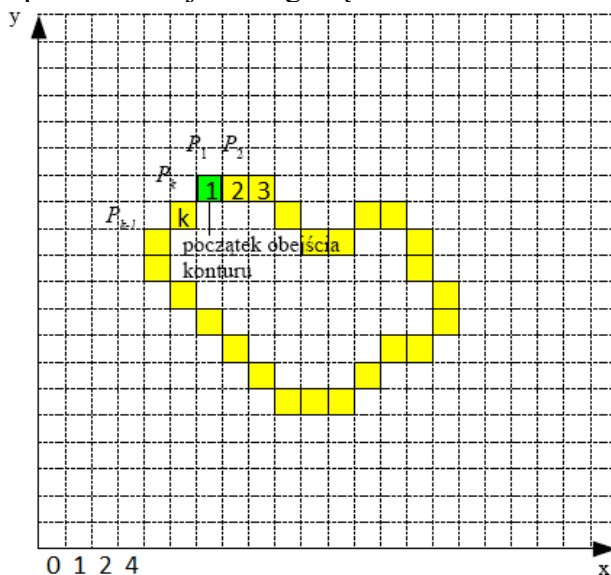
$$T_i = A_{i+3} + A_{i+4} + A_{i+5} + A_{i+6} + A_{i+7}$$

- pamiętając przy tym, że  $i$  mieści się w przedziale od 0 do 7, a indeksy zmieniają się modulo 8
- po obliczeniu wartości  $S_i$  oraz  $T_i$ , podstawiamy wszystko do obrazu wynikowego według wzoru:

$$o_w(j, k) = \max \left\{ 1, \max_{i \in \langle 0; 7 \rangle} |5 S_i - 3 T_i| \right\}$$

## 23. Wektoryzacja:

- jest to operacja przekształcenia bitmapy do postaci wektorowej (wektor wartości x i y punktów)
- np. metoda najbliższego sąsiada



- aktualnie znaleziony punkt zaznaczamy jako bieżący, zapamiętujemy i usuwamy go z tablicy (obrazu)
- szukamy jego najbliższego sąsiada – ustalamy bok kwadratu na 3 ze środkiem w tym punkcie i szukamy wszystkich punktów na jego obrzeżu (najbliższy sąsiad – wszystkie punkty jednakowej odległości od punktu bieżącego, najpierw wybieramy jeden i zapisujemy jego współrzędne w wektorze)

- jeśli nie ma żadnych punktów – robimy to ponownie tylko z kwadratem o boku +2 (aż nie przekroczymy ustalonego rozmiaru kwadratu – wtedy wracamy do kolejnego punktu-sąsiada punktu początkowego)
- na koniec tę pierwszą część należy odwrócić jak odbicie lustrzane (podać wartości w wektorze od tyłu)

## 24. Zmiana jasności i kontrastu przy pomocy wektora wartości średniej i zmienności obrazu

- wartość średnia (jasności) – określa średnią jasność obrazu lub danego obszaru i jest wyznaczana z histogramu według wzoru:

$$m = \sum_{i=0}^N iP(i)$$

- zmienność obrazu – globalną zmienność pikseli danego obrazu określa odchylenie standardowe:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^N (i - m)^2 P(i)}$$

- we wzorach tych  $P(i)$  to prawdopodobieństwo wystąpienia danego poziomu jasności i w obrazie, liczone ze wzoru:

$$P(i) = \frac{H(i)}{n}$$

gdzie  $H(i)$  to liczba punktów o jasności  $i$  w obrazie, a  $n$  – liczba wszystkich punktów (pikseli)

- zmiana jasności obrazu:
  - przekształcenie obrazu przy pomocy tablicy LUT, której współczynniki są wyznaczone według wzoru:

$$LUT(i) = \begin{cases} 0 & \text{jeżeli } i + b < 0 \\ i + b & \text{jeżeli } 0 \leq i + b \leq i_{max} \\ i_{max} & \text{jeżeli } i + b > i_{max} \end{cases}$$

gdzie  $i_{max}$  to maksymalna dopuszczalna wartość składowej pikseli obrazu

- jeśli wartość stałej  $b > 0$  – nastąpi zwiększenie jasności obrazu, a jeśli  $b < 0$  – zmniejszenie
  - zwiększenie jasności obrazu spowoduje przesunięcie histogramu w prawo, zmniejszenie – w lewo
- zmiana kontrastu obrazu:

- przekształcenie obrazu przy pomocy tablicy LUT:

$$LUT(i) = \begin{cases} 0 & \text{jeżeli } a(i - \frac{i_{max}}{2}) + \frac{i_{max}}{2} < 0 \\ a(i - \frac{i_{max}}{2}) + \frac{i_{max}}{2} & \text{jeżeli } 0 \leq a(i - \frac{i_{max}}{2}) + \frac{i_{max}}{2} \leq i_{max} \\ i_{max} & \text{jeżeli } a(i - \frac{i_{max}}{2}) + \frac{i_{max}}{2} > i_{max} \end{cases}$$

- jeśli  $a > 1$  nastąpi zwiększenie kontrastu, a jeśli  $a < 1$  – zmniejszenie
  - zwiększenie kontrastu powoduje symetryczne rozszerzanie zakresu histogramu względem środka zakresu składowej, zmniejszanie kontrastu – do zwężania histogramu
- tablica LUT – look up table; jeżeli w indeksie nr  $x$  takiej tablicy znajduje się wartość  $y$ , to wszystkie piksele o wartości  $x$  należy zamienić na wartość  $y$

## 25. Malowanie jednym pędzlem + Filtracja barw

- Malowanie jednym pędzlem:
  - polega na odtworzeniu obrazu w odcieniach jednego koloru
  - mając dany wektor koloru, np. różowego  $C = (255, 128, 128)$  i piksel obrazka  $A = (r, g, b)$  wyliczamy najpierw współczynnik skalowania  $c$ :
$$c = \frac{(A, C)}{(C, C)}$$
  - a następnie skalujemy wektor  $C$  o wartość  $c$  - czyli nową wartość piksela  $A'$ 
$$= c \cdot C$$
  - wzór na iloczyn skalarny:  $(A, C) = a_1c_1 + a_2c_2 + a_3c_3$
- Filtracja barw:
  - polega na zmieszaniu obrazu oryginalnego z obrazu „namalowanego jednym pędzlem”
  - dodajemy obraz oryginalny (z wagą np. 0.8) do obrazu monochromatycznego (powiedzmy z wagą 0.2)

## 26. Redukcja kolorów

Rozbarwienie?

## 27. Symetria widma obrazu

- widmo obrazu można uzyskać za pomocą transformacji obrazu (transformata Fouriera)
- ma to zastosowanie w: wykrywaniu wzorców w dziedzinie częstotliwości, projektowanie filtrów w dziedzinie częstotliwości, uwidocznienie cech na obrazie niewidocznych w dziedzinie przestrzennej, uzyskanie bardziej zwartego sposobu kodowania (kompresja obrazu, np. JPEG)
- dla funkcji rzeczywistych przekształcenia Fouriera zachodzi symetria; symetria widma amplitudowego:
$$|F(u, v)| = |F(-u, -v)|$$
- ponadto obraz jest funkcją okresową
- przy pomocy transformaty Fouriera można poruszać się po obrazie nie w układzie przestrzennym, a w dziedzinie częstotliwości, gdzie łatwiejsza (mniej złożona obliczeniowo) jest realizacja splotu funkcji w celu filtracji (pomnożenie obrazu i filtra)

## 28. Filtr dolno- i górnoprzepustowy w dziedzinie częstotliwości

- w układzie przestrzennym:
  - filtr splotowy uśredniający (dolnoprzepustowy):
    - wartość piksela wyznaczana jest na podstawie uśrednienia jego najbliższego otoczenia – stopień uśrednienia a zarazem pewnego rozmycia obrazu zależy od wielkości analizowanego otoczenia
    - w przypadku gdy konieczne jest osłabienie działania filtru elementom centralnym można nadać wartości większe od zera
    - wartość normalizacyjna jest sumą wszystkich elementów maski
    - efektem działania filtru uśredniającego jest wygładzenie obrazu i usunięcie szumu o niewielkiej amplitudzie
    - maski:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

norm = 9

1	1	1
1	2	1
1	1	1

norm = 10

1	2	1
2	4	2
1	2	1

norm = 16

- filtr splotowy wyostrzający (górnoprzepustowy):
  - wykorzystywany jest do wzmacniania szczegółów o dużej częstotliwości występujących w obrazie
  - środkowe elementy maski są zazwyczaj bardzo duże, a pozostałe są niewielkimi liczbami ujemnymi lub zerami
  - po filtracji zwiększa się ostrość i kontrast obrazu, ale ujemnym efektem jest wzmocnienie również szumu
  - często filtry górnoprzepustowe stosuje się po silnej filtracji uśredniającej, aby przywrócić ostrość obrazu

maski:

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

norm = 1

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

norm = 1

1	-2	1
-2	5	-2
1	-2	1

norm = 1

- w dziedzinie częstotliwości:
  - amplituda F-obrazu jest reprezentacją częstotliwości składowych obrazu, przy czym środek obrazu zajmują niskie częstotliwości, a obrzeża składają się na wysokie częstotliwości
  - filtracja dolnoprzepustowa – należy usunąć z F-obrazu wszystkie punkty znajdujące się w zadanej odległości od środka widma (usuwanym punktom przypisuje się wartość 0); po odtworzeniu obrazu odwrotną transformacją Fouriera, otrzymuje się obraz rozmyty

```

Fdp(Macierz, x, y) :=
  wo ← rows(Macierz)           wysokość obrazu
  so ← cols(Macierz)           szerokość obrazu
  M ← Macierz
  for w ∈ 0..wo - 1
    for k ∈ 0..x - 1
      Mw,k ← 0                 wyzerowanie lewego brzegu
      Mw,so-1-k ← 0          wyzerowanie prawego brzegu
  for w ∈ 0..y - 1
    for k ∈ 0..so - 1
      Mw,k ← 0                 wyzerowanie górnego brzegu
      Mwo-1-w,k ← 0          wyzerowanie dolnego brzegu

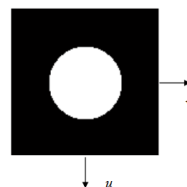
```

$$H_{lp}(u, v) = \begin{cases} 1, & D(u, v) \leq D_0 \\ 0, & D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

Odległość punktu  $(u, v)$  do środka układu

$$D(u, v) = \sqrt{(u - M/2)^2 + (v - N/2)^2}$$

$D_0$  - pulsacja odcięcia



- filtracja górnoprzepustowa – wyzerowanie środkowej części obrazu, która zawiera widmo dla niskich częstotliwości; dodając do obrazu źródłowego obraz uzyskany w wyniku filtracji górnoprzepustowej tego obrazu, otrzymujemy obraz wyostrowiony



```

Fgp(Macierz, x, y) :=
    pw ← floor( (rows(Macierz)) / 2 )
    ps ← floor( (cols(Macierz)) / 2 )
    M ← Macierz
    for w ∈ 0..2y-1
        for k ∈ 0..2x-1
            Mpw+w-y, ps+k-x ← 0
    M

```

*połowa wysokości obrazu*

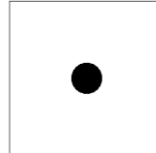
*połowa szerokości obrazu*

*wyzerowanie środkowej części obrazu*

*pozostała część widma pozostaje bez zmian*

$$H_{hp}(u, v) = \begin{cases} 0, & D(u, v) \leq D_0 \\ 1, & D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

$$H_{lp}(u, v) = 1 - H_{hp}(u, v)$$



## 29. Powiększanie i pomniejszanie obrazu z wykorzystaniem widma obrazu

- interpolacja w dziedzinie transformacji Fouriera – obraz zostaje powiększony i poddany FFT, a następnie IFFT
- w cyfrowym przetwarzaniu obrazów interpolacja oznacza wyznaczanie nowej siatki punktów obrazu, co jest niezbędne w przypadku gdy obraz zostaje przeskalowany, obrócony lub odkształcony. Nowe punkty obliczane są na podstawie sąsiadujących punktów obrazu źródłowego.
- w przypadku przeskalowywania rozmiaru obrazu, stosuje się interpolację z zastosowaniem transformacji Fouriera do wyznaczenia widma obrazu, które poddane prostym operacjom pomijania lub dodawania pikseli na brzegach obrazu, posłuży do odtworzenia obrazu w nowej wielkości – otrzymane widmo przycina się lub rozszerza, a następnie stosuje odwróconą transformatę Fouriera.

## 30. Algorytm jpg

- jest to algorytm stratnej kompresji grafiki rastrowej
- konwersja obrazu do modelu YIQ – obraz jest konwertowany z kanałów czerwony-zielony-niebieski (RGB) na jasność (luminancję – tablica Y) i 2 kanały barwy (chrominancje – tablice I i Q):

$$\begin{bmatrix} y_{ij} \\ i_{ij} \\ q_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.229 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168 & -0.257 & -0.321 \\ 0.212 & -0.528 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{ij} \\ g_{ij} \\ b_{ij} \end{bmatrix}$$

- ew. wstępnie odrzucana jest część pikseli kanałów barwy, ponieważ ludzkie oko ma znacznie niższą rozdzielczość barwy niż rozdzielczość jasności
- kanały (Y, I i Q) po przeskalowaniu ich tak, że ich elementy stają się liczbami całkowitymi, są dzielone na bloki  $8 \times 8$  pikseli
- na blokach wykonywana jest dyskretna transformata kosinusowa (DCT) – zamiast wartości pikseli mamy teraz średnią wartość wewnątrz bloku oraz częstotliwości zmian wewnątrz bloku, obie wyrażone przez liczby zmiennoprzecinkowe
- zastąpienie średnich wartości bloków przez różnice wobec wartości poprzedniej (DPCM); poprawia to w pewnym stopniu współczynnik kompresji
- kwantyzacja, czyli zastąpienie danych zmiennoprzecinkowych przez liczby całkowite; tutaj występują straty danych
- konwersja tablicy współczynników do postaci wektora i kodowanie wektora współczynników – współczynniki DCT są uporządkowywane zygzakowato, aby

zera leżały obok siebie; współczynniki niezerowe są kompresowane algorytmem Huffmana.

### **31. Czym charakteryzują się: lokalne i globalne metody obróbki obrazu?**

- lokalne metody obróbki obrazu:
  - zmieniają jasności pikseli na podstawie jasności pikseli sąsiednich
  - mają na ogół na celu polepszenie jakości odbioru obrazu, usunięcie szumów, wydobycie informacji istotnej itd.
- globalne metody obróbki obrazu:
  - zmieniają jasność pikseli na podstawie wszystkich pikseli obrazu
  - mają na ogół na celu polepszenie jakości odbioru obrazu, usunięcie szumów, wydobycie informacji istotnej itd.

### **32. Pojęcia: Przetwarzanie obrazów, Przetwarzanie sygnałów, Grafika komputerowa**

- przetwarzanie obrazów – przekształcanie obrazu w inny obraz lub do postaci reprezentującej obraz według określonego przepisu (algorytmu); leży na pograniczu przetwarzania sygnałów i grafiki komputerowej; obejmuje takie operacje, jak: filtracja, binaryzacja, kompresja, transformacja.
- przekształcanie sygnałów – zajmuje się wykonywaniem pewnych operacji na sygnałach oraz interpretacją tychże sygnałów. Sygnały takie mogą zawierać dźwięk, obrazy, sygnały radiowe, różne mierzalne wielkości. Analiza sygnałów może odbywać się w czasie ciągłym lub na dyskretnych próbkach tych sygnałów. Zastosowaniem może być np. kompresja lub transmisja danych, pozbywanie się szumów i zakłóceń, filtrowanie, wygładzanie.
- grafika komputerowa – dziedzina informatyki zajmująca się wykorzystaniem technik komputerowych do celów wizualizacji artystycznej oraz wizualizacji rzeczywistości. Koncentruje się na specjalistycznych algorytmach i strukturach danych.

### **33. Obrazy: co to jest , podział, budowa (w tym konwersja pomiędzy obrazami rastrowymi na przykład wielopoziomowy -> dwupoziomowy)**

- obraz – dwuwymiarowa funkcja intensywności nośnika informacji  $f(x,y)$
- podział:
  - kolorowe (bez mapy kolorów lub z nią)
  - jednokolorowe wielopoziomowe
  - dwupoziomowe
  - dane obrazowe w postaci wektorowej
  - tekstowe
- przetwarzanie obrazu – obraz  $(f(x,y))$  zostaje poddany konwersji do postaci czytelnej dla komputera, a następnie obróbce obrazu i albo wydzieleniu cech z obrazu, albo konwersji obrazu do postaci wyjściowej
- budowa obrazu:
  - obraz monochromatyczny – tablica liczb całkowitych opisujących jasność punktów obrazu
  - obraz barwny – tablice liczb całkowitych (zazwyczaj trzy) opisujące obraz w języku przyjętego modelu barw np. dla modelu RGB trzy tablice określające zawartości trzech barw podstawowych
- konwersja obrazu do postaci cyfrowej – źródło światła pada na obiekt, promienie własny oraz odbity obiektu padają na układ soczewek z detektorem lub anteną, która emituje sygnał elektryczny, który trafia do przetwornika A/C i powstaje obraz w postaci cyfrowej (bity)