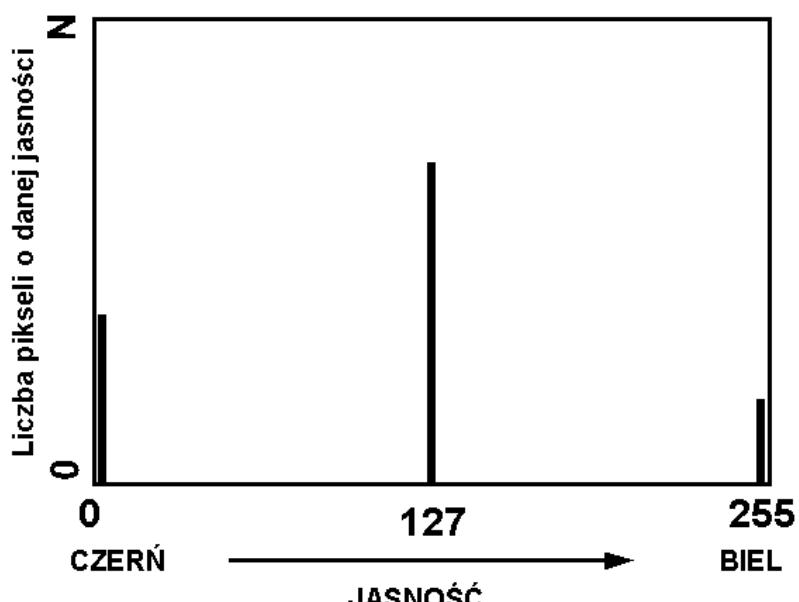


# Histogram

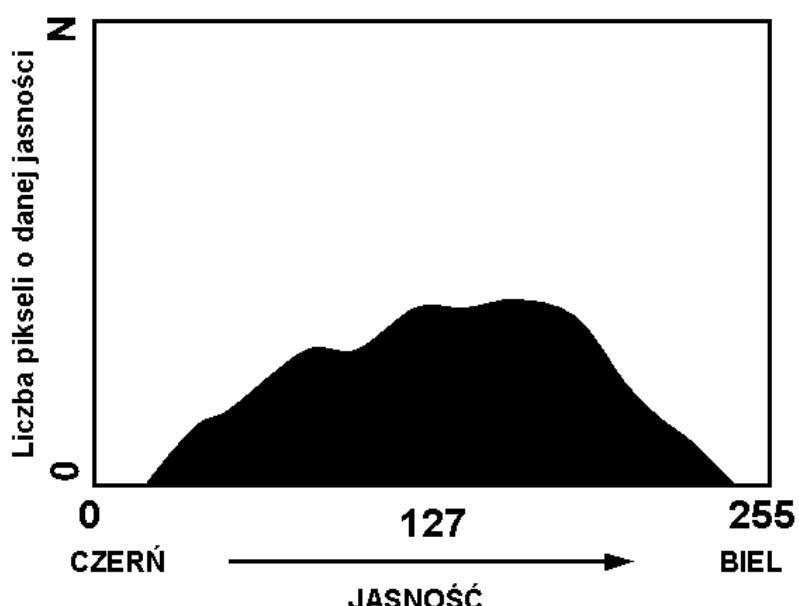
## Ogólna definicja

**Histogram** – jeden z graficznych sposobów przedstawiania rozkładu empirycznego cechy, co oznacza, że za jego pomocą, przedstawiamy jakie uzyskaliśmy wyniki dla pewnych zmiennych ilościowych. Składa się z szeregu prostokątów umieszczonych na osi współrzędnych. Prostokąty te są z jednej strony wyznaczone przez przedziały klasowe wartości cechy, natomiast ich wysokość jest określona przez liczebności (lub częstości, gęstość prawdo-podobieństwa) elementów wpadających do określonego przedziału klasowego.

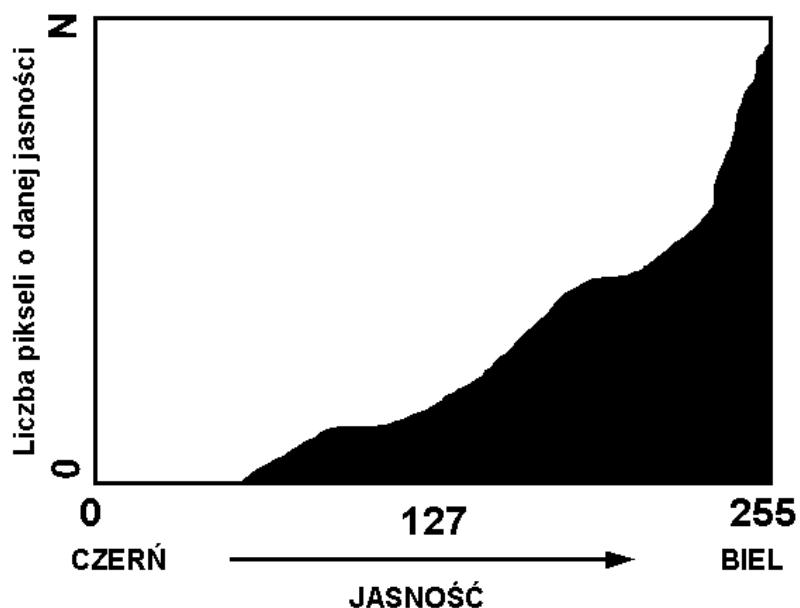
Jeśli histogram pokazuje liczebności, a nie gęstość prawdopodobieństwa, wówczas szerokości przedziałów powinny być równe.



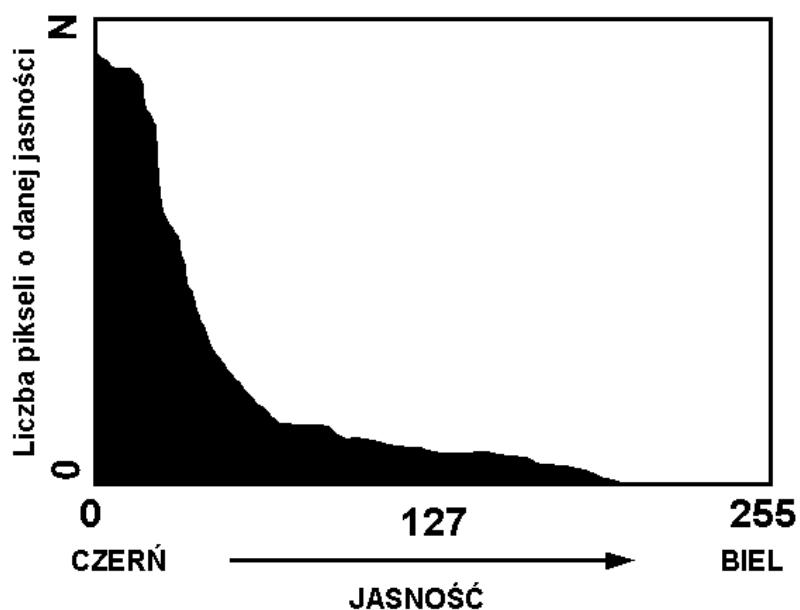
Histogram, czyli wykres liczby pikseli dla różnych jasności obrazu



*Histogram dla typowego, prawidłowo naświetlonego zdjęcia*

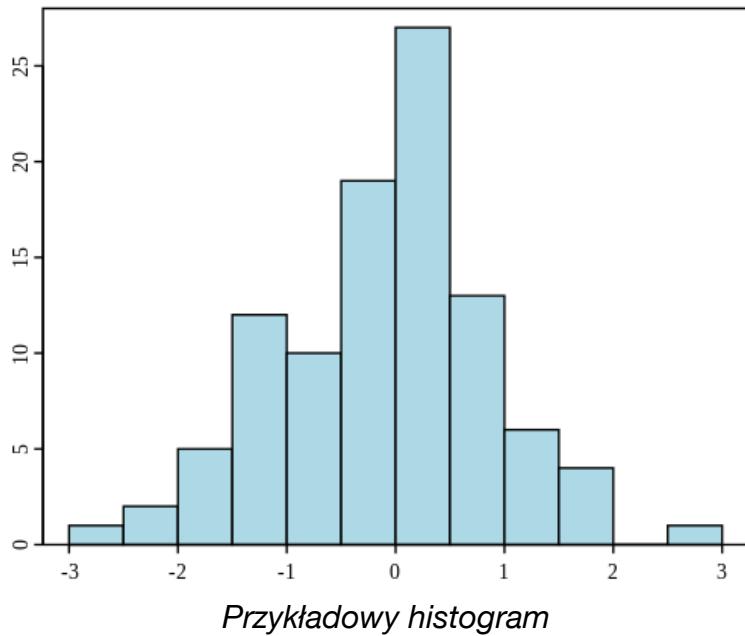


*Histogram zdjęcia mocno prześwietlonego. Większość obszarów zdjęcia jest jasna i biała*



*Histogram zdjęcia mocno nie doświetlonego. Większość obszarów zdjęcia jest ciemna i czarna*

## Interpretacja histogramu



Przykładowa interpretacja histogramu z rysunku:

- luka w histogramie (2;2,5):
- brak danych dla danej wartości cechowej
- histogram z dwoma wierzchołkami (-0,5;0,5):
- tzw. rozkład dwumodalny, który powstaje często, gdy badana populacja jest połączeniem dwóch odrębnych populacji, np. składa się z dwóch dominujących kolorów

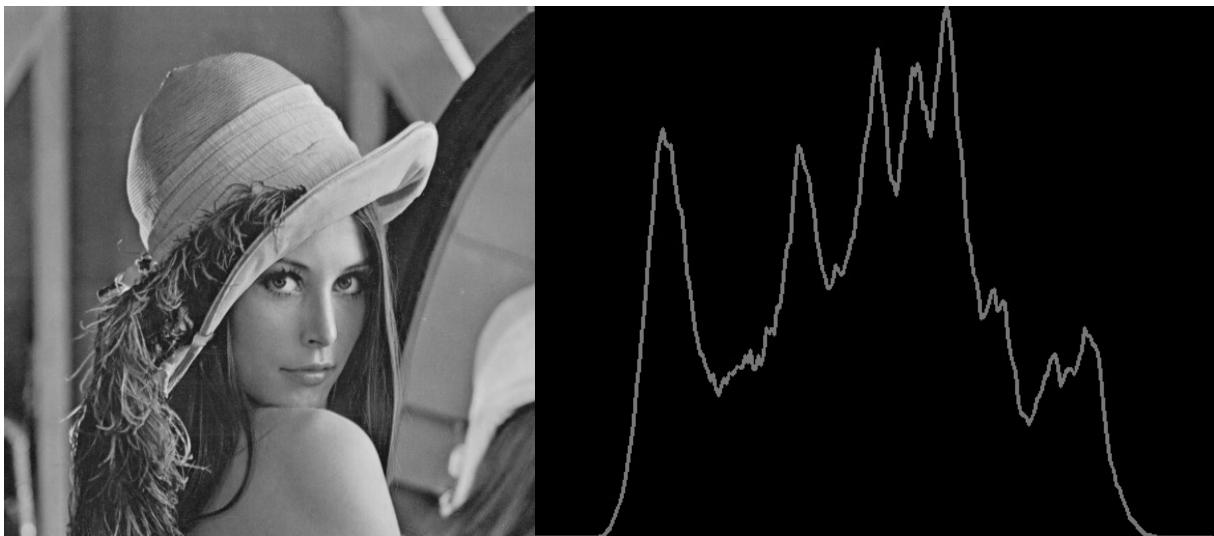
## Histogram obrazu

Histogram obrazu jest opisem statystycznym wartości obrazu (jasność / intensywność).

## Histogram 1D

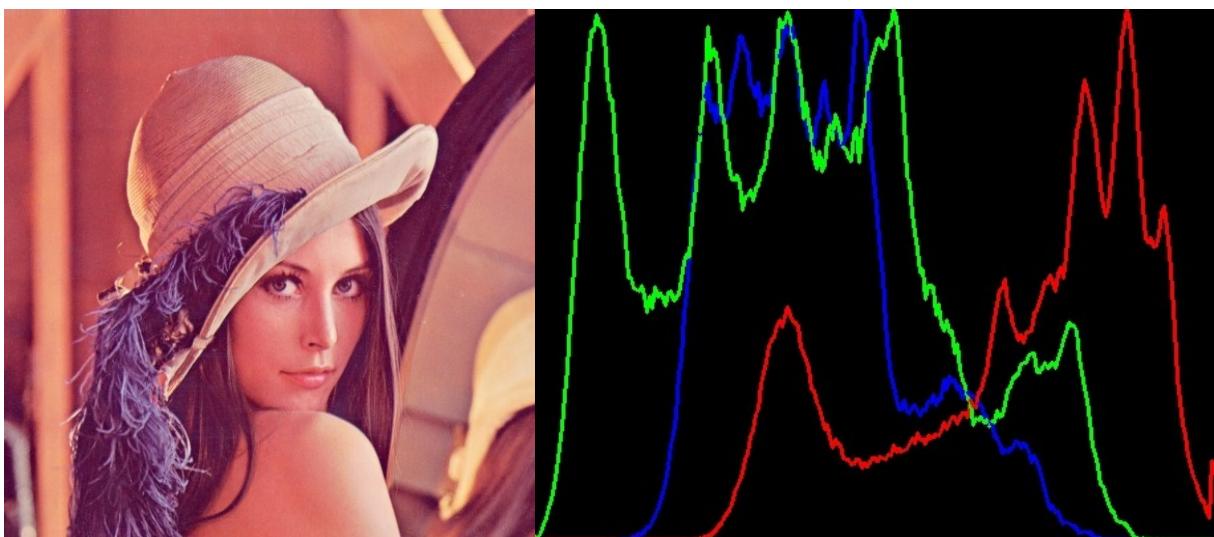
### Zdjęcie czarno-białe

W przypadku obrazów w skali szarości, gdzie kolory pikseli są opisane za pomocą jednej liczby (w zakresie [0,255]), histogram pokazuje ile występuje elementów (pikseli) każdego z kolorów.



## Zdjęcie kolorowe

Kolejną bardzo ważną kwestią jest histogram dla zdjęć kolorowych. Jedną z technik jest stworzenie histogramu dla każdego z kanałów osobno.

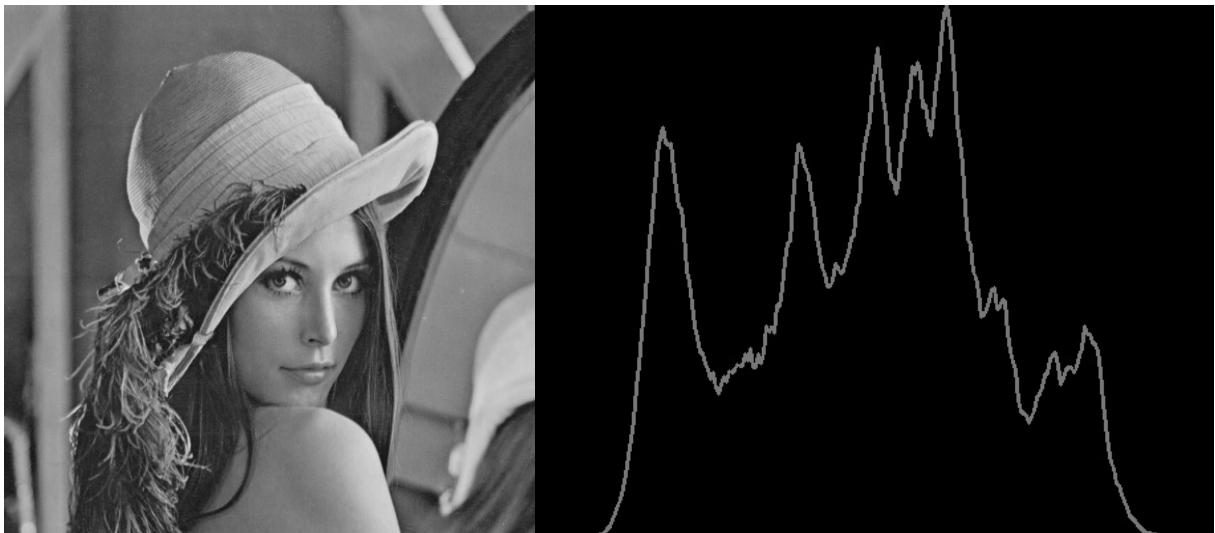


## Wyrównywanie histogramu

razy bardzo często zawierają elementy, które są trudne do zauważenia. W szczególności gdy zdjęcie jest w odcieniach szarości, a obiekty są zacienione. Stwierdzono, że ludzkie oko odróżnia od 700 do 900 odcieni szarości w optymalnych warunkach widzenia. W bardzo ciemnych lub jasnych częściach obrazu człowiek widzi dużo mniej. Ludzkie oko lepiej rozpoznaje obiekty gdy są one dobrze odseparowane (relatywnie duże różnice w barwie).

Jedną z technik poprawiających ostrość / jakość na obrazie jest wyrównywanie histogramu. Metoda ta polega na wyrównaniu poziomów szarości, tak aby histogram był płaski (czyli wszystkie stopnie szarości miały dokładnie

taką samą liczbę punktów). W praktyce nie jest to możliwe, więc otrzymany histogram często jest postrzępiony.



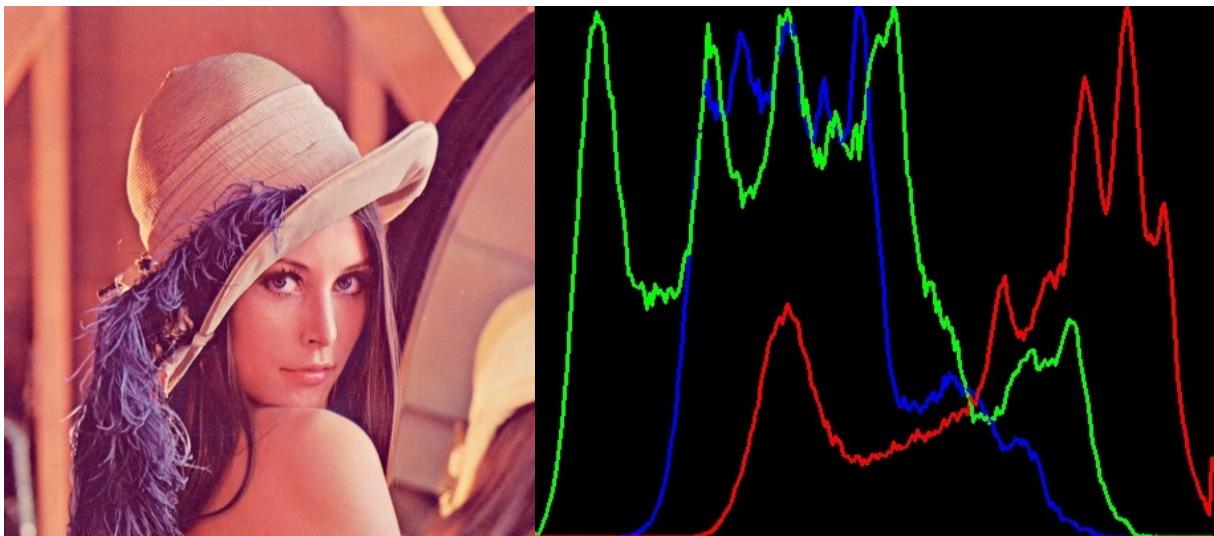
*Przed wyrównaniem*



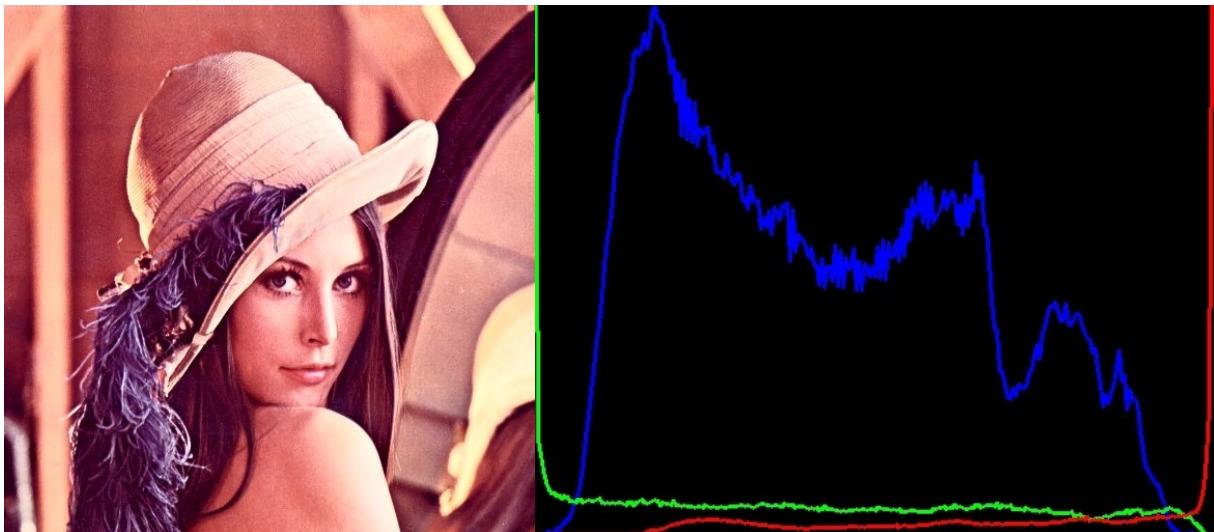
*Po wyrównaniu*

Analogiczną procedurę możemy przeprowadzić w przypadku zdjęć kolorowych. Nie będziemy jednak wyrównywać histogramów poszczególnych kanałów RGB.

Najczęściej stosowaną metodą jest przejście do formatu YCbCr i wyrównanie histogramu tylko na komponentie Y (luminancji).



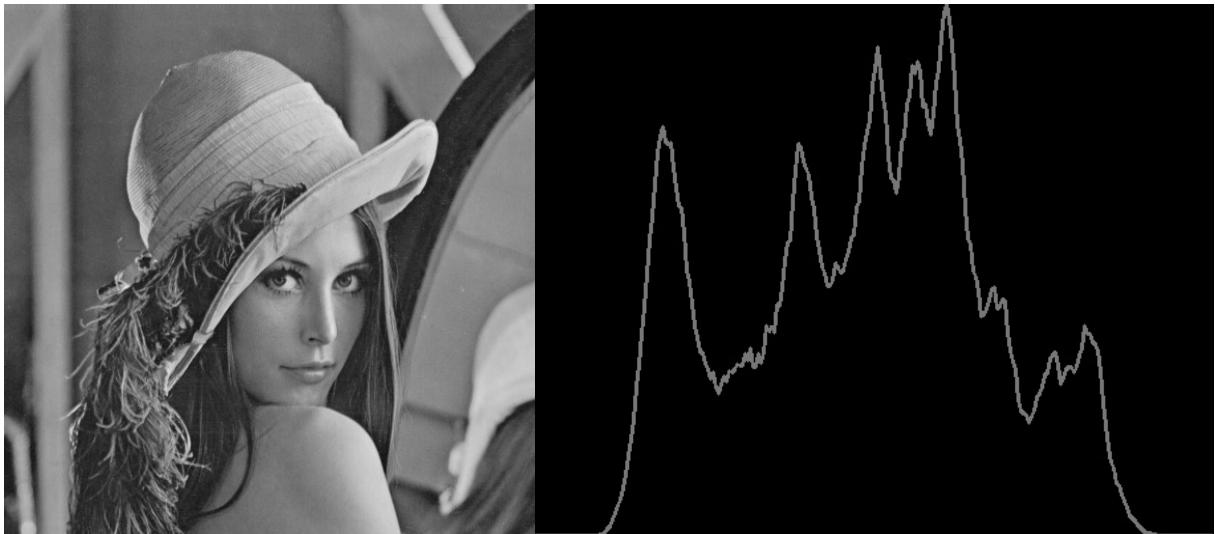
Przed wyrównaniem



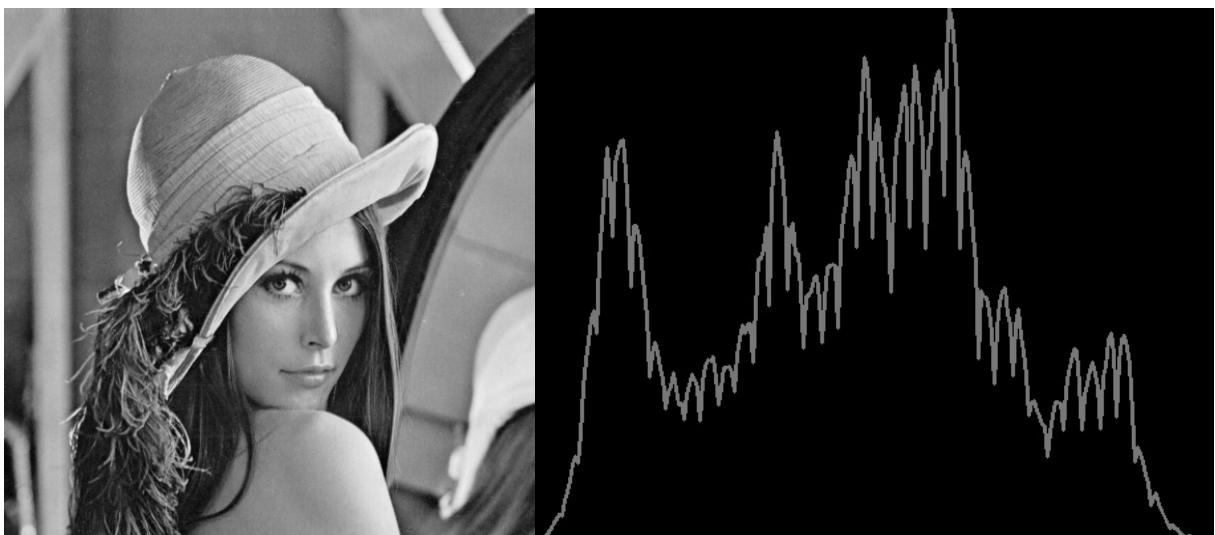
Po wyrównaniu

### Rozciągnięcie histogramu

Rozciągnięcie histogramu (ang. histogram stretching) wykonuje się wówczas, gdy nie pokrywa on całego zakresu wartości składowych obrazu. Czasem operacja ta mylona jest z wyrównywaniem histogramu. Rozciągnięcie prowadzi do takiej konwersji zakresu wartości składowych, aby histogram obejmował wszystkie wartości (najczęściej [1,256]). Czyli jeżeli zakres składowej jest równy 0 - 255, a najmniejsza wartość w obrazie wynosi 4, największa natomiast wynosi na przykład 198, to po operacji rozciągnięcia wartości będą w pełnym zakresie 0 - 255. Czyli teraz najmniejsza wartość w obrazie wynosi 0, a największa 255. Operacje rozciągnięcia histogramu można przeprowadzić odpowiednio dobierając jasność i kontrast obrazu.

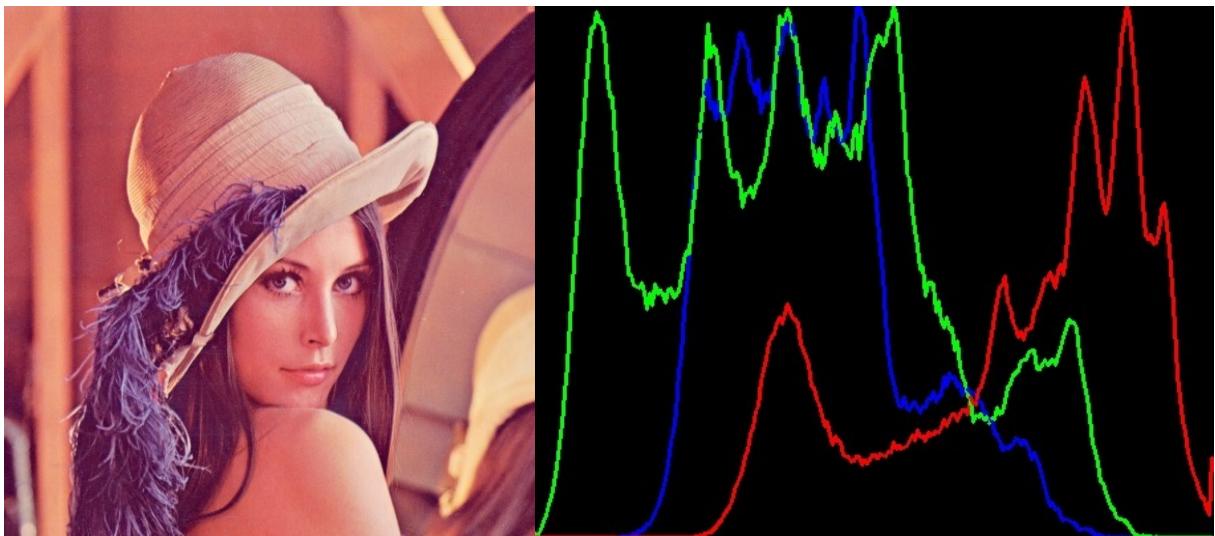


*Przed rozciągnięciem*

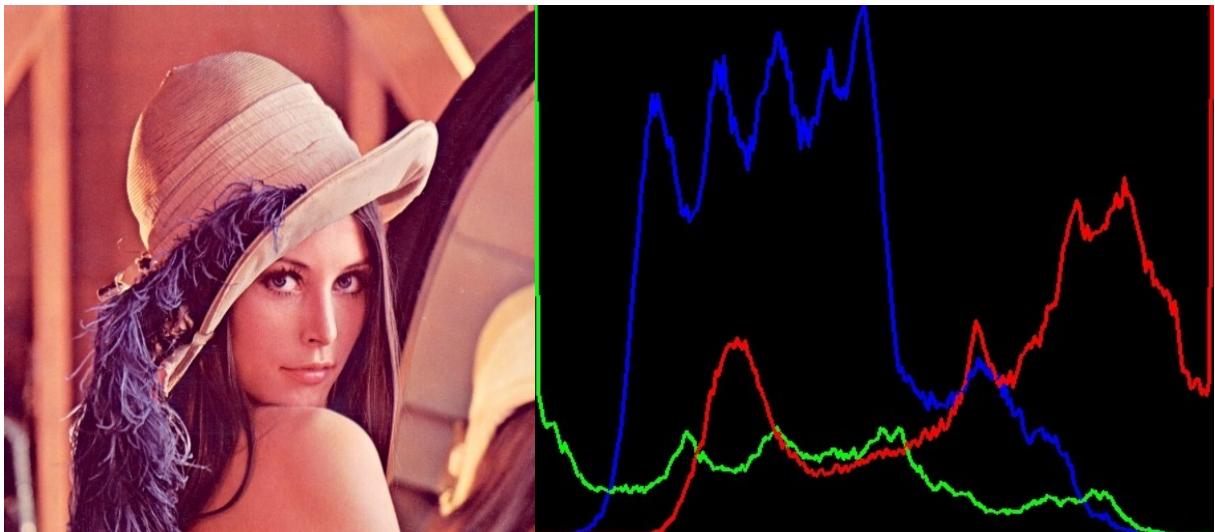


*Po rozciągnięciu*

W przypadku zdjęć kolorowych można zastosować identyczną technikę jak przy wyrównywaniu histogramu. Najpierw zapisujemy zdjęcie w formacie YCbCr, a następnie działamy tylko na komponentie Y (luminancji).



*Przed rozciągnięciem*



*Po rozciągnięciu*

## Porównywanie histogramów

Pobierania obrazów, które są podobne do danego lub takich, które zawierają określoną zawartość jest dobrze znanym zagadnieniem. Większość przeglądarek zapewniają taką funkcjonalność. Najczęściej proces ten odbywa się za pomocą znaczników meta-danych związanych z każdym obrazem.

Dzięki analizie rozkładu kolorów na obrazie, można zapewnić wsparcie dla tego procesu.

Istnieje wiele wskaźników / miar, które są powszechnie stosowane do porównania histogramów:

$$D_{Correlation}(h1, h2) = \frac{\sum_i (h_1(i) - mean(h_1))(h_2(i) - mean(h_2))}{\sqrt{\sum_i (h_1(i) - mean(h_1))^2 \sum_i (h_2(i) - mean(h_2))^2}}$$

»

$$D_{Chi\_Square}(h1, h2) = \sum_i \frac{(h_1(i) - h_2(i))^2}{(h_1(i) + h_2(i))}$$

»

$$D_{Intersection}(h1, h2) = \sum_i \min\{h_1(i), h_2(i)\}$$

»

$$D_{Bhattacharyya}(h1, h2) = \sqrt{1 - \frac{1}{\sqrt{mean(h1)man(h2)}} \sum_i \sqrt{h_1(i)h_2(i)}}$$

gdzie

»  $N$  - ilość binów w histogramach

$$\text{» } mean(k) = \sum_i \frac{h(i)}{N}$$

Zasymilujmy problem wyszukiwania podobnych obiektów. Założymy, że mamy zdjęcie c1.jpg. I chcemy znaleźć zdjęcia podobne do niego w repozytorium składającym się z c2.jpg, c3.jpg, c4.jpg, c5.jpg, c6.jpg.



c1.jpg



c2.jpg



*c3.jpg*



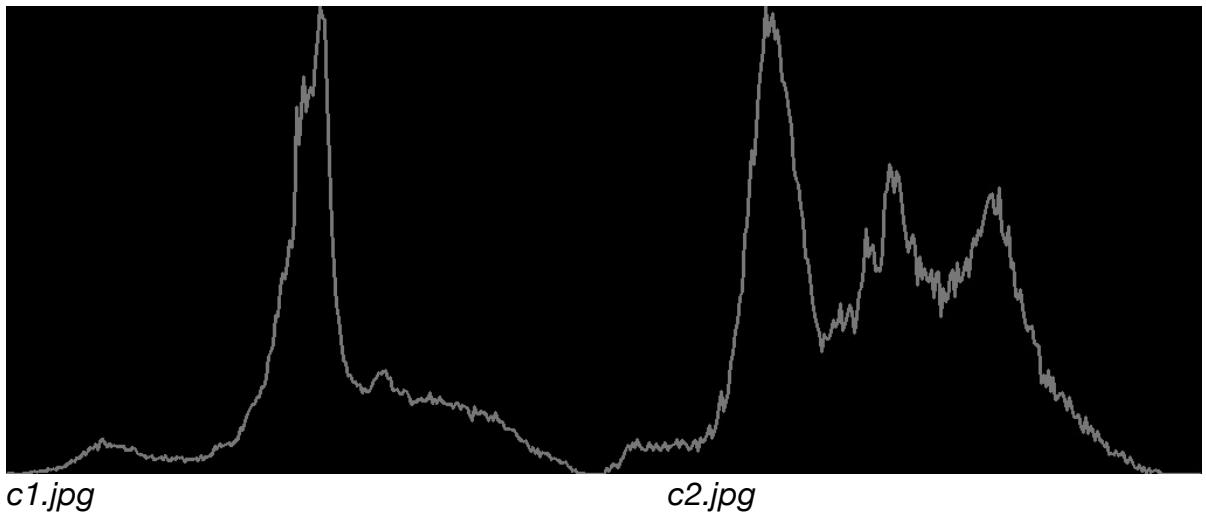
*c4.jpg*



*c5.jpg*

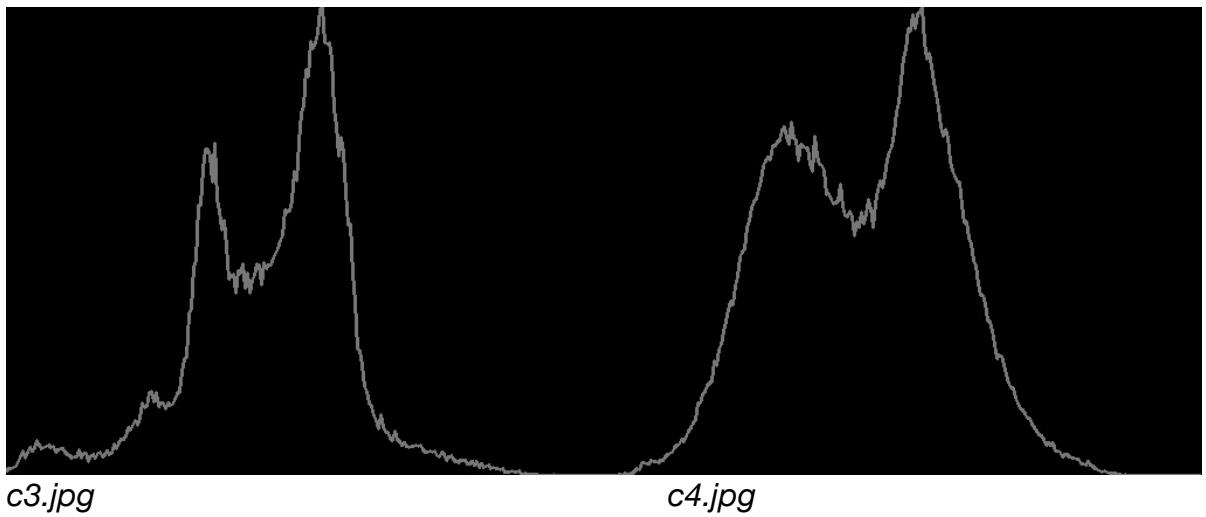
*c6.jpg*

Rozwiążanie jest proste. Najpierw tworzymy dla każdego ze zdjęć histogram a następnie porównujemy histogramy ze sobą. Zaczniemy od histogramu w odcieniach szarości.



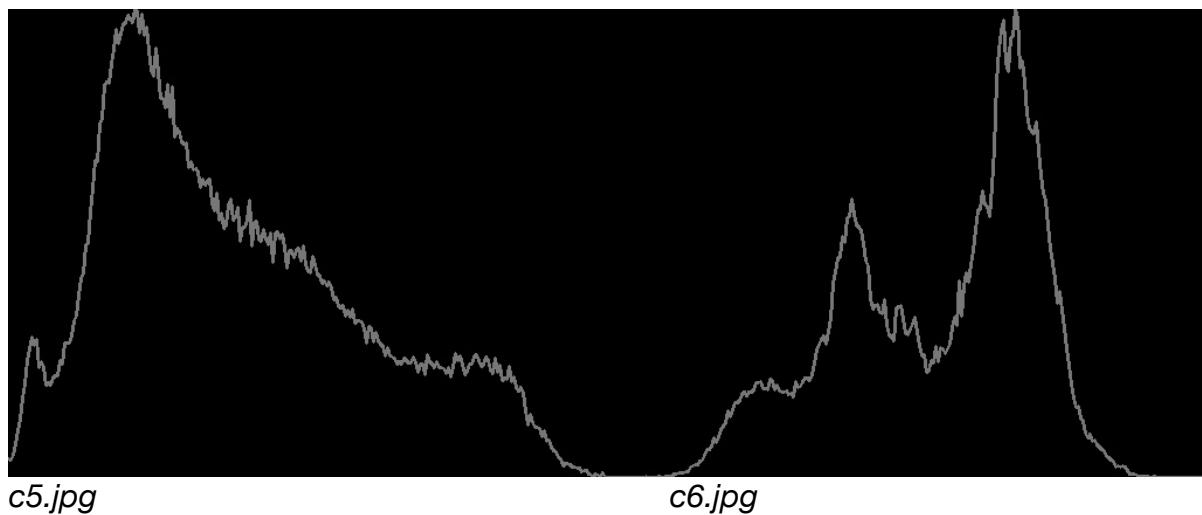
*c1.jpg*

*c2.jpg*



*c3.jpg*

*c4.jpg*



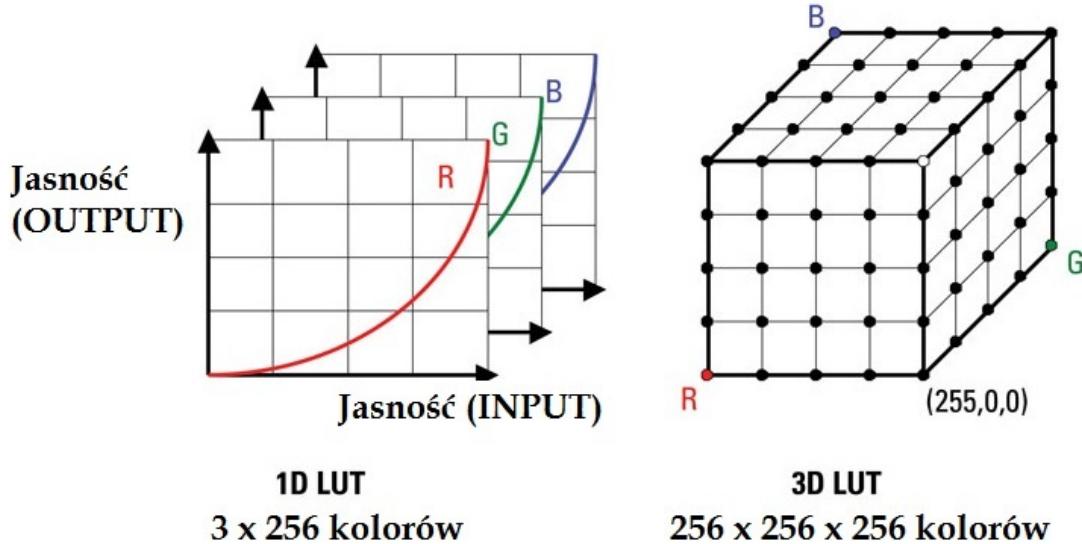
Wyniki prezentuje tabela poniżej:

| <b>Metoda</b> | c1.jpg  | c2.jpg  | c3.jpg        | c4.jpg         | c5.jpg  | c6.jpg        |
|---------------|---------|---------|---------------|----------------|---------|---------------|
| Correlation   | 1.0     | 0.3614  | <b>0.7413</b> | 0.5997         | 0.0445  | 0.3168        |
| Chi Square    | 0.0     | 499.91  | 162.26        | 460.38         | 1056.84 | <b>131.86</b> |
| Intersection  | 37.6586 | 31.4271 | 29.6570       | <b>33.2416</b> | 31.4297 | 25.8859       |
| Bhattacharyya | 0.0     | 0.3625  | <b>0.3425</b> | 0.3629         | 0.4236  | 0.4236        |

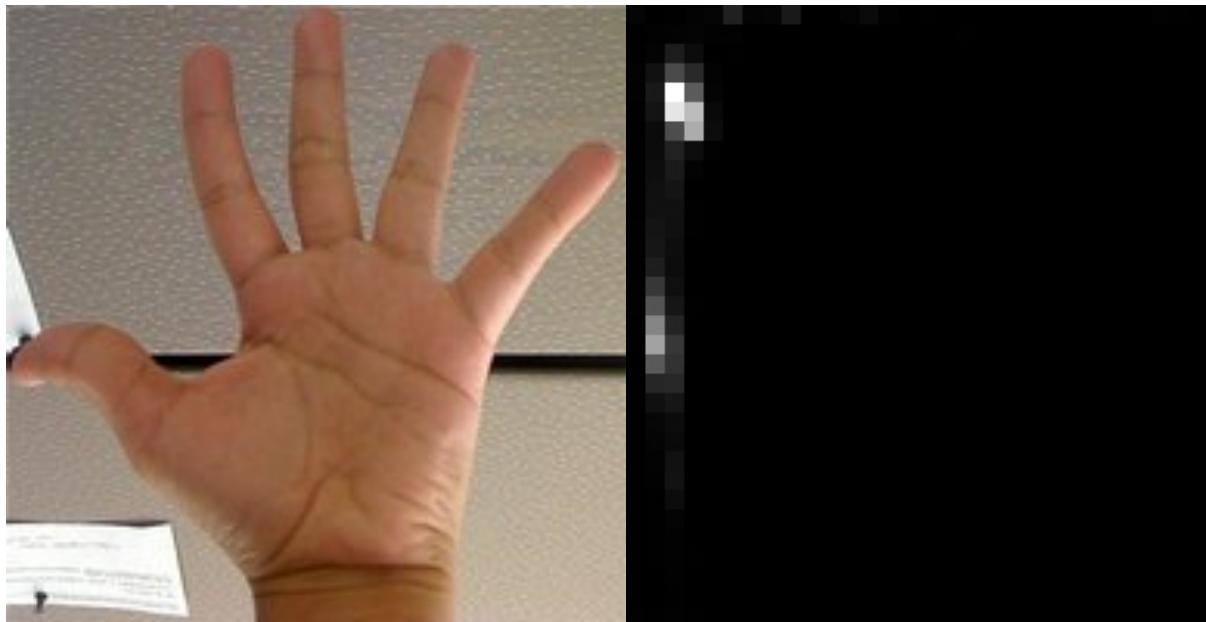
Używanie tylko histogramu dla odcieni szarości czasami jest niewystarczające. Można użyć też bardziej skomplikowanych obiektów takich jak histogram 2D lub 3D.

## Histogram 2D i 3D

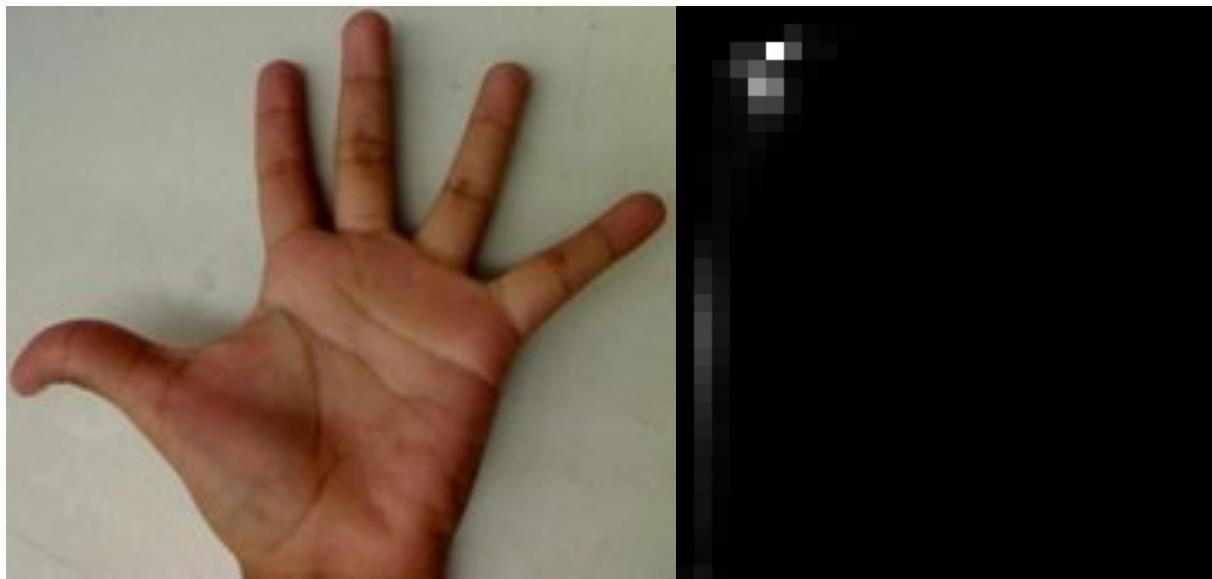
Jak już mówiliśmy, każdy z kolorów może być rozpatrywany osobno (lewy obraz na ilustracji poniżej). Oczywiście czasami rozważamy tylko obrazy w odcieniach szarości i wtedy mamy do czynienia tylko z jednym kanałem. Jeżeli chcemy wykorzystać pełną informację o kolorze, to możemy stworzyć histogram 2D lub 3D (rysunek po prawej stronie poniższej ilustracji). W takim przypadku przestrzeń kolorów (np. RGB) jest dzielona na kostki (a nie na przedziały jak w 1D). Narysowanie histogramu 3D jest trudne, natomiast w 2D można stworzyć go w miarę łatwo.



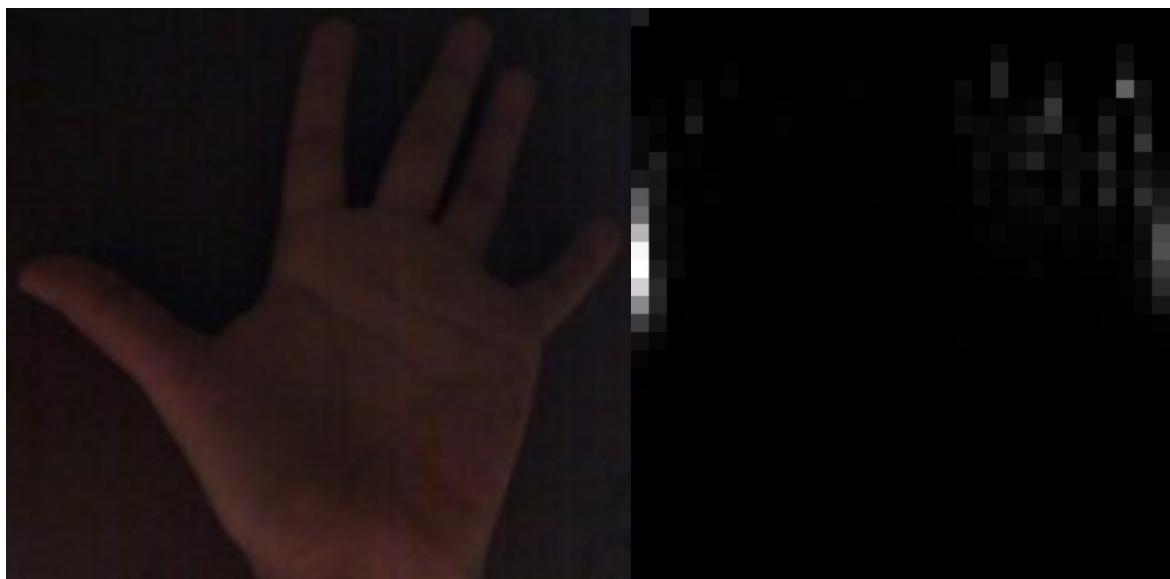
Aby stworzyć histogram 2D musimy wybrać dwie współrzędne. Najbardziej intuicyjne jest rozważanie hue oraz saturation z formatu HSV. Porównajmy histogramy 2D dla zdjęć s1.jpg, s2.jpg, s3.jpg.



*s1.jpg*



s2.jpg



s3.jpg

Jeżeli mamy już histogram w 2D to możemy go użyć do porównywania obrazków.

Zacznijmy od porównania dłoni:

| Metoda        | s1.jpg  | s2.jpg         | s3.jpg |
|---------------|---------|----------------|--------|
| Correlation   | 1.0     | <b>0.2045</b>  | 0.0664 |
| Chi Square    | 0.0     | <b>2697.98</b> | 4763.8 |
| Intersection  | 18.8946 | <b>5.4408</b>  | 2.5817 |
| Bhattacharyya | 0.0     | <b>0.6798</b>  | 0.8741 |

Możemy też porównać obrazki z poprzedniego przykładu

| Metoda        | c1.jpg | c2.jpg  | c3.jpg        | c4.jpg         | c5.jpg  | c6.jpg        |
|---------------|--------|---------|---------------|----------------|---------|---------------|
| Correlation   | 1.0    | 0.3614  | <b>0.7413</b> | 0.5997         | 0.0445  | 0.3168        |
| Chi Square    | 0.0    | 499.91  | 162.26        | 460.38         | 1056.84 | <b>131.86</b> |
| Intersection  | 9.6387 | 31.4271 | 29.6570       | <b>33.2416</b> | 31.4297 | 25.8859       |
| Bhattacharyya | 0.0    | 0.3625  | <b>0.3425</b> | 0.3629         | 0.4236  | 0.4236        |