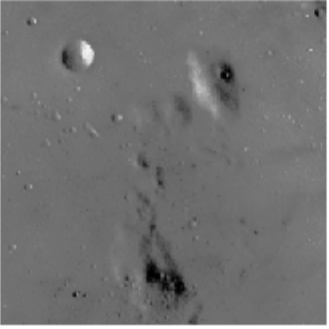


Low contrast image



Global equalise

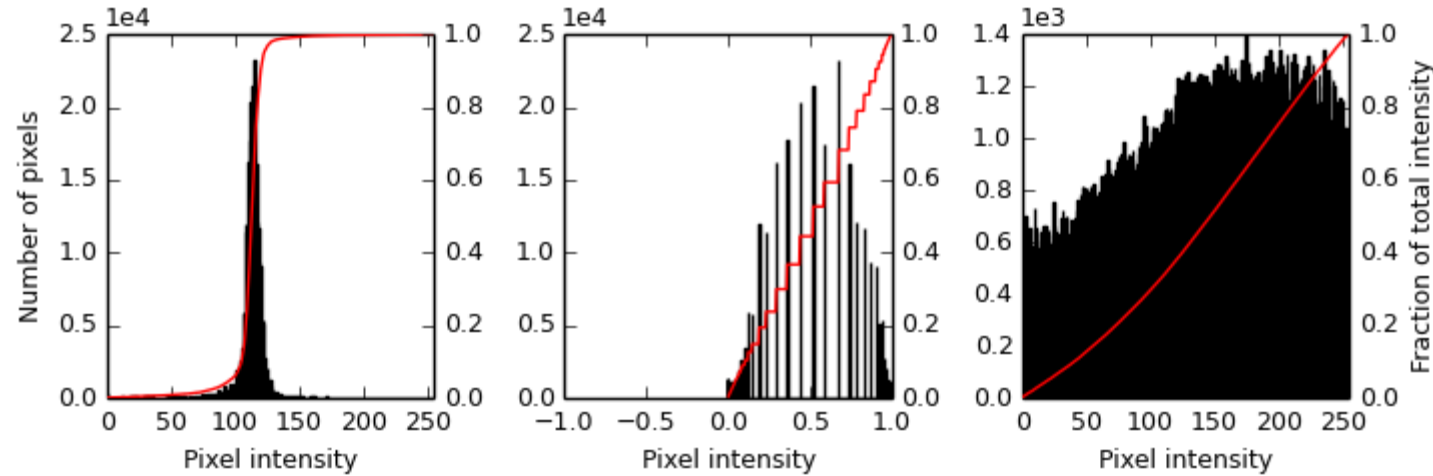


Local equalize



Görüntü İyileştirme→

- Kontrast Germe
- Histogram Dengeleme
- Bölgesel Histogram Dengeleme



Dr. Meriç Çetin

versiyon26220

Those who wish to succeed must ask the right preliminary questions.
(Başarmak isteyenler doğru başlangıç soruları sormalıdır.) ~Aristotle

Görüntü İyileştirme

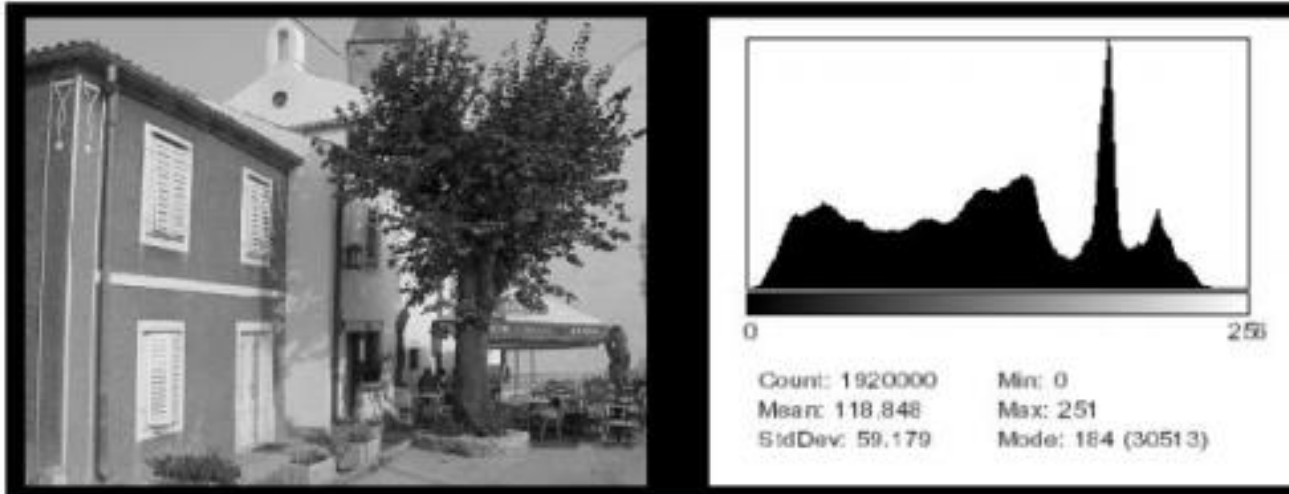
- **Kontrast ve dinamik aralığı değiştirerek yapılan iyileştirme işlemleri**
 - Kontrast germe
 - Histogram dengeleme
 - Bölgesel kontrast iyileştirme
- Filtreleme/süzgeçleme işlemleri
 - Uzay bölgesinde filtreleme (Yumuşatma filtreleri, medyan filtre, keskinleştirme filtreleri (türev tabanlı), LPF, HPF, BPF, Butterworth filtre)
 - Uzay bölgesinde, doğrudan doğruya görüntü düzlemi (matrisi) üzerinde çalışılır
 - Frekans ortamında filtreleme (LPF, HPF, BPF, Butterworth filtre, homomorfik filtre)
 - Fourier Transformu

Kontrast ve Dinamik Aralığı Değiştirerek Yapılan İyileştirme İşlemleri

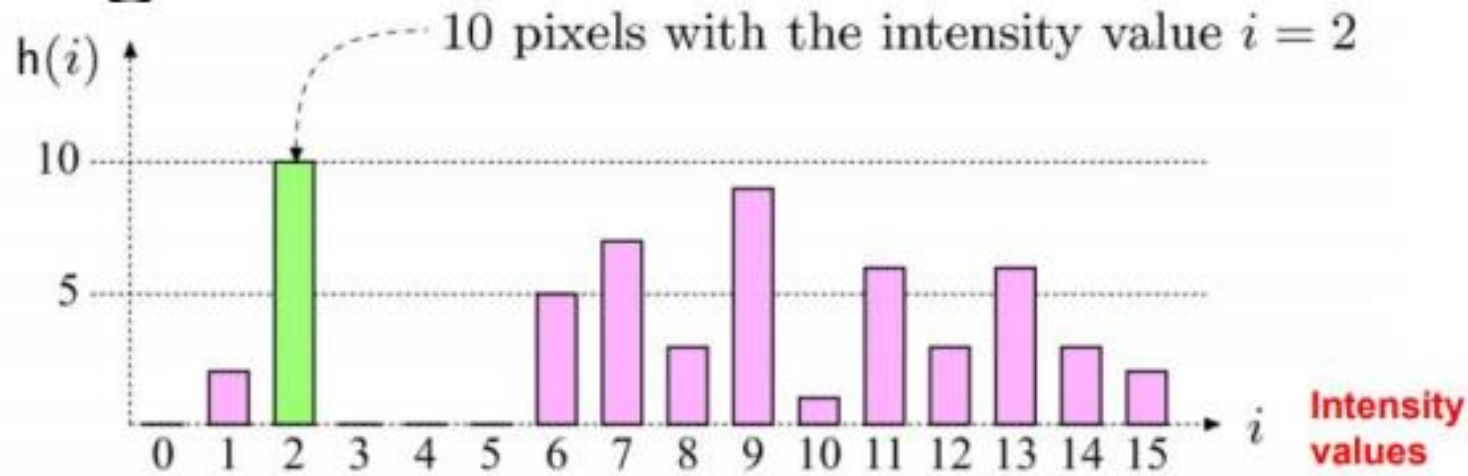
- **Kontrast**, parlaklık bakımından görüntüdeki en açık ve en koyu renkler arasındaki farkın bir derecesidir.
- Kontrastı yüksek olan görüntüler, oldukça koyu ve açık renklerin oluşturduğu iyi bir görünüme sahiptir. Diğer taraftan, kontrastı düşük olan görüntüler daha donuk bir görünüme sahiptir ve çoğu zaman bu görüntüler içerisindeki ayrıntılar fark edilemez.
- Görüntü kontrastı, görüntünün **dinamik aralığı** ile ilgilidir.
 - Bir görüntüdeki gri seviye dağılımını gösteren dinamik aralık, görüntüdeki en büyük ve en küçük gri seviyelerin oluşturduğu değer aralığıdır.
 - Bu anlamda kontrastı düşük olan görüntülerin dinamik aralığı dardır denir.
 - Fiziksel olarak, düşük kontrastlı görüntüler, görüntü elde etme esnasında görüntüleme cihazının (algılayıcı, sensör) lens aralığının yanlış ayarlanması ve yeterli seviyede aydınlatmanın olmadığı durumların bir sonucudur.
- Görüntüye ilişkin dinamik aralığın bilinmesi görüntü üzerine uygulanacak / uygulanmayacak iyileştirme işlemlerinin belirlenmesi açısından önemlidir.
- Bunun için görüntü **histogramına** başvurulur.

Histograms

- Histograms plots how many times (frequency) each intensity value in image occurs
- Example:
 - Image (left) has 256 distinct gray levels (8 bits)
 - Histogram (right) shows frequency (how many times) each gray level occurs



Histograms

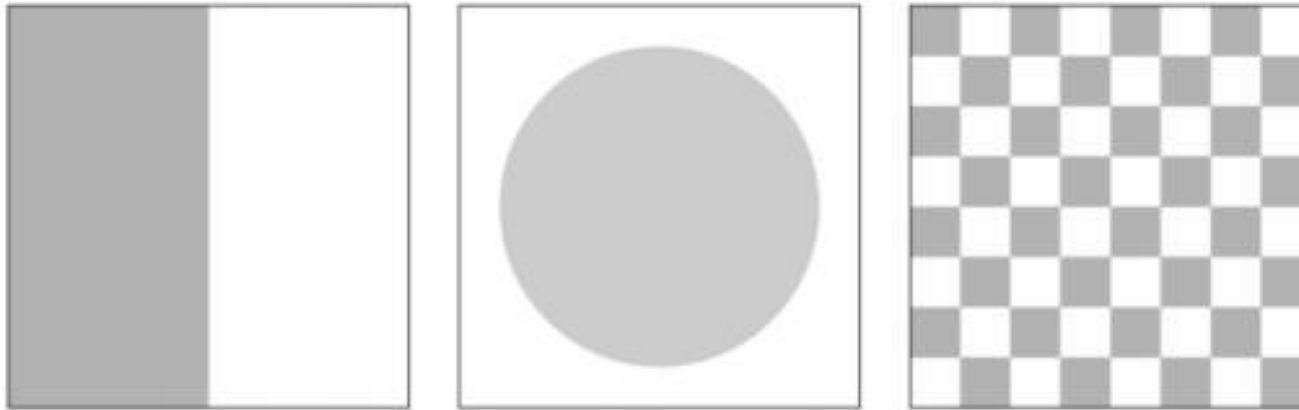


$h(i)$	0	2	10	0	0	0	5	7	3	9	1	6	3	6	3	2
i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- E.g. $K = 16$, 10 pixels have intensity value = 2
- Histograms: only statistical information
- No indication of **location** of pixels

Histograms

- Different images can have **same** histogram
- 3 images below have same histogram



- Half of pixels are gray, half are white
 - Same histogram = same statistics
 - Distribution of intensities could be different
- Can we reconstruct image from histogram? No!

Color Image Histograms

Two types:

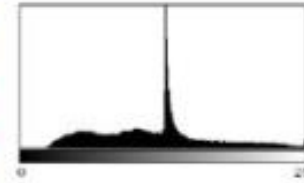
1. **Intensity histogram:**

- Convert color image to gray scale
- Display histogram of gray scale

2. **Individual Color Channel Histograms:**
3 histograms (R,G,B)



(a)



(b) h_{Lum}



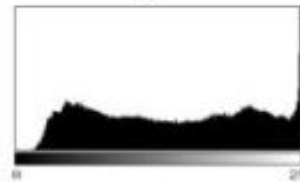
(c) R



(d) G



(e) B



(f) h_R



(g) h_G

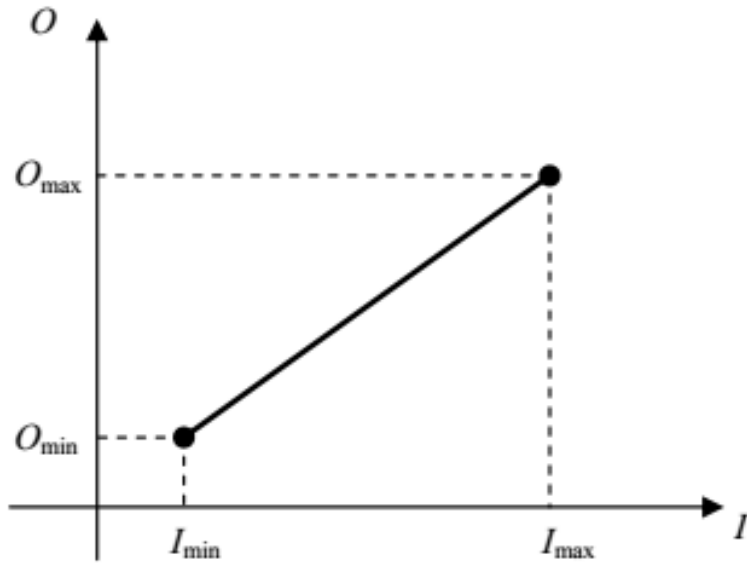


(h) h_B

Kontrast Germe (Contrast Stretching)

- Görüntünün dinamik aralığını veya kontrastını değiştirmenin basit ve en etkili yolu, görüntüdeki gri-ton seviyelerinin dağılımını değiştirmektir.
- Bu yöntemde, giriş görüntüsünün (I) gri-ton veya parlaklık seviyesi belirli dönüşüm fonksiyonuna göre değiştirilir ve elde edilen çıkış görüntüsü (O) ile ifade edilir.
- Buna göre, I ve O arasında
 - **$O = T[I]$ ile ifade edilen dönüşüm kuralı tanımlanır**
 - **$T[I]$;**
 - pozitif ve negatif yönde doğrusal ölçeklendirme fonksiyonu,
 - parça-parça doğrusal fonksiyon,
 - üstel fonksiyon,
 - karekök eğrisi,
 - parabol,
 - logaritma ve ters logaritma fonksiyonları olabilir.
 - Bu fonksiyonlardan herhangi biri kullanılarak görüntünün dinamik aralığı en büyük yapılabilir.

- 8-bit bir görüntüde iyi bir kontrast sağlamak için parlaklık değerlerinin en küçük 0 en büyük 255 gri seviyeleri arasına dağıtılması gerekir.
- Görüntüye ilişkin dinamik aralığı en büyükmek için görüntü üzerinde yapılan bu işleme **kontrast germe** adı verilir.
- Bundan amaç, gri seviye aralığını maksimum seviyede kullanarak görüntünün genelinde kontrastı artırmaktır.
- Kontrastın artırılması, görüntü içerisindeki nesnelerin ve ayrıntıların kolaylıkla fark edilebilmesini sağlar. Kontrastı germek için kullanılan en tipik doğrusal dönüşüm fonksiyonu



$I \rightarrow$ Giriş görüntüsü

$O \rightarrow$ Çıkış görüntüsü

$I_{\min} \rightarrow$ Giriş görüntüsündeki en küçük gri seviye değeri

$I_{\max} \rightarrow$ Giriş görüntüsündeki en büyük gri seviye değeri

$O_{\min} \rightarrow$ Çıkış görüntüsündeki en küçük gri seviye değeri

$O_{\max} \rightarrow$ Çıkış görüntüsündeki en büyük gri seviye değeri

- Bu doğrusal dönüşüm fonksiyonunun matematiksel ifadesi, iki noktadan geçen doğru denklemi tanımından yararlanarak

$$\frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} = \frac{O - O_{\min}}{O_{\max} - O_{\min}} \Rightarrow [O - O_{\min}](I_{\max} - I_{\min}) = [I - I_{\min}](O_{\max} - O_{\min})$$

$$O = \beta[I - I_{\min}] + O_{\min}$$

- Burada β ; doğrunun eğimi olu

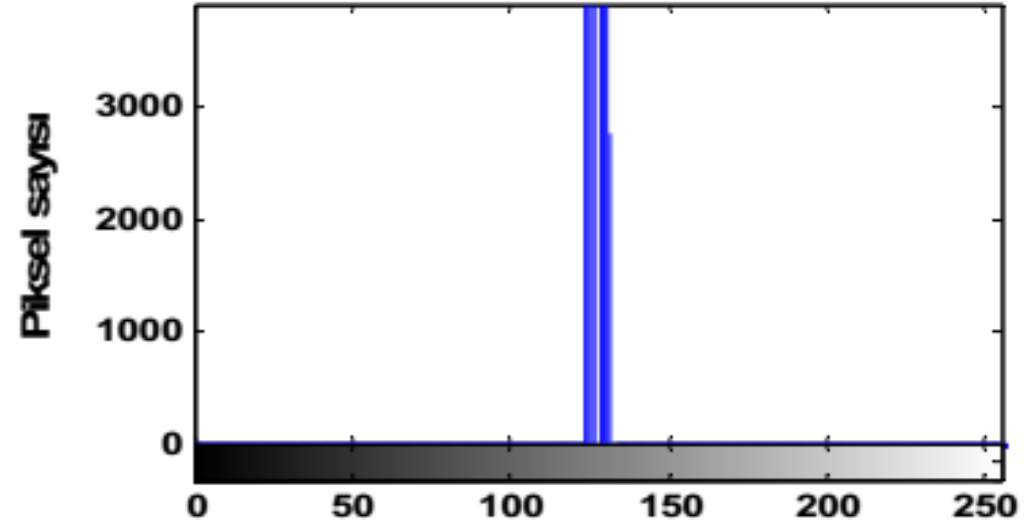
$$\beta = \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$$

- $\beta > 1$ durumunda dinamik aralığı $[I_{\min}, I_{\max}]$ gri seviye değerleri arasında olan kontrastı düşük I görüntüsünden dinamik aralığı $[O_{\min} - O_{\max}]$ gri seviye değerleri arasında olan kontrastı yüksek O görüntüsü elde edilir.
- $\beta < 1$ durumunda dinamik aralığı $[I_{\min}, I_{\max}]$ gri seviye değerleri arasında olan I görüntüsünün kontrast bilgisi $[O_{\min} - O_{\max}]$ ile ifade edilen gri seviye değer aralığına sıkıştırılır ve I görüntüsüne göre daha dar bir dinamik aralığa sahip O görüntüsüne ulaşılır.

Gri-ton görüntü



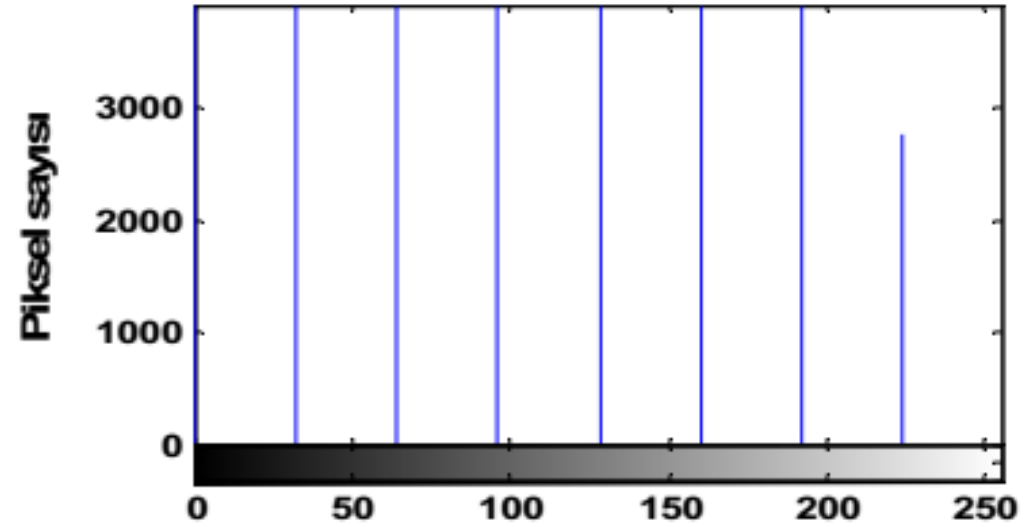
Gri-ton görüntünün histogramı

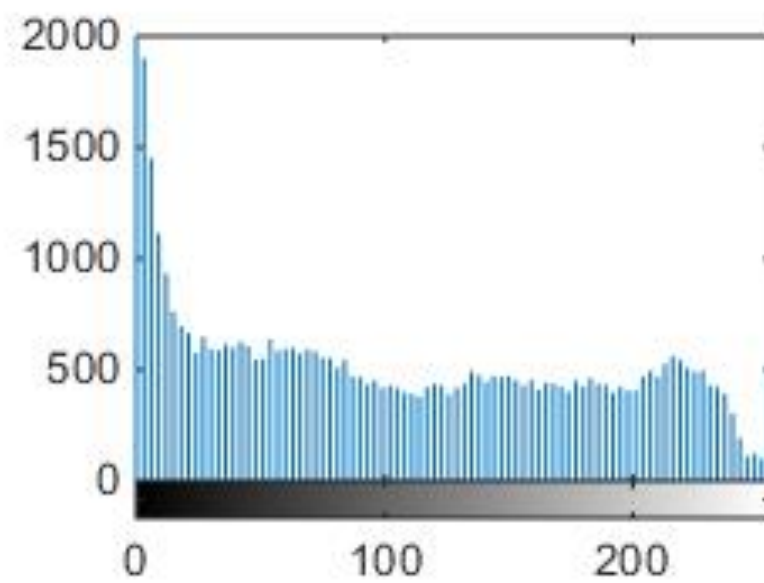
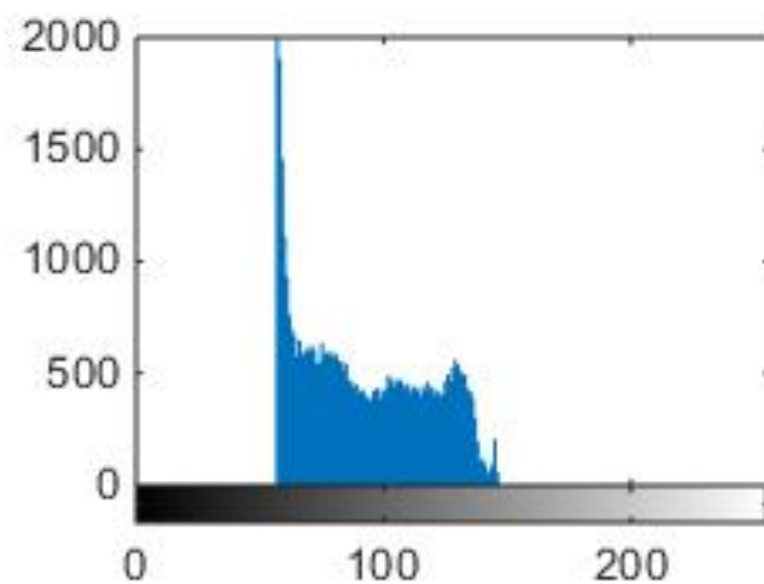


Kontrastı gerilmiş görüntü



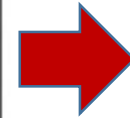
Kontrastı gerilmiş görüntünün histogramı





Contrast Adjustment

```
I = imread('pout.tif');  
figure  
imshow(I)  
J = imadjust(I,stretchlim(I),[]);  
figure  
imshow(J)
```



Contrast Enhancement Techniques

Enhance Grayscale Images

Using the default settings, compare the effectiveness of the following three techniques:

- `imadjust` increases the contrast of the image by mapping the values of the input intensity image to new values such that, by default, 1% of the data is saturated at low and high intensities of the input data.
- `histeq` performs histogram equalization. It enhances the contrast of images by transforming the values in an intensity image so that the histogram of the output image approximately matches a specified histogram (uniform distribution by default).
- `adapthisteq` performs contrast-limited adaptive histogram equalization. Unlike `histeq`, it operates on small data regions (tiles) rather than the entire image. Each tile's contrast is enhanced so that the histogram of each output region approximately matches the specified histogram (uniform distribution by default). The contrast enhancement can be limited in order to avoid amplifying the noise which might be present in the image.

```
pout = imread('pout.tif');  
pout_imadjust = imadjust(pout);  
pout_histeq = histeq(pout);  
pout_adapthisteq = adapthisteq(pout);
```

Display the original image and the three contrast adjusted images as a montage.

```
montage({pout,pout_imadjust,pout_histeq,pout_adapthisteq},'Size',[1 4])  
title("Original Image and Enhanced Images using imadjust, histeq, and adapthisteq")
```


Contrast Enhancement Techniques

Original Image and Enhanced Images using imadjust, histeq, and adapthisteq



```
pout = imread('pout.tif');  
pout_imadjust = imadjust(pout);  
pout_histeq = histeq(pout);  
pout_adapthisteq = adapthisteq(pout);
```

Display the original image and the three contrast adjusted images as a montage.

```
montage({pout,pout_imadjust,pout_histeq,pout_adapthisteq},'Size',[1 4])  
title("Original Image and Enhanced Images using imadjust, histeq, and adapthisteq")
```

Histogram Eşitleme/Dengeleme

- Kontrastı gerilmiş olan görüntüde gri ton ayarı yeterli olmayabilir ve görüntüdeki her bir gri seviyenin dinamik aralığa miktar olarak dağılımı çok düzensiz olabilir.
- Bu dağılımın iyi dengelenmediği durumlarda, görüntü, genelinde kontrastı düşük olur veya istenen bilgi görüntünün karanlık bölümünde kalır.
- Bu problemin üstesinden gelmek için, ideal olarak, her bir gri seviye değerine sahip piksellerin sayıları eşitlenmeye çalışılır.
- Görüntüdeki genel kontrastı artırmak amacıyla $f(I)$ ile ifade edilen bir dönüşüm fonksiyonu tanımlanır. Bu fonksiyonu elde etmek oldukça zordur ve önemlidir.
- İdeal olarak, gri seviyelerin piksellere dağılımını eşitlemek için yapılan bu işleme ***histogram eşitleme/dengeleme*** adı verilir.

Her bir gri seviyedeki piksellerin ideal sayısı $= \frac{NM}{G}$

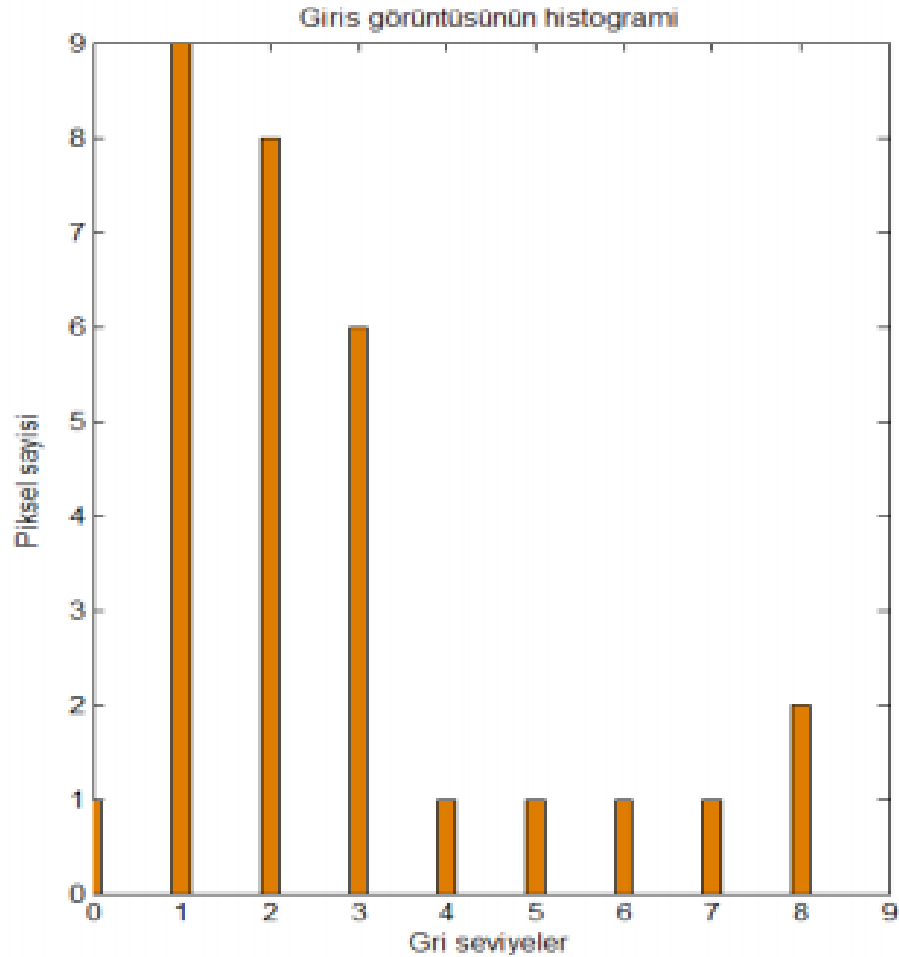
- Burada, NM ve G sırasıyla görüntüdeki
 - **toplam piksel sayısını** ve
 - **gri seviyelerin sayısını** göstermektedir.
- Giriş görüntüsünün gri seviyelerindeki atlamalardan dolayı histogram dengeleme sonrası elde edilen görüntünün histogramı hiçbir zaman tam olarak düzgün olamaz ve yukarıda ifade edilen ideal sayıya ulaşamaz.
- Histogram dengeleme, herhangi bir görüntü işleme yazılımı için oldukça önemlidir.
- Bu işlem kontrastı düzeltir, parlaklığı ve görüntünün içerisindeki detayların seçilebilirliğini artırır.
- Görüntünün bütününe veya belirli bir parçasına uygulanabilir.

- Histogram dengeleme için kullanılan dönüşüm fonksiyonu, belirli bir aralıkta tanımlı rasgele değişkenin düzgün dağılımından yararlanarak

$$O = f(I) = \max \left\{ 0, \text{round} \left(\frac{Gt(I)}{NM} \right) - 1 \right\}$$

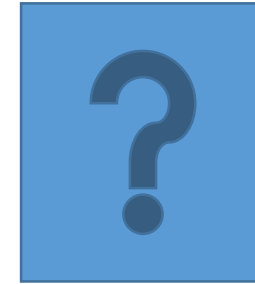
- Burada $t(I)$, giriş görüntüsü I için *kümülatif piksel miktarı* olup her bir gri seviyeye ilişkin piksellerin sayısının ardı ardına birbirinin üzerine toplanmasıyla elde edilir.
- $O = f(I)$ ise, dönüşüm işlemi sonucunda elde edilen yeni görüntüyü (histogramı dengelenmiş görüntü) ifade eder.
- *round* fonksiyonu elde edilen sonucun tamsayı olmasını garantilemek amacıyla kullanılan yuvarlatma fonksiyonudur.

Örnek

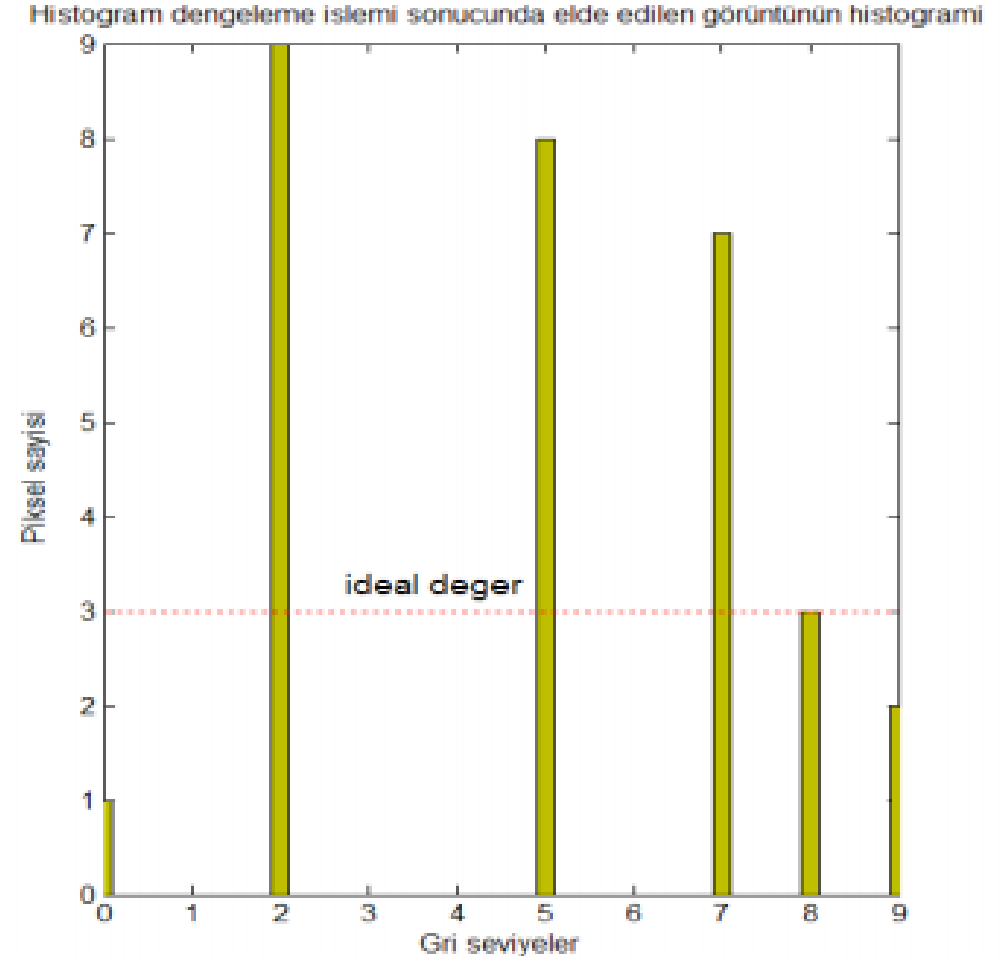
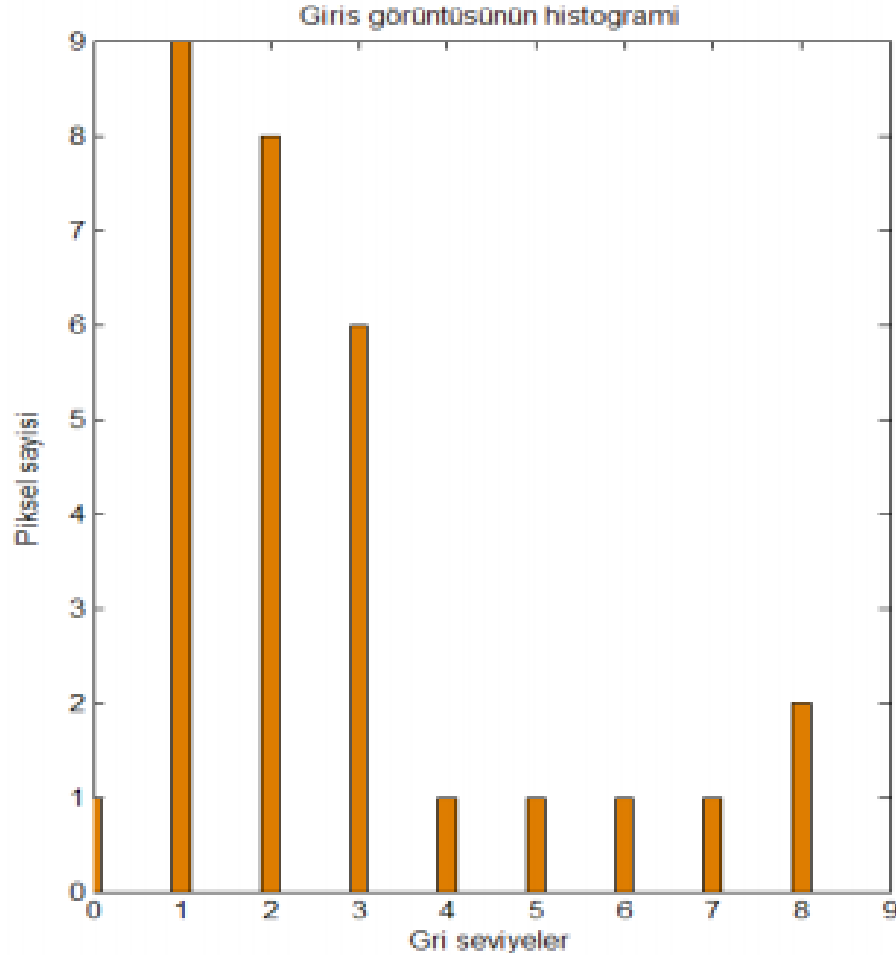


30 pikselden oluşan ve 10 gri seviyeye sahip bir görüntü için

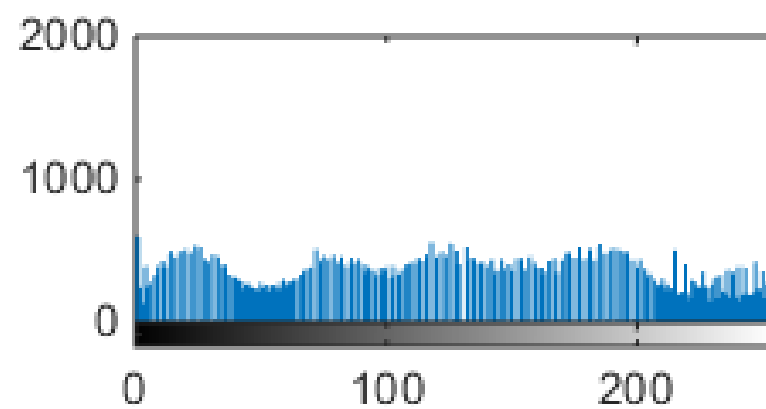
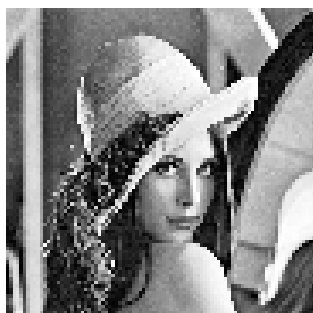
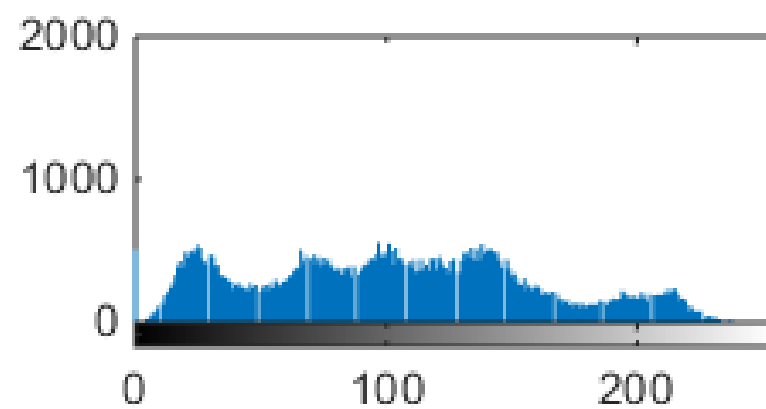
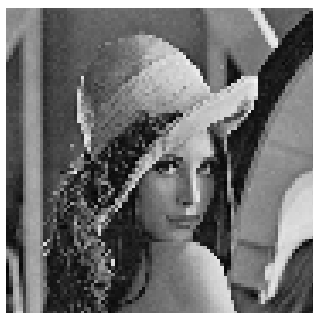
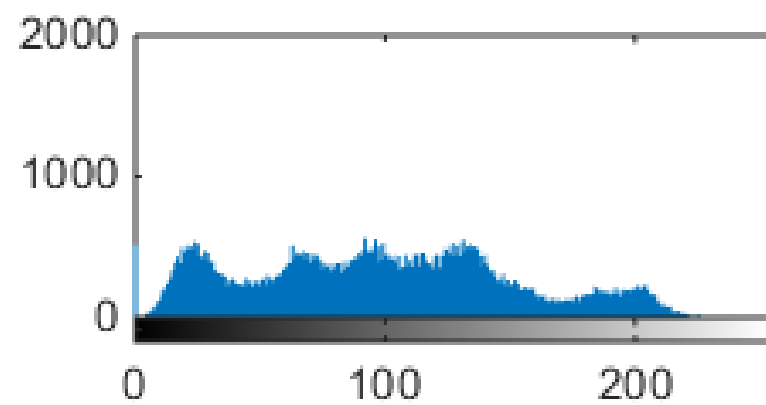
Gri seviyeler (I)	Piksel miktarı	Kümülatif piksel sayısı	Gri seviyeler ($O = f(I)$)
--------------------------	----------------	-------------------------	---------------------------------

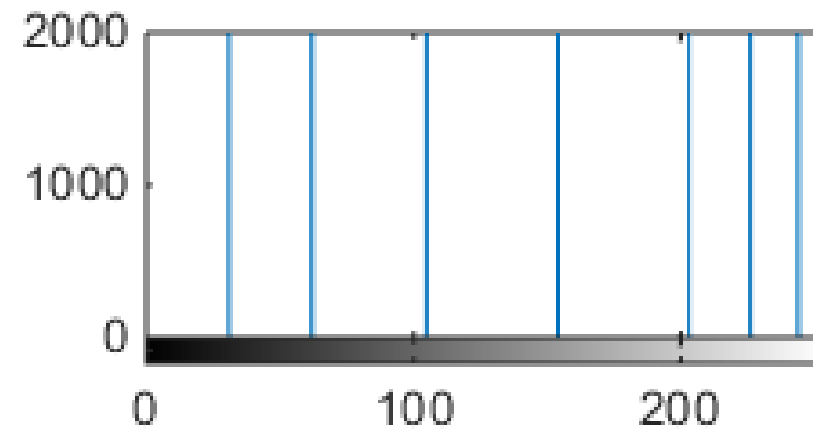
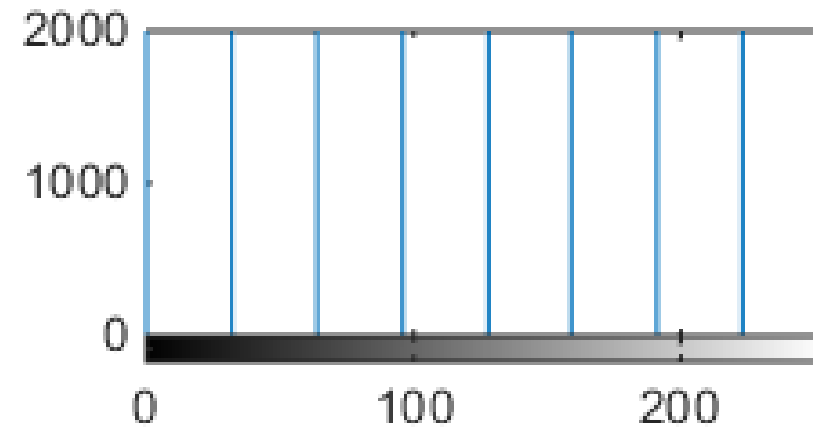
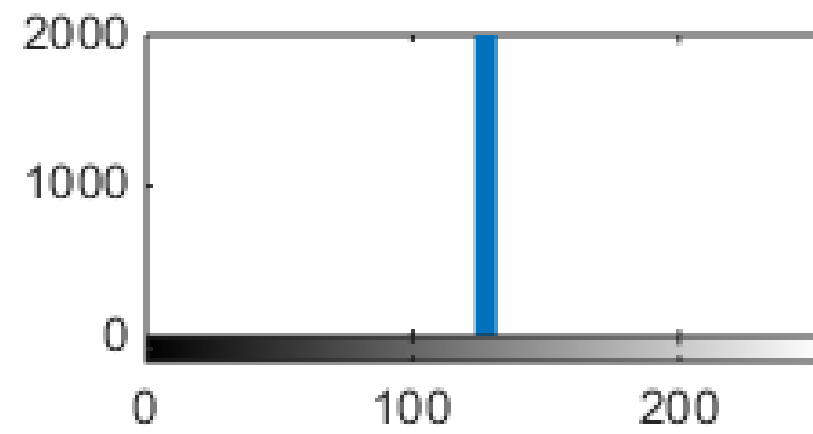


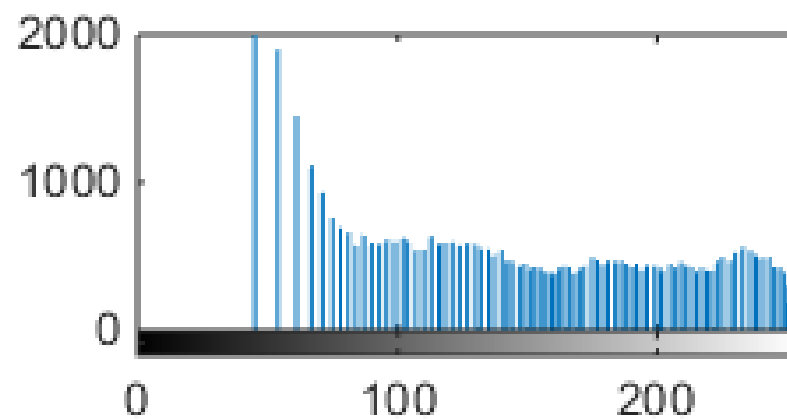
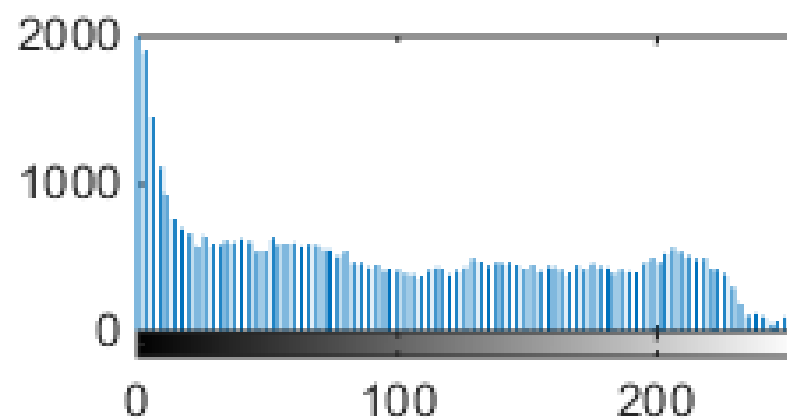
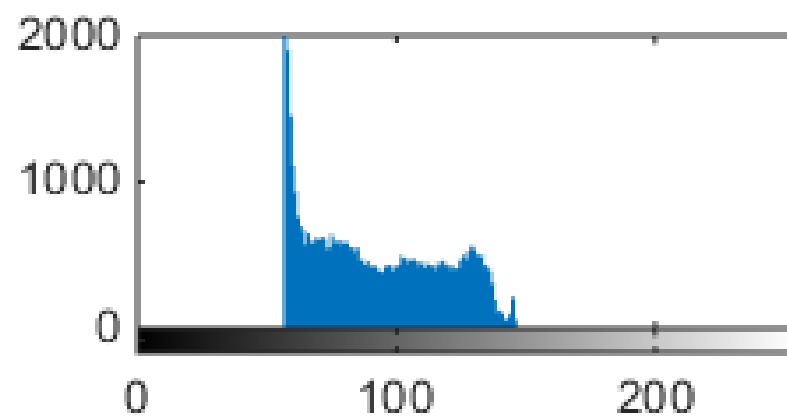
- 30 pikselden oluşan ve 10 gri seviyeye sahip bir görüntü için histogram dengeleme işleminin işleyiş biçimini anlamak için aşağıdaki histogram verilmiştir.



$$O = f(I) = \max \left\{ 0, \text{round} \left(\frac{Gt(I)}{NM} \right) - 1 \right\}$$



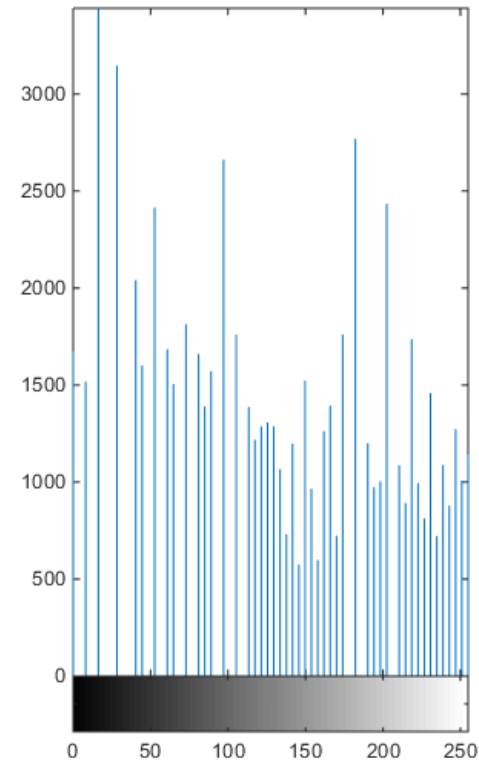
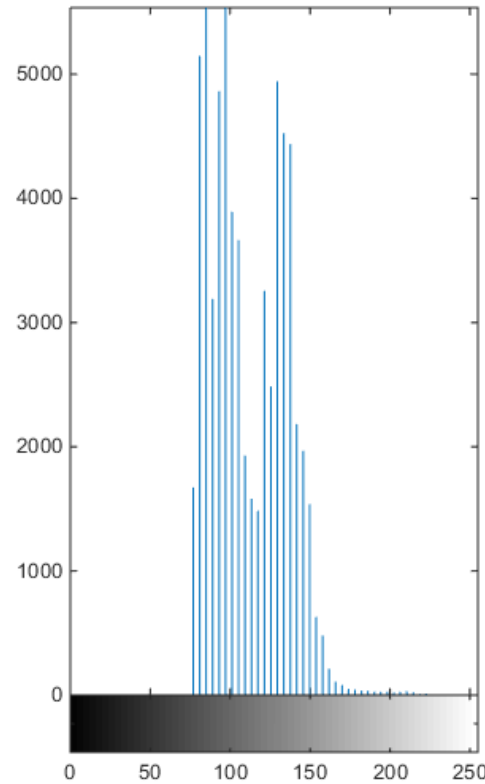




Histogram Equalization Techniques

<https://www.mathworks.com/help/images/histogram-equalization.html>

```
I = imread('pout.tif');  
figure  
subplot(1,2,1)  
imshow(I)  
subplot(1,2,2)  
imhist(I,64)  
J = histeq(I);  
figure  
subplot(1,2,1)  
imshow(J)  
subplot(1,2,2)  
imhist(J,64)
```



Bölgesel Kontrast İyileştirme

- Kontrast germe ve histogram dengeleme işlemleri
 - İlgilenilen görüntüdeki gri seviye dağılımlarına dayalı bir dönüşüm fonksiyonu ile piksellerin sahip olduğu gri seviye değerlerinin değiştirilmesi anlamında **bütünsel bir işlemdir.**
- Bütünsel yaklaşım görüntünün genelindeki iyileştirmeler için uygun olmasına rağmen, çoğu zaman küçük bölgeler (kalıplar) üzerinden ayrıntıların ortaya çıkarılması arzu edilebilir.
- Bu bölgelerdeki piksellerin değerleri, bütünsel bir dönüşümün hesabında ihmal edilebilir bir etkiye sahip olabilir.
- Çözüm olarak görüntüdeki her bir pikselin komşuluğundaki gri seviyelere dayalı dönüşüm fonksiyonlarının tasarlanması düşünülebilir.
- Bölgesel iyileştirme işlemi için mevcut iki yöntem aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Yöntem 1

- Bölgesel iyileştirme için;
 - Piksellerin kare veya dikdörtgen komşulukları tanımlanır ve bu komşuluk biçimlerinin merkezi, görüntü içerisindeki her bir piksel boyunca kaydırılır.
 - Her bir piksel konumunda, komşuluk içerisinde kalan noktaların histogramı hesaplanır.
 - Bu komşuluk içerisinde bulunan noktalara uygulanmak üzere histogram dengeleme için dönüşüm fonksiyonu elde edilir.
 - Bu fonksiyon, sadece ilgilenilen pikselin yeni gri seviye değerini elde etmede kullanılır.
 - İşlem, seçilen komşuluk biçimi ve büyüklüğü ile görüntüdeki tüm pikseller üzerinde sürdürülür.
 - Buradaki zorluk, belirlenen komşuluk biçimi içerisinde histogram dengelemeyi sağlayacak dönüşüm fonksiyonunun elde edilmesi ile ilgilidir.
- Histogram dengelemede olduğu gibi, bu konunun çözümü hala açık bir problemdir.

Yöntem 2

- Belirli bir komşuluk içerisinde kalan noktaların histogramlarını elde etmek ve daha sonra bu komşuluk üzerinden histogram dengeleme işlemini gerçekleştirmek yerine,
- Komşuluktaki piksel parlaklıklarının diğer özelliklerine göre görüntü üzerinde bölgesel iyileştirme işlemi sağlanabilir.
- Görüntünün görünümüyle olan ilişkilerinden dolayı komşu piksellerin **ortalaması** ve **varyansı** (standart sapması) çok sık kullanılan özelliklerden bazılarıdır.
- Başka bir deyişle;
 - **piksellerin ortalaması ortalama parlaklığın,**
 - **varyansı ise kontrastın bir ölçüsüdür.**

Yöntem 2

- tipik bir bölgesel dönüşüm, her bir (i, j) piksel konumundaki I giriş görüntüsünden O çıkış görüntüsünü

$$O(i, j) = A(i, j)[I(i, j) - m(i, j)] + m(i, j)$$

- ile tanımlanan dönüşüm biçimiyle elde eder. Burada,

$$A(i, j) = k \frac{M}{\sigma(i, j)}, \quad 0 < k < 1$$

şeklinde tanımlı olup

Yöntem 2

$$O(i, j) = A(i, j)[I(i, j) - m(i, j)] + m(i, j) \quad A(i, j) = k \frac{M}{\sigma(i, j)}, \quad 0 < k < 1$$

$m(i, j)$: (i, j) merkezli komşuluktaki piksellerin gri seviye değerlerinin ortalamasını

$\sigma(i, j)$: (i, j) merkezli komşuluktaki piksellerin gri seviye değerlerinin standart sapmasını

M : Giriş görüntüsünü oluşturan piksellerin gri seviye değerlerinin ortalamasını yani bütünsel ortalamaı temsil eder.

- $A(i, j)$, bölgesel kazanç çarpanı olup $I(i, j)$ ve $m(i, j)$ 'nin farkına uygulanması bölgesel değişimleri kuvvetlendirir.
- Bu anlamda $A(i, j)$, gri seviye değerlerinin standart sapmasıyla ters orantılı olacak şekilde belirlenmiştir.
- Böylece, düşük kontrasta sahip bölgeler daha yüksek kazanç değeri ile çarpılmış olacak ve ilgili bölgelerde kontrast artırılmaya çalışılacaktır.
- Lokal bölgedeki görüntünün ortalama parlaklık seviyesini düzeltmek amacıyla (i, j) konumundaki ortalama parlaklık değeri denkleme tekrar eklenmektedir.

- Bölgesel iyileştirmede kullanılacak pencere (kalıp) büyüklüklerinin genel olarak $(2n_1 + 1)$ satır ve $(2n_2 + 1)$ sütundan oluştuğu varsayılır.

$(i-n_1, j-n_2)$	...	$(i-n_1, j-1)$	$(i-n_1, j)$	$(i-n_1, j+1)$	...	$(i-n_1, j+n_2)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$(i-1, j-n_2)$	...	$(i-1, j-1)$	$(i-1, j)$	$(i-1, j+1)$	...	$(i-1, j+n_2)$
$(i, j-n_2)$	...	$(i, j-1)$	(i, j)	$(i, j+1)$	...	$(i, j+n_2)$
$(i+1, j-n_2)$	...	$(i+1, j-1)$	$(i+1, j)$	$(i+1, j+1)$	...	$(i+1, j+n_2)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$(i+n_1, j-n_2)$	...	$(i+n_1, j-1)$	$(i+n_1, j)$	$(i+n_1, j+1)$	...	$(i+n_1, j+n_2)$

Bölgesel işlemler için $(2n_1 + 1)$ satır ve $(2n_2 + 1)$ sütundan oluşan (i, j) merkezli kalıp biçimi.

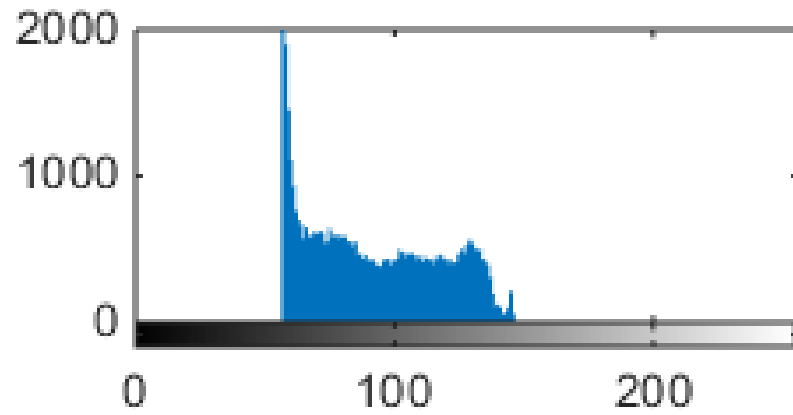
- (i, j) merkezli komşuluktaki piksellerin gri seviye değerlerinin **ortalaması** ve **varyansı**;

$$m(i, j) = \frac{1}{(2n_1 + 1)(2n_2 + 1)} \sum_{k=-n_1}^{n_1} \sum_{l=-n_2}^{n_2} \bar{I}(i + k, j + l)$$

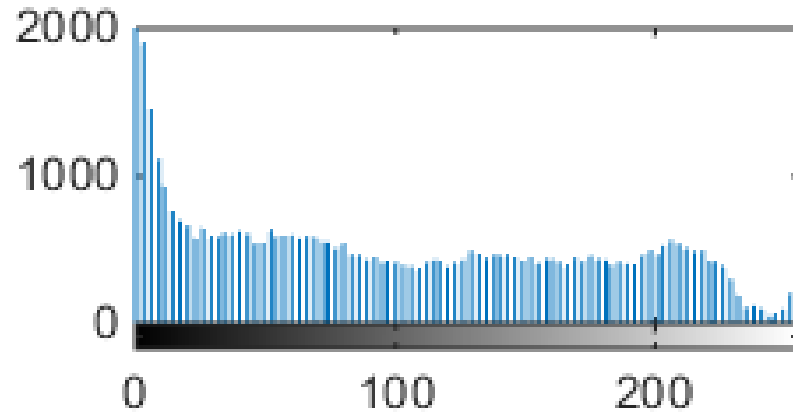
$$\sigma^2(i, j) = \frac{1}{(2n_1 + 1)(2n_2 + 1)} \sum_{k=-n_1}^{n_1} \sum_{l=-n_2}^{n_2} [\bar{I}(i + k, j + l) - m(i, j)]^2$$

- Burada **$I(i, j)$** , (i, j) merkezli komşuluktaki piksellerin gri seviye değerleridir.
- Genel biçimi verilen kalıbı; merkezi, görüntünün (i, j) konumundaki pikseline denk gelecek şekilde uygulayarak ortalama ve varyans değerleri hesaplanır.
- Bu işlem, görüntünün tüm pikselleri üzerinde kalıbın kaydırılmasıyla uygulanır ve
- Yeni görüntü elde edilir.

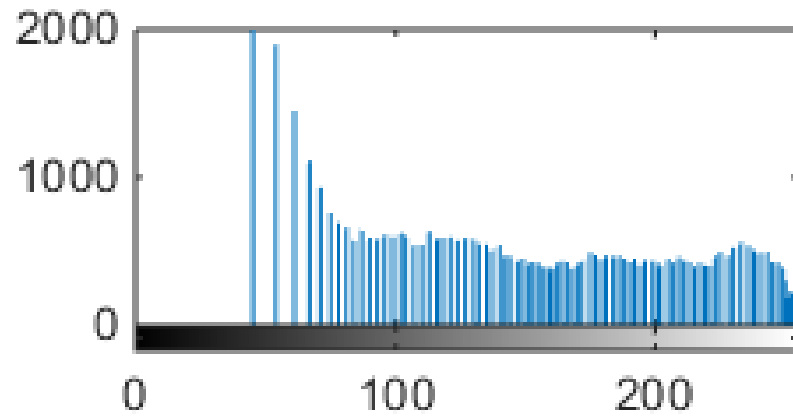
Orijinal resim

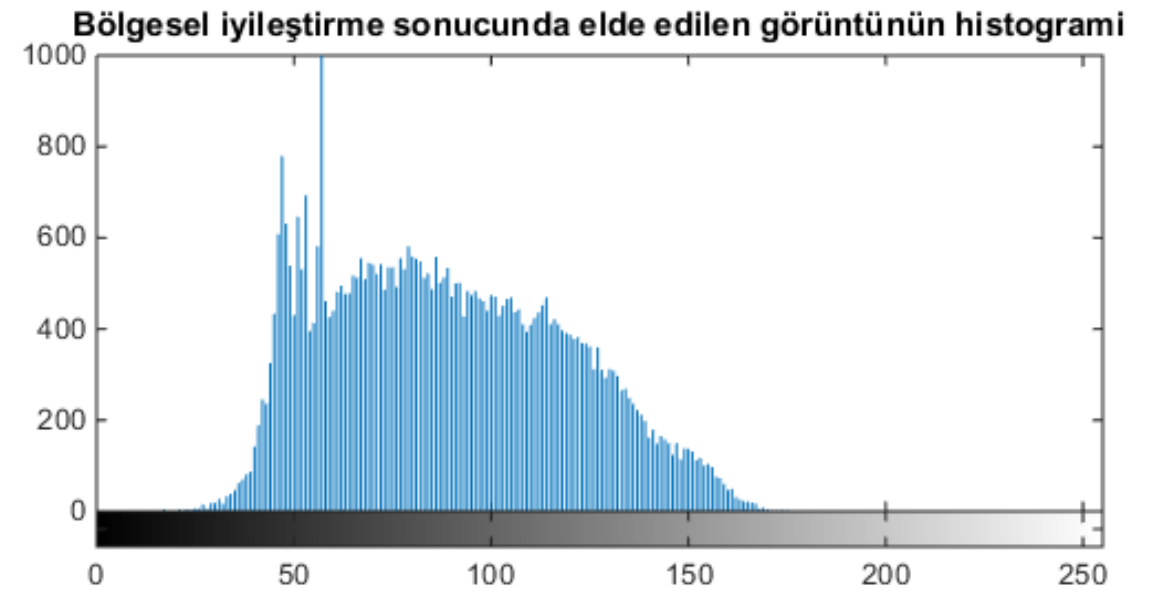
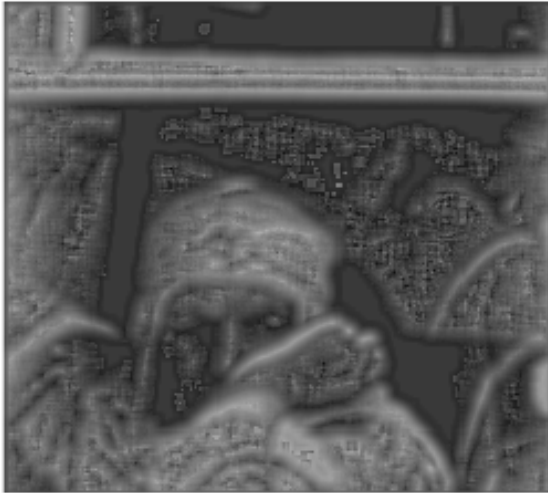
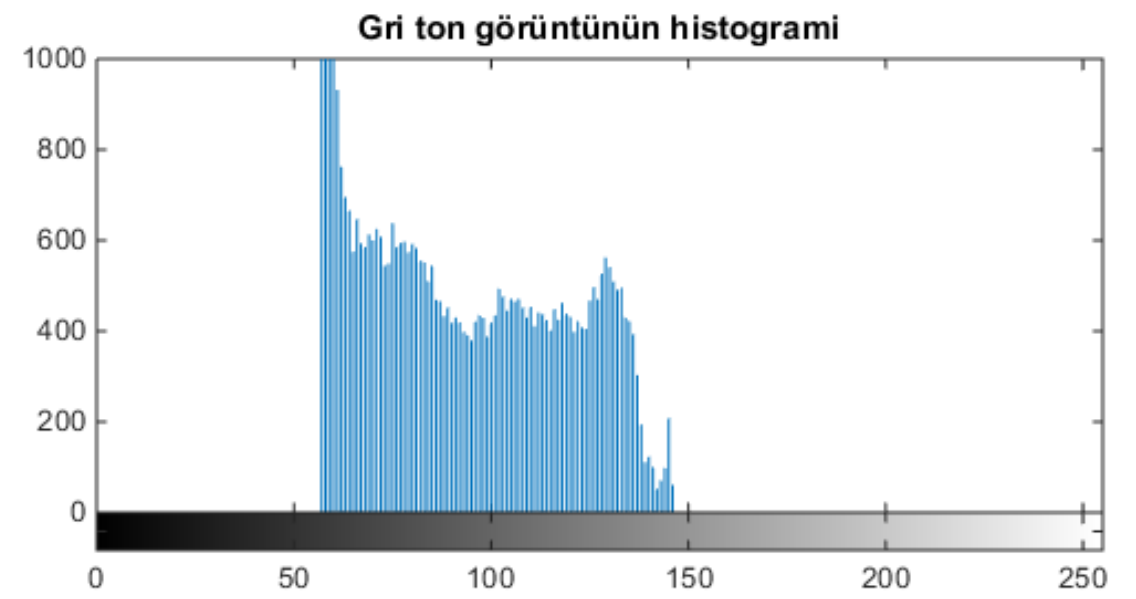


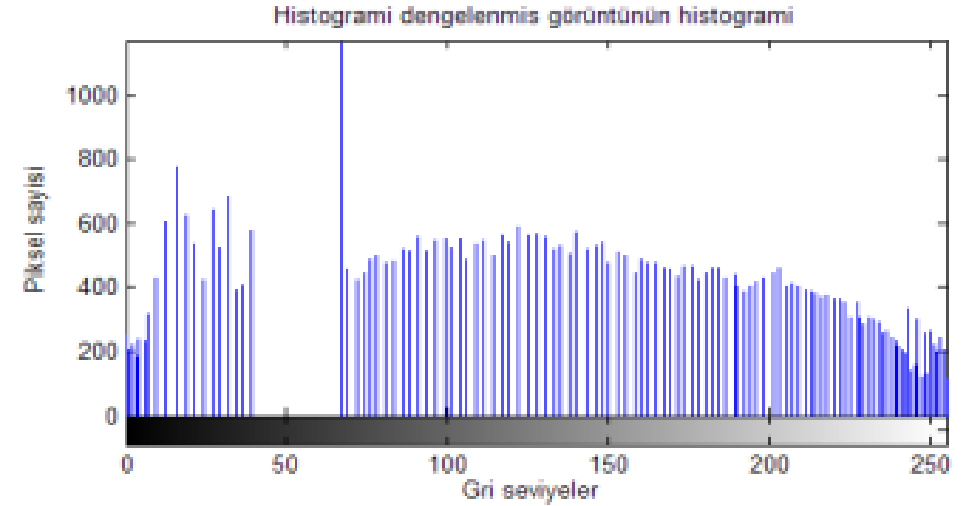
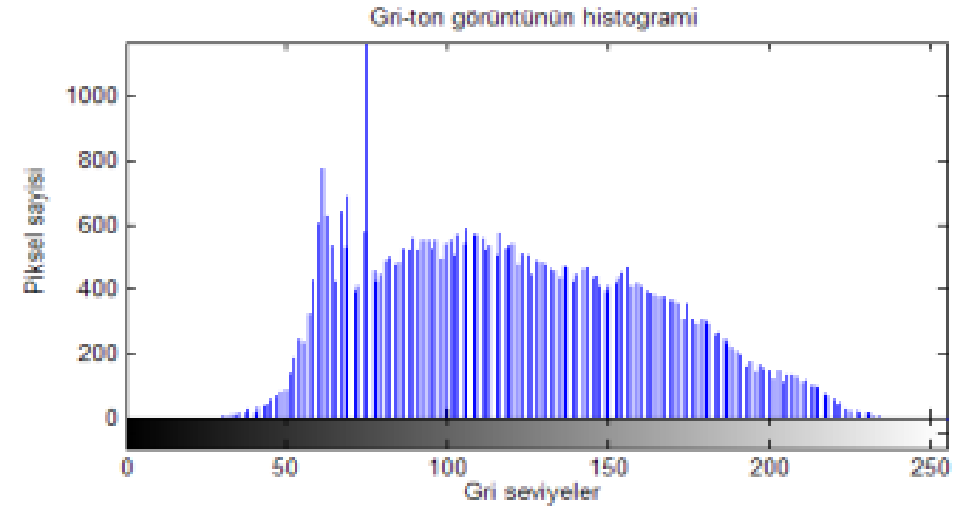
**Kontrastı gerilmiş
resim**



**Histogramı
dengelenmiş resim**





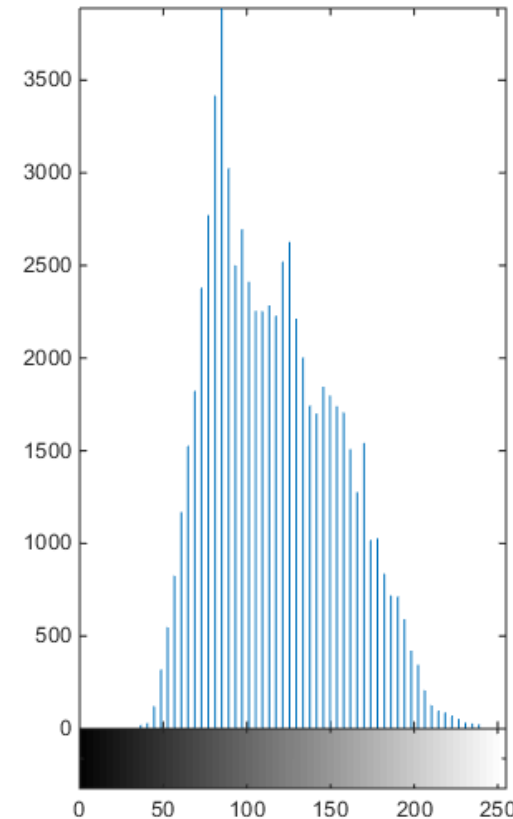
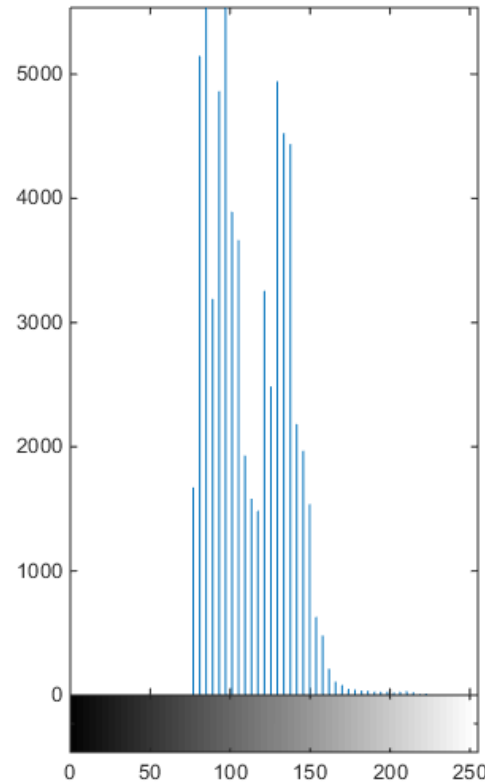


Şekil 2.9 (a) Şekil 8(b)'deki gri-ton görüntü ve histogramı, (b) (a)'daki gri-ton görüntüye histogram dengeleme işlemi uygulanması sonucunda elde edilen görüntü ve histogramı.

Adaptive Histogram Equalization Techniques

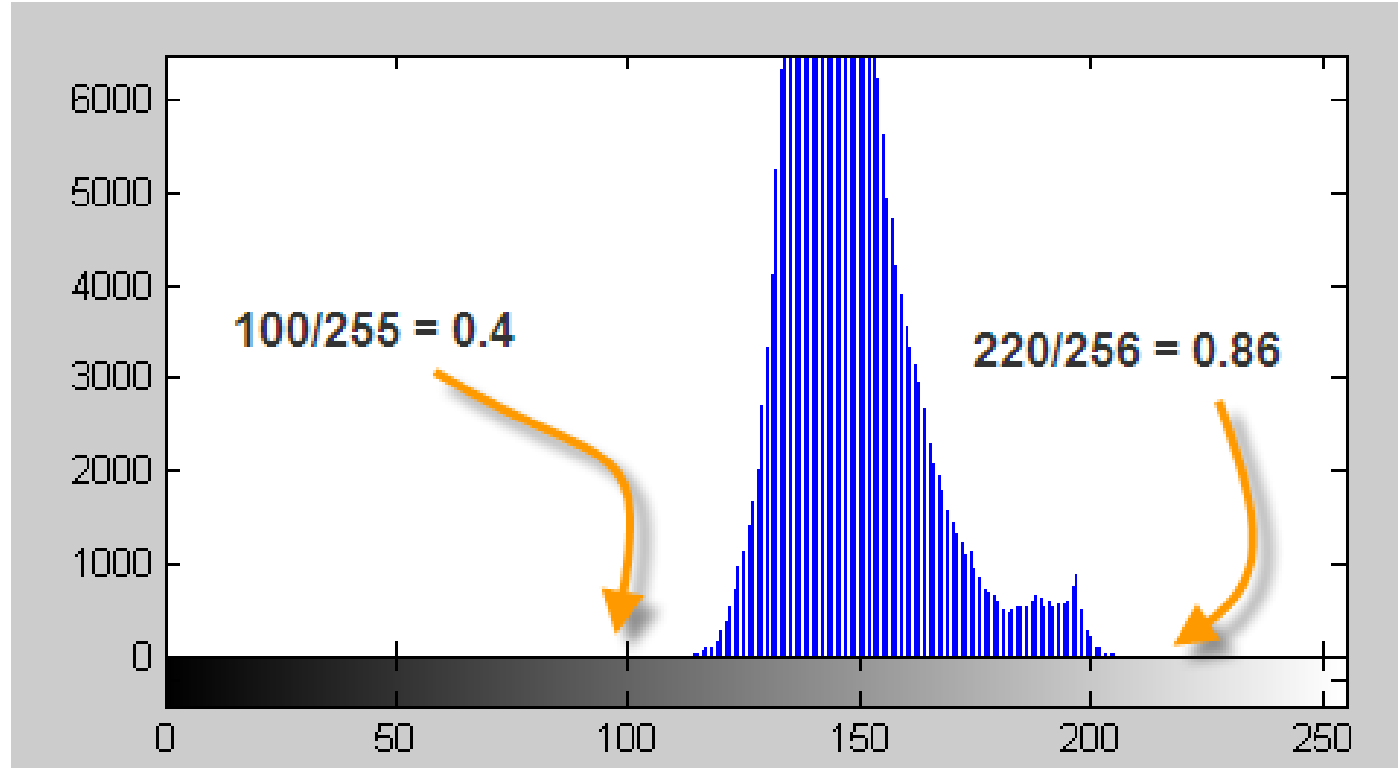
<https://www.mathworks.com/help/images/adaptive-histogram-equalization.html>

```
I = imread('pout.tif');  
figure  
subplot(1,2,1)  
imshow(I)  
subplot(1,2,2)  
imhist(I,64)  
J = adapthisteq(I);  
figure  
subplot(1,2,1)  
imshow(J)  
subplot(1,2,2)  
imhist(J,64)
```



Enhancing contrast using `imadjust()`

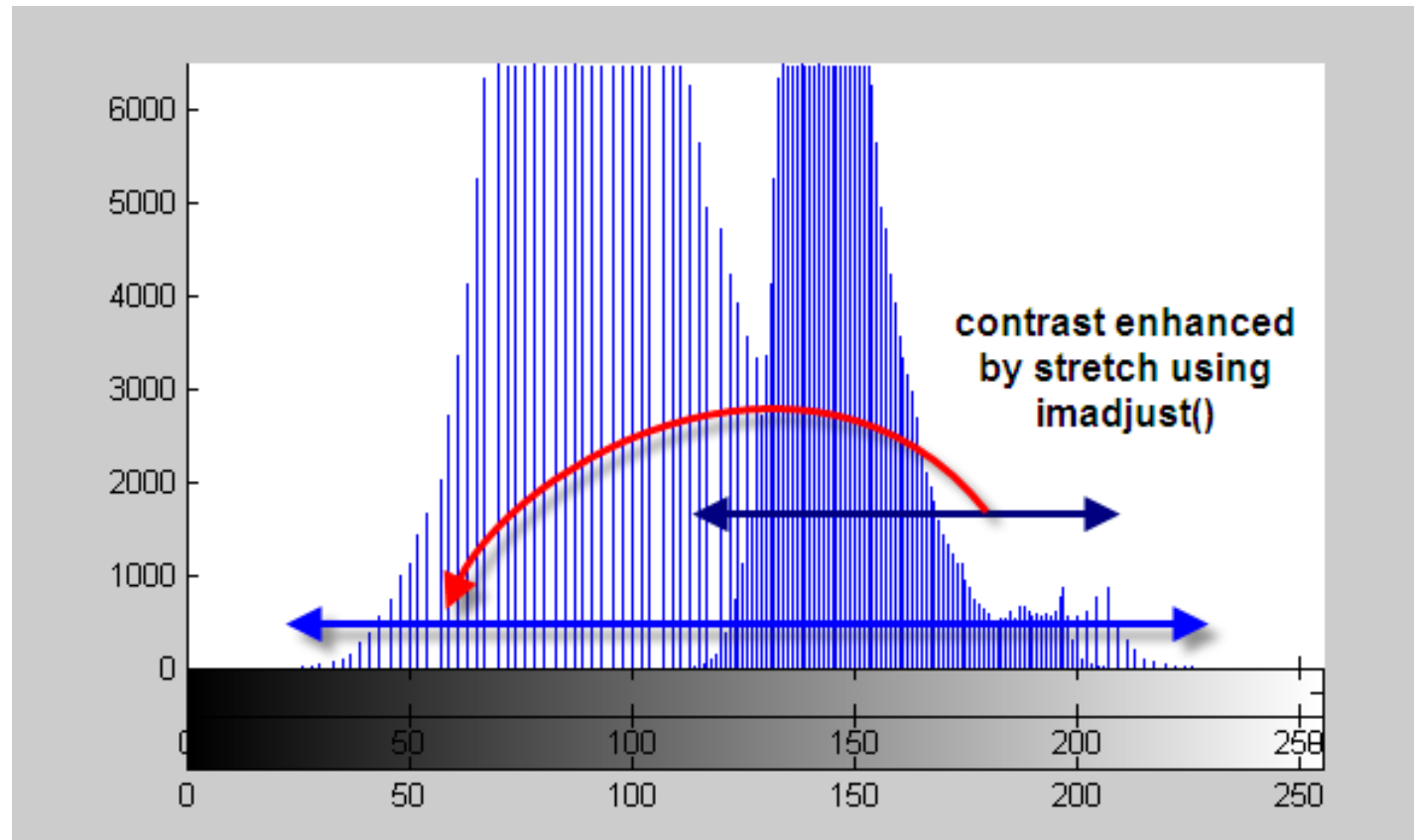
In this section, we'll use `imadjust()` and get similar effect of doing histogram equalization operation.



```
img = imread('Hawkes_Bay_NZ.jpg');  
img_adj = imadjust(img, [0.4,0.86],[0.0,1.0]);  
imshow(img_adj);
```



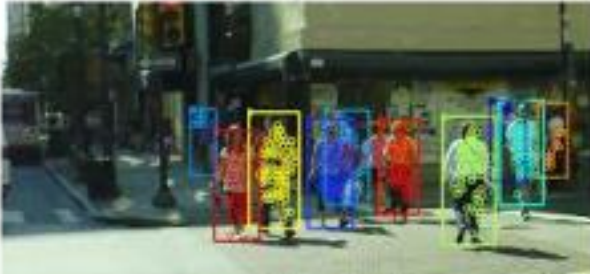
```
img = imread('Hawkes_Bay_NZ.jpg');  
img_adj = imadjust(img, [0.4,0.86],[0.0,1.0]);  
figure;  
hold on;  
imhist(img);  
imhist(img_adj);  
hold off;
```



Görüntü İşleme

Olası Proje Konuları

- Nesne Takibi, Plaka Tanıma,
- Biyomedikal Görüntü İşleme
- Bilgisayarda Görme
- Biyometri (Parmak izi Tanıma, İris Tanıma, etc..)
- Askeri Uygulamalar(Sınır Güvenliği, Nesne Tanıma)
- İnsan Tanıma, Kalabalık alanlarda Hareket Analizi
- İçerik Tabanlı Görüntü Sorgulama



Görsel Algının Unsurları

https://www.ted.com/talks/beau_lotto_optical_illusions_show_how_we_see?language=tr

