

Digital Image Processing

المحاضرة السادسة
Image Enhancement
العمليات على البكسلات باستخدام
هستوغرام الصورة

د. عيسى الغنام د. إياد حاتم
2023 الفصل الصيفي

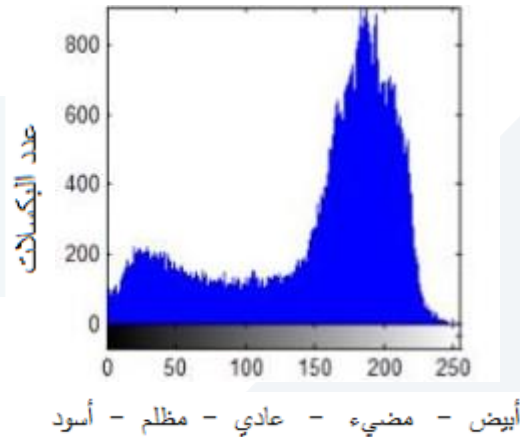
العمليات على البكسلات

• تعديل قيم البكسل دون إحداث تغيير في حجمه أو موقعه أو البنى المحلية في الصورة

- العمليات الحسابية (+, -, *, /)
- العمليات المنطقية (Not, And, OR, Xor)
- العمليات على السويات الرمادية (تقليل، تعتیب، تقطيع، توابع التحويل النقطية)
- العمليات على البكسلات باستخدام هيستوغرام الصورة

مخطط توزيع قيم السويات الرمادية (الهستوغرام)

- هو مخطط يظهر توزيع قيم السويات الرمادية في الصور الرقمية
- يقوم بعرض عدد البكسلات الممثلة لكل سوية لونية بين الأسود (0) والأبيض (255)
- الهستوغرام المقابل لكل قيمة دخل:

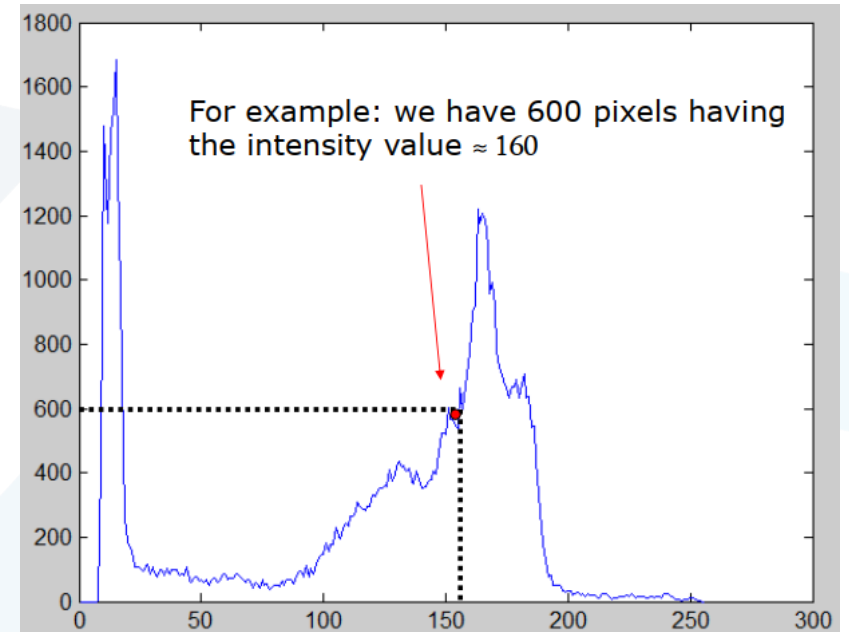
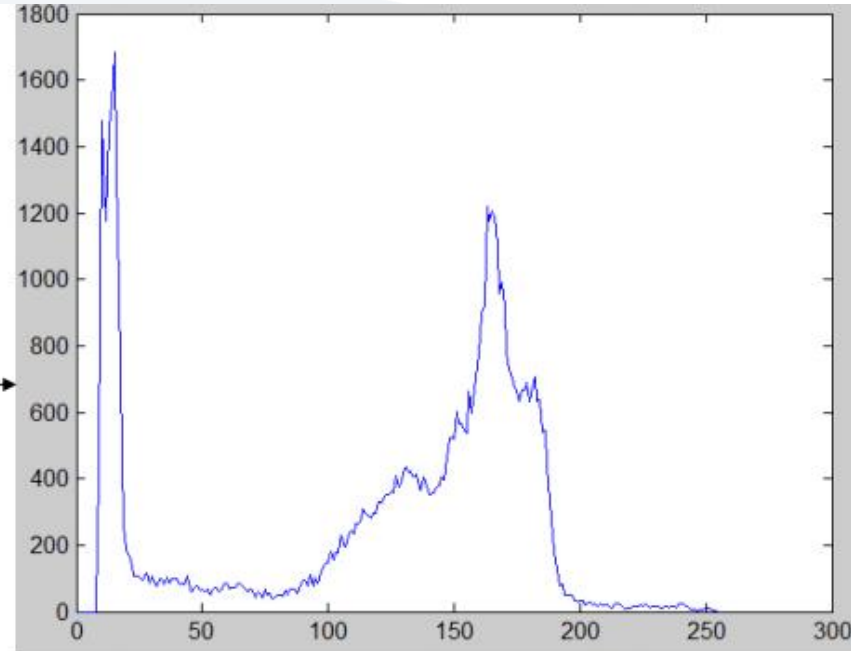


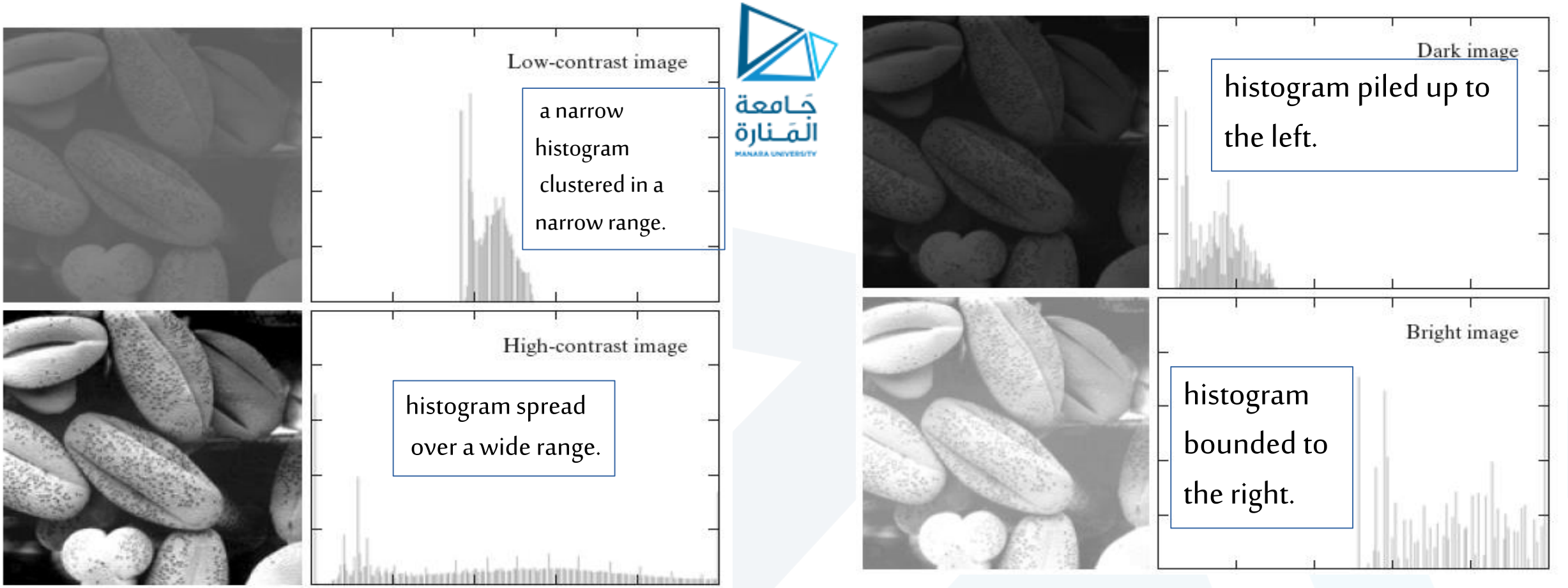
$$h(i) = \text{number of image pixels with } i \text{ intensity ; } 0 \leq i < L$$

■ تكون القيم في هستوغرام الصور الجيدة موزعةً على كلّ السويات الرمادية ولكن هذا ليس شرطاً



histogram





نلاحظ ما يلي:

- الصورة ذات العناصر القاتمة تكون عناصر الرسم البياني لها متجمعة في المستوى الأدنى لمنحنى السويات الرمادية.
- الصورة ذات العناصر الساطعة تكون عناصر الرسم البياني لها متجمعة في المستوى الأعلى لمنحنى السويات الرمادية.
- الصورة ذات التباين القليل سوف يكون منحنيا ضيق وسوف يتمركز حول وسيط مجال سوياتها الرمادية.
- الصور ذات التباين العالي تتوزع عناصر الرسم البياني لها على مجال واسع من المنحنى.

- الرسم البياني (الهستوغرام) لصورة ذات سويات رمادية تنتهي إلى المجال $[0, L - 1]$

- هو تابع متقطع يعطى بالعلاقة $h(r_k) = n_k$ حيث

- r_k هو مستوي السوية الرمادية k

- n_k هو عدد البيكسلات التي تمتلك السوية الرمادية k .

► Normalized histogram: $p(r_k) = n_k/n$
► sum of all components = 1

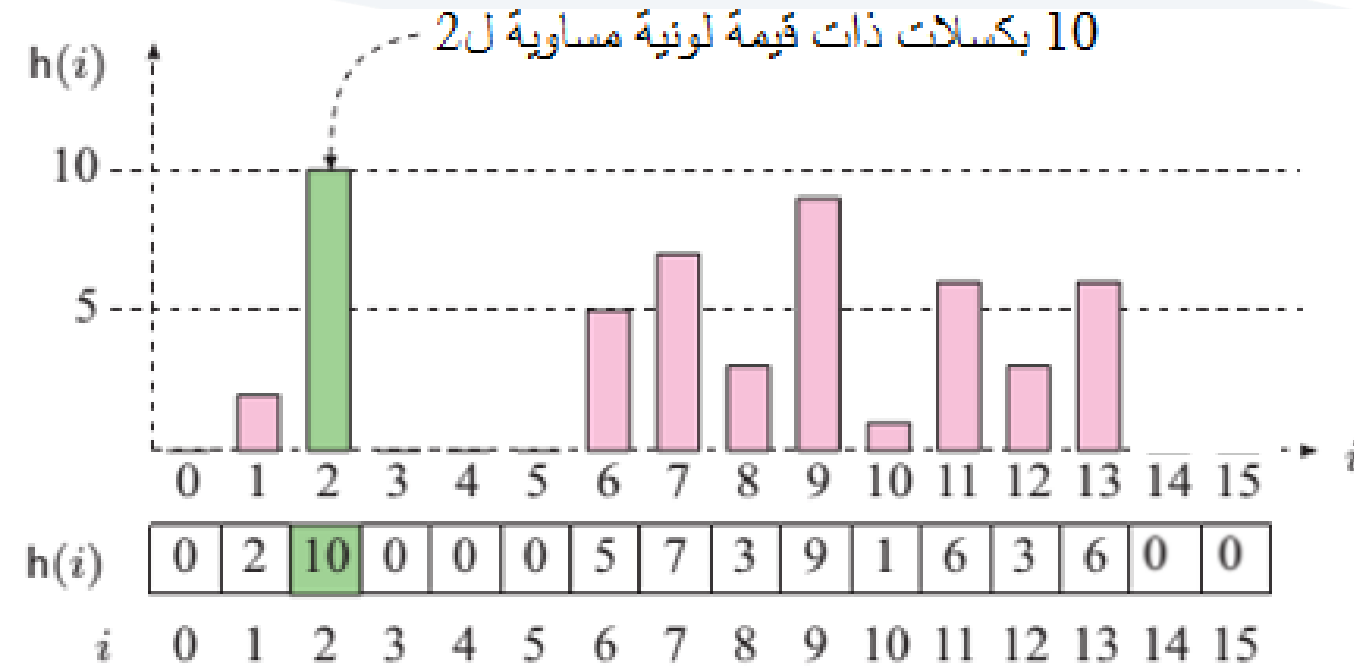
- لجعل المنحني طبيعياً نقسم جميع قيمه على عدد الكلي لبيكسلات الصورة n .

- تصبح معادلة المنحني بالشكل $p(r_k) = n_k/n$, من أجل $k = 0, 1, \dots, L - 1$

- يستخدم في العديد من تقنيات معالجة الصورة في تعزيز الصورة و التطبيقات المعتمدة على الإحصاءات كما تستخدم التقطيع و الضغط...الخ.

- سهل البرمجة والحساب لذلك فهو يستخدم في معالجة الصور في الزمن الحقيقي. real-time image processing.

مخطط توزيع قيم السويات الرمادية (الهستوغرام)

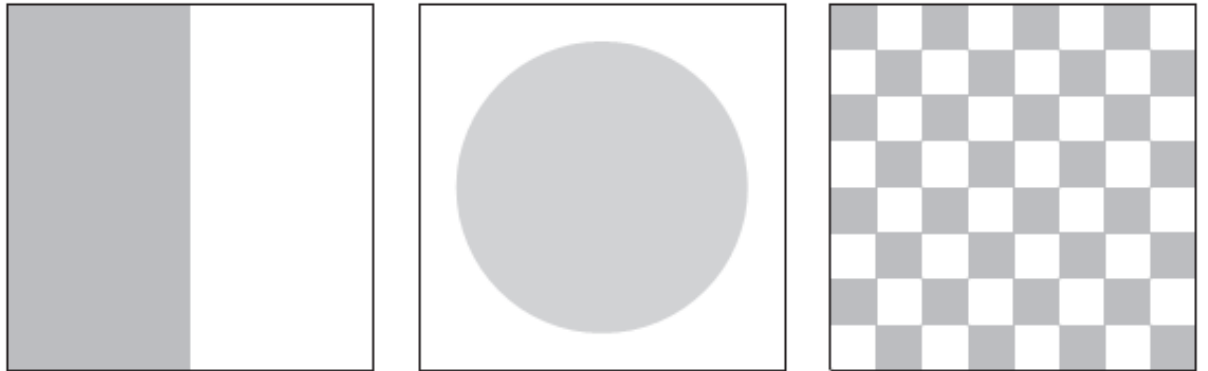


| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 2 | 2 | 6 | 7 | 7 | 7 | 9 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 12 | 12 | 13 | 13 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 13 | 13 | 13 | 13 |

□ صورة تحتوي على 16 سوية لونية ممكنة

مخطط توزيع قيم السويات الرمادية (الهستوغرام)

- لا يحتوي هيستوغرام الصورة على أي معلومات عن الإحداثيات المكانية للبكسلات في الصورة ويعود السبب إلى كون الهيستوغرام تابعاً إحصائياً
- لا يمكن إعادة بناء الصورة الأصلية انطلاقاً من الهيستوغرام فقط نظراً لفقدان المعلومات المكانية
- إن العمليات التي تؤدي إلى تحريك عنصر من مكان لآخر دون التأثير في السوية اللونية الخاصة به لا تؤثر على الهيستوغرام
- تؤثر بعض عمليات معالجة الصورة على الهيستوغرام الخاص بها وبعضها لا



هناك هيستوغرام مميز لكل صورة، لكن لا يوجد صورة مميزة لكل هيستوغرام

تفسير الهيستوغرام

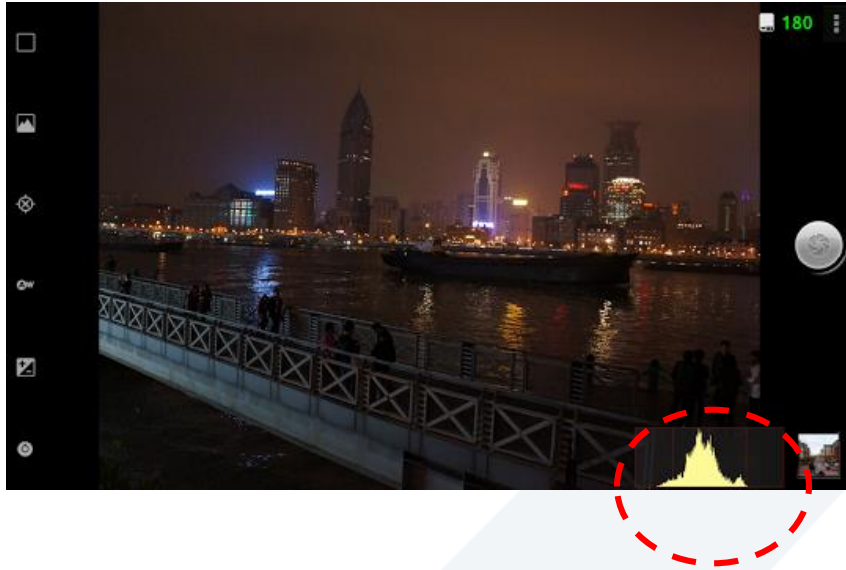
يُظهر الهيستوغرام عادة:

- المشاكل التي تحدث أثناء التقاط الصورة
- الآثار الناتجة عن تطبيق بعض عمليات معالجة الصور
- يمكن استخدام الهيستوغرام لتحديد نوع عمليات معالجة الصورة التي ستحسن من جودتها ونعتمد في هذا على المعلومات التالية: السطوع والتباين والمجال الديناميكي مجال قيم السويات الرمادية الموجودة فيها شكل منحنى توزيع الهيستوغرام

مخطط توزيع ترددات السويات الرمادية (الهستوغرام)

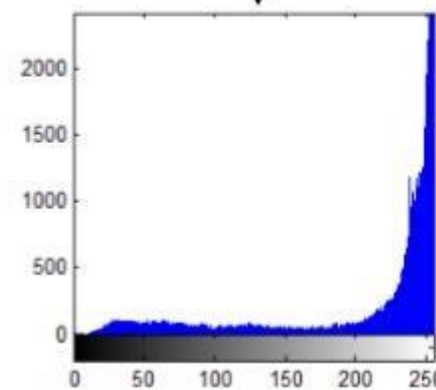
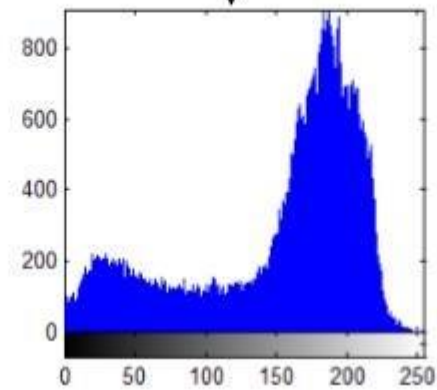
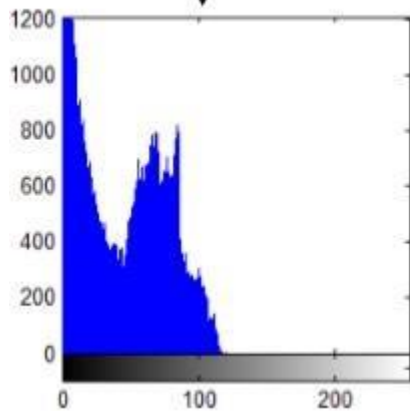
□ يستخدم الهستوغرام في توصيف القيم الإحصائية في الصورة على نحو مرئي سهل التفسير

- أثناء التقاط الصور
- تحديد نوع العمليات المطبقة سابقاً على الصور
- تحسين عرض الصور



التعرض للضوء أثناء التقاط الصور (السطوع)

Underexposed



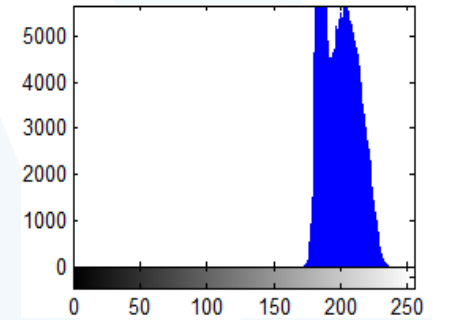
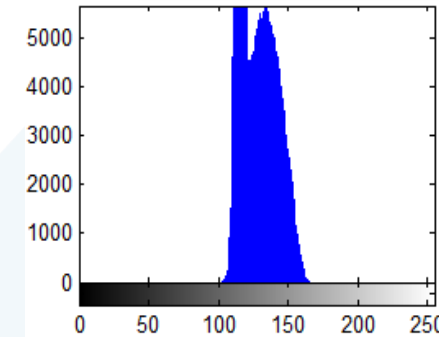
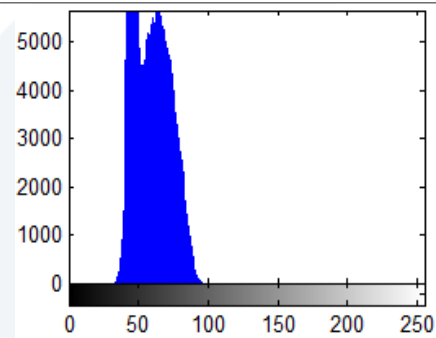
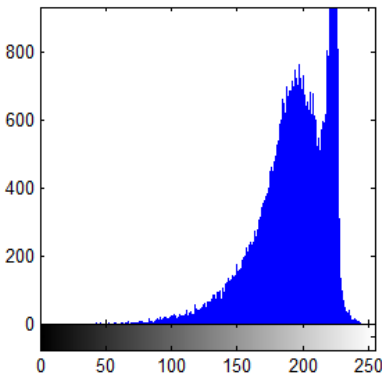
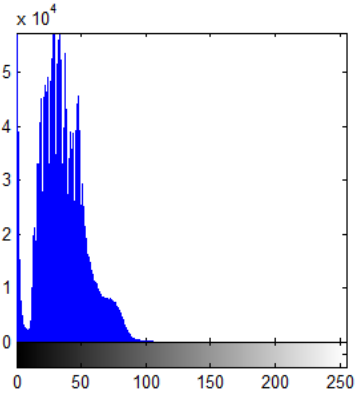
Overexposed

يوجد نوعان من المشاكل المصاحبة
لالتقاط الصور والمرتبطة بالتعرض
للإضاءة هما

- التعرض المفرط
- والتعرض الناقص
- تؤثر طبيعة المشهد الذي يتم تصويره على
الهيستوغرام الناتج كتصوير منظر ثلجي أو
جسم داكن اللون
- تسبب المشكلتين فقداناً في المعلومات لا
يمكن استعادتها
- تظهر على شكل تراكم للقمم العالية في أحد
جانبي المخطط وقلتها أو انعدامها في الجانب
الآخر

التعرض للضوء أثناء التقاط الصور (السطوع)

تؤدي زيادة أو نقصان السطوع في الصورة إلى انزياح مخطط الهيستوغرام نحو اليمين أو اليسار على التوالي



تباين الصورة

□ يحدد الفرق بين القيمة الدنيا والقصوى لمجموعة قيم السويات الرمادية الموجودة فعلياً في الصورة

□ يمكن بسهولة قراءة تباين الصورة $[rmin, rmax]$ من خلال هистоغرامها

□ في الصورة كاملة التباين يكون المجال الفعال مساوٍ لكامل مجال السويات اللونية الممكنة أي:

$$[rmin, rmax] = [0, L-1]$$

□ للحصول على صورة كاملة التباين من صورة عادية يجب توسيع هистоغرام الصورة (histogram stretching-normalization)

باستخدام تابع تطبيع

التباين

- (الفرق بين القيمة الدنيا والقصوى لهذه السويات)

- في الصور كاملة التباين يكون المجال الفعال موزعا على كامل السويات اللونية

$$[r_{min}, r_{max}] = [0, L - 1]$$

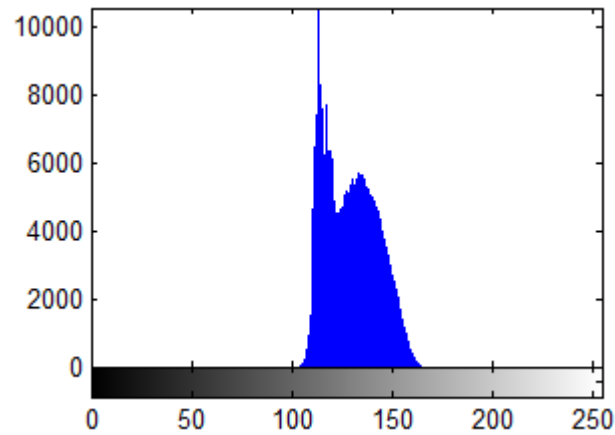
- للحصول على صورة كاملة التباين من صورة عادية يجب توسيع هيستوغرام الصورة histogram stretching-normalizat

Mapping process:

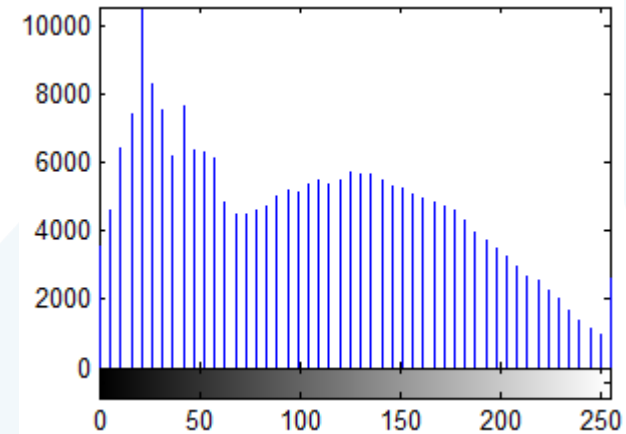
$r_{min} \rightarrow 0$
 \vdots
 $r_{max} \rightarrow L-1$

$$S = \frac{r - r_{min}}{r_{max} - r_{min}} \cdot (L - 1)$$

**What if $r_{min} = 0$
& $r_{max} = L-1$?**



الصورة الأصلية



الصورة كاملة التباين

المجال الديناميكي





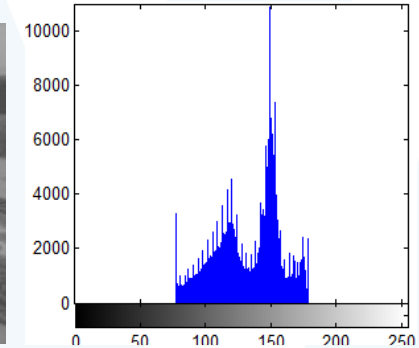
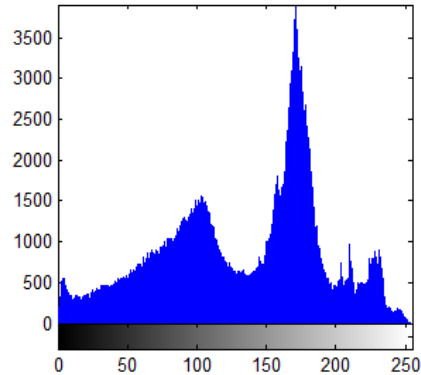
HDR

- المجال الديناميكي: عدد السويات اللونية المميزة في الصورة
- يحدد المجال الديناميكي قدرة الصورة على عكس السويات اللونية الموجودة فعلياً في المشهد، ويعبر عن عدد **قيم** البكسلات المميزة والفريدة المستخدمة فيها (في الحالة المثالية جميع قيم البكسلات الممكنة)

تقليص المجال الديناميكي

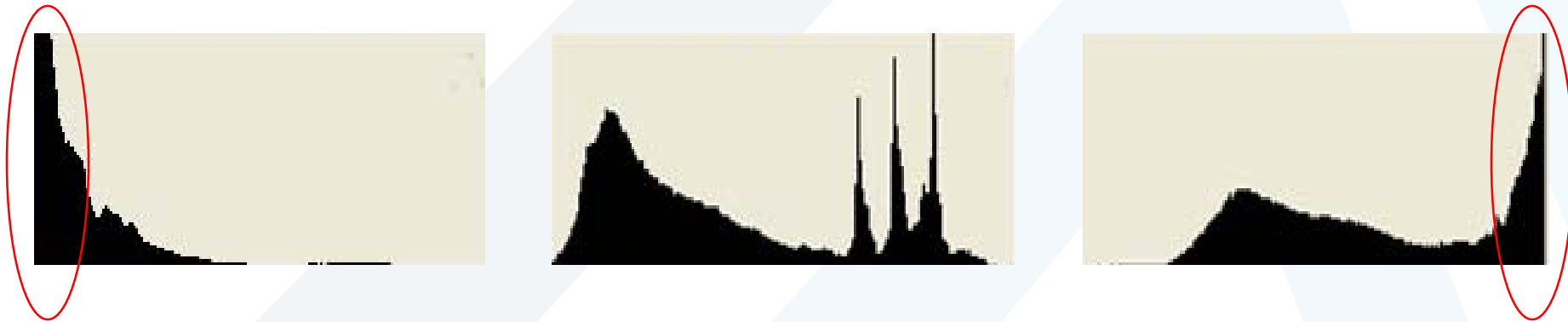
يمكن تقليص المجال الديناميكي للصورة من المجال $[r_{min}, r_{max}]$ إلى المجال $[S_{min}, S_{max}]$

$$S = \frac{S_{max} - S_{min}}{r_{max} - r_{min}} \cdot (r - r_{min}) + S_{min}$$



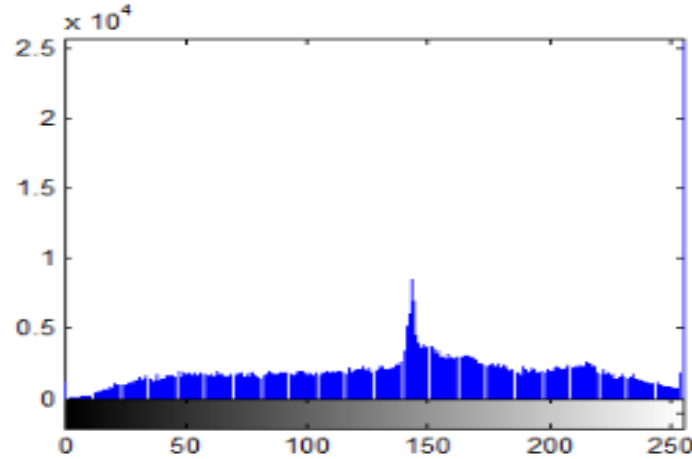
❑ عملياً تكون الحساسات المستخدمة في الكاميرات الرقمية ذات مجال تباين أقل من مجال الشدة الضوئية الموجود في المشهد الملتقط

❑ قيم الإضاءة التي تقع خارج مجال تباين الحساسات تعطى قيمة الحد الأدنى أو الأعلى من المجال

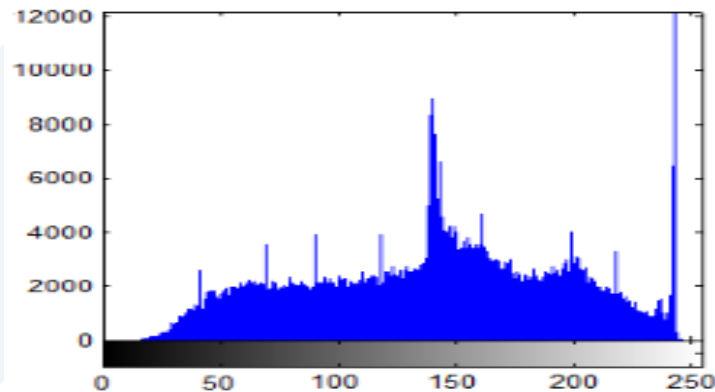


كشف عيوب الصور Gaps and Spikes الثغرات والنبضات الحادة

□ نادراً ما تظهر الثغرات والنبضات الحادة في الصور الأصلية إلا أنها شائعة الوجود في الصور التي تمت معالجتها



■ يؤدي زيادة التباين في الصورة إلى
تباعد قيم الشدة اللونية



■ يؤدي خفض التباين في الصورة
إلى دمج مجموعة من قيم الشدة
الضوئية في قيمة واحدة

الهستوغرام التراكمي

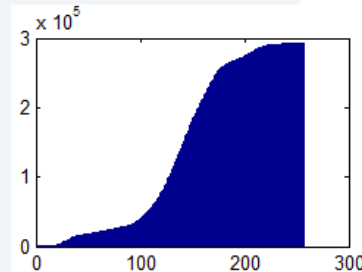
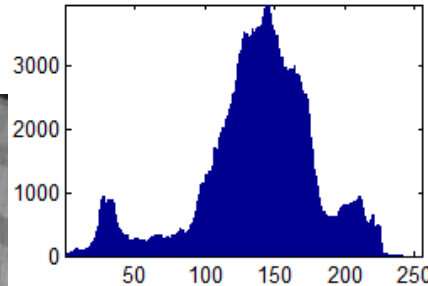
□ يعد أداة بسيطة وقوية للحصول على معلومات إحصائية ولتطبيق بعض عمليات معالجة الصور التي تعتمد

على الهستوغرام

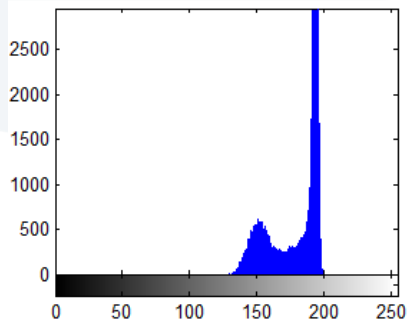
$$H(i) = \sum_{j=0}^i h(j) \quad ; \quad 0 \leq i \leq L-1$$

□ إن $H(i)$ تابع متزايد تبلغ قيمته العظمى:

$$H(L-1) = \sum_{j=0}^{L-1} h(j) = M.N$$



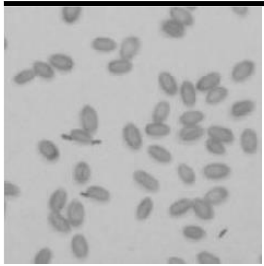
الاختيار المناسب لقيمة العتبة باستخدام الهستوغرام



□ قد تتجمع قيم البكسلات الخاصة بالكائنات والخلفية على شكل مجموعتين أساسيتين واضحتين تظهران على شكل قمتين في مخطط الهستوغرام

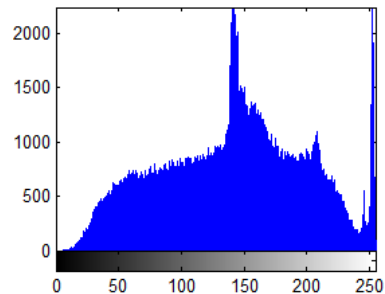


الصورة الناتجة عن التعتيب



الصورة الأصلية

□ يمكن الفصل بسهولة بين الكائنات والخلفية في الصورة عن طريق اختيار عتبة th



□ عندما يكون هستوغرام الصورة معقد وقيم البكسلات غير معزولة بشكل واضح تصبح عملية التعتيب العادية غير مجدية وتستخدم **عمليات أخرى لعزل الكائنات**

Histogram in MATLAB

`h = imhist (f, b)`

Where `f`, is the input image, `h` is the histogram, `b` is number of bins (tick marks) used in forming the histogram (`b = 255` is the default)

A bin, is simply, a subdivision of the intensity scale. For example, if we are working with `uint8` images and we let `b= 2`, then the intensity scale is subdivided into two ranges: `0 – 127` and `128 – 255`.

the resulting histograms will have two values: `h(1)` equals to the number of pixels in the image with values in the interval `[0,127]`, and `h(2)` equal to the number of pixels with values in the interval `[128 255]`.

Histogram in MATLAB

We obtain the normalized histogram simply by using the expression.

$p = \text{imhist}(f, b) / \text{numel}(f)$

numel (f): a MATLAB function that gives the number of elements in array f (i.e. the number of pixels in an image).

Other ways to display Histograms

Consider an image f . The simplest way to plot its histogram is to use `imhist` with no output specified:

```
>> imhist(f);
```

Figure 3.7(a) shows the result

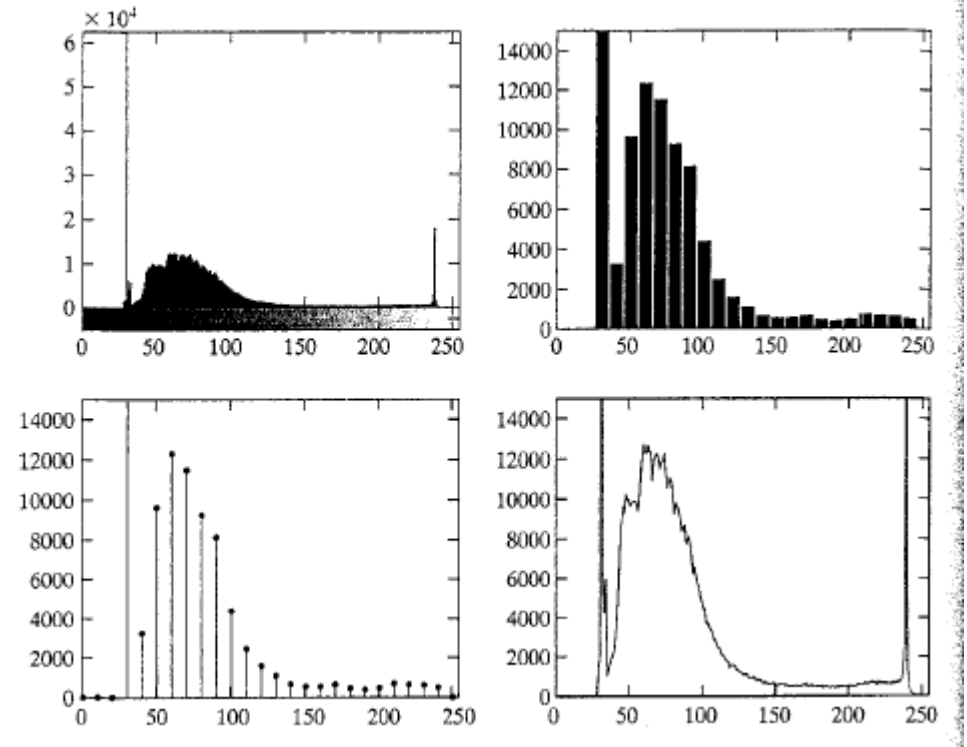
```
>> h = imhist(f);
```

```
>> bar(h);
```

```
>> plot(h);
```

```
>> stem(h);
```

a b
c d
FIGURE 3.7
Various ways to plot an image histogram.
(a) `imhist`,
(b) `bar`,
(c) `stem`,
(d) `plot`.



- ▶ The shape of the histogram of an image does provide useful info about the possibility for contrast enhancement.

• فيما يلي بعض المواضيع التي تدرج تحت معالجة الرسم البياني:

• مساواة الرسم البياني Histogram Equalization

• مطابقة الرسم البياني Histogram Matching

• التعزيز المحلي Local Enhancement

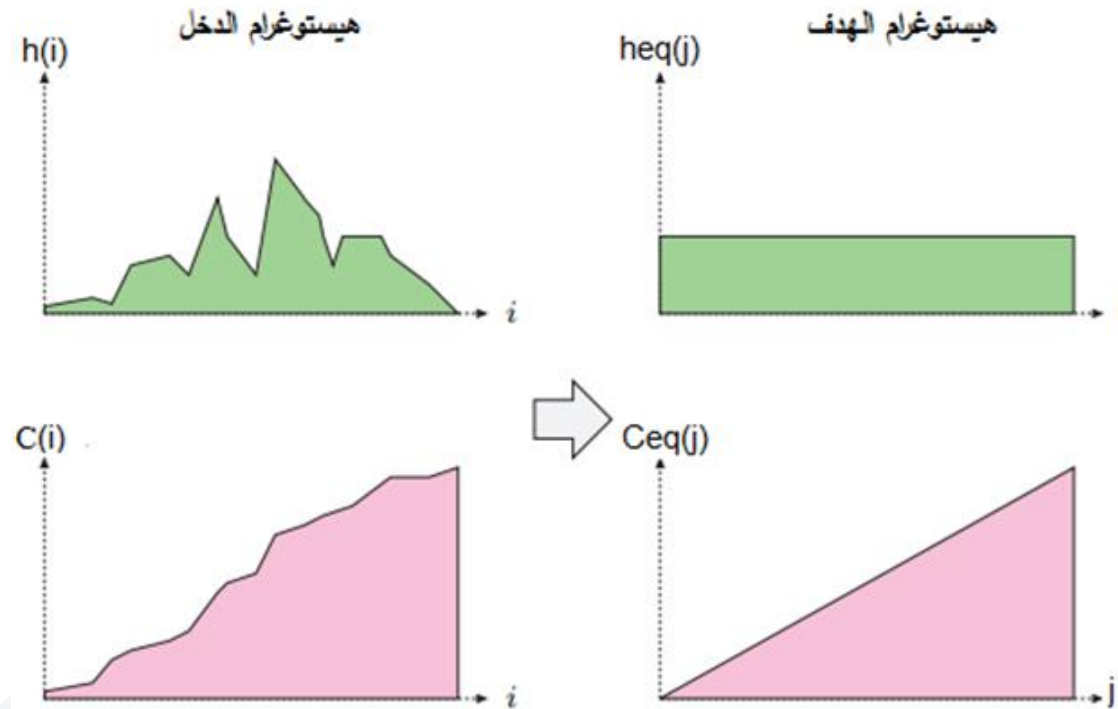
• استخدام إحصائيات الرسم البياني من أجل تعزيز الصورة
Enhancement
Use of Histogram Statistics for Image

تسوية الهستوغرام

□ تحويل التوزيع غير الخطي والفريد لبكسلات صورة الدخل إلى صورة خرج ذات هستوغرام ذي توزيع احتمالي موحد

□ تحتوي الصورة الناتجة عن عملية تسوية الهستوغرام في الحالة المثالية على عدد متساو من البكسلات التي تمثل كل سوية

لونية في الصورة



مثال 1: عملية تسوية الهستوغرام

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 140 | 140 | 140 | 137 | 140 | 142 | 145 | 153 |
| 142 | 142 | 145 | 145 | 145 | 147 | 147 | 150 |
| 140 | 142 | 145 | 145 | 147 | 147 | 150 | 155 |
| 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 153 | 155 | 163 |
| 163 | 155 | 155 | 153 | 155 | 165 | 170 | 170 |
| 173 | 170 | 170 | 170 | 173 | 173 | 173 | 181 |
| 181 | 181 | 178 | 178 | 178 | 181 | 181 | 183 |
| 188 | 186 | 186 | 186 | 188 | 188 | 188 | 186 |



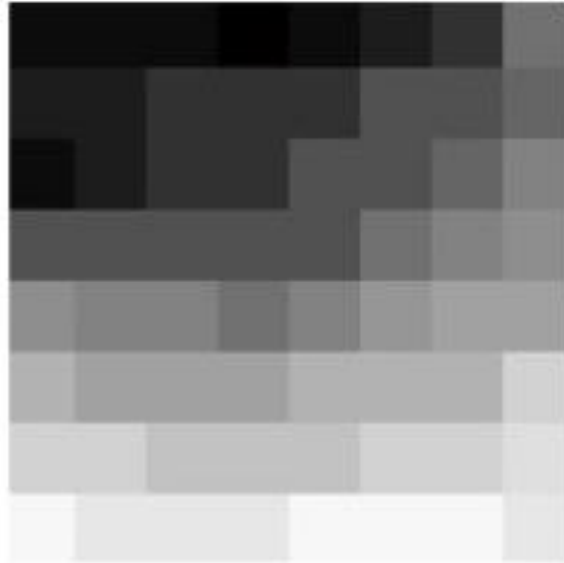
مصفوفة الصورة



مثال 1: عملية تسوية الهستوغرام

| القيمة I | التكرار # | التوزيع التراكمي C | C/N | (L-1)*C/N | (L-1)*(C - Cmin)/(N - Cmin) |
|----------|-----------|--------------------|-------|-----------|-----------------------------|
| 137 | 1 | 1 | 1/64 | 3 | 0 |
| 140 | 5 | 6 | 6/64 | 23 | 20 |
| 142 | 4 | 10 | 10/64 | 39 | 36 |
| 145 | 6 | 16 | 16/64 | 63 | 60 |
| 147 | 9 | 25 | 25/64 | 100 | 97 |
| 150 | 2 | 27 | 27/64 | 108 | 105 |
| 153 | 3 | 30 | 30/64 | 120 | 117 |
| 155 | 5 | 35 | 35/64 | 139 | 137 |
| 163 | 2 | 37 | 37/64 | 147 | 145 |
| 165 | 1 | 38 | 38/64 | 151 | 149 |
| 170 | 5 | 43 | 43/64 | 171 | 170 |
| 173 | 4 | 47 | 47/64 | 187 | 186 |
| 178 | 3 | 50 | 50/64 | 199 | 198 |
| 181 | 5 | 55 | 55/64 | 219 | 218 |
| 183 | 1 | 56 | 56/64 | 223 | 222 |
| 186 | 4 | 60 | 60/64 | 239 | 238 |
| 188 | 4 | 64 | 64/64 | 255 | 255 |

مثال 1: عملية تسوية الهستوغرام



المصفوفة الناتجة عن تسوية الهستوغرام



مصفوفة الصورة

تمرين

□ بفرض الصورة المبينة والمخزنة بعمق بكسل قدره 4

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 7 | 6 | 2 | 0 |
| 2 | 4 | 6 | 1 | 1 |
| 4 | 7 | 2 | 5 | 4 |
| 3 | 0 | 6 | 2 | 1 |
| 5 | 7 | 5 | 1 | 2 |

■ ما هي صورة الخرج الناتجة عن تسوية الهيستوغرام

| i | # | C | C/N | (L-1)*C/N | (L-1)*(C - Cmin)/(N - Cmin) |
|---|---|----|-------|-----------|-----------------------------|
| 0 | 2 | 2 | 2/25 | 1.2 | 0 |
| 1 | 4 | 6 | 6/25 | 3.6 | 3 |
| 2 | 5 | 11 | 11/25 | 6.6 | 6 |
| 3 | 2 | 13 | 13/25 | 7.8 | 7 |
| 4 | 3 | 16 | 16/25 | 9.6 | 9 |
| 5 | 3 | 19 | 19/25 | 11.4 | 11 |
| 6 | 3 | 22 | 22/25 | 13.2 | 13 |
| 7 | 3 | 25 | 25/25 | 15 | 15 |

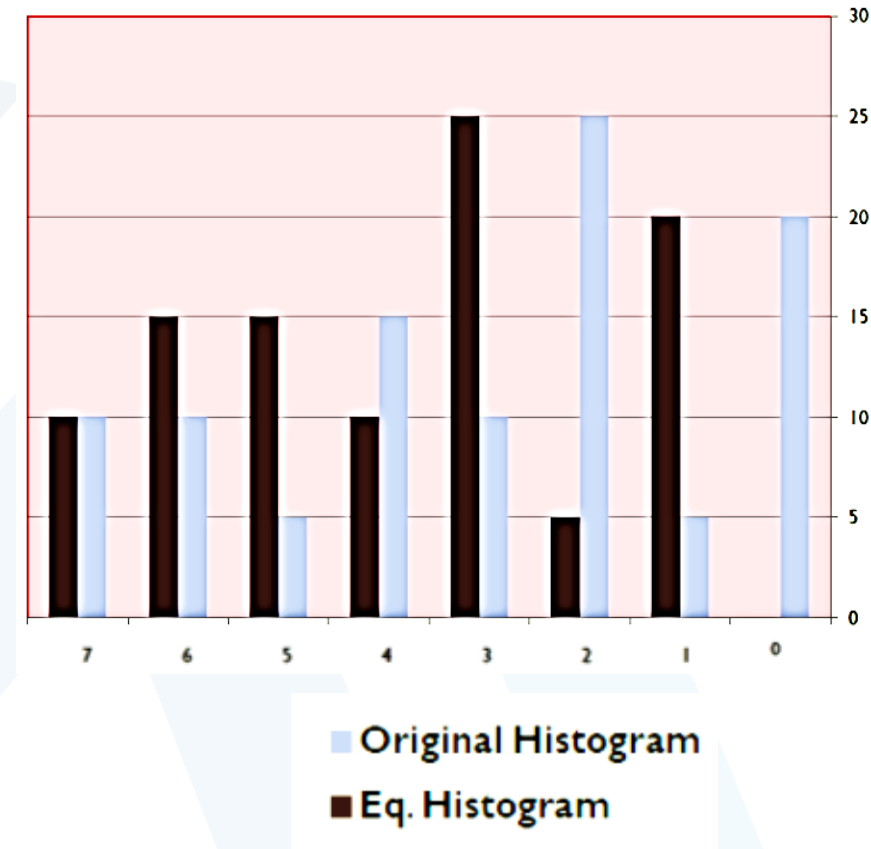
| | | | | |
|----|----|----|----|---|
| 7 | 15 | 13 | 6 | 0 |
| 6 | 9 | 13 | 3 | 3 |
| 9 | 15 | 6 | 11 | 9 |
| 7 | 0 | 13 | 6 | 3 |
| 11 | 15 | 11 | 3 | 6 |

صورة الخرج

| Intensity | # pixels |
|-----------|----------|
| 0 | 20 |
| 1 | 5 |
| 2 | 25 |
| 3 | 10 |
| 4 | 15 |
| 5 | 5 |
| 6 | 10 |
| 7 | 10 |
| Total | 100 |

| Accumulative Sum of P_r |
|-------------------------------------|
| $20/100 = 0.2$ |
| $(20+5)/100 = 0.25$ |
| $(20+5+25)/100 = 0.5$ |
| $(20+5+25+10)/100 = 0.6$ |
| $(20+5+25+10+15)/100 = 0.75$ |
| $(20+5+25+10+15+5)/100 = 0.8$ |
| $(20+5+25+10+15+5+10)/100 = 0.9$ |
| $(20+5+25+10+15+5+10+10)/100 = 1.0$ |
| 1.0 |

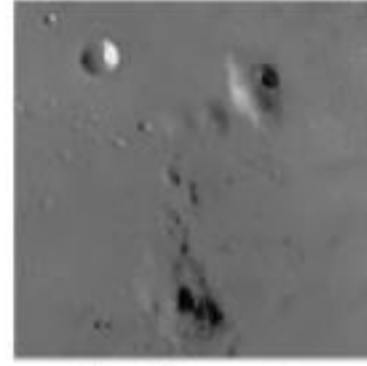
| Intensity (r) | No. of Pixels (n_j) | Acc Sum of P_r | Output value | Quantized Output (s) |
|---------------|-------------------------|------------------|------------------------|----------------------|
| 0 | 20 | 0.2 | $0.2 \times 7 = 1.4$ | 1 |
| 1 | 5 | 0.25 | $0.25 \times 7 = 1.75$ | 2 |
| 2 | 25 | 0.5 | $0.5 \times 7 = 3.5$ | 3 |
| 3 | 10 | 0.6 | $0.6 \times 7 = 4.2$ | 4 |
| 4 | 15 | 0.75 | $0.75 \times 7 = 5.25$ | 5 |
| 5 | 5 | 0.8 | $0.8 \times 7 = 5.6$ | 6 |
| 6 | 10 | 0.9 | $0.9 \times 7 = 6.3$ | 6 |
| 7 | 10 | 1.0 | $1.0 \times 7 = 7$ | 7 |
| Total | 100 | | | |



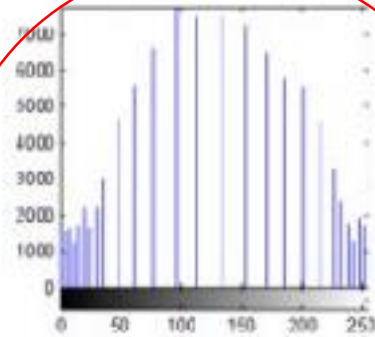
تطبيق عملية تسوية الهيستوغرام



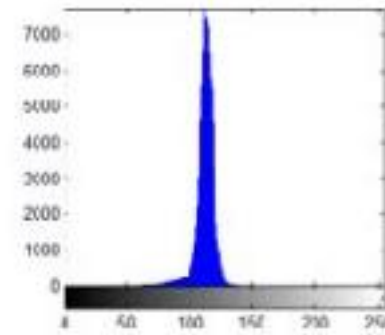
الصورة الناتجة عن تسوية الهيستوغرام



الصورة الأصلية



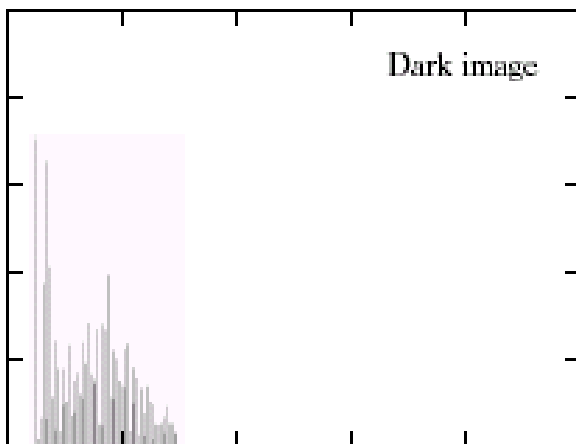
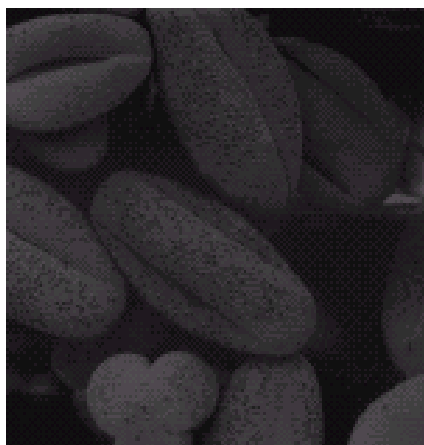
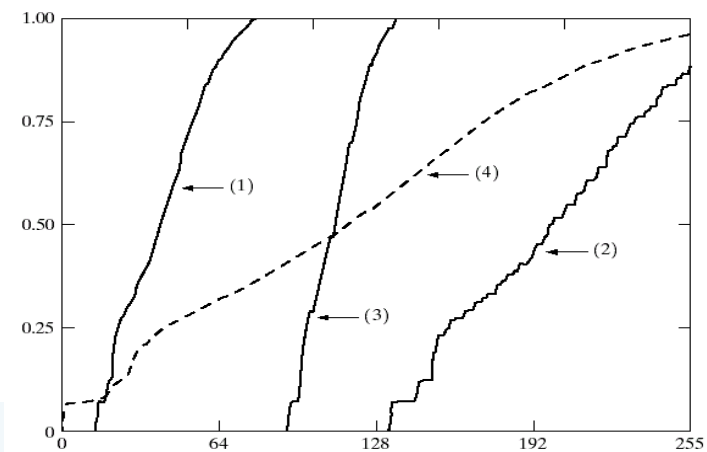
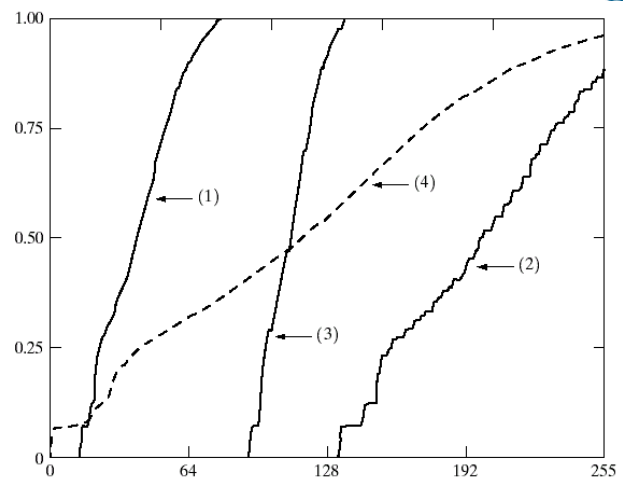
الهيستوغرام المسوى



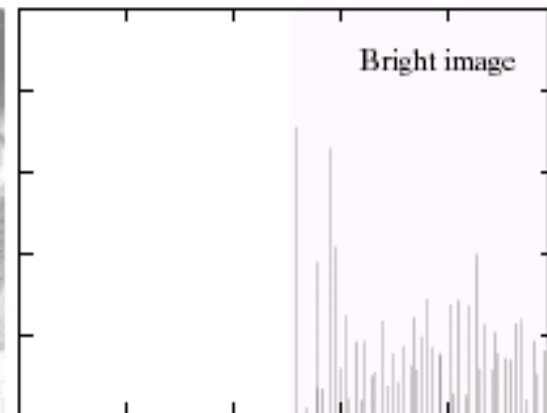
الهيستوغرام الأصلي



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

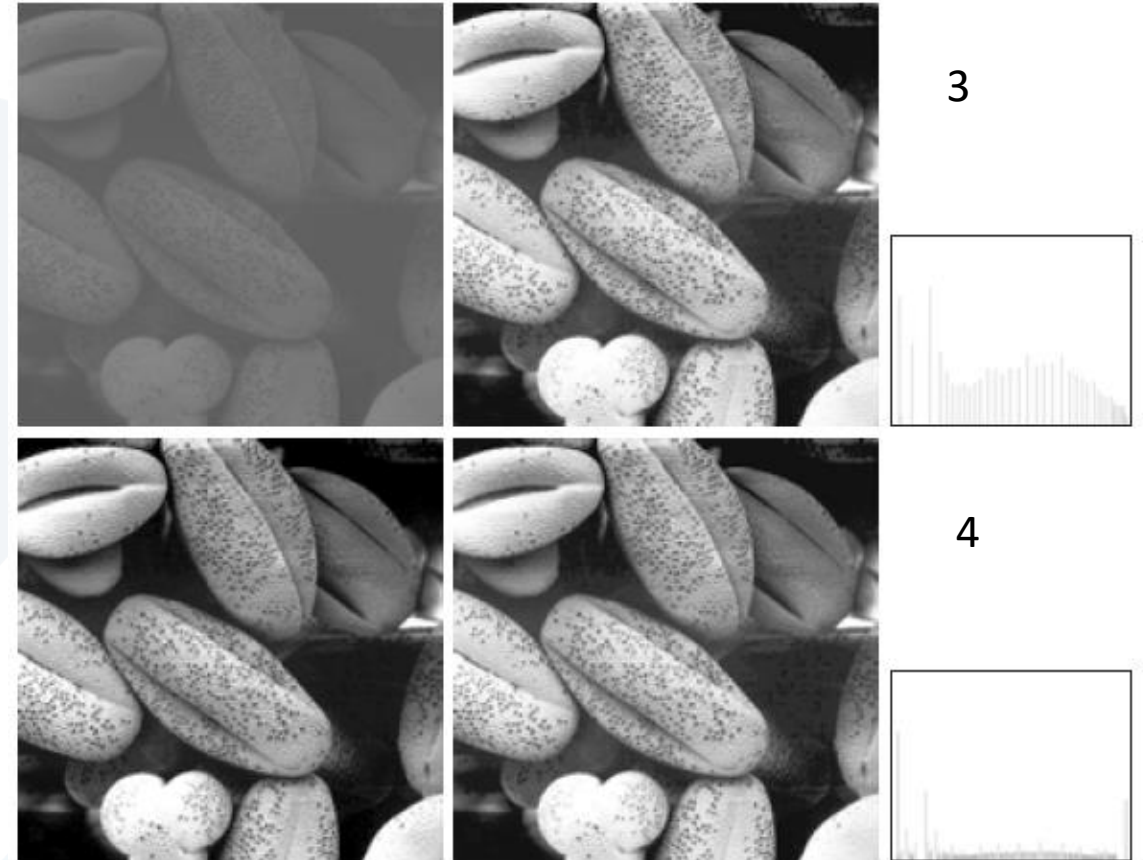
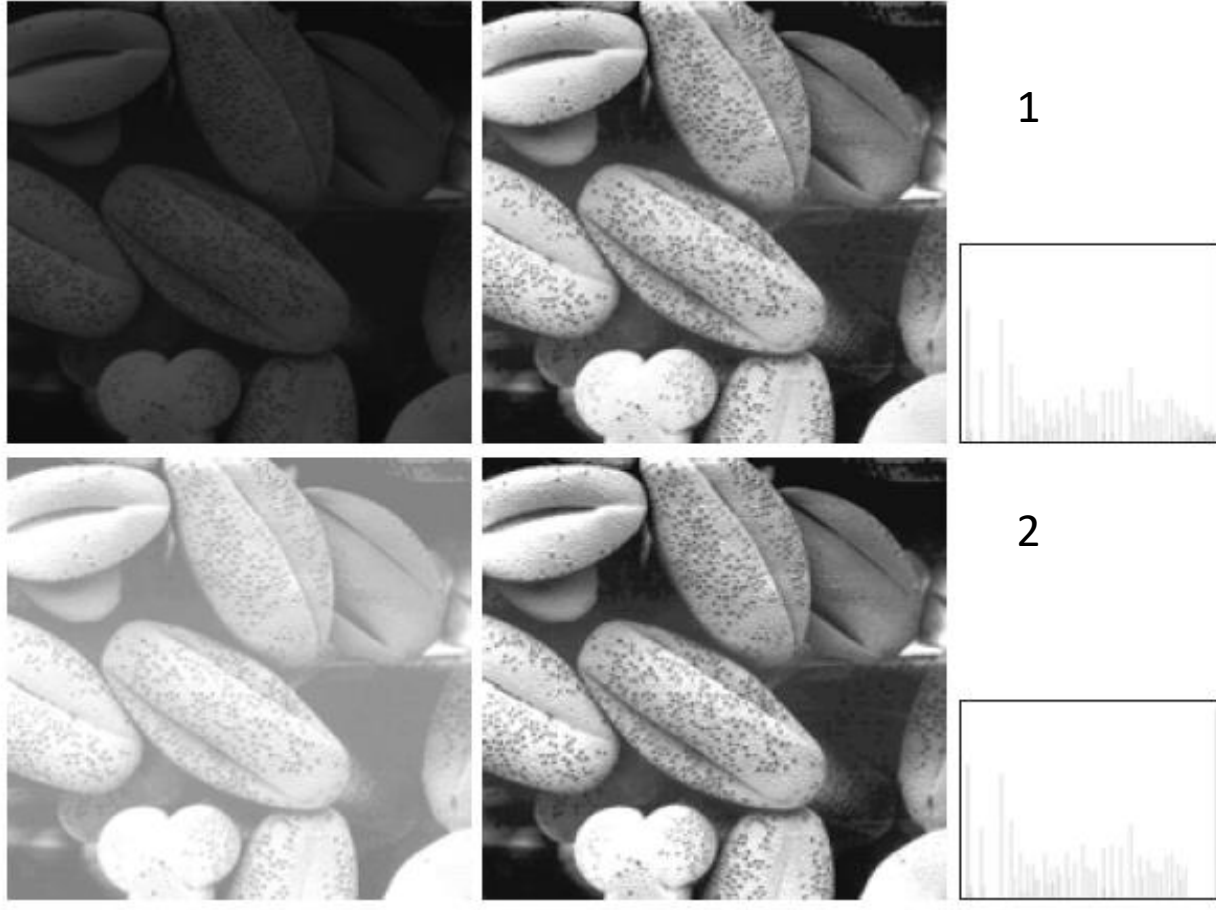


1

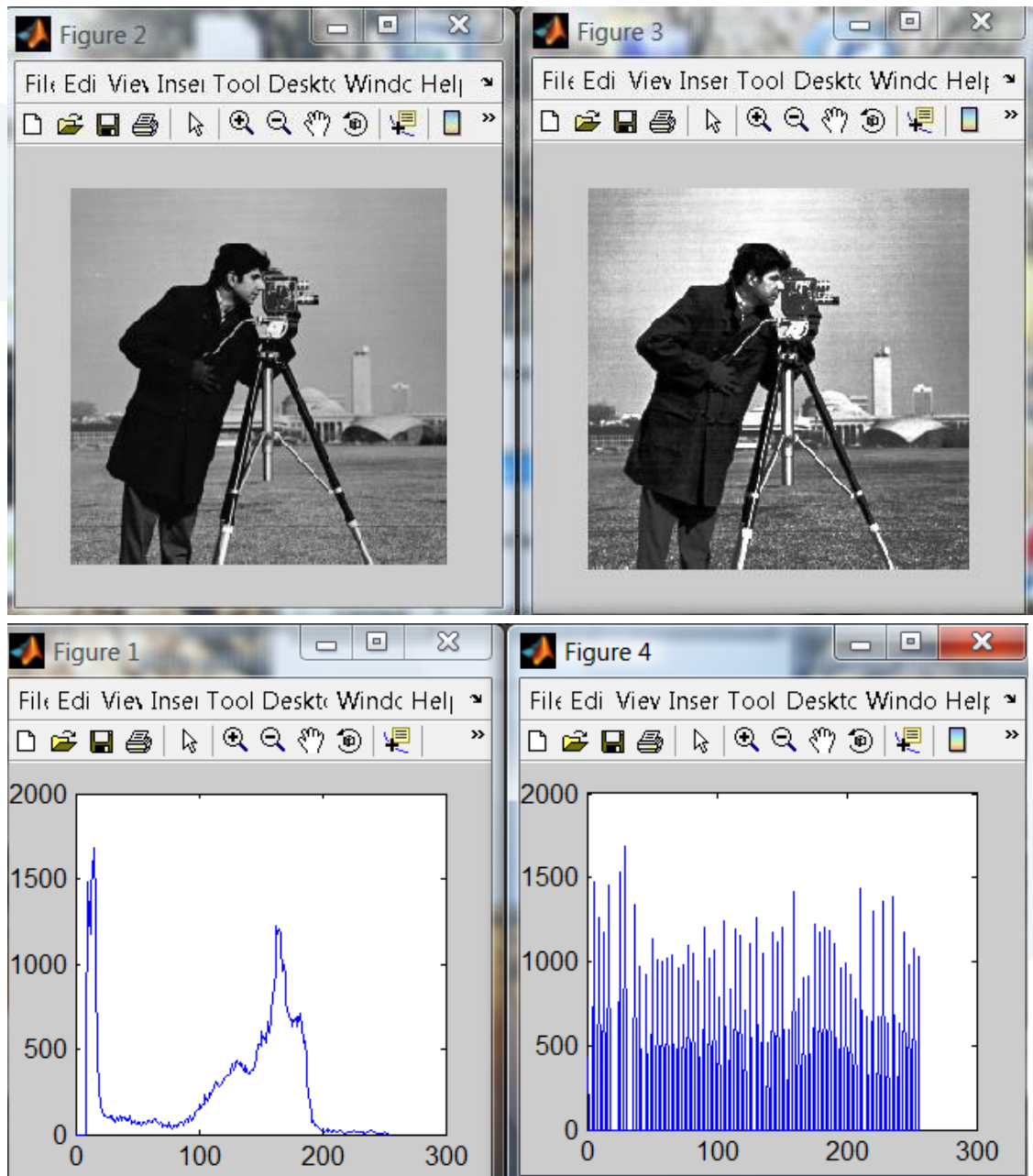


2

Histogram Equalization مساواة الرسم البياني



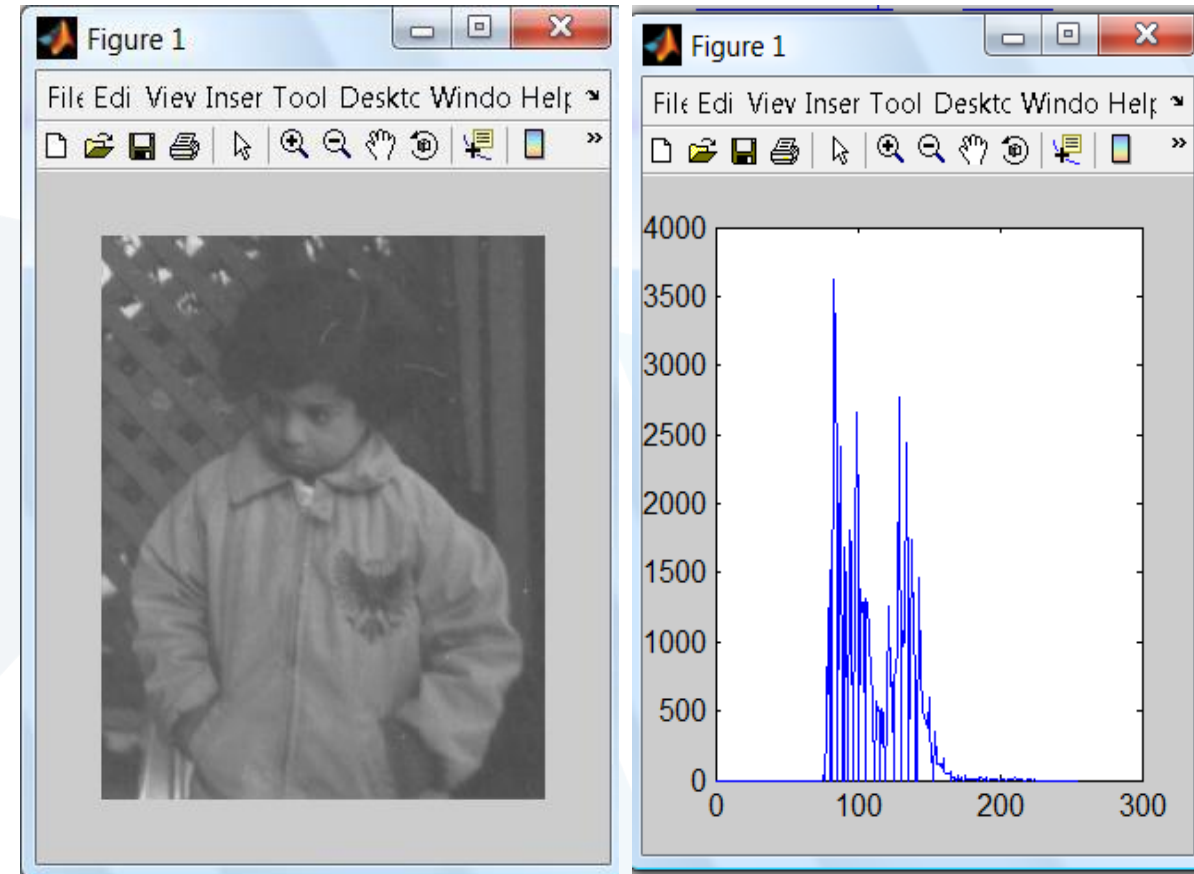
Problems in this regard: the image after histogram equalization becomes a low contrast image.



Notice that histogram equalization does not always produce a good result

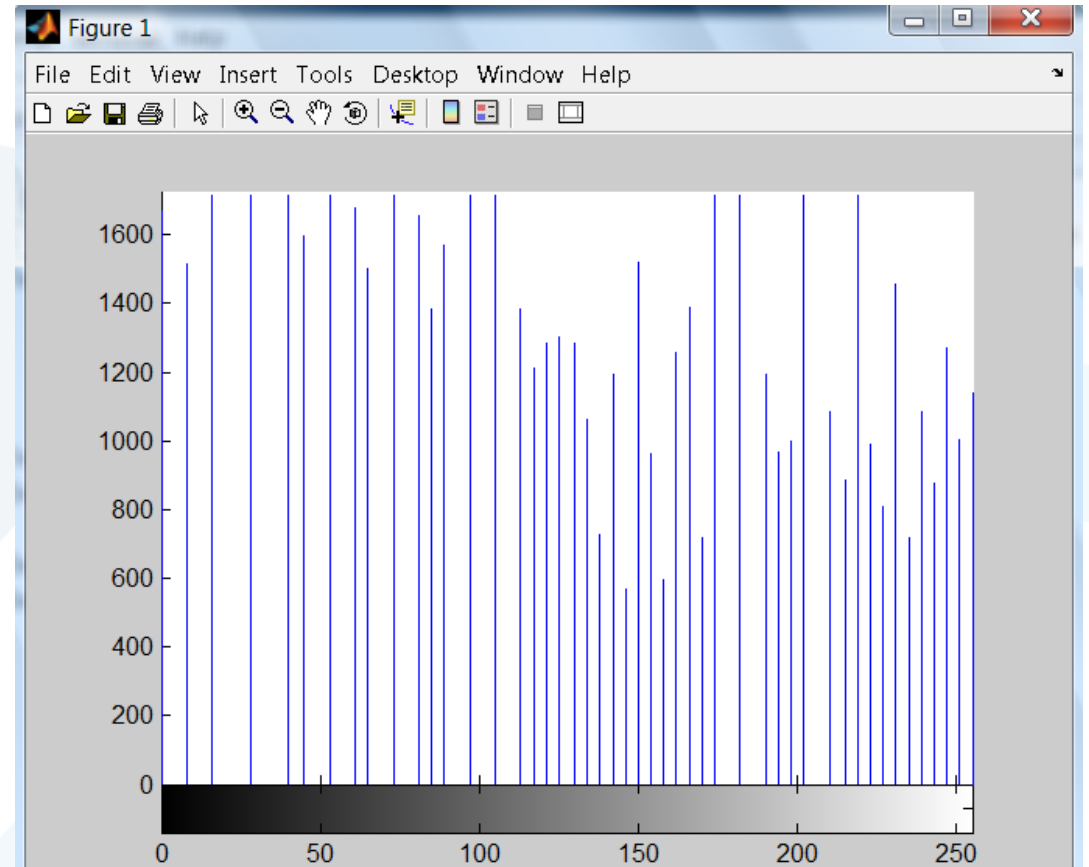
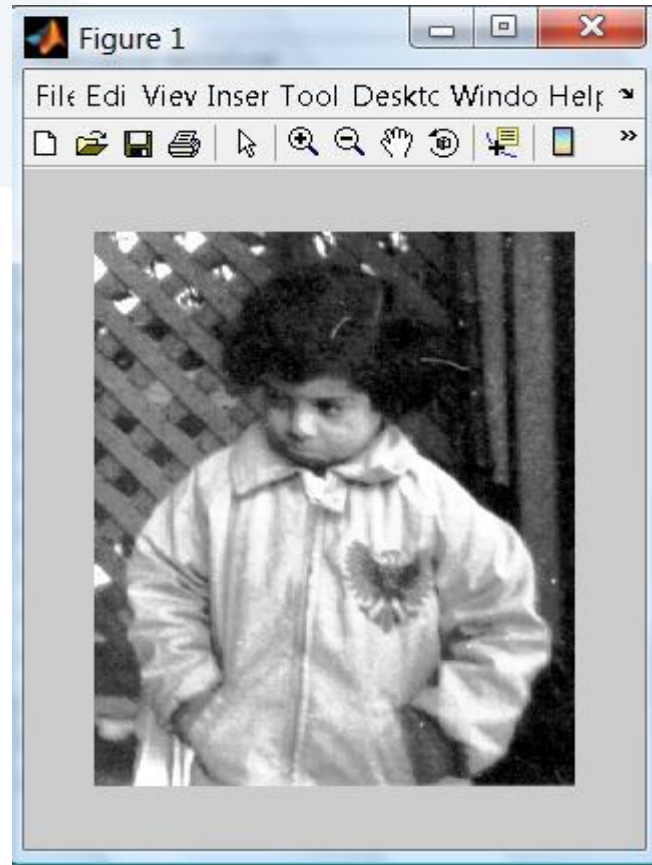
Histogram equalization of the image in MATLAB

We have this image in matlab called pout.tif, when we plot its histogram it is showed like this:



Notice that the pixels intensity values are concentrated on the middle (low contrast)

histogram equalization :
is the process of adjusting intensity values of pixels.
The process which increases the dynamic range of the gray level in a low contrast image to cover full range of gray levels.
In matlab : we use **histeq** function



Histogram produces pixels having values that are distributed throughout the range

نهاية المحاضرة