Digital Image Processing

Computer science department / 4th year

Digital Image Processing

Digital image processing deals with manipulating digital images through a digital computer. It is a subfield of signals and systems but focuses particularly on images. DIP focuses on developing a computer that can perform form processing on an image. The input of that system is a digital image, and the system processes that image using efficient algorithms and gives an image or useful information as an output. The most common example is Adobe Photoshop. It is one of the widely used applications or processing digital images.

- **How it works:**

In the above figure, a camera captures an image and sends it to a digital system to remove all the other details and focus on the water drop by zooming in so that the quality of the image remains the same.

Audience

The lectures give you knowledge of widely used methods and procedures for interpreting digital images for image enhancement and restoration and performing operations on images such as (blurring, zooming sharpening,

edge detection, etc). It also focuses on the understanding of how the human vision works. How does the human eye visualize so many things, and how does the brain interpret those images? The lectures also cover some of the important concepts of signals and systems, such as (Sampling, Quantization , Convolution , Frequency domain analysis, e.t.c).

Prerequisites

Signals and systems

Since DIP is a subfield of signals and systems, so it would be good if you already have some knowledge about signals and systems.

Calculus and probability

A basic understanding of calculus, probability, and differential equations is also required for better understanding.

Basic programming skills

It requires some of the basic programming skills in **VISUAL BASIC**.

Note: *Signals & Systems is the study of how to effectively send and process information. Information can be sent as 0s and 1s on an electrical device, or it can be sent through the air as an electromagnetic wave, like radio waves or microwaves*.

Introduction

What are images?

Images are a way of recording and presenting visual information. An image is a representation of an object. Images are important to us because they can be an extraordinarily effective medium for the storage and communication of information. In showing someone a photograph, we avoid the need for lengthily, ambiguous verbal description of what was seen.
There is thus a scientific basis for the well- known saying that "*picture is worth a thousand words* "
An image is usually a summary of the information in the object it represents. Ordinarily, an image contains less information than the original object. Therefore, an image is an incomplete representation of the Object.

الصورة هي وسيلة لخزن وتمثيل المعلومات المرئية وهي تمثيل لشيء ما. الصور مهمة بالنسبة لنا لأنها يمكن أن تكون وسيلة فعالة للغاية لتخزين المعلومات ونقلها. كذلك فان الصورة تغني عن الاف الكلمات.
الصورة عادة ما تكون عبارة عن ملخص للمعلومات الموجودة في الكائن الذي تمثله. وعادةً ما تحتوي الصورة على معلومات أقل من الكائن الاصلي. لذلك فإن الصورة عبارة عن تمثيل غير كامل للكائن.

Digital Images

An image may be defined as a two-dimension function, $f(x, y)$, where x and y are spatial (plane) coordinates, and the amplitude of f at any pair of coordinates (x,y) is called the intensity or gray level of the image at that point. when x,y, and intensity value of *f* are all finite , discrete quantities , we call the image a digital image .the field of digital image processing refer to processing digital image by means of a digital computer.

يمكن تعريف الصورة على أنها دالة ثنائية الأبعاد، ***f(x, y)*** ، حيث x وy إحداثيات مكانية (***spatial coordinates***) وتسمى قيمة *f* عند أي زوج من الإحداثيات (x,y) شدة الصورة أو مستوى الرمادي (***intensity***) عند تلك النقطة. عندما تكون x وy وقيمة شدة ***f*** كميات محدودة ومنفصلة ، فإننا نسمي الصورة صورة رقمية (d***igital image***) .

Note that a digital image is composed of a finite number of elements, each of which has a particular location and value. These elements are referred to as picture elements, image elements, and pixels. Pixel is the term most widely used to denote the elements of a digital image.

الصورة الرقمية تتكون من عدد محدود من العناصر، ولكل منها موقع وقيمة معينة. يشار إلى هذه العناصر باسم البكسلات (***pixels***). البكسل هو المصطلح الأكثر استخدامًا للإشارة إلى عناصر الصورة الرقمية.

The image is represented by a rectangular array of integer. Each pixel has a location or address (row number and column number) and an integer value called gray level. This array of digital date is now a candidate for computer processing.

يتم تمثيل الصورة بواسطة مصفوفة ثنائية من الأعداد الصحيحة. كل بكسل له موقع أو عنوان (رقم الصف ورقم العمود) وقيمة عددية تسمى مستوى الرمادي (***gray level***) . هذه المصفوفة من البيانات الرقمية يمكن معالجتها بواسطة الكمبيوتر.

Definition: digital image is a numerical representation of an object

Vision is the most advanced of our senses, so it is not surprising that images play the single most important role in human perception. However, unlike humans, who are limited to the visual band of the electromagnetic (EM) spectrum, imaging machines cover almost the entire EM spectrum, ranging from gamma to radio waves. They can operate on images generated by sources that humans are not accustomed to associating with images. These include ultra-sound, electron microscopy, and computer-generated images.

إن الرؤية هي أكثر حواسنا تقدماً، لذا فليس من المستغرب أن تلعب الصور الدور الأكثر أهمية في الإدراك البشري. ولكن على عكس البشر، الذين يقتصرون على النطاق المرئي للطيف الكهرومغناطيسي (***electromagnetic (EM) spectrum***)، تغطي آلات التصوير الطيف الكهرومغناطيسي بالكامل تقريباً، بدءاً من أشعة كاما إلى الموجات الراديوية (***gamma to radio waves***). ويمكنها أن تعمل على الصور التي تولدها مصادر لم يعتد البشر على ربطها بالصور. وتشمل هذه المصادر الموجات فوق الصوتية، والمجهر الإلكتروني، والصور المولدة بواسطة الكمبيوتر.

Representing Digital Images:

We will use two principal ways to represent digital images. Assume that an image f(x, y) is sampled so that the resulting digital image has M rows and N columns. The values of the coordinates (x, y) now become discrete quantities. For notational clarity and convenience, we shall use integer values for these discrete coordinates. Thus, the values of the coordinates at the origin are (x, y) = (0, 0). The next coordinate values along the first row of the image are represented as (x, y) = (0, 1). It is important to keep in mind that the notation (0, 1) is used to signify the second sample along the first row. It does not mean that these are the actual values of physical coordinates when the image was sampled. Figure 1 shows the coordinate system of image.

لنفترض أن الصورة ***f(x, y)*** تم أخذ عينات منها بحيث تحتوي الصورة الرقمية الناتجة على M صف وN عمود. تصبح قيم الإحداثيات (x, y) الآن كميات منفصلة. سنستخدم قيمًا صحيحة لهذه الإحداثيات المنفصلة. وبالتالي، تكون قيم الإحداثيات عند الأصل هي **(x, y) = (0, 0)**. يتم تمثيل قيم الإحداثيات التالية على طول الصف الأول من الصورة على أنها (x, y) = (0, 1). أن التدوين (0, 1) يستخدم للإشارة إلى العينة الثانية على طول الصف الأول وهكذا كما موضح بالشكل ادناه.

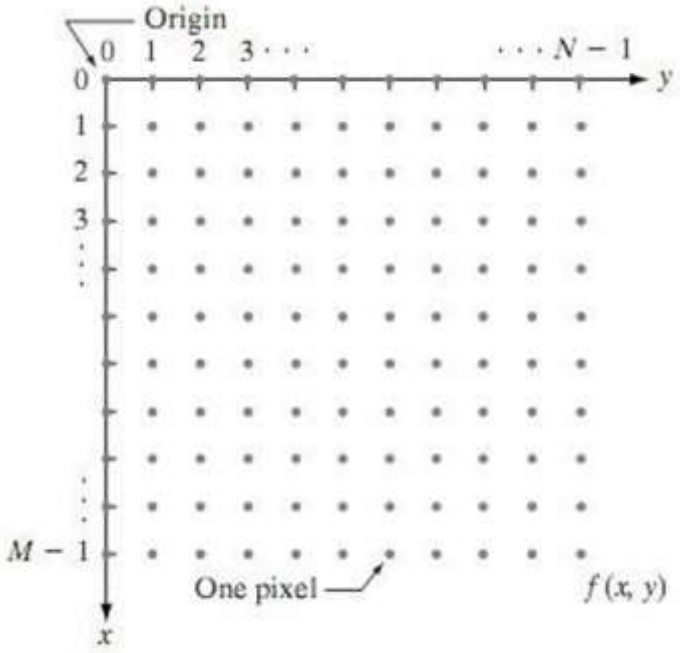


Figure : Coordinates system to represent digital images

The notation introduced in the preceding figure allows us to write the complete M*N digital image in the following compact matrix form:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}.$$

The image can now be accessed as a two-dimension array of data , where each data point is referred to a pixel (picture element). For digital images we will use the following notation:

I(r, c) = The brightness of image at the point (r, c)

Where r= row and c= column.
When we have the data in digital form, we can use the software to process the data.

In the above image matrix, the image size is (MXN) [matrix dimension] then:

$$Ng = 2^{m}$$

Where Ng denotes the number of gray levels. m is the no. of bits contains in each pixel in this matrix.

Example: If we have (6 bits in each pixel) in 128 X 128 image. Find the no. of gray levels to represent it , then find the no. of bits in this image?

Solution:

$N_g = 2^6 = 64$ Gray Level

$N_b = 128 * 128 * 6 = 98304$ bits

Computer Imaging:

Computer imaging is defined as the acquisition and processing of visual information by a computer. Computer representation of an image requires the equivalent of many thousands of words of data, so the massive amount of data required for an image is a primary reason for developing many sub-areas in computer imaging. Computer imaging can be divided into two primary categories:

التصوير بالحاسوب (***Computer imaging***) هو عملية الحصول على المعلومات المرئية ومعالجتها بواسطة الكمبيوتر. يتطلب تمثيل الصور بالحاسوب ما يعادل آلاف البيانات، لذا فإن الكمية الهائلة من البيانات المطلوبة للصورة هي السبب الرئيسي وراء تطوير العديد من المجالات الفرعية في مجال التصوير الحاسوبي. يمكن تقسيم التصوير بالحاسوب إلى قسمين :

1. Computer Vision. **2. Image Processing.**

In computer vision applications, the processed images are made for computer utilization, whereas in image processing applications, the output images are created for use by humans. These two categories are not separate and distinct. The boundaries that separate the two are fuzzy (see figure below).

في تطبيقات الرؤية الحاسوبية (***computer vision***) ، يتم إنشاء الصور المعالجة لاستخدامها بواسطة الكمبيوتر، بينما في تطبيقات معالجة الصور(***image processing applications***)، يتم إنشاء الصور الناتجة لاستخدامها بواسطة البشر. هاتان الفئتان ليستا منفصلتين والحدود التي تفصل بينهما غير واضحة.

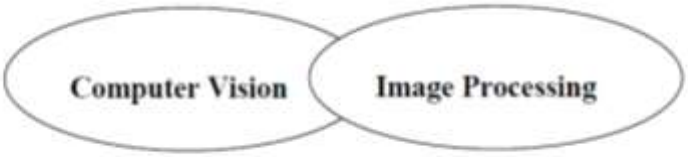


Figure: Computer imaging

Historically, the field of image processing grew from electrical engineering as an extension of the signal processing branch.

Computer Vision:

Computer vision is a domain of computer science dedicated to empowering computers to recognize and understand objects and individuals in photos and movies. Similar to other forms of artificial intelligence, computer vision aims to execute and automate tasks that emulate human skills. One of the major topics within this field of computer vision is image analysis.

Computer visionهو مجال من مجالات علوم الكمبيوتر مخصص لتمكين أجهزة الكمبيوتر من التعرف على الأشياء والأفراد وفهمهم في الصور والأفلام. وعلى غرار الذكاء الاصطناعي، يهدف ***Computer vision*** إلى تنفيذ المهام التي تحاكي المهارات البشرية وأتمتتها. ومن الموضوعات الرئيسية في هذا المجال من رؤية الكمبيوتر هوتحليل الصور (***Image analysis***) .

1. **Image analysis** involves examining the image data to facilitate solving vision problems. The image analysis process involves two other topics:

تحليل الصورة: يتضمن فحص بيانات الصورة لتسهيل حل مشكلة الرؤية. تتضمن عملية تحليل الصورة موضوعين:

• **Feature Extraction**: is the process of acquiring higher level image information, such as shape or color information.

استخراج الميزات: هي عملية الحصول على معلومات الصورة ذات المستوى الأعلى، مثل معلومات الشكل أو اللون.

• **Pattern Classification**: is the act of taking this higher –level information and identifying objects within the image.

تصنيف النمط: هو عملية أخذ هذه المعلومات ذات المستوى الأعلى وتحديد الكائنات داخل الصورة.

Computer vision systems are used in many and various types of environments, such as: التطبيقات

1. Manufacturing Systems الانظمة الصناعية
2. Medical Community الطب
3. Law Enforcement تنفيذ القانون
4. Infrared Imaging التصوير بالاشعة تحت الحمراء
5. Satellites Orbiting. الاقمار الصناعية

Image Processing:

Image processing is transforming an image into a digital form and performing certain operations to get useful information from it. When applying certain predetermined signal processing methods, the image processing system

usually treats all images as 2D signals. The major topics within the field of image processing include:

معالجة الصور هي تحويل الصورة إلى شكل رقمي وإجراء عمليات معينة للحصول على معلومات مفيدة منها. عند تطبيق طرق معالجة إشارات محددة مسبقًا، يعامل نظام معالجة الصور عادةً جميع الصور كإشارات ثنائية الأبعاد. تشمل الموضوعات الرئيسية في مجال معالجة الصور ما يلي:

1. Image restoration. استعادة الصورة
2. Image enhancement. تحسين الصورة
3. Image compression. ضغط الصورة

1- Image Restoration

Is the process of taking an image with some known, or estimated degradation, and restoring it to its original appearance. Image restoration is often used in the field of photography or publishing where an image was somehow degraded but needs to be improved before it can be printed (see figure below).

هي عملية التقاط صورة بها بعض التدهور المعروف أو المقدر، وإعادتها إلى مظهرها الأصلي. غالبًا ما تُستخدم عملية استعادة الصور في مجال التصوير الفوتوغرافي أو النشر حيث تكون الصورة قد تدهورت بطريقة ما ولكنها تحتاج إلى تحسين قبل إمكانية طباعتها (انظر الشكل أدناه).

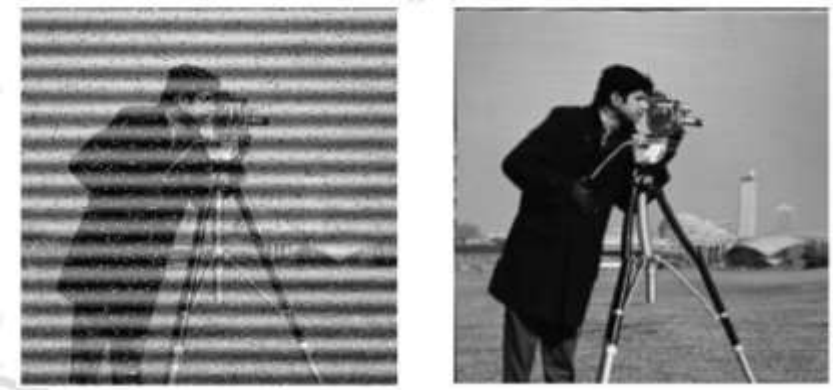


Figure: Example of Image restoration

Image Enhancement

Improving an image visually, typically by taking advantages of Human Visual Systems responses, One of the simplest enhancement techniques is to simply stretch the contrast of an image For example, a method that is used to enhance satellite images may not suitable for enhancing medical images. Although enhancement and restoration are similar in aim, to make an image look better, they differ in how they approach the problem, Restoration method attempt to model the distortion to the image and reverse the degradation, where enhancement methods use knowledge of the human visual systems responses to improve an image visually.

تهدف تقنيات التحسين والاستعادة إلى تحسين الصور المرئية من خلال الاستفادة من استجابات الأنظمة البصرية البشرية. تعمل تقنيات التحسين على تمديد التباين (stretch contrast)

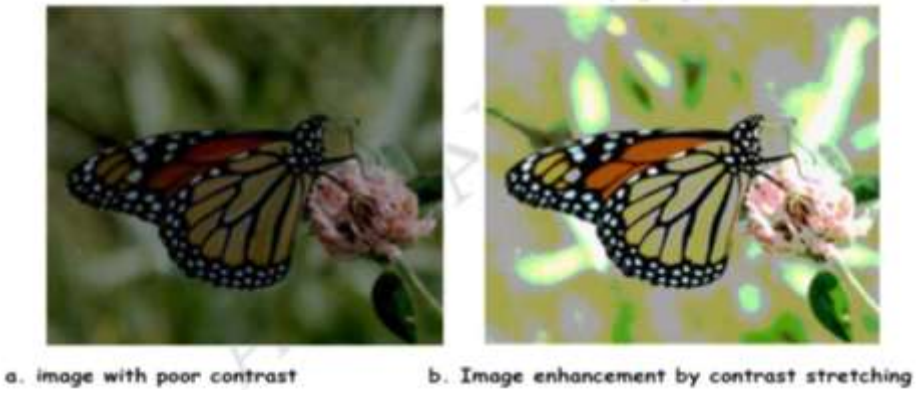


Figure: Example of image enhancement

3- Image Compression

Involves reducing the typically massive amount of data needed to represent an image, This done by eliminating data that are visually unnecessary and by taking advantage of the redundancy that is inherent in most images, An example show in figure below.

يتضمن تقليل الكمية الهائلة عادةً من البيانات اللازمة لتمثيل صورة، ويتم ذلك عن طريق التخلص من البيانات غير الضرورية بصريًا والاستفادة من التكرار المتأصل في معظم الصور، ويظهر مثال في الشكل أدناه.

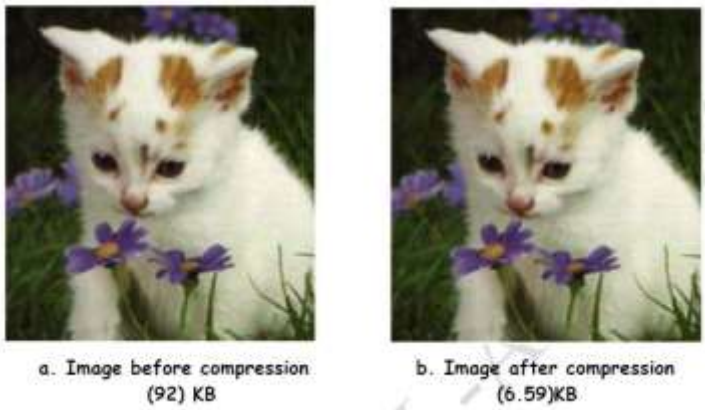


Figure: Example of image compression

Component of Image Processing System

Image processing systems comprise two primary components: hardware and software. The hardware components can be divided into image-acquiring subsystems (computer, scanner, and camera) and display devices

(monitor, printer). The software allows us to manipulate the image and perform any desired processing on the image data, figure below shows the components of the image processing system.

تتكون أنظمة معالجة الصور من مكونين رئيسيين: الأجهزة والبرامج. يمكن تقسيم مكونات الأجهزة إلى أنظمة فرعية لالتقاط الصور (الكمبيوتر، الماسح الضوئي، والكاميرا) وأجهزة العرض (الشاشة، الطابعة). تسمح لنا البرامج بالتعامل مع الصورة وإجراء أي معالجة مطلوبة على بيانات الصورة، يوضح الشكل أدناه مكونات نظام معالجة الصور.

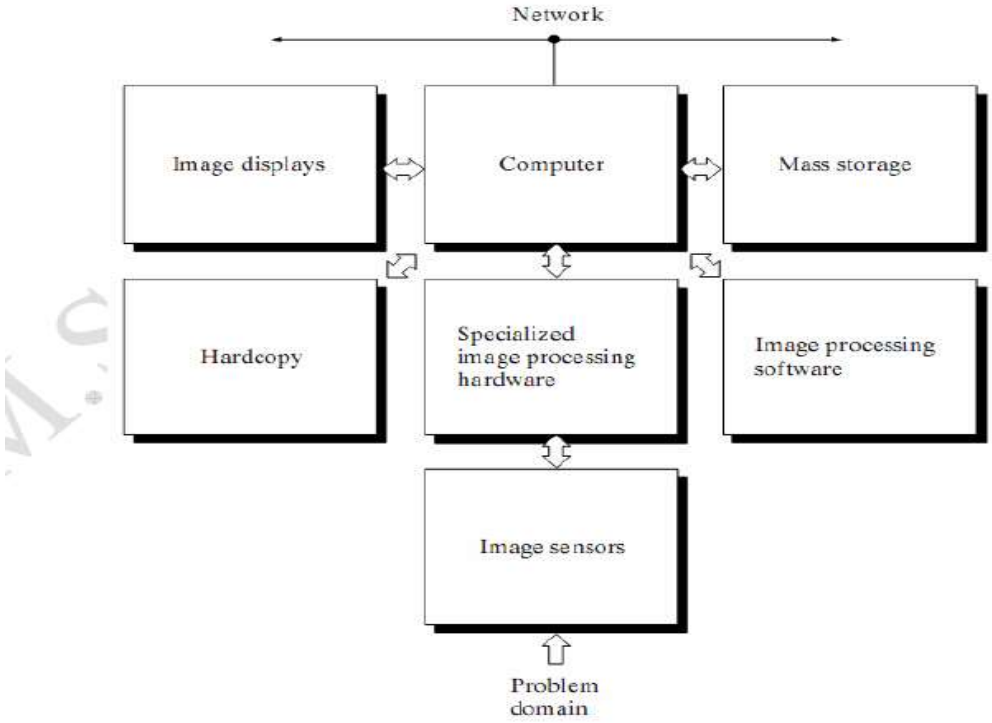


Figure: computer imaging system.

Image Faces

Each image we utilize comprises four distinct images. Every optical image corresponds to both the continuous image that represents it and the digital image that would result from its digitization, given a specific set of digitizing settings. Additionally, each digital image corresponds to the continuous function resulting from interpolating it (assuming a particular interpolation method). Moreover, the digital image also corresponds to the image displayed on a particular display screen. Finally, we assume that the continuous image is a faithful representation of the specimen and contains all the relevant information required to solve the problem at hand. Therefore, we refer to these images as the

1- Optical image, 2- the continuous image, 3- the digital image, and the 4- displayed image. Their schematic relationship is shown in figure below.

This leaves us with an option as we go through the process of designing or analyzing an image processing algorithm. We can treat it as a digital image.

كل صورة تتم معالجتها تتألف من أربع صور مميزة. كل صورة بصرية تتوافق مع كل من الصورة المستمرة التي تمثلها والصورة الرقمية التي ستنتج عن رقمنتها، مع مراعاة مجموعة محددة من إعدادات الرقمنة. بالإضافة إلى ذلك، تتوافق كل صورة رقمية مع الدالة المستمرة الناتجة عن استيفائها (بافتراض طريقة استيفاء معينة). علاوة على ذلك، تتوافق الصورة الرقمية أيضًا مع الصورة المعروضة على شاشة عرض معينة. أخيرًا، نفترض أن الصورة المستمرة هي تمثيل دقيق للعينة وتحتوي على جميع المعلومات ذات الصلة المطلوبة لحل المشكلة. لذلك، نشير إلى هذه الصور باسم 1- الصورة البصرية، 2- الصورة المستمرة، 3- الصورة الرقمية، و4- الصورة المعروضة. تظهر العلاقة التخطيطية بينهما في الشكل أدناه.

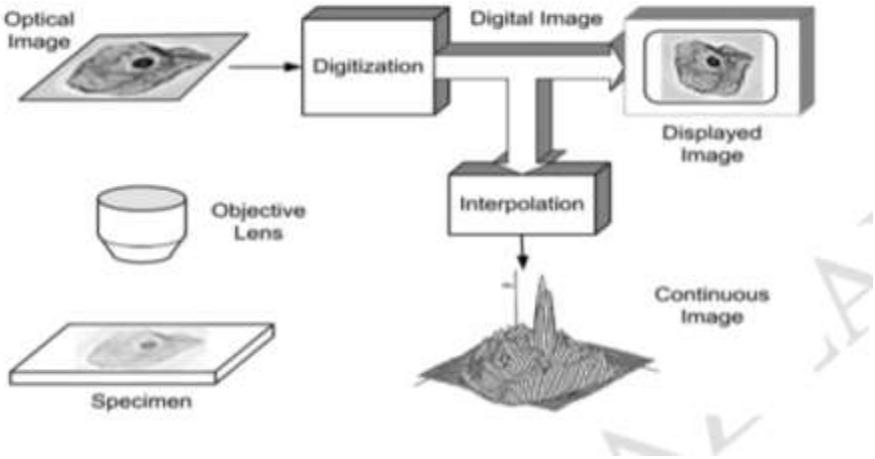


Figure: Image faces

Quality and Types of Digital Image

Sampling and quantization:

In Digital Image Processing, signals captured from the physical world need to be translated into digital form by "Digitization" Process. In order to become suitable for digital processing, an image function f(x, y) must be digitized both spatially and in amplitude. This digitization process involves two main processes called

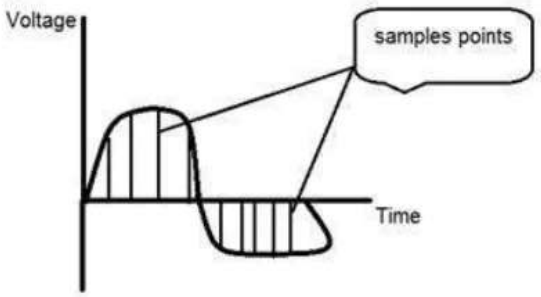
في معالجة الصور الرقمية، يجب ترجمة الإشارات الملتقطة من العالم المادي إلى شكل رقمي من خلال عملية الرقمنة (**Digitization**) لكي تصبح مناسبة للمعالجة الرقمية، يجب رقمنة دالة الصورة f(x,y) مكانيًا وفي السعة. تتضمن عملية الرقمنة هذه عمليتين رئيسيتين تسمى

1. **Sampling:** Digitizing the coordinate value is called sampling.
   اخذ العينات : عملية رقمنة قيمة الإحداثيX .
2. **Quantization:** Digitizing the amplitude value is called quantization
   التكميم :عملية رقمنة قيمة الاحداثي Y

A **frame grabber** or **digitizer** is typically used to sample and quantify the analog video signal.

Sampling:

Since an analog image is continuous in its coordinates (x-axis) and amplitude (y-axis), the part that deals with the digitizing of coordinates is known as sampling. In digitizing, sampling is done on independent variable. In the case of equation y = sin(x), it is done on the x variable.



نظرًا لأن الصورة التناظرية مستمرة ليس فقط في الاحداثي x ، ولكن أيضًا في سعتها (المحور y)، فإن الجزء الذي يتعامل مع رقمنة الإحداثي x يُعرف باسم أخذ العينات (sampling). يتم أخذ العينات على متغير مستقل. في حالة المعادلة y = sin(x)، يتم ذلك على متغير x.

When looking at this image, we can see there are some random variations in the signal caused by noise. In sampling we reduce this noise by taking

samples. It is obvious that more samples we take, the quality of the image would be better, the noise would be more removed and the same happens vice versa. However, if you take sampling on the x axis, the signal is not converted to digital format, unless you take sampling of the y-axis too which is known as quantization.

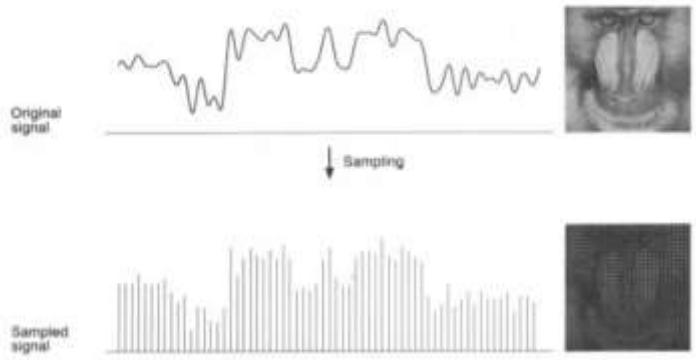
عند النظر إلى هذه الصورة، يمكننا أن نرى أن هناك بعض الاختلافات العشوائية في الإشارة الناتجة عن الضوضاء. نقوم بتقليل هذه الضوضاء عن طريق أخذ العينات. لذلك كلما أخذنا المزيد من العينات، كانت جودة الصورة أفضل، والعكس صحيح. ومع ذلك، إذا أخذت عينات على المحور السيني، فلن يتم تحويل الإشارة إلى تنسيق رقمي، إلا إذا أخذت عينات من المحور الصادي أيضًا وهو ما يُعرف بالتكميم (Quantization).

Sampling has a relationship with image pixels. The total number of pixels in an image can be calculated as Pixels = total no of rows * total no of columns. For example, let's say we have total of 36 pixels that means we have a square image of 6X 6. In sampling the more samples eventually result in more pixels. So it means that of our continuous signal, we have taken 36 samples on x axis. That refers to 36 pixels of this image. Also the number sample is directly equal to the number of sensors on CCD array.

ترتبط عملية أخذ العينات بوحدات البكسل في الصورة. ويمكن حساب العدد الإجمالي لوحدات البكسل في الصورة على النحو التالي :

عدد البكسل = العدد الإجمالي للصفوف × العدد الإجمالي للأعمدة

على سبيل المثال، لنفترض أن لدينا 36 وحدة بكسل ، وهذا يعني أن لدينا صورة مربعة 6×6 وكما نعلم في عملية أخذ العينات، فإن المزيد من العينات تؤدي في النهاية إلى المزيد من وحدات البكسل. وهذا يعني أنه من إشارتنا المستمرة، أخذنا 36 عينة على المحور .x وهذا يشير إلى 36 وحدة بكسل من هذه الصورة. كما أن عدد العينات يساوي مباشرة عدد أجهزة الاستشعار الموجودة على الكاميرا.



Quantization:

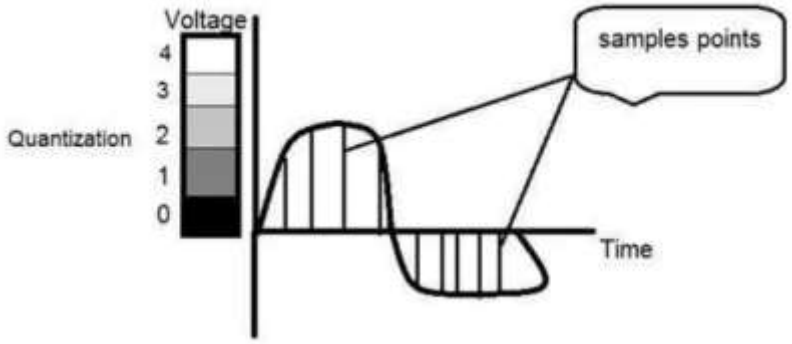
Quantization is opposite to sampling because it is done on "y axis" while sampling is done on "x axis". Quantization is a process of transforming a real valued sampled image to one taking only a finite number of distinct values. Under quantization process the amplitude values of the image are digitized.

In simple words, when you are quantizing an image, you are actually dividing a signal into quantum (partitions).

Quantization التكميم هو عكس أخذ العينات (**Sampling**) لأنه يتم على المحور y بينما يتم أخذ العينات على المحورx هو عملية تحويل صورة عينة ذات قيمة حقيقية إلى صورة تأخذ فقط عددًا محدودًا من القيم المميزة

Now let's see how quantization is done. Here we assign levels to the values generated by sampling process. In the image showed in sampling explanation, although the samples has been taken, but they were still spanning vertically to a continuous range of gray level values. In the image shown below, these vertically ranging values have been quantized into 5 different levels or partitions. Ranging from 0 black to 4 white. This level could vary according to the type of image you want.

هنا نقوم بتعيين مستويات للقيم الناتجة عن عملية أخذ العينات. في الصورة المعروضة أدناه، تم تكميم هذه القيم ذات النطاق العمودي إلى 5 مستويات أو أقسام مختلفة. تتراوح من 0 أسود إلى 4 أبيض. يمكن أن يختلف هذا المستوى وفقًا لنوع الصورة.



There is a relationship between Quantization with gray level resolution. The above quantized image represents 5 different levels of gray and that means the image formed from this signal, would only have 5 different colors. It would be a black and white image more or less with some colors of gray.

هناك علاقة بين التكميم ودقة مستوى الرمادي. تمثل الصورة المكممة أعلاه 5 مستويات مختلفة من الرمادي وهذا يعني أن الصورة المتكونة من هذه الإشارة، سيكون لها 5 ألوان مختلفة فقط. ستكون صورة بالأبيض والأسود مع بعض ألوان الرمادي تقريبًا.

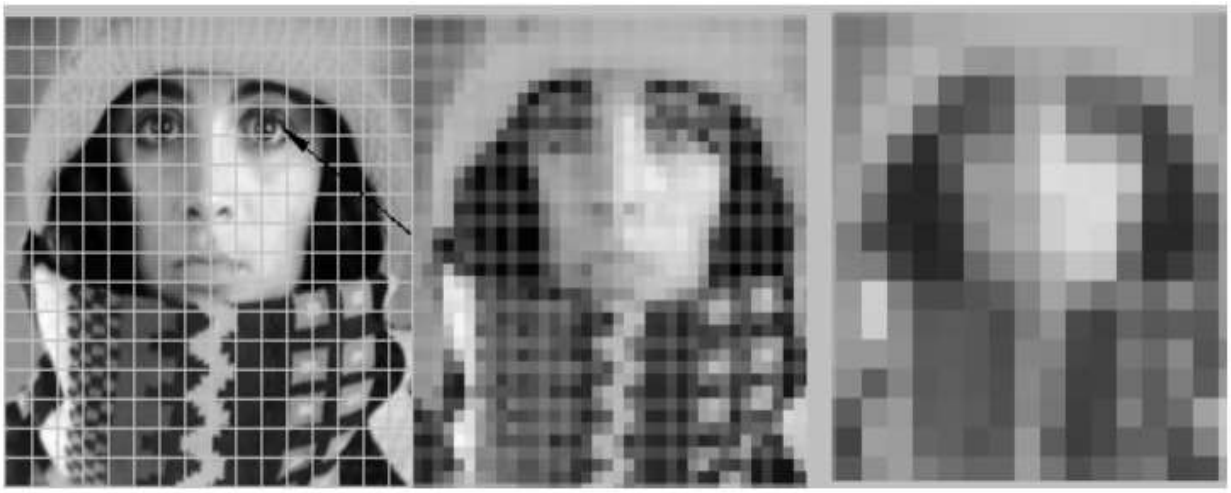
When we want to improve the quality of image, we can increase the levels assign to the sampled image. If we increase this level to 256, it means we have a gray scale image. Whatever the level which we assign is called as the gray level. Most digital IP devices uses quantization into k equal intervals. If b-bits per pixel are used,

عندما نريد تحسين جودة الصورة، يمكننا زيادة المستويات المخصصة لتكميم للصورة التي تم أخذ العينات منها. إذا قمنا بزيادة هذا المستوى إلى 256، فهذا يعني أن لدينا صورة بدرجات رمادية اعلى. أيًا كان المستوى الذي نعينه، يُطلق عليه مستوى الرمادي. تستخدم معظم أجهزة IP الرقمية التكميم إلى فترات متساوية k. إذا تم استخدام بتات لكل بكسل،

$$\text{No. of quantization levels} = k = 2^b$$

The number of quantization levels should be high enough for human perception of fine shading details in the image. The occurrence of false contours is the main problem in image which has been quantized with insufficient brightness levels. Here is an example for image quantization process.

يجب أن يكون عدد مستويات التكميم مرتفعًا بما يكفي لإدراك الإنسان لتفاصيل الدقيقة في الصورة. إن حدوث الخطوط العريضة الزائفة هو المشكلة الرئيسية في الصورة التي تم تكميمها بمستويات سطوع غير كافية. فيما يلي مثال لعملية تكميم الصورة.



The quality of the digital image:

The quality of the digital image is directly related to the number of pixels and the range of brightness values in the image. These aspects are known as image resolution

ترتبط جودة الصورة الرقمية بشكل مباشر بعدد البكسلات ونطاق قيم السطوع في الصورة. تُعرف هذه الجوانب بدقة الصورة

Image resolution: is the capability of the digital image to resolve the elements of the original sense. In digital images, the resolution characteristic can be broken into two primary parts:

1- Special resolution.
2- Brightness resolution or (color resolution) in the image color.

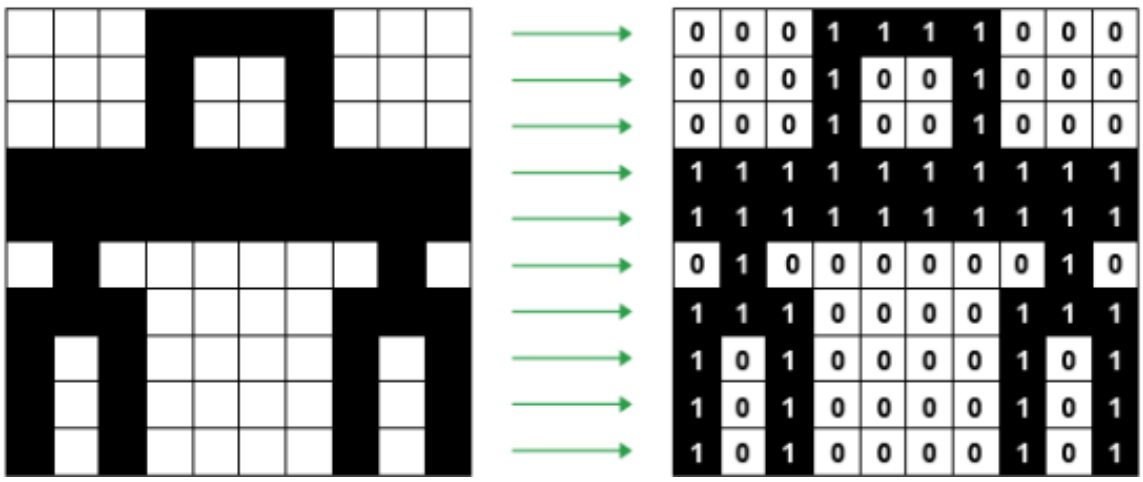
Image Types:

1. Binary Image

Binary images are the simplest type of images and can take one of two values, typically black and white, or ‘0’ and ‘1’. A binary image is called a 1 bit/pixel image because it takes only 1 binary digit to represent each pixel .

These images are most frequently used in computer vision applications where the only information required for the task is general shapes or outlines. For example, to position a robotics gripper to grasp an object or in optical character recognition (OCR). Binary images are often created from gray-scale images via a threshold value that is turned white (‘1’), and those below it are turned black.(’0‘)

الصور الثنائية هي أبسط أنواع الصور ويمكن أن تأخذ إحدى قيمتين، عادةً الأسود والأبيض، أو "0" و"1". تُسمى الصورة الثنائية صورة 1 بت/بكسل لأنها تتطلب رقمًا ثنائيًا واحدًا فقط لتمثيل كل بكسل. تُستخدم هذه الصور غالبًا في تطبيقات الرؤية الحاسوبية حيث تكون المعلومات الوحيدة المطلوبة للمهمة هي الأشكال أو الخطوط العريضة العامة.

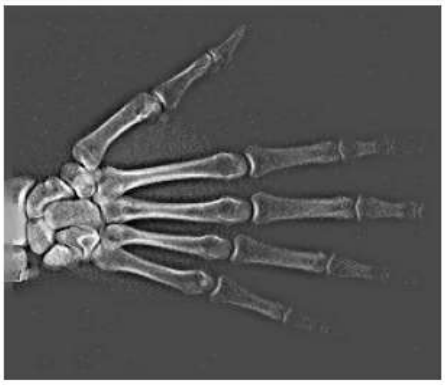


2. Grayscale Image:

Grayscale images are referred to as monochrome. They contain only brightness information and no color information. The typical image contains

8 bits/pixel (data, which allows us to have (0-255) different brightness (gray) levels. The 8-bit representation typically refers to the byte, which corresponds to the 8-bit of data and is the standard small unit in the world of digital computers.

يشار إلى الصور ذات التدرج الرمادي بأنها أحادية اللون (***monochrome***). فهي تحتوي فقط على معلومات السطوع ولا تحتوي على معلومات اللون. تحتوي الصورة النموذجية على 8 بت/بكسل (بيانات، مما يسمح لنا بالحصول على مستويات سطوع (رمادية) مختلفة (0-255).



3. Color Image

Color images can be modeled as three-band monochrome image data where each band of the data corresponds to a different color. The actual information stored in the digital image data is brightness information in each spectral band. When the image is displayed, the corresponding brightness information is displayed on the screen by picture elements that emit light energy corresponding to that particular color.

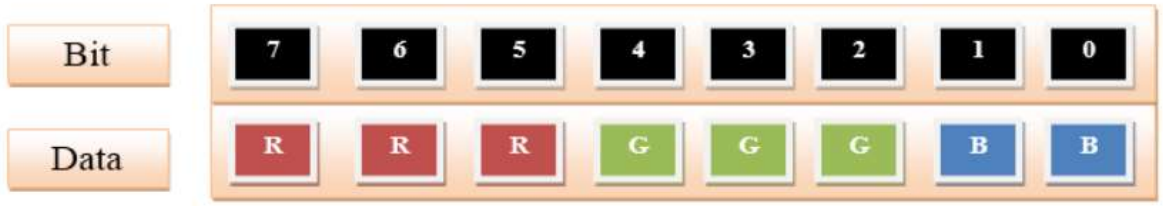
يمكن نمذجة الصورة الملونة على هيئة بيانات صورة أحادية اللون بثلاثة نطاقات حيث يتوافق كل نطاق من البيانات مع لون مختلف. المعلومات الفعلية المخزنة في بيانات الصورة الرقمية هي معلومات السطوع في كل نطاق طيفي. عند عرض الصورة، يتم عرض معلومات السطوع المقابلة على الشاشة بواسطة عناصر الصورة التي تصدر طاقة ضوئية تتوافق مع هذا اللون المعين.

- 8-bit color format

8-bit color is used for storing image information in a computer's memory or in a file of an image. In this format, each pixel represents one 8 bit byte. It has 0-255 range of colors,

in which 0 is used for black, 255 for white and 127 for gray color. The 8-bit color format is also known as a grayscale image. Initially, it was used by the UNIX operating system.

يستخدم هذا النوع من الصور 8 بتات لتخزين معلومات الصورة في ذاكرة الكمبيوتر. في هذا التنسيق، يمثل كل بكسل بايتً واحدًا من 8 بتات كما في الشكل ادناه ، تم استخدامه بواسطة نظام التشغيل UNIX .



- **16-bit color format**

The 16-bit color format is also known as high color format. It has 65,536 different color shades. It is used in the system developed by Microsoft. The 16-bit color format is further divided into three formats which are Red, Green, and Blue also known as RGB format. In RGB format, there are 5 bits for R, 6 bits for G, and 5 bits for B. One additional bit is added in green because in all the 3 colors green color is soothing to eyes.

يُمثل هذا النوع بتنسيق الألوان العالي. يحتوي على 65536 درجة لون مختلفة. يتم استخدامه في النظام الذي طورته شركة Microsoft. ينقسم تنسيق الألوان 16 بت إلى ثلاثة تنسيقات وهي الأحمر والأخضر والأزرق والمعروفة أيضًا بتنسيق RGB. في تنسيق RGB، يوجد 5 بتات للون الأحمر و6 بتات للون الأخضر و5 بتات للون الازرق.

Typical color images are represented using red, green, and blue or RGB images. Using the 8-bit monochrome for each color, the corresponding color image would have 24 bits /pixel – 8 bits for each color band (red, green, and blue). The 24-bit color format is also known as the true color format.

يتم تمثيل الصور الملونة على هيئة صور حمراء وخضراء وزرقاء أو تسمى RGB. وباستخدام معيار أحادي اللون 8 بت لكل لون لذلك فإن الصورة الملونة ستحتوي على 24 بت/بكسل اي بمعنى 8 بت لكل نطاق لوني (أحمر وأخضر وأزرق). وفي الشكل التالي نرى تمثيلًا لصورة ملونة RGB . يسمى هذا النوع من الصور بالصورة ذات الالوان الحقيقية .

For many applications, RGB color is transformed into mathematical space that decouples the brightness information from the color information. The hue / saturation /lightness (HSL) color transform allows us to describe colors in terms that we can more readily understand. See figure below

The lightness is the brightness of the color, and the hue is what we normally think of as “color” and the hue (ex, green, blue, red, and orange).
The saturation is a measure of how much white is in the color (ex, Pink is red with more white, so it is less saturated than pure red).

Example: A deep, bright orange” would have a large intensity (“bright”), a hue of “orange,” and a high value of saturation (“deep”). We can picture this color in our minds, but if we defined this color in terms of its RGB components, R=245, G=110, and B=20.

Multispectral Images

Multispectral pictures ordinarily contain data outside the typical human perceptual reach. X-ray, infrared, ultraviolet, acoustic, and radar data are all examples of this. Because the information being represented is not directly visible to the human system, these are not images in the usual sense. In any

case, the data is much of the time addressed in visual structure by planning the different ghastly groups to RGB parts.

تحتوي الصور متعددة الأطياف عادةً على معلومات خارج النطاق الطبيعي للرؤيا عند للإنسان. وقد يشمل ذلك بيانات الأشعة تحت الحمراء أو فوق البنفسجية أو الأشعة السينية أو الرادار. وتشمل مصادر هذه الأنواع من الصور أنظمة الأقمار الصناعية وأنظمة السونار تحت الماء وأنظمة التصوير التشخيصي الطبي.

Digital Image File Formats

1. Introduction

Image file formats define how the data in an image is structured, compressed, and saved. Formats can broadly be classified based on whether they use **lossy** or **lossless** compression and whether they are **bitmap** (raster) or **vector-based.**

Bitmap Formats: Represent images as a grid of pixels, suitable for real-world photos and complex visuals.
Vector Formats: Use mathematical formulas to represent images, making them ideal for scalable graphics like logos and icons.

تحدد تنسيقات ملفات الصور كيفية هيكلة وضغط وحفظ البيانات في صورة ما. يمكن تقسيم التنسيقات عمومًا إلى تنسيقات ضغط بيانات ضائعة(lossy) أو بدون ضياع للبيانات (lossless)، يمكن تقسيم ملفات الصور الى نقطية (bitmap) او متجهية (vector-based).

2. Common Image File Formats

2.1 JPEG (Joint Photographic Experts Group)

- **Key Features:**
- Compression: Lossy
- File Extension: .jpeg, .jpg
- Best Used For: Photographs, web images, general-purpose storage
  - JPEG uses lossy compression, which reduces file size by discarding some image data.
  - Widely compatible and supported by most software and devices.
  - Adjustable compression level; higher compression results in smaller file sizes but also greater loss of quality.
  - Does not support **transparency** or layers.

*- **Transparency** allows you to remove the background of an image or part of it, making it blend into different backgrounds or layers.*

2.2 PNG (Portable Network Graphics)

- **Key Features:**
- Compression: Lossless
- File Extension: .png
- Best Used For: Web graphics, transparent images, and line art

  - Lossless format, preserving image quality after compression.
  - Supports transparency, making it ideal for background images or logos

2.3 GIF (Graphics Interchange Format)

- **Key Features:**
- Compression: Lossless (Limited to 256 colors)
- File Extension: .gif
- Best Used For: Simple animations, web graphics, and small icons
- Supports animation, making it popular for simple moving images on the web.
- Limited to 256 colors, which makes it less ideal for detailed photos but sufficient for simple graphics.

2.4 BMP (Bitmap Image File)

- **Key Features:**
- Compression: Uncompressed
- File Extension: .bmp
- Best Used For: Windows-based applications, high-quality image storage
- BMP files retain full image detail and quality.
- Large file sizes as each pixel is stored individually.

2.5 TIFF (Tagged Image File Format)

- **Key Features:**
- Compression: Lossless
- File Extension: .tiff, .tif
- Best Used For: Professional photography, scanning, and archiving
- Supports lossless compression, preserving all image details.
- Frequently used in professional environments.
- Large files not commonly used for web applications.

2.6 RAW

- **Key Features:**
- Compression: None or minimally compressed
- File Extension: Varies by camera manufacturer
- Best Used For: Professional photography and post-processing

- Contains unprocessed data directly from the camera sensor.
- Offers maximum control in post-processing.

2.7 SVG (Scalable Vector Graphics)

- **Key Features:**
- Compression: Lossless (XML-based)
- File Extension: .svg
- Best Used For: Logos, icons, web graphics requiring scalability
- SVG is a vector format that is scalable without quality loss.
- XML-based, suitable for web applications.

3. Choosing the Right Format Based on Application اختيار التنسيق المناسب مع التطبيق

Application	Recommended Format	Reason
Web photographs	JPEG	Small file size, decent quality
Logos and icons	PNG, SVG	Transparency support, scalability
Animation	GIF	Simple animation support
Professional photography	RAW, TIFF	Maximum detail for editing
Document scanning	TIFF	High quality, supports layers
Quick image sharing	JPEG, PNG	Compatibility, decent quality

4. Image Compression: Lossy vs. Lossless

4.1 Lossy Compression

Lossy compression reduces file size by permanently discarding some data, usually imperceptible to the human eye. JPEG is a prime example:

يؤدي الضغط مع فقدان البيانات إلى تقليل حجم الملف عن طريق التخلص بشكل دائم من بعض البيانات، والتي عادة ما تكون غير محسوسة للعين البشرية. JPEG هو مثال رئيسي على ذلك:

- **Advantages**: Smaller file sizes, suitable for storage and transmission.
- **Disadvantages**: Quality is lost with each edit and save.

4.2 Lossless Compression

Lossless compression retains all image data, making it suitable for applications where quality is crucial (e.g., medical imaging).

يحتفظ الضغط الخالي من الفقد بجميع بيانات الصورة، مما يجعله مناسبًا للتطبيقات التي تكون فيها الجودة أمرًا بالغ الأهمية (على سبيل المثال، التصوير الطبي).

- **Advantages**: No loss of quality; files can be decompressed back to their original form.
- **Disadvantages**: Larger file sizes compared to lossy formats.

5. Examples of Image File Usage Across Industries

5.1 Healthcare and Medical Imaging

- **Preferred Format**: DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), TIFF
- **Reason**: DICOM supports extensive metadata, including patient information, critical for medical records. TIFF maintains the high resolution needed for diagnostic images.

5.2 Photography and Media

- **Preferred Format**: RAW (for capturing), JPEG (for sharing), TIFF (for printing)
- **Reason**: RAW files provide maximum editing flexibility. JPEGs are widely compatible, while TIFFs offer high-quality printing options.

5.3 Web and User Interface (UI) Design

- **Preferred Format**: PNG, JPEG, SVG
- **Reason**: PNG and SVG support transparency and scalability, crucial for icons and logos. JPEG is used for larger photos on the web due to small file sizes.

Image Algebra

1. Introduction to Image Algebra

Image algebra refers to the mathematical operations that can be applied to digital images to transform and manipulate them. These operations are fundamental to image processing tasks such as enhancement, restoration, and feature extraction. Image algebra is used in various fields, including medical imaging, remote sensing, computer vision, and digital photography.

يشير مصطلح جبر الصور إلى العمليات الرياضية التي يمكن تطبيقها على الصور الرقمية لتحويلها ومعالجتها. وتعتبر هذه العمليات أساسية لمهام معالجة الصور مثل التحسين والاستعادة واستخراج السمات. ويستخدم جبر الصور في مجالات مختلفة، بما في ذلك التصوير الطبي والاستشعار عن بعد والرؤية الحاسوبية والتصوير الرقمي.

2. Basic Operations in Image Algebra

Each image can be thought of as a matrix of pixel values, and algebraic operations can be performed on these matrices.

3. Image Addition

Purpose: Often used to increase brightness, blend images, or perform image averaging for noise reduction.

Formula: I_result(x, y) = I1(x, y) + I2(x, y)

Example:

a. First Original image b. Second Original c. Addition of two images

Image 1:

$$I_1 = \begin{bmatrix} 100 & 150 & 200 \\ 50 & 100 & 150 \\ 0 & 50 & 100 \end{bmatrix}$$

Image 2:

$$I_2 = \begin{bmatrix} 10 & 20 & 30 \\ 40 & 50 & 60 \\ 70 & 80 & 90 \end{bmatrix}$$

- Resulting image after addition:

$$I_{\text{result}} = I_1 + I_2 = \begin{bmatrix} 110 & 170 & 230 \\ 90 & 150 & 210 \\ 70 & 130 & 190 \end{bmatrix}$$

Application: Adding a constant image can brighten the original image, while adding two images is useful for overlay effects.

4. Image Subtraction

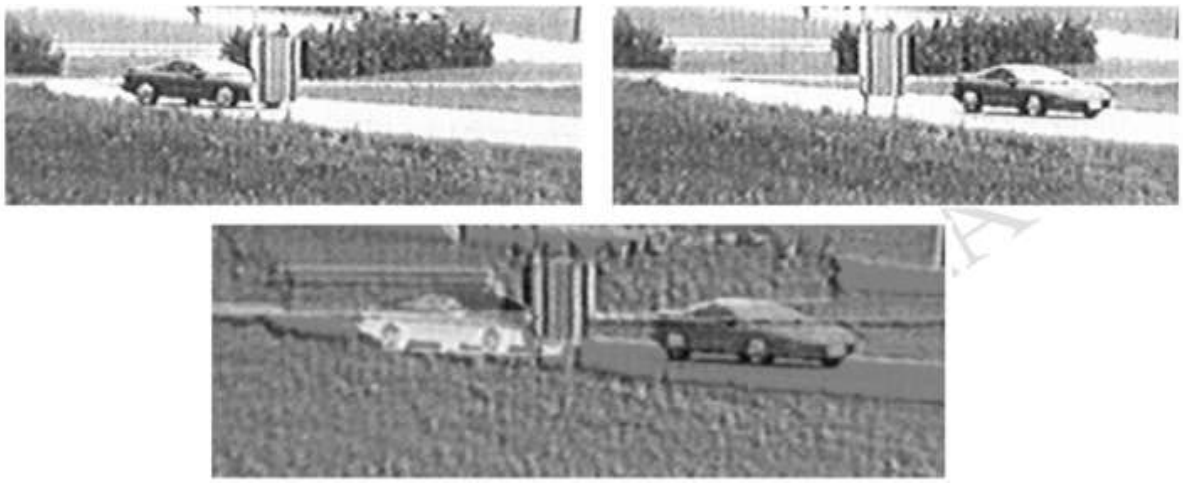
Purpose: Used to detect differences between images, highlight changes, or perform background subtraction.

Formula: I_result(x, y) = I1(x, y) - I2(x, y)

Example

- Subtracting **Image 2** from **Image 1**:

$$I_{\text{result}} = I_1 - I_2 = \begin{bmatrix} 90 & 130 & 170 \\ 10 & 50 & 90 \\ -70 & -30 & 10 \end{bmatrix}$$



Negative values can be clipped to zero.
Application: Useful in medical imaging to detect changes or isolate objects from a static background.

5. Scalar Multiplication and Division

Purpose: Adjusting the brightness or contrast of an image, normalization, and applying masks.
Formulas:

- Multiplication: I_result(x, y) = I(x, y) * k

- Division: I_result(x, y) = I(x, y) / k

Example:

- Given **Image 1**:

$$I_1 = \begin{bmatrix} 100 & 150 & 200 \\ 50 & 100 & 150 \\ 0 & 50 & 100 \end{bmatrix}$$

- To brighten the image by 1.5 times:

$$I_{\text{result}} = I_1 \times 1.5 = \begin{bmatrix} 150 & 225 & 255 \\ 75 & 150 & 225 \\ 0 & 75 & 150 \end{bmatrix}$$

Application: Brightens or darkens the image based on the multiplier.

a. Original image b. Image divided by value<1 c. Image divided by value >1

6. Negation (Inversion)

Purpose: Create the negative of an image, useful in medical imaging and inverting contrasts.

Formula: I_result(x, y) = 255 - I(x, y)

Example:

- Using **Image 1** again:

$$I_{\text{result}} = 255 - I_1 = \begin{bmatrix} 155 & 105 & 55 \\ 205 & 155 & 105 \\ 255 & 205 & 155 \end{bmatrix}$$

Figure: Example of a negative image

Application: Used in medical imaging to enhance structures.

7. Thresholding

Purpose: Segment an image by converting it to binary based on a threshold.
Formula:

- I_result(x, y) = 1 if I(x, y) >= T, else 0

Example:
- Thresholding Image 1 with a threshold of 100 results in

- Given **Image 1** and a threshold $T = 100$:

$$I_{\text{result}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Application: Used in object detection to separate objects from the background.

9. Logical Operations (AND, OR, NOT, XOR)

Purpose: Used in binary images for masking, segmentation, and identifying regions of interest.

Operations:
- AND: Sets pixels to 1 only where both images have pixels set to 1.
- OR: Sets pixels to 1 where either image has pixels set to 1.
- NOT: Inverts pixel values in a binary image.
- XOR: Sets pixels to 1 where only one of the images has a pixel set to 1.

Example: A logic AND is performed on two images, suppose the two corresponding pixel values are (111)10 is one image and (88)10 in the second image. The corresponding bit strings are:

$(111)_{10} \longrightarrow 01101111_2$

AND

$(88)_{10} \longrightarrow 01011000_2$

01001000

Application: Crucial in creating masks for selective processing, especially in medical imaging.

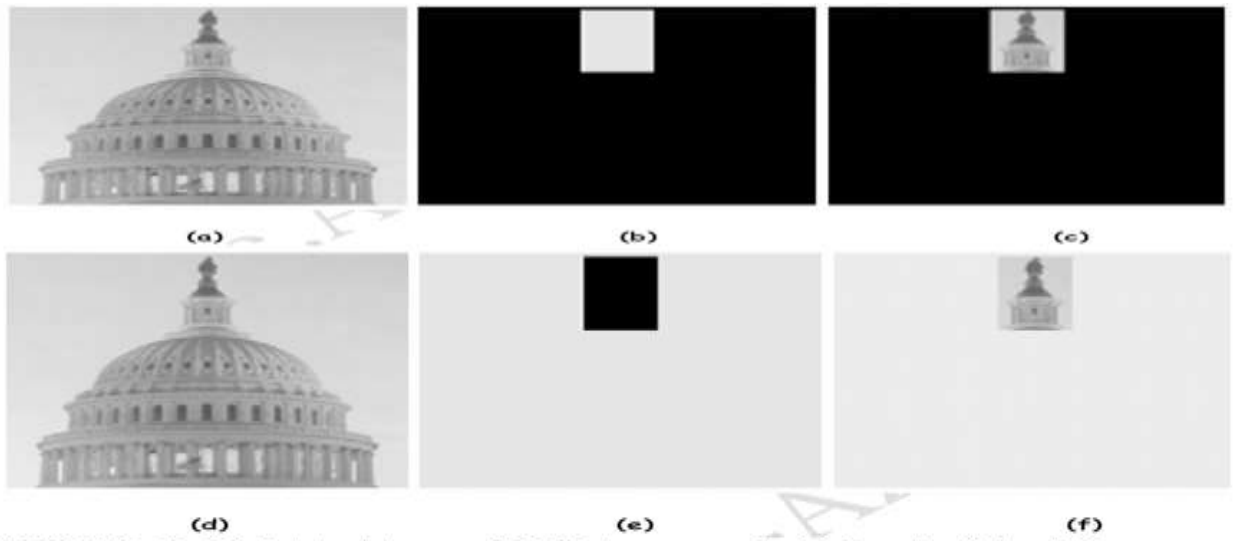


FIGURE (6-1). (a) Original image. (b)AND image mask. (c) Result of the AND operation on images (a) and (b). (d) Original image. (e) OR image mask. (f) Result of operation OR on images (d) and (e).

Example: A white square **ANDed** with an image will allow only the portion of the image coincident with the square to appear in the output image with the background turned black; and a black square **ORd** with an image will allow only the part of the image corresponding to the black square to appear in the output image but will turn the rest of the image white. This process is called image masking. The NOT operation creates a negative of the original image, by inverting each bit within each pixel value.

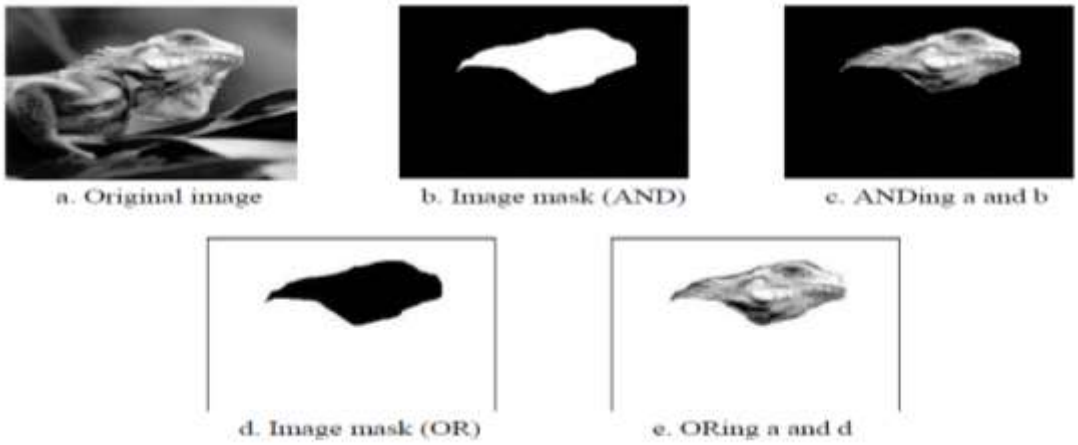


Figure: Image masking

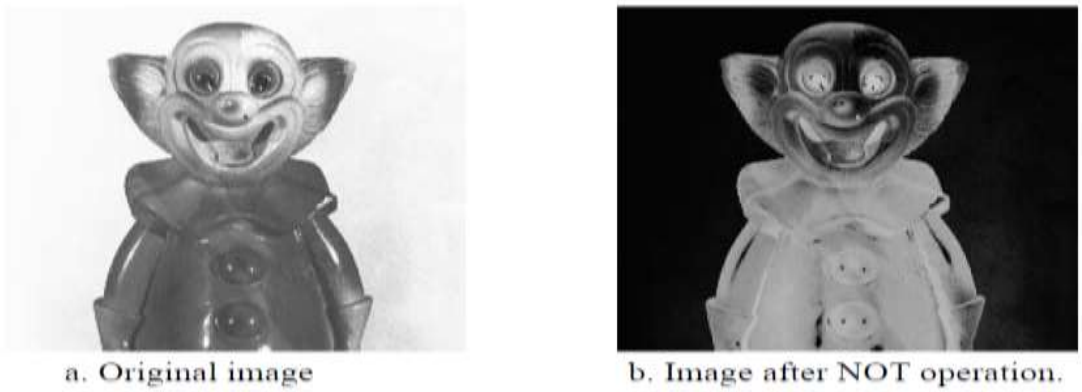


Figure: Complement Image.

10. Conclusion

Image algebra provides essential tools for manipulating and analyzing digital images. These operations are foundational for advanced image processing tasks, making them crucial in **computer vision, digital photography, and medical imaging**. Mastering image algebra is key to understanding and developing sophisticated image processing techniques.

Image Histogram

Definition: An image histogram is a graphical representation that shows the frequency distribution of pixel intensity values in an image. It provides a visual summary of how many pixels fall into each intensity level, ranging from the darkest (black) to the brightest (white) for grayscale images or across color channels for colored images. This tool is widely used in image processing to analyze brightness, contrast, and overall tonal distribution.

Image histogram: هو تمثيل بياني يعطي ملخصًا مرئيًا لعدد البكسلات التي تقع في كل مستوى لوني (عدد مرات ظهور كل قيمة بكسل)، بدءًا من الأغمق (الأسود) إلى الأكثر سطوعًا (الأبيض) للصور ذات التدرج الرمادي أو عبر قنوات الألوان للصور الملونة. تُستخدم هذه الأداة على نطاق واسع في **معالجة الصور لتحليل السطوع والتباين والتوزيع اللوني العام**.

A histogram appears as a graph of "brightness" on the horizontal axis (**x**) from 0 to 255 (for an 8-bit intensity scale) and "number of pixels "on the vertical axis (**y**). For each colored image, three histograms are computed, one for each component (RGB).The histogram gives us a convenient –easy -to -read representation of the concentration of pixels versus the brightness of an image. Using this graph we are able to see immediately:

يظهر الهيستوكرام كرسم بياني من قيم "السطوع" على المحور الأفقي (x) من 0 إلى 255 (لمقياس شدة 8 بت) و"عدد البكسلات" لكل تدرج لوني على المحور الرأسي (y) . في الصورة الملونة، يتم حساب ثلاثة هيستوكرامات، واحد لكل مكون من (RGB). يمنحنا الهستوكرام تمثيلًا ملائمًا وسهل القراءة لتركيز البكسلات مقابل سطوع الصورة. باستخدام هذا الرسم البياني، نتمكن من معرفة التالي:

1- Whether an image is dark or light and high or low contrast.

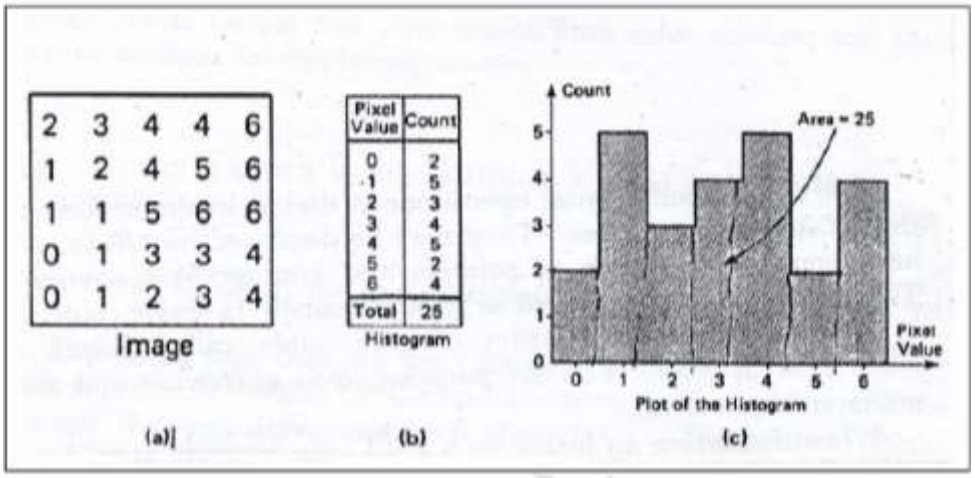
2- What contrast enhancement method would be appropriately applied to make the image more subjectively pleasing to an observer or easier to interpret by succeeding image analysis operation? The shape of the histogram provides us with information about the nature of the image or sub-image. For example:

ما هي طريقة المناسبة للتباين التي يمكن تطبيقها بشكل لجعل الصورة أكثر أو أسهل في التفسير من خلال عمليات تحليل الصور الناجحة. شكل الهيستوكرام يوفر لنا معلومات حول طبيعة الصورة أو الصورة الفرعية، على سبيل المثال:

- Very narrow histogram implies a low-contrast image.
- Histogram skewed to the high end implies a bright or dark image.

- Histogram with two major peaks, called **bimodal**, implies an object that is in contrast with the background.

Figure below shows an image and its histogram:



Properties of Histogram:

We can normalize a histogram by dividing the counts in each bin by the total number of pixels in the image associated with that histogram. This gave us a table of estimated probabilities. For example, probability density function (**pdf**) of the image . The entry for any gray level tells us the likelihood of finding that gray level at pixel selected randomly from the image. Similarly, a normalized cumulative histogram is a table of Cumulative probabilities. For example, the cumulative distribution function (**CDF**) of the image .

يمكننا تطبيع الهيستوكرام (normalization) عن طريق قسمة مجموع تكرار كل لون (قيمة y) على العدد الإجمالي للبكسلات في الصورة المرتبطة بهذا الهستوجرام. يعطينا هذا جدولًا للاحتمالات المقدرة لكل لون. أي دالة كثافة الاحتمال (pdf) للصورة (Probability Density Function). يخبرنا الإدخال الخاص بأي مستوى رمادي باحتمالية العثور على هذا المستوى الرمادي عند البكسل المحدد عشوائيًا من الصورة. وبالمثل، فإن الهيستوكرام التراكمي الطبيعي هو جدول للاحتمالات التراكمية، أي دالة التوزيع التراكمي (CDF) للصورة (cumulative distribution function).

1. PDF (Probability Density Function)

- **PDF** تعني *دالة كثافة الاحتمال*.
- تمثل **PDF** احتمالية ظهور قيم معينة من البكسل في الصورة.

- **كيف تحسب؟**
  - ✓ قم بحساب المدرج التكراري للصورة (عدد مرات ظهور كل قيمة بكسل).
  - ✓ قسّم القيم على العدد الإجمالي للبكسلات في الصورة للحصول على الاحتمال النسبي لكل قيمة.

- **التفسير:**
  - ✓ إذا كانت قيمة **PDF** لبكسل معين عالية، فهذا يعني أن هذا البكسل شائع في الصورة.
  - ✓ تستخدم **PDF** لفهم مدى انتشار قيم البكسل في الصورة.

2. CDF (Cumulative Distribution Function)

- **CDF** تعني *دالة التوزيع التراكمي*.
- تمثل **CDF** مجموع احتمالات ظهور القيم حتى قيمة معينة.

- **كيف تحسب؟**
  - تبدأ من**PDF** ، وتجمع الاحتمالات بشكل تراكمي.
  - لكل قيمة بكسل، تكون قيمة **CDF** هي مجموع كل قيم **PDF** التي تسبقها أو تساويها.
  - صيغة رياضية

$$\mathrm{CDF}(k) = \sum_{i=0}^{k} \mathrm{PDF}(i)$$

- **التفسير:**
  - تعطي فكرة عن نسبة البكسلات في الصورة التي تكون أقل أو مساوية لقيمة معينة.
  - يتم استخدامها في عمليات مثل *معادلة الهستوغرام* (Histogram Equalization) لتحسين تباين الصورة.

الفرق العملي بين PDF وCDF

الخاصية	PDF	CDF
التمثيل	كثافة أو احتمال ظهور كل قيمة بكسل	النسبة التراكمية للبكسلات حتى قيمة معينة
الشكل	يشبه المدرج التكراري	دائماً يزداد(Non-decreasing)
الاستخدام	تحليل توزيع القيم	تحسين التباين وتحويل الصورة

أمثلة الاستخدام:

- **PDF** يساعد في فهم توزيع درجات اللون أو السطوع في الصورة.
- **CDF** ضروري لعمليات تحسين الصور مثل *معادلة الهستوكرام*.

مثال / سنفرض لدينا مجموعة من قيم البكسلات. احسب PDF و CDF

البيانات الافتراضية:

لدينا الصورة التالية قيمها:

$$\text{pixels} = [5, 4, 4, 3, 3, 3, 2, 1, 1, 0]$$

الخطوات:

1. حساب histogram (المدرج التكراري):

- نقوم بعدّ تكرار كل قيمة:

$$\text{value: } 0 \to 1,\ 1 \to 2,\ 2 \to 1,\ 3 \to 3,\ 4 \to 2,\ 5 \to 1$$

2. حساب PDF:

- نحسب احتمال كل قيمة بقسمة التكرار على إجمالي عدد القيم (10 في هذا المثال):

$$\text{PDF} = [0.1, 0.2, 0.3, 0.1, 0.2, 0.1]$$

3. حساب CDF:

- نحسب مجموع القيم التراكمية لـ PDF:

$$\text{CDF} = [1.0, 0.9, 0.7, 0.4, 0.3, 0.1]$$

النتائج المحسوبة:

Pixel Value	Frequency	PDF	CDF
0	1	0.1	0.1
1	2	0.2	0.3
2	1	0.1	0.4
3	3	0.3	0.7
4	2	0.2	0.9
5	1	0.1	1.0

التفسير:

1. **Frequency** عدد مرات ظهور كل قيمة بكسل.
2. **PDF (Probability Density Function)** يوضح احتمال كل قيمة. مثلًا:
   - ✓ القيمة 3 تمثل (30%) 0.30.30.3من الصورة.
3. **CDF (Cumulative Distribution Function)** المجموع التراكمي لـPDF ، حيث القيمة الأخيرة دائمًا تكون 1.0.

All spatial information is discarded when an image is transformed into a histogram. The histogram specifies the number of pixels at each gray level but gives no hint as to where those pixels are located within the image. Thus, the histogram is unique for any particular image. Vastly different images could have identical histograms. Such operations as moving objects around within an image typically do not affect the histogram.

يتم تجاهل كافة المعلومات المكانية عند تحويل الصورة إلى رسم بياني. الرسم البياني **لا يعطي أي تلميح حول مكان وجود البكسل داخل الصورة**. وبالتالي فإن الرسم البياني فريد من نوعه لأي صورة معينة. يمكن أن تحتوي الصور المختلفة بشكل كبير على رسوم بيانية متطابقة. عادةً لا تؤثر العمليات مثل تحريك الكائنات داخل الصورة على الرسم البياني.

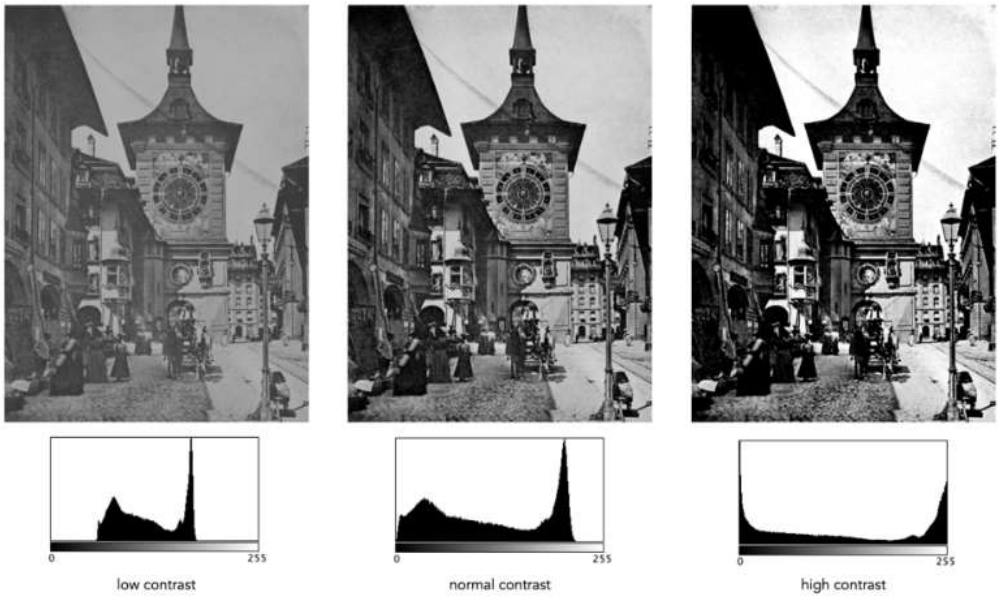
Types of Histogram:

We note in the dark image that the components of the histogram are concentrated on the low (dark) side of the grayscale. Similarly, the components of the histogram of the bright image are biased toward the high side of the grayscale. An image with low contrast has a histogram that will be narrow and will be centered toward the middle of the grayscale. For a monochrome image, this implies a dull, washed-out gray look. Finally, we see that the components of the histogram in the high-contrast image cover a broad range of the grayscale and, further, that the distribution of pixels is not too far from uniform, with very few vertical lines being much higher than the others. Intuitively, it is reasonable to conclude that an image whose pixels tend to occupy the entire range of possible gray levels and, in addition, tend to be distributed uniformly will have an appearance of high contrast and exhibit a large variety of gray tones. The net effect will be an image that shows a great deal of gray-level detail and has a high dynamic range. It will be shown shortly that it is possible to develop a transformation function that can automatically achieve this effect based only on information in the input image's histogram.

- في الصورة المظلمة فـأن مكونات الهستوكرام تتركز على الجانب المنخفض من تدرج الرمادي.
- مكونات الهستوكرام للصورة الساطعة منحازة نحو الجانب المرتفع من تدرج الرمادي.
- الصورة ذات التباين المنخفض لها هيستوكرام ضيقًا وسيتركز نحو منتصف تدرج الرمادي.
- مكونات الهستوكرام في الصورة عالية التباين تغطي نطاقًا واسعًا من تدرج الرمادي، وعلاوة على ذلك، فإن توزيع البكسل ليس بعيدًا جدًا عن التوحيد، مع وجود عدد قليل جدًا من الخطوط الرأسية أعلى بكثير من الخطوط الأخرى.

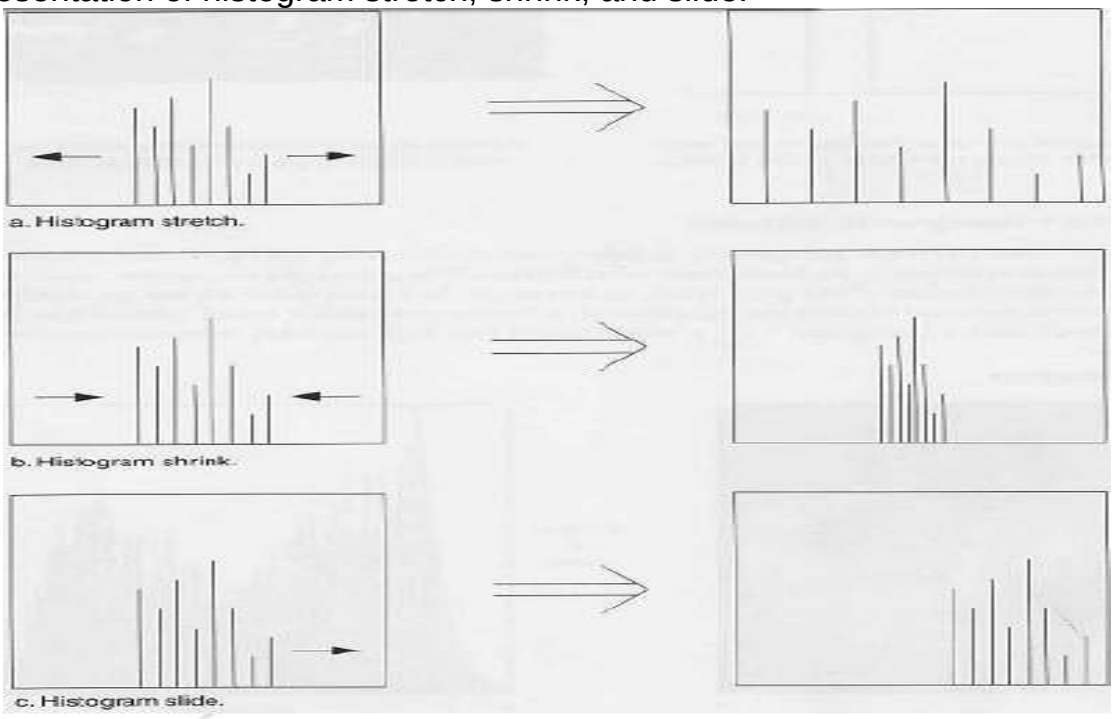
لذلك من المنطقي أن نستنتج أن الصورة التي تميل بكسلاتها إلى احتلال النطاق الكامل لمستويات الرمادي المحتملة، بالإضافة إلى ميلها إلى التوزيع بشكل موحد، سيكون لها مظهر عالي التباين وتُظهر مجموعة كبيرة ومتنوعة من درجات الرمادي. وسيكون التأثير الصافي هو صورة تُظهر قدرًا كبيرًا من التفاصيل ذات المستوى الرمادي ولديها نطاق ديناميكي عالٍ.

Examples of the different types of histograms are shown below



Histogram Modifications:

The histogram can be modified by mapping functions that stretch, shrink (compress), or slide the histogram. The figure below illustrates a graphical representation of histogram stretch, shrink, and slide.



1- The following equation can find the mapping function for histogram stretch:

$$\text{Stretch}\,(I(r,c)) = \left[\frac{I(r,c)-I(r,c)_{\min}}{I(r,c)_{\max}-I(r,c)_{\min}}\right][MAX\text{-}MIN]+MIN.$$

Where **I(r,c)** max is the largest gray level in the image **I(r,c).**
I(r,c) min is the smallest gray level in the image **I(r,c).**
MAX and **MIN** correspond to the maximum and minimum gray–level values possible (for an 8-bit image, these are 255 and 0).

This equation will take an image and stretch the histogram across the entire gray-level range, increasing the contrast of a low-contrast image (see Figure below).

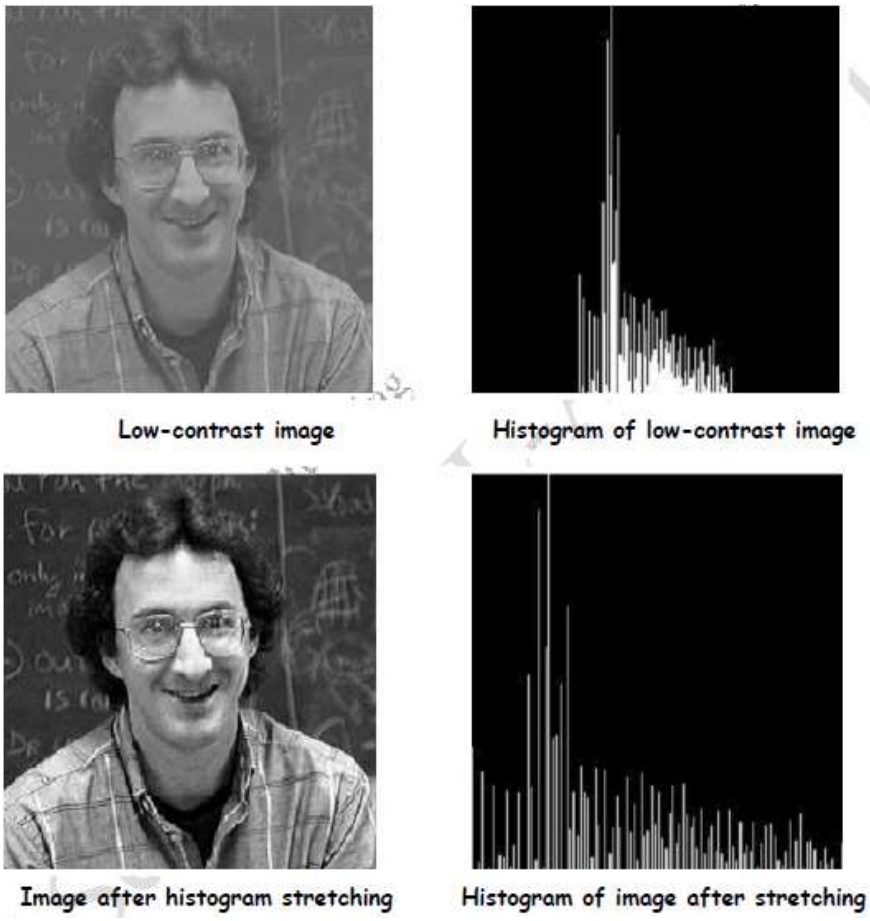
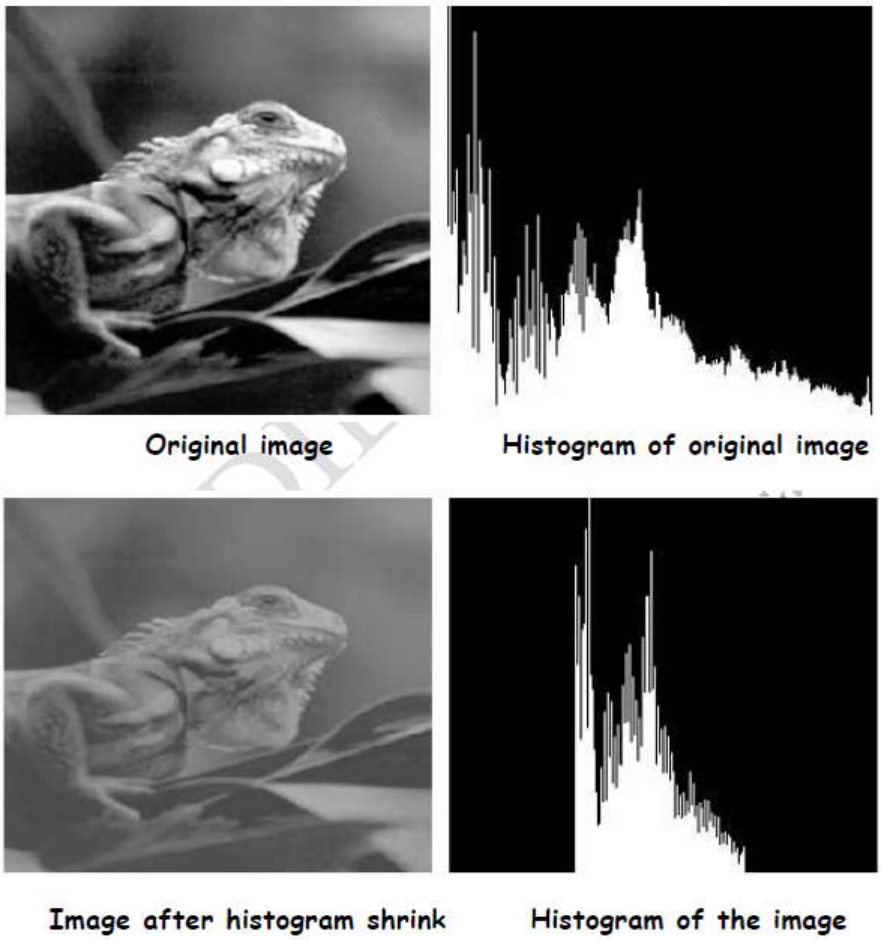


Figure: Histogram stretching

2- The opposite of a histogram stretch is a histogram shrink, which will decrease image contrast by compressing the gray levels. The following equation can find the mapping function for a histogram shrinking:

$$\text{Shrink}(I(r,c)) = \left[\frac{Shrink_{max} - Shrink_{min}}{I(r,c)_{max} - I(r,c)_{min}}\right][I(r,c) - I(r,c)_{min}] + Shrink_{min}$$

Shrink $_{max}$ and **shrink** $_{min}$ correspond to the maximum and minimum desired in the compressed histogram. Generally, this process produces an image of reduced contrast and may not seem useful as an image enhancement (see figure below of shrink histogram).

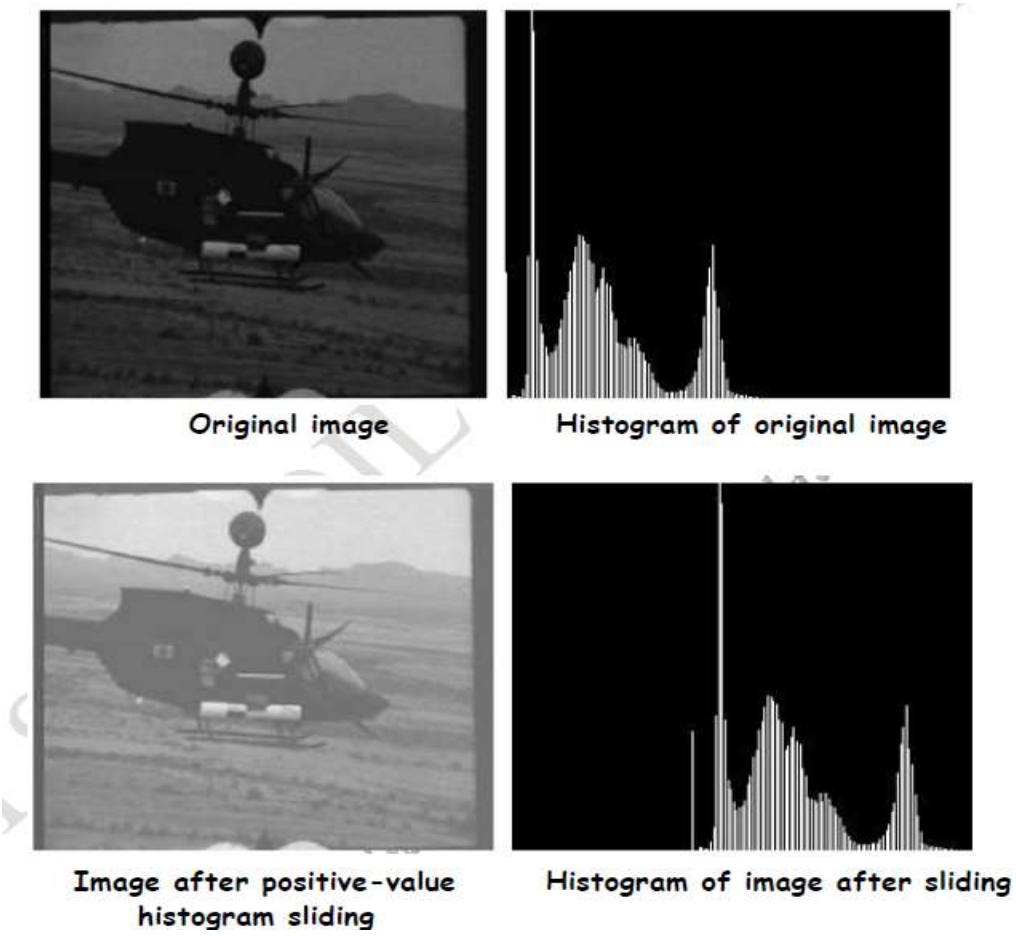


Figurer: Histogram Shrinking

3- The histogram slide techniques can be used to make an image either darker or lighter but retain the relationship between gray-level values.
This can be a accomplished by simply adding or subtracting a fixed number for all the gray-level values, as follows:

Slide (I(r,c)) = I (r,c)+ OFFSET.

Where OFFSET values is the amount to slide the histogram. In this equation, a positive OFFSET value will increase the overall brightness; where as a negative OFFSET will create a darker image, figure below shows histogram sliding



Figurer: Histogram Sliding.

Histogram Equalization

Histogram equalization is a popular technique for improving the appearance of a poor image. It's a function that similar to histogram stretch but often provides more visually pleasing results across a wide range of images. Histogram equalization is a technique where the histogram of the resultant image is as flat as possible (with histogram stretching the overall shape of the histogram remains the same).

The histogram equalization process for digital images consists of four steps:

1. Find the **running sum** of the histogram values
2. **Normalize** the values from step 1 by dividing by a total number of pixels.
3. **Multiply** the values from step 2 by the maximum grey level value and round.
4. Map the grey-level values to the results from step 3 using one-to-one correspondence. The following example will help to clarify this process.

Example:-
We have an image with 3 bits/pixel, so the possible range of values is 0 to 7.
We have an image with the following histogram:

Gray-level value	0	1	2	3	4	5	6	7
No of Pixel Histogram value	10	8	9	2	14	1	5	2

Step 1: Great a running sum of histogram values. This means that the first value is 10,
The second is 10+8=18,
The next is 10+8+9=27, and so on.
Here we get 10,18,27, 29,43,44,49,51.

Step 2: Normalize by dividing by the total number of pixels. The total number of pixels is 10+8+9+2+14+1+5+2=51.

Ex: 10/51=0.19, 18/51=0.35, 27/51=3.7 and so on.

Step 3: Multiply these values by the maximum grey–level values, in this case, 7, and then round the result to the closest integer. After this is done, we obtain 1,2,4,4,6,6,7,7.

Step 4: Map the original values to the results from step3 by a one –to one correspondence.

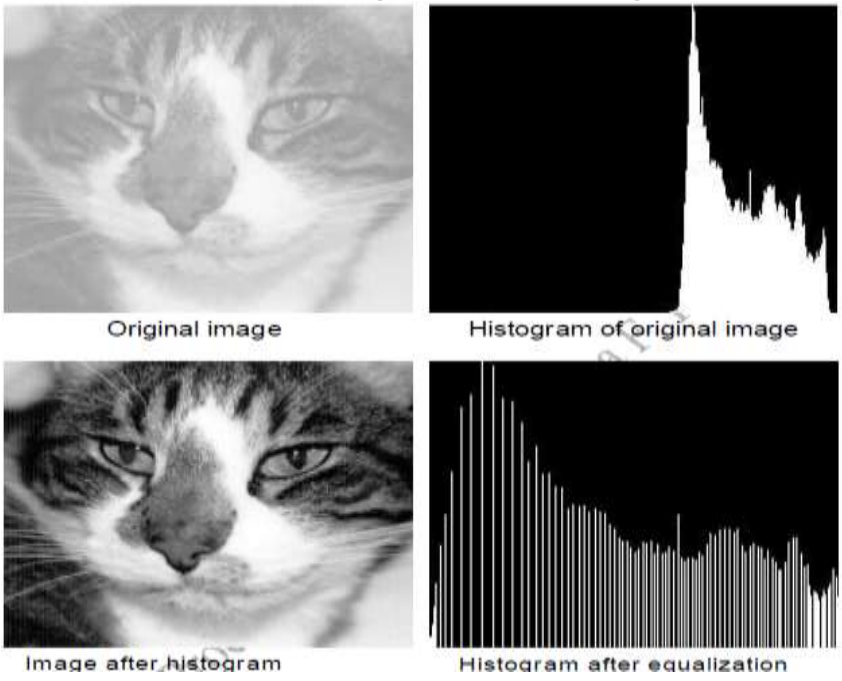
The first three steps:

Gray-level	0	1	2	3	4	5	6
No. of Pixel	10	8	9	2	14	1	5
Run Sum	10	18	27	29	43	44	49
Normalized	10/51	18/51	27/51	29/51	43/51	44/51	49/51
Multiply by 7	1	2	4	4	6	6	7

The fourth step:

Old	0	1	2	3	4	5	6	7
New	1	2	4	4	6	6	7	7

All pixels in the original image with grey level 0 are set to 1, values of 1 are set to 2, 2 to 4, 3 to 4, and so on (see figure below). Histogram equalization: you can see the original histogram and the resulting histogram equalized histogram. Although the result is not flat, it is closer to being flat than the original.



Convolution Masks in Image Processing:

A **convolution mask**, also known as a **kernel**, **filter**, or **template**, is a small matrix used to perform convolution operations on an image. The convolution operation is fundamental in image processing and involves applying a mask to an image to **extract features, enhance details, or reduce noise.**

قناع الالتفاف، المعروف أيضًا باسم النواة أو المرشح أو القالب، هو مجموعة صغيرة تستخدم لإجراء عمليات الالتفاف على صورة. الالتفاف هو عملية أساسية في معالجة الصور ويتضمن تطبيق قناع على صورة لاستخراج **الميزات** أو **تحسين التفاصيل أو تقليل الضوضاء**.

Convolution is a mathematical operation that modifies an image by combining the image's pixel values with the mask's values.

الالتفاف هو عملية رياضية تقوم بتعديل الصورة عن طريق الجمع بين قيم البكسل في الصورة وقيم القناع.

- Formula:

$$I_{output}(x,y) = \sum_{i=-k}^{k} \sum_{j=-k}^{k} M(i,j) \cdot I_{input}(x+i, y+j)$$

Where:

- I_{output}: Output image
- I_{input}: Input image
- $M(i,j)$: Mask value at position (i,j)
- k: Half the size of the mask (e.g., for a 3x3 mask, $k = 1$)

Mask (Kernel):

- A matrix of fixed dimensions (commonly **3×3**, **5×5**, etc.).
- The values in the mask determine the type of operation, such as edge detection, blurring, or sharpening.

تحدد القيم الموجودة في القناع نوع العملية، مثل اكتشاف الحافة، أو التمويه، أو الشحذ.

- Example: Sobel mask (horizontal and vertical edges)

$$\text{Horizontal: } \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad \text{Vertical: } \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

How Convolution Works

1. Place the mask on a pixel in the image.
2. Multiply each value in the mask with the corresponding pixel value in the image.
3. Sum the results and place the value in the corresponding output pixel.
4. Slide the mask over the entire image, repeating the process for all pixels.

Applications of Convolution Masks

1. **Edge Detection**: Sobel, Prewitt, and Canny filters for finding edges.
2. **Image Smoothing**: Gaussian or mean filters to reduce noise.
3. **Image Sharpening**: Laplacian filters to enhance details.
4. **Feature Extraction**: Highlighting patterns, such as corners or textures.
5. **Noise Removal**: Median or Gaussian filters to clean noisy images.

Example:

Input Image (5x5 Array)

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 9 & 10 & 11 & 12 & 13 \\ 13 & 14 & 15 & 16 & 17 \\ 17 & 18 & 19 & 20 & 21 \end{bmatrix}$$

Convolution Mask (3x3 Kernel)

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- **Step 1:** Overlay the 3×3 kernel on the top-left corner of the image.
- Multiply the kernel values with the corresponding image values:

Result=(0·1)+(1·2)+(0·3)+(1·5)+(−4·6)+(1·7)+(0·9)+(1·10)+(0·11)=−6

This value **−6** becomes the top-left value in the output.

- **Step 2:** Slide the **kernel** one position to the right and repeat the process until all positions are covered.

Output Image (After Applying the Convolution)

$$\begin{bmatrix} -6 & -4 & -2 & 0 & 2 \\ -2 & 0 & 2 & 4 & 6 \\ 2 & 4 & 6 & 8 & 10 \\ 6 & 8 & 10 & 12 & 14 \\ 10 & 12 & 14 & 16 & 18 \end{bmatrix}$$

Notes:

- The edges of the image may need **padding** if you want to maintain the same dimensions for the output. For example, adding zero-padding around the image.
- The kernel determines the transformation. Here, it emphasizes central pixel differences relative to neighbors.

قد تحتاج حواف الصورة إلى اضافة قيم من الاصفار للحفاظ على نفس ابعاد الصورة للإخراج.

Input Image (5x5 Array)

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 9 & 10 & 11 & 12 & 13 \\ 13 & 14 & 15 & 16 & 17 \\ 17 & 18 & 19 & 20 & 21 \end{bmatrix}$$

Padding (Adding a Border of Zeros)

After adding **zero-padding** (1 pixel wide):

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 0 \\ 0 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 0 \\ 0 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 0 \\ 0 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 0 \\ 0 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Convolution Mask (3x3 Kernel)

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Overlay: } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 5 & 6 \end{bmatrix}$$

Result=(0·0)+(1·0)+(0·0)+(1·0)+(−4·1)+(1·2)+(0·0)+(1·5)+(0·6)=−4

Repeat for all positions to fill the output.

Find the values of image after convolution?

The effects of a convolution mask (or kernel) can often be predicted based on its general pattern and the distribution of its values.

General Rules for Predicting Effects

1. **Sum of Kernel Values**:
   - If the sum > 1: Brightens the image.
   - If the sum < 1: Darkens the image.
   - If the sum = 1: Maintains average intensity.
2. **Sign of Values**:
   - Positive values: Emphasize intensity or smooth details.
   - Negative values: Detect transitions (edges) or subtract intensity.
3. **Symmetry**:
   - Symmetrical kernels: Smooth or enhance uniformly.
   - Asymmetrical kernels: Detect directional features or create embossing effects. اظهار تاثيرات النقوس
4. **Central Value**:
   - Large positive central value: Enhances the current pixel (e.g., sharpening).
   - Zero or negative central value: Emphasizes neighbors over the central pixel (e.g., edge detection).

Image Restoration

Image restoration is a critical aspect of image processing, focusing on improving the appearance or usability of an image degraded by noise, blur, or other distortions. The goal is to recover the original image as accurately as possible.

استعادة الصورة هي جانب معالجة الصورالذي يركز على تحسين مظهر أو قابلية استخدام الصورة التي تدهورت بسبب الضوضاء أو عدم الوضوح أو التشوهات الأخرى. والهدف هو استعادة الصورة الأصلية بأكبر قدر ممكن من الدقة.

Degradation types: انواع التدهور

1. **Blurring:** caused by motion or atmospheric disturbance.
2. **Missing Data**: Areas of an image that are corrupted or missing due to transmission errors or occlusion.
3. **Noise**: Unwanted variations in pixel intensity due to sensor inaccuracies or environmental interference.

What is noise?

Noise is any undesired information that contaminates an image. Noise appears in images from a variety of sources. The digital image acquisition process converts an optical image into a continuous electrical signal that is then sampled, which is the primary process by which noise appears in digital images.

الضوضاء (Noise) هي أي معلومات غير مرغوب فيها تظهر كتلوث على بيانات الصورة. تظهر الضوضاء في الصور من مصادر متنوعة. عملية التقاط الصور الرقمية بداية كصورة ضوئية إلى إشارة كهربائية مستمرة يتم أخذ عينات منها، **وهي العملية الأساسية التي تظهر بها الضوضاء في الصور الرقمية**.

At every step in the process, fluctuations caused by natural phenomena add a random value to the exact brightness value for a given pixel. In a typical image, the noise can be modeled with one of the following distributions:

في كل خطوة من خطوات التقاط الصورة وتحويلها الى رقمية ، توجد تقلبات ناجمة عن ظواهر طبيعية تضيف قيمة عشوائية إلى قيمة السطوع الدقيقة لبيكسل معين. **يتواجد الضوضاء باستخدام أحد التوزيعات التالية:**

Noise distribution types (Types of Noise):

1. **Gaussian Noise**:

- Caused by electronic circuit disturbances in sensors.
- Follows a normal distribution where most noise values are near zero.
- Common in low-light photography.

2. **Salt-and-Pepper Noise**:

- Appears as random white (salt) and black (pepper) pixels.
- Caused by transmission errors.

3. **Poisson Noise**:

- Results from the discrete nature of light.
- Common in photon-limited imaging systems, such as medical or astronomical imaging.

4. **Speckle Noise**:

- Appears as a granular texture, typical in coherent imaging systems like radar or ultrasound.

The types of noise example

Noise reduction

Noise reduction aims to remove or minimize unwanted random variations in pixel intensity (noise) in an image while preserving as much of the original details as possible. Noise can be introduced during image acquisition, transmission, or storage, and effectively reducing noise is essential for accurate image interpretation.

عملية تقليل الضوضاء هي إزالة أو تقليل الاختلافات العشوائية غير المرغوب فيها في كثافة البكسل (الضوضاء) في الصورة مع الحفاظ على أكبر قدر ممكن من التفاصيل الأصلية. تتكون الضوضاء (Noise) أثناء التقاط الصورة أو نقلها أو تخزينها، ويعد تقليل الضوضاء بشكل فعال أمرًا ضروريًا للحصول على صورة اكثر دقة.

Techniques for Noise Reduction:

A. Spatial Domain Filters:

These filters operate directly on pixel intensity values in the spatial domain.

1. Mean filters.
2. Median filters (order filter).
3. Gaussian filter

These filters are called (low-pass filters) because they allow low-frequency components (smooth regions) to pass through while attenuating high-frequency components. Spatial filters are implemented with **convolution masks**. Because the convolution mask operation provides a result that is a weighted sum of the values of a pixel and its neighbors, ***it is called a linear filter.***

1- Mean Filter:

- Replaces each pixel value with the average of its neighbors.
- Simple and fast but can blur edges.

This replacement is done with a convolution mask such as the following 3×3 mask

Arithmetic mean filter smoothing or low-pass filter.

$$\begin{pmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{pmatrix}$$

So, a low filter can be used to attenuate image noise composed primarily of high-frequency components.

a. Original image

b. Mean filtered image

2- The median filter:

- Replace each pixel with the median of its neighborhood.
- Particularly effective for salt-and-pepper noise.
- Preserves edges better than the mean filter.

The median filter is non-linear (order filter or order statistic).

Order statistics is a technique that arranges the entire N×N window (W); the pixel values can be ordered from smallest to largest.

$$I_1 \leq I_2 \leq I_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots < I_N$$

Where **I1, I2, I3……, IN** are the intensity values of the subset of pixels in the image.

a. Salt and pepper noise b. Median filtered image (3x3)

Figure: median filter

Example:

Given the following 3×3 neighborhood:

$$\begin{pmatrix} 5 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 5 \\ 3 & 4 & 7 \end{pmatrix}$$

We first sort the value in the order of size (3,3,4,4,5,5,5,6,7) ; then we select the middle value, in this case, it is 5. This 5 is then placed in the center location.

A median filter can use a neighborhood of any size, but 3×3, 5×5, and 7×7 are typical.

The midpoint filter is both an order and mean filter because it relies on ordering the pixel values but then calculating by an averaging process. This midpoint filter is the average of the maximum and minimum within the window as follows:

Order set = I1 ≤ I2 ≤ I3..... ≤I N.

Midpoint = (I1+I N)/2

The midpoint filter is most useful for Gaussian and uniform noise.

3- Gaussian filter:

Pattern: Values are symmetrically distributed and decrease as they move away from the center, forming a bell-shaped Gaussian distribution.

Effect:

- Smooths the image while preserving the general structure and edges.
- Reduces high-frequency noise more subtly than a mean filter.

Example:

$$\text{Gaussian Kernel (3x3):} \quad \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{16}$$

B. Frequency Domain techniques:

These methods transform the image into the frequency domain (using Fourier Transform) to manipulate specific frequencies.

1- Low-Pass Filters:

- Attenuate high-frequency noise while retaining low-frequency details.
- Can smooth images but might lose sharp edges.

2- High-Pass Filters:

- Enhance edges and details by suppressing low-frequency components.

- Typically combined with other methods to reduce high-frequency noise.

Example:

$$\text{High-Pass Filter: } \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

C. Advanced AI-Based Methods (Denoising Algorithms)

1. **Machine learning** and **deep learning** methods offer state-of-the-art performance in noise reduction.

- Neural networks trained to reconstruct the original image from noisy input.

- **DnCNN (Denoising Convolutional Neural Network)**:

2. **Wavelet-Based Methods**:

- Use wavelet transforms to separate noise and detail coefficients.

Edge detection

Edge detection operators are based on the idea that edge information in an image is found by looking at the relationship of pixel with its neighborhood. If a pixel's gray level value is similar to those around it, there is probably not an edge at that point. However if a pixel has a neighbors with widely varying gray levels, it may represent an edge point. In other words, an edge is defined by a **discontinuity** in gray-level. Ideally an edge separates two distinct objects.

تعتمد مشغلات اكتشاف الحواف (edge detection) على فكرة مفادها أن معلومات الحافة في الصورة يتم العثور عليها من خلال النظر إلى العلاقة بين البكسل ومحيطه. إذا كانت قيمة مستوى اللون الرمادي للبكسل مماثلة لتلك المحيطة به، فمن المحتمل ألا تكون هناك حافة عند هذه النقطة. ومع ذلك، إذا كان للبكسل جيران بمستويات رمادية متفاوتة على نطاق واسع، فقد يمثل نقطة حافة. بعبارة أخرى، يتم تعريف الحافة من خلال انقطاع في مستوى اللون الرمادي. **من الناحية المثالية، تفصل الحافة بين كائنين متميزين.**

Definitions: Edge can be defined as that location in an image where there is a sudden variation in the gray level or color of pixels. An edge is a collection of pixel values whose brightness value changes abruptly. Edges represent boarders between regions on an object or in a scene.

يمكن تعريف الحافة بأنها ذلك المكان في الصورة حيث يوجد اختلاف مفاجئ في مستوى اللون الرمادي أو لون البكسلات. الحافة عبارة عن مجموعة من قيم البكسل التي تتغير قيمة سطوعها بشكل مفاجئ. تمثل الحواف حدودًا بين المناطق داخل الصورة أو في مشهد.

The contours of potentially interesting scene element (solid object, surface marking, shadows, etc...) all generate intensity or color edges, so edge enhancement and detection are obvious steps to take when attempting to locate and recognize those scene elements. Location and recognition are far from trivial because noise and other uninteresting image features can also generate edges. Given a noisy image, edge

detection techniques aim to locate the edge pixels most likely generated by scene elements, rather than by noise.

إن تعزيز الحواف واكتشافها هي خطوات مهمة يجب اتخاذها عند محاولة تحديد عناصر المشهد والتعرف عليها. إن تحديد الموقع والتعرف ليسا بالأمر السهل لأن **الضوضاء** وغيرها من سمات الصورة غير المثيرة للاهتمام يمكن أن تولد حوافًا أيضًا. في حالة وجود صورة مشوشة، تهدف تقنيات اكتشاف الحواف إلى تحديد بكسلات الحافة التي من المرجح أن تكون قد تم إنشاؤها بواسطة عناصر المشهد، وليس الضوضاء.

Typically, there are three *main steps* to perform for good results for edge detection

1 – Noise reduction: where we try to suppress as much noise as possible, without smoothing away the meaningful edges.

2 – Edge enhancement: applying some kinds of filter that respond strongly at edges and weakly elsewhere, so that edges may be identified as local maxima in the filter's output.

3 – Edge localization: where we decide which of the local maxima outputs by the filter meaningful edges are and which are caused by noise (for example using threshold).

Note: some edge detection operators return orientation information (information about the direction of the edge), whereas others only return information about the existence of an edge at each point.

بعض مشغلات اكتشاف الحافة تعيد معلومات الاتجاه (معلومات حول اتجاه الحافة)، بينما يعيد البعض الآخر معلومات حول وجود حافة عند كل نقطة فقط.

With many edge detection operators, noise in the image can create problems which is why it is best to preprocess the image to eliminate, or at least minimize, the noise

effect. To deal with the noise effect, we must make a tradeoff between the **sensitivity** and the **accuracy** of an edge detector.

يمكن للضوضاء في الصورة أن تسبب مشكلة للعديد من مشغلات اكتشاف الحافة. ولهذا السبب من الأفضل معالجة الصورة مسبقًا لإزالة تأثير الضوضاء أو على الأقل تقليله. لذلك عند التعامل مع تأثير الضوضاء، يجب علينا إجراء تقييم بين **حساسية** و **دقة** كاشف الحافة.

For example, if the parameters are set so that the edge detector is very sensitive, it will tend to find many potential edge points that are attributable to noise. If we make it less sensitive, it may miss valid edges.

على سبيل المثال، إذا تم ضبط المعلمات بحيث يكون كاشف الحافة حساسًا للغاية، فسوف يميل إلى العثور على العديد من نقاط الحافة المحتملة التي يمكن أن تنتمي إلى الضوضاء. وإذا جعلناه أقل حساسية، فقد يفوت حواف صالحة. لذلك فان اهم المعلمات التي يجب تدقيقها جيدا او اخذها بنظر الاعتبار هي :

The *parameters* that we can set include:

1 – The size of the edge detection mask.

2 – The value of the gray–level threshold.

A large mask is less sensitive to noise, and a lower gray–level threshold will tend to reduce the noise effect.

يعتبر القناع الكبير أقل حساسية للضوضاء، كما أن عتبة المستوى الرمادي المنخفضة تميل إلى تقليل تأثيرالضوضاء.

1-Soble operator:

The Sobel edge detection masks look for edges in both horizontal and vertical directions and then combine this information into a single metric. The masks are as follows:

تبحث أقنعة الكشف عن الحواف من Sobel عن الحواف في الاتجاهين الأفقي والرأسي ثم تجمع هذه المعلومات في مقياس واحد. والأقنعة هي كما يلي:

Row Mask

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Column Mask

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dr. Adil

These masks are each convolved with the image. At each pixel location, we now have two numbers: S1, corresponding to the result from the row mask, and S2, from the column mask. We use these numbers to compute two matrices, the edge magnitude and the edge direction, which are defined as follows:

يتم دمج كل من هذه الأقنعة مع الصورة. في كل موقع بكسل، لدينا الآن رقمان: S1، الذي يتوافق مع النتيجة من قناع الصف، وS2، من قناع العمود. نستخدم هذه الأرقام لحساب مصفوفتين، حجم الحافة واتجاه الحافة، والتي يتم تعريفها على النحو التالي:

Edge Magnitude=$\sqrt{{s_1}^2 + {s_2}^2}$

2-Prewitt operator:

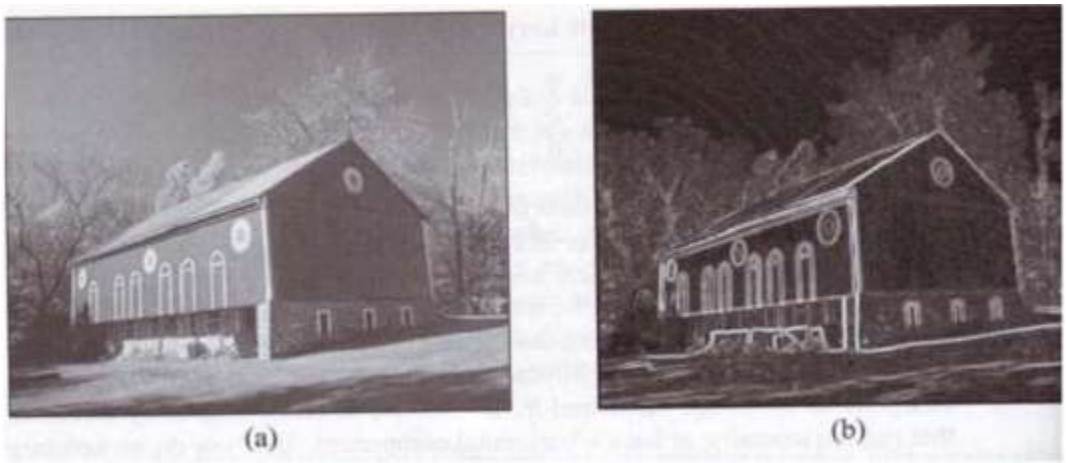
The Prewitt is similar to the Sobel but with different mask coefficients. The masks are defined as follows:

Row Mask

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Column Mask

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



(a) (b)

Figure (9-2): (a)

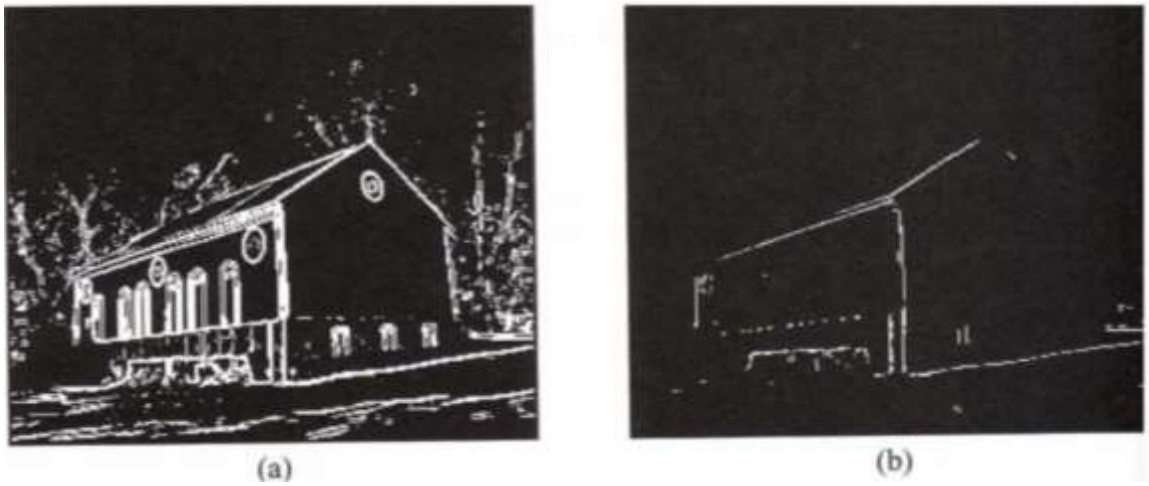


Figure (9-3): (a) Edge maps created by thresholding the gradient magnitude in figure 11.7 threshold of 50 (b) threshold of 150