

# *Computer Vision*

# Image representations (continuous and discrete)

Image representation refers to how an image is stored, processed, and analyzed in computational systems. Images can be represented in either continuous or discrete forms, depending on whether the image data is continuous (like analog images) or sampled at specific intervals (digital or discrete images).

Types and how they're used in image processing:

يشير تمثيل الصورة إلى كيفية تخزين الصورة ومعالجتها وتحليلها في الأنظمة الحاسوبية. يمكن تمثيل الصور إما في أشكال مستمرة أو منفصلة، اعتماداً على ما إذا كانت بيانات الصورة مستمرة (مثل الصور التنازليّة) أو تم أخذ عينات منها على فترات زمنية محددة (صور رقمية أو منفصلة).

الأنواع وكيفية استخدامها في معالجة الصور:

تمثيل الصورة (Image Representation) يعني الطريقة التي تُحفظ بها الصورة داخل الحاسوب وكيف تتم معالجتها وتحليلها. بمعنى آخر: كيف يفهم الكمبيوتر الصورة ويعامل مع بياناتها (ألوانها، مستويات الإضاءة، التفاصيل...). هناك نوعان رئيسيان لتمثيل الصور:

## 1. الصور المستمرة (Continuous Images)

- هي صور غير رقمية، مثل الصور التماثلية (Analog) التي نراها في الكاميرات القديمة أو على الأفلام الفوتوغرافية.
- القيم فيها مستمرة وغير مقسمة إلى نقاط واضحة.
- تعتبر تمثيلاً طبيعياً للضوء كما يلتقطه الجهاز.

استخدامها في معالجة الصور

نادرًا ما تُعالج مباشرة؛ يجب تحويلها أولاً إلى صور رقمية عبر عملية التحويل من تناظري إلى رقمي (A/D Conversion). بعد التحويل، تصبح جاهزة للمعالجة الرقمية.

## 2. الصور المقطعة أو الرقمية (Discrete / Digital Images)

- هي الصور التي تخزن كنقط صغيرة جداً تُسمى ببكسلات (Pixels).
- كل بكسل يحمل قيمة رقمية تعبر عن درجة اللون أو الإضاءة.
- هذا النوع هو المستخدم في الكاميرات الرقمية، الجوالات، التلفزيون، السكانر... إلخ.

استخدامها في معالجة الصور

هي الأساس في كل عمليات المعالجة مثل:  
• تحسين الإضاءة والكونترast.  
• عمليات الفلترة وإزالة التشويش.

• استخراج الحواف (Edges).

• تجزئة الصور (Segmentation).

• تطبيقات الذكاء الاصطناعي والرؤية الحاسوبية (مثل التعرف على الوجوه أو تفسير الأشعة الطبية).  
**الخلاصة**

• الصورة المستمرة: موجودة في العالم الحقيقي — لا يمكن للكمبيوتر استخدامها مباشرة.

• الصورة الرقمية: الصورة بعد تحويلها إلى شبكة بكسلات — وهي التي يعتمد عليها الكمبيوتر في جميع عمليات المعالجة.

# Continuous Image Representation

## 1. Continuous Image Representation

a. A continuous image is defined by a continuous function  $f(x, y)$ , where  $x$  and  $y$  represent spatial coordinates on an image plane, and  $f(x, y)$  gives the intensity (or color) value at each point.

## b. Characteristics of Continuous Representation

1. Continuous Nature: It assumes an infinite resolution, meaning the intensity of any randomly point in the image can be precisely defined.

2. Analog Images: Real-world scenes captured by analog cameras, like film photography, are continuous because they capture an uninterrupted variation in intensity.

3. Theoretical Ideal: Continuous representations are often considered theoretical because they means no loss of detail, which isn't feasible in most digital systems.

### 1. التمثيل المستمر للصورة

أ. تُعرَّف الصورة المستمرة بالدالة المستمرة  $(x, y) f$ , حيث يمثل  $x$  و  $y$  إحداثيات مكانية على مستوى الصورة، وتعطي  $f(x, y)$  قيمة الكثافة (أو اللون) عند كل نقطة.

### ب. خصائص التمثيل المستمر

1. الطبيعة المستمرة: تفترض دقة لا نهائية، مما يعني أنه يمكن تحديد كثافة أي نقطة عشوائية في الصورة بدقة.

2. الصور التنازليّة: تكون المشاهد الواقعية التي يتم التقاطها بواسطة الكاميرات التنازليّة، مثل التصوير الفوتوغرافي بالأفلام، مستمرة لأنها تلتقط تباينًا مستمرًا في الكثافة.

3. المثالى النظرية: غالباً ما تُعتبر التمثيلات المستمرة فى الصورة المستمرة (Continuous Image) الإضاءة تتغير بنعومة وبدون فuzziات و يمكن قياس الإضاءة عند أي نقطة و لا يوجد بيكسلات و لا يوجد تقطيع ولا يوجد تكميم و كل نقطة لها قيمة حقيقة دقيقة جدًا.

أولاً: ما معنى "صورة مستمرة"؟  
الصورة المستمرة تعني:  
لا يوجد بيكسلات (Pixels).  
القيم اللونية تتغير بسلسة دون أن تنقسم إلى مربعات صغيرة.  
يمكن نظرياً معرفة شدة اللون عند أي نقطة بين نقطتين.  
هذا ينطبق على:  
المشهد الحقيقي في الطبيعة

الصور التمايزية (Analog) مثل التصوير بالأفلام

ثانياً: لماذا التصوير بالأفلام (Film Photography) مستمر؟  
السبب باختصار:

لأن الفيلم الفوتوغرافي لا يخزن الصورة على شكل مربعات (Pixels)  
مثل الكاميرا الرقمية.  
بل يخزنها على شكل تفاعل كيميائي مستمر بين الضوء وبين طبقة  
حساسة (Emulsion Layer) مكونة من بلورات صغيرة جدًا لكنها  
ليست بيكسلات.

◆ كيف يعمل الفيلم؟

يسقط الضوء على طبقة حساسة تحتوي حبيبات كيميائية.  
كل نقطة تستقبل كمية الضوء فتتغير درجات اللون.  
التفاعل الكيميائي لا يقفز من قيمة إلى أخرى بل يتغير تدريجيًا.  
النتيجة:

الصورة على الفيلم غير منقطة ولا تحتوي على وحدات منفصلة.

**ثالثاً: أين تأتي المعادلة  $y(x)$  في التمثيل المستمر:**

- تمثل أي نقطة على الصورة  $y(x)$  يعطي شدة الإضاءة أو اللون عند هذه النقطة. كمية فيزيائية حقيقة Real-valued Function تمثل الإضاءة أو اللون عند نقطة ما.
- في الصورة المستمرة (مثل الفيلم):

- ✓ يمكن أن تكون  $y(x)$  معرفة عند كل نقطة
- ✓ لا يوجد تقاطع أو نقاط منفصلة
- ✓ الإضاءة تتغير تدريجياً

**رابعاً: لماذا تعتبر الصور المستمرة "مثالية"؟**

Theoretical Ideal)

لأن:

- الفيلم يعطي تمثيلاً مستمراً، لكنه محدود الدقة (نهائي الدقة)
- الحبيبات الكيميائية (Grains) صغيرة جدًا لكن محدودة الصغر.

النوع	كيف يخزن الضوء؟	النتيجة
الكاميرا الرقمية	حساسات تقسم الصورة إلى بيكسلات	صورة متقطعة
الكاميرا بالأفلام	تفاعل كيميائي مستمر مع الضوء	صورة مستمرة

## Mathematical Representation:

The continuous form can be represented as:  $f(x, y): \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  where  $f(x, y)$  defines the image intensity at any continuous coordinate  $(x, y)$ .

It is a mathematical representation of a continuous image, where the function takes point coordinates in two-dimensional space and returns the intensity or color value at each point. This method is used to describe images theoretically before converting them into digital form.

$(x, y)$  represents the coordinates in the two-dimensional space.

$f(x, y)$  gives the value of the light intensity (color or brightness) at each point in this space.

ثانياً: ما معنى هذا وصف الصورة؟

$f(x, y): \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$

$\mathbb{R}^2$  ✓

تعني "كل النقاط الممكنة على مستوى  $D^2$ ، أي:

- الصورة تعتبر سطحًا مستمرًا
- عند كل نقطة مهما كانت صغيرة
- يمكن معرفة شدة الإضاءة أو اللون
- وهذا يتوافق مع "الصورة المستمرة" مثل المشهد الحقيقي أو الفيلم.

ثالثاً: لماذا نحتاج هذا التمثيل؟

لأنه:

التمثيل المستمر هو النموذج المثالي الذي يبدأ منه علماء معالجة الصور.

قبل تحويل الصورة إلى صيغة رقمية (بيكسلات)،

نفترض أن المشهد الحقيقي عبارة عن دالة مستمرة.

بعد ذلك، نقوم بـ:

Aخذ عينات عند نقاط (البكسل) → Sampling

تحويل القيم المستمرة إلى قيم رقمية → Quantization

$\mathbb{R}$  ✓

تعني "قيمة حقيقة "

مثل شدة الإضاءة أو درجة اللون.

الدالة  $f(x, y)$  هي طريقة رياضية لوصف الصورة المستمرة.

### ملاحظة:

القيم المستمرة = قيم حقيقة Real Values  
وليس أعداد رقمية رقمية Digital Values (مثل 0-255).

•  $x, y$ : موقع أي نقطة في الصورة (إحداثيات).

•  $f(x, y)$ : شدة الإضاءة أو اللون عند هذه النقطة.  
هذه الطريقة تساعدنا على فهم الصورة قبل أن نحولها إلى صورة رقمية.

و عند التحويل إلى صورة رقمية نأخذ:

1. عينات من نقاط محددة (تصبح بكسلات).
2. ونحوّل القيمة المستمرة إلى رقم quantization.).

في الصورة الرقمية  $\rightarrow$  كل نقطة = "بكسل" وقيمتها رقمية.

✓ في الصورة المستمرة  $\rightarrow$  كل نقطة = "نقطة ضوئية" وقيمتها مستمرة وليس رقمية.

"الصورة المستمرة لا تحتوي على بكسلات، بل تحتوي على نقاط ضوئية ذات قيم لونية مستمرة، أمّا الصورة الرقمية فهي شبكة من البكسلات التي تحمل قيمًا رقمية."

القيمة  $f(x, y)$  في الصورة المستمرة تمثل شدة الضوء عند النقطة.

وهذه ليست قيمة رقمية، بل:

كمية فизيائية Physical Quantity تُقاس بوحدة معينة.

أمثلة على القيم الحقيقية:

✓ Luminance (السطوع)

وحدتها:

cd/m<sup>2</sup> (candela per square meter)

✓ Irradiance (الإشعاع الضوئي)

# How does a scene look like a continuous image?

Before a device like a camera takes a picture, the scene we see is a continuous spectrum of light, where light spreads smoothly and uninterrupted through space. In this context:

Each tiny point in this scene has a specific light intensity or color value, but these values are not divided into discrete units.

Light, color, and intensity all change smoothly and continuously across the scene.

كيف يبدو المشهد وكأنه صورة مستمرة؟

أولاً: الفكرة الأساسية

قبل أن تلتقط الكاميرا الصورة، يكون المشهد أمامنا مستمراً وليس مكوناً من بيكسلات.  
الضوء ينتشر في الطبيعة بشكل:

Smooth))

غير مقطع ((Uninterrupted))

غير مجزأ إلى مربعات ((Not pixelated))  
وهذا هو معنى:

**continuous spectrum of light**

ثانياً: ما معنى أن "كل نقطة لها شدة إضاءة أو لون"؟  
هذا يعني:

- إذا اخترت أي نقطة صغيرة جدًا في المشهد ستجد عندها مقدارًا معيناً من الضوء أو اللون
- هذه القيمة مستمرة وليس رقمًا رقميًّا

255 ليس

0 ليس

integer ليس قيمة

✓ وإنما هي قيمة ضوئية فизيائية حقيقية

## Interpretation:

1. Resolution Limit: Continuous images have no inherent pixelation.
2. Computational Challenges: Continuous images need to be converted to discrete forms for storage and processing in digital systems, as computers cannot directly handle continuous data.

### 2) Computational Challenges:

معناه:

- الكمبيوتر لا يستطيع العمل على القيم المستمرة ((continuous))  
لذلك يجب تحويل الصورة إلى بيكسلات عبر:

**Sampling** ✓

اختيار نقاط محددة من الصورة (تصبح البيكسلات)

**Quantization** ✓

تحويل قيمة الضوء المستمرة إلى رقم محدد (مثل 0-255)  
وبعدها فقط:

• نستطيع تخزين الصورة

• معالجتها

• تطبيق فلاتر

• تدريب شبكات CNN

• إلخ.

تفسير

### Resolution Limit: continuous images (1) have no inherent pixelation

معناه:

- الصورة في الطبيعة لا تحتوي على بيكسلات
  - لا يوجد مربعات
  - لا يوجد حدود حادة بين النقاط
  - الضوء يتغير تدريجياً
- لكن:
- رغم أنها مستمرة، دقتها محدودة.

(محدودة بقدرات العين + طبيعة الضوء + الفيلم... كما  
شرحنا سابقاً)

# Discrete Image Representation

A discrete image is represented by a finite set of values, typically on a grid of pixels where each pixel has an intensity or color value. This representation is used in digital imaging.

## Characteristics of Discrete Representation:

1. Grid-Based: The image is sampled into a grid of pixels, each with defined values at discrete intervals.
2. Pixel Values: Each pixel value in a grayscale image represents intensity, while in color images, each pixel contains values for color channels (like RGB).
3. Digital Images: Discrete representations are used in digital cameras, computer screens, and image processing algorithms.

## تمثيل الصور المنفصلة

يتم تمثيل الصورة المنفصلة بمجموعة محدودة من القيم، عادةً على شبكة من وحدات البكسل حيث يكون لكل وحدة بكسل قيمة كثافة أو لون. يستخدم هذا التمثيل في التصوير الرقمي.

### خصائص التمثيل المنفصل

1. التمثيل الشبكي: يتم أخذ عينات من الصورة في شبكة من وحدات البكسل، وكل منها قيم محددة على فترات منفصلة.
2. قيم وحدات البكسل: تمثل كل قيمة وحدة بكسل في صورة بدرجات الرمادي الكثافة، بينما في الصور الملونة، تحتوي كل وحدة بكسل على قيم لقنوات الألوان (مثل RGB).
3. الصور الرقمية: تُستخدم التمثيلات المنفصلة في الكاميرات الرقمية وشاشات الكمبيوتر وخوارزميات معالجة الصور.

- الصورة الرقمية عبارة عن مجموعة محدودة من القيم (finite).

- لأن عدد البيكسلات محدود (مثلاً  $1920 \times 1080$  → تقريرياً 2 مليون بكسل).

- كل بكسل له قيمة intensity أو RGB.

إذن:

الصورة الرقمية = مجموعة من الأرقام.

## خصائص الصورة المتقطعة (Discrete Image):

### 1) Grid-Based

- الصورة مقسمة إلى شبكة مربعات (Pixels).

- كل بكسل يمثل "عينة" من الصورة الأصلية.

- ✓ الصورة الرقمية = مربعات

- ✓ الصورة المستمرة = بلا مربعات

### (2) Pixel Values

- البكسل يحمل قيمة رقمية (عدد).

- الصورة كلها عبارة عن مصفوفة من القيم.

مثال:

$$f[10, 15] = 180$$

يعني:

قيمة البكسل في الصف 10 والعمود 15 = 180 (درجة إضاءة).

### (3) Used in Digital Systems

- كل صور الجوال

- كل صور الكمبيوتر

- كل صور الإنترنت

- كل فلاتر معالجة الصور

- كل شبكات CNN و Vision Transformers تعمل على images that are discrete.

**Mathematical Representation** A discrete image can be represented by a matrix  $I [ m, n ]$ , where  $m$  and  $n$  are indices representing pixel locations on a 2D grid:  $I [ m, n ] : \mathbb{Z}^2 \rightarrow R$  where  $I [ m, n ]$  gives the intensity at discrete coordinates  $(m, n)$ .

أولاً: ماذا يعني:

$$I[m, n] : \mathbb{Z}^2 \rightarrow \mathbb{R}$$

✓ المعنى البسيط:

$$\mathbb{Z}^2.$$

يعني أن الإحداثيات  $m, n$  هي أعداد صحيحة فقط  
(قيم البكسلات: صف وعمود).

$$\mathbb{R}.$$

يعني أن قيمة كل بكسل هي قيمة عددية (Intensity):  
مثل رقم بين 0 و 255.

إذًا:

الصورة الرقمية = دالة تأخذ "إحداثيات بكسل" وترجع  
"قيمة رقمية".

- ثانياً: ماذا تعني المصفوفة  $[I[m, n]]$ :
  - هي ببساطة:
  - صفوف (m))
  - أعمدة ((n)
  - كل عنصر بداخلها = بكسل
- ثالثاً: ماذا يعني "discrete coordinates"  $?(m, n)"$ :
  - يعني:
  - لا يمكن وضع قيمة بين البكسلات
  - يوجد فقط نقاط محددة (البكسلات)
  - كل بكسل له إحداثيات.

Cont...

## Interpretation:

1. **Resolution:** The level of detail in a discrete image depends on the number of pixels (resolution) and bit depth (number of intensity levels).
2. **Sampling and Quantization:** The conversion from continuous to discrete involves two processes:
  - a. **Sampling:**

The process of sampling divides the continuous image into a grid. This grid determines the locations where values will be recorded, and creates a grid of points (usually pixels in digital images) but without assigning any value to these points yet.

## b. Quantization:

Quantization is the process that comes after sampling. It assigns a light intensity or color value to each point (or pixel) that was selected during sampling.

## التفسير

1. الدقة: يعتمد مستوى التفاصيل في الصورة المنفصلة على عدد وحدات البكسل (الدقة (وعمق البت (عدد مستويات الكثافة)).

2. أخذ العينات والتكميم: يتضمن التحويل من مستمر إلى منفصل عمليتين:

- a. تقوم عملية أخذ العينات بتقسيم الصورة المستمرة إلى شبكة. تحدد هذه الشبكة المواقع التي سيتم تسجيلقيم فيها، وتنشئ شبكة من النقاط (عادةً ما تكون بكسلات في الصور الرقمية) ولكن دون تحديد أي قيمة لهذه النقاط بعد.
- b. التكميم هو العملية التي تأتي بعد أخذ العينات. وهي تقوم بتعيين شدة الضوء أو قيمة اللون لكل نقطة (أو بكسل) تم تحديدها أثناء أخذ العينات.

**3. Information Loss:** Converting to a discrete form introduces some loss of information compared to the continuous form, often seen as pixelation at lower resolutions.

3. فقدان المعلومات: تحويل الصورة من شكل مستمر إلى شكل منفصل يؤدي إلى فقدان بعض المعلومات مقارنة بالشكل المستمر، غالباً ما يظهر هذا على شكل تقطيع (بكسل) في الدقة المنخفضة. تحدث فقدان بسبب اخذ العينات و التكميم (Sampling and Quantization)

ما هو شكل فقدان التفاصيل؟ **Pixelation** عندما تكون الدقة منخفضة، تظهر الصورة:

مربعة  
خشنة

حوافها "مكسّرة"  
التفاصيل غير واضحة  
هذا هو فقدان المعلومات.

# Practical Implications in Image Processing:

- 1. Conversion Process:** To analyze or process an image on a computer, we must first convert it from continuous (analog) form to discrete (digital) form through sampling and quantization.
- 2. Sampling Rate and Resolution:** Higher sampling rates produce higher-resolution images, preserving more detail from the original continuous representation.

## 2. Sampling Rate and Resolution

(معدل أخذ العينات والدقة)

كسر بسيط:

• كلما أخذنا عينات كثيرة → بكسلات أكثر

• كلما كانت شبكة البكسلات أدق

• كلما احتفظنا بتفاصيل أكثر من الصورة الأصلية

يعني:

High Resolution ✓ = دقة عالية (Sampling

Low ✓ = دقة منخفضة (Sampling Resolution)

مثال بسيط:

صورة  $2000 \times 2000$  تحفظ تفاصيل أفضل من

. $200 \times 200$

## عملية التحويل ((Conversion Process))

قبل أن يستطيع الكمبيوتر تحليل الصورة، يجب تحويلها من:

• صورة مستمرة (continuous) مثل المشهد الطبيعي أو الفيلم الفوتوغرافي إلى

• صورة متقطعة (digital) مكونة من بكسلات

ويتم هذا التحويل عن طريق:

✓ أخذ العينات (Sampling)

تقسيم الصورة إلى شبكة بكسلات.

✓ التكميم (Quantization)

تحويل شدة الضوء إلى أرقام رقمية (عادة 0-255).

## Practical Implications in Image Processing:

**3. Quantization Depth:** Determines the range of intensity values for each pixel.

**4. Artifacts:** When resolution or bit depth is too low, artifacts can occur, degrading the quality of the image.

### 3. Quantization Depth

(عمق التكميم / عمق البتات)

هذا يعني:

• كم عدد "القيم" المتوفرة للبكسل؟

• كم عدد درجات الإضاءة التي يمكن تمثيلها؟

مثال:

• درجة إضاءة 8bit → 256

• درجة إضاءة 16bit → 65,536

• 1bit → أسود أو أبيض فقط

كلما زاد العمق → زادت نعومة التدرج اللوني.

### 4. Artifacts

(العيوب الناتجة عن ضعف الدقة أو عمق البت)

إذا كانت الصورة منخفضة الدقة أو قليلة التكميم، تظهر

عيوب

# Image processing and feature extraction

Image processing and feature extraction are essential steps in analyzing and interpreting images, especially in fields like computer vision, medical imaging, and remote sensing. Here's a detailed look into these two stages:

**Image Processing:** This is a set of techniques applied to images to enhance, transform, and analyze them. Image processing can improve image quality, remove noise, and make features more suitable for further analysis.

**Feature Extraction:** This stage focuses on identifying specific information or features in an image that represent meaningful attributes or patterns. Features can be textures, edges, shapes, colors, or patterns that distinguish one type of object or area from another.

تعد معالجة الصور واستخراج السمات خطوات أساسية في تحليل الصور وتفسيرها، وخاصة في مجالات مثل الرؤية الحاسوبية والتصوير الطبي والاستشعار عن بعد. فيما يلي نظرة تفصيلية على هاتين المراحلتين: معالجة الصور: هذه مجموعة من التقنيات المطبقة على الصور لتحسينها وتحويلها وتحليلها. يمكن لمعالجة الصور تحسين جودة الصورة وإزالة الضوضاء وجعل السمات أكثر تناسبًا لمزيد من التحليل.

استخراج السمات: تركز هذه المرحلة على تحديد معلومات أو سمات معينة في الصورة تمثل سمات أو أنماطًا ذات مغزى. يمكن أن تكون السمات عبارة عن نسيج أو حواف أو أشكال أو ألوان أو أنماط تميز نوعًا من الكائنات أو المناطق عن نوع آخر.

# 1. Image Processing

Image processing involves various operations that prepare an image for analysis or enhance its characteristics. Common image processing techniques include:

## a. Noise Reduction (Smoothing)

Noise (random variation in pixel values) can obscure important features.

Gaussian Smoothing is a popular method where a Gaussian filter is applied to blur the image slightly, helping to reduce noise.

تتضمن معالجة الصور عمليات مختلفة تعمل على تحضير الصورة للتحليل أو تعزيز خصائصها. تتضمن تقنيات معالجة الصور الشائعة ما يلي:

### أ. تقليل الضوضاء (التنعيم)

يمكن للضوضاء (الاختلاف العشوائي في قيم البكسل) أن تحجب ميزات مهمة.

التنعيم الغاوسي هو طريقة شائعة يتم فيها تطبيق مرشح غاوسي لتشويف الصورة قليلاً، مما يساعد على تقليل الضوضاء.

# Cont...

## b. Contrast Enhancement

Enhancing contrast helps make features more visible, especially in low-contrast images.

Histogram Equalization redistributes the intensity values across the image, creating a more uniform histogram and improving contrast.

## c. Thresholding and Binarization

Converts grayscale images to binary (black and white) images by setting a threshold value.

This is useful for separating objects of interest from the background.

### ب. تعزيز التباين

يساعد تعزيز التباين في جعل الميزات أكثر وضوحاً، وخاصة في الصور ذات التباين المنخفض. تعيد معادلة الهيستوجرام توزيع قيم الكثافة عبر الصورة، مما يؤدي إلى إنشاء هيستوجرام أكثر اتساقاً وتحسين التباين.

### ج. تحديد العتبة والثنائية

يحوّل الصور ذات التدرج الرمادي إلى صور ثنائية (بالأبيض والأسود) عن طريق تعريف قيمة عتبة. وهذا مفيد لفصل الأشياء المهمة عن الخلفية.

# Feature extraction

Feature extraction is a process in which the relevant characteristics or "features" of an image are identified and represented in a more manageable form.

This is essential for tasks like image classification, object detection, and texture recognition, where raw pixel values don't provide sufficient or manageable data for analysis.

In feature extraction, we transform images into a set of attributes that capture meaningful information about the content, such as shapes, textures, colors, and structures.

استخراج السمات هي عملية يتم فيها تحديد الخصائص أو "السمات" ذات الصلة للصورة وتمثيلها في شكل أكثر قابلية للإدراة.

وهذا أمر ضروري لمهام مثل تصنیف الصور واكتشاف الكائنات والتعریف على الملمس، حيث لا توفر قيم البکسل الخام بيانات كافية أو قابلة للإدراة للتحليل.

في استخراج السمات، نحول الصور إلى مجموعة من السمات التي تلتقط معلومات ذات مغزى حول المحتوى، مثل الأشكال والملمس والألوان والهياكل.

# Why Feature Extraction is Important

Images are high-dimensional data, containing a lot of information that can be redundant, noisy, or irrelevant to the task at hand.

Feature extraction:

1. Reduces Dimensionality: By focusing only on the important parts of the data, it reduces the amount of information, making the analysis more efficient.
2. Improves Classification: Extracted features are more informative, which helps algorithms distinguish between different classes or objects.
3. Enhances Interpretability: Features often align with human-perceptible properties, making them easier to interpret.

لماذا يعد استخراج الميزات أمراً مهماً

الصور عبارة عن بيانات عالية الأبعاد، تحتوي على الكثير من المعلومات التي يمكن أن تكون زائدة عن الحاجة أو مشوшаً أو غير ذات صلة بالمهمة المطروحة.

استخراج الميزات:

1. يقلل من الأبعاد: من خلال التركيز فقط على الأجزاء المهمة من البيانات، فإنه يقلل من كمية المعلومات، مما يجعل التحليل أكثر كفاءة.
2. يحسن التصنيف: الميزات المستخرجة أكثر إفادة، مما يساعد الخوارزميات على التمييز بين الفئات أو الكائنات المختلفة.
3. يعزز القدرة على التفسير: غالباً ما تتوافق الميزات مع الخصائص التي يمكن للإنسان إدراكها، مما يجعلها أسهل في التفسير.

# Types of Features in Images

**Global Features:** Characteristics that describe the entire image, such as color histograms and texture patterns.

**Local Features:** Characteristics that describe specific parts of an image, often used to identify small, unique areas like corners or edges.

**Statistical Features:** Derived from the statistical properties of pixel intensity values, like mean, and variance.

**Structural Features:** Capture specific patterns, like edges, and shapes, providing spatial information about the image content.

الميزات العالمية: الخصائص التي تصف الصورة بأكملها، مثل مخططات الألوان وأنماط الملمس.

الميزات المحلية: الخصائص التي تصف أجزاء معينة من الصورة، والتي تُستخدم غالباً لتحديد مناطق صغيرة وفريدة مثل الزوايا أو الحواف.

الميزات الإحصائية: مستمدة من الخصائص الإحصائية لقيم كثافة البكسل، مثل المتوسط والتباين.

الميزات الهيكلية: تتلقط أنماطاً معينة، مثل الحواف والأشكال، وتتوفر معلومات مكانية حول محتوى الصورة.

## 1. Global Features

Global features describe the **entire image as one unit**.

They do not focus on specific small regions but instead summarize the whole image.

Examples include:

- **Color histogram**: how colors are distributed in the whole image
- **Global texture patterns**: such as overall smoothness or roughness
- **Shape descriptors**: describing the overall form

These features are useful when the **general appearance** of an image matters, such as classifying scenes (forest, desert, ocean).

الخصائص العالمية

الخصائص العالمية تصف الصورة كاملة ككتلة واحدة.

لا تهتم بمنطقة صغيرة بل تلخص محتوى الصورة بالكامل.

أمثلة:

• **مخطط الألوان (Histogram)**: توزيع الألوان في الصورة كلها

• **الأنماط العامة للملمس**: مثل نعومة أو خشونة السطح في كامل الصورة

• **خصائص الشكل العام**

تُستخدم عندما نهتم بـ **الشكل العام للمشهد** مثل تصنيف الصور إلى: غابة، بحر، مدينة.

## 2. Local Features

Local features describe **small, specific areas** of an image.

They focus on **unique or distinctive points**, such as:

- Corners
- Edges
- Interest points (like SIFT, SURF, ORB)

These features are essential for tasks like:

- Object detection
- Tracking
- Face recognition

**They work by identifying small regions that stand out from their surroundings.**

**الخصائص المحلية**

الخصائص المحلية تصف مناطق صغيرة ومحددة داخل الصورة.

تركز على نقاط مميزة جداً مثل:

•الزوايا

•الحواف

•النقاط البارزة

هذه الخصائص مهمة في:

•كشف الأجسام

•التعقب

•التعرف على الوجوه

فكرتها: استخراج أجزاء صغيرة تميز الصورة عن غيرها.

### 3. Statistical Features

Statistical features are based on the **numerical distribution of pixel intensities**.

They describe how pixel values vary or behave.

Common examples:

- **Mean** (متوسط الإضاءة)

- **Variance** (التباین)

- **Standard deviation**

- **Entropy**: a measure of randomness

- **Energy, contrast, homogeneity** from GLCM matrices

These features are widely used in texture analysis and medical imaging.

#### الخصائص الإحصائية

الخصائص الإحصائية تعتمد على القيم الرقمية لبكسلات الصورة وكيف تتوزع.  
أمثلة:

- **المتوسط**: متوسط شدة الإضاءة

- **التباین**: مدى اختلاف قيم الإضاءة

الانحراف المعياري: هل بكسلاط الصورة متقاربة من بعضها؟

الانحراف المعياري صغير

أم أن فيها اختلاف كبير بين البكسلاط؟

الانحراف المعياري كبير

الإنترودبيا: درجة العشوائية في توزيع قيم البكسلاط.

هل البكسلاط متشابهة؟ يعني الإنترودبيا = منخفضة جداً

أم مختلفة بشكل عشوائي؟ يعني الإنترودبيا = عالية

## 4. Structural Features

Structural features capture **geometric structures and patterns** in an image.

Examples:

- Edges
- Lines
- Shapes
- Boundary information
- Layout of objects

They focus on *how things are arranged* in the image.

Useful in tasks like:

Object recognition, Shape detection and Scene understanding

السمات الهيكلية

السمات **الهيكلية** هي خصائص تصف **الهيئات والأنماط الهندسية** الموجودة داخل الصورة.

هذه السمات لا تهتم بقيم الإضاءة أو الألوان نفسها (مثل السمات الإحصائية)،

بل تهتم **بشكل الأشياء وتنظيمها**.

أمثلة:

• الحواف

• الخطوط

• الأشكال

• حدود الأجسام

• ترتيب المكونات داخل الصورة

تُستخدم في:

• التعرف على الأجسام

• كشف الأشكال

• فهم المشهد

فكرة: تحليل الأنماط الهندسية المميزة في الصورة.

✓ **الحواف (Edges)**

أماكن تغيير الإضاءة بشكل حاد، مثل حدود الأجسام.

✓ **الخطوط (Lines)**

خط مستقيم، منحني، أو حواف طويلة.

✓ **الأشكال (Shapes)**

دائرة، مربع، مستطيل، مثلث، أو أي شكل معقد.

✓ **حدود الأجسام (Object Boundaries)**

مثلاً حدود القلب في X-ray أو حدود مبني في صورة جوية.

✓ **ترتيب المكونات (Structure Arrangement)**

كيف تتوزع الأجسام داخل الصورة؟

هل هي متوازية؟ متكررة؟ متشابكة؟ متقطعة؟

نوع الميزة	الشرح	Explanation	أمثلة	الاستخدامات
<b>Global Features</b>	تصف الصورة بالكامل دون التركيز على منطقة معينة.	Describe the entire image as a whole.	Global ‘Histogram Texture	‘Scene classification Image retrieval
<b>Local Features</b>	تصف مناطق صغيرة ومميزة داخل الصورة مثل الزوايا والحواف.	Describe small, unique parts of the image like corners and edges.	‘ORB ‘SURF ‘SIFT Corners	‘Object detection ‘Image matching Tracking
<b>Statistical Features</b>	تعتمد على القيم الرقمية للبكسلات وكيف تتوزع.	Based on statistical properties of pixel intensity values.	‘Variance ‘Mean GLCM ‘Entropy	‘Texture analysis Medical imaging
<b>Structural Features</b>	تعتمد على الأشكال، الحواف، الترتيب الهندسي، وحدود الأجسام.	Capture shapes, edges, and spatial arrangement.	‘Shapes ‘Edges Contours	‘Shape detection Scene understanding