

Introducción a Visión Computacional

Eduardo Morales, Enrique Sucar

INAOE

Contenido

- 1 Introducción
- 2 Visión de Nivel Bajo
- 3 Visión de Nivel Intermedio
- 4 Visión de Alto Nivel
- 5 Aplicaciones

Qué es Visión?

- “Visión es saber que hay y donde mediante la vista”(Aristóteles)
- “Visión es recuperar de la información de los sentidos propiedades válidas del mundo exterior”(Gibson)
- “Visión es un proceso que produce a partir de las imágenes del mundo una descripción que es útil para el observador y que no tiene información irrelevante (Marr)

Procesamiento de Imágenes

Entrada: imagen → Salida: imagen

- Remover defectos
- Remover problemas por movimiento o desenfoque
- Mejorar ciertas propiedades como color, contraste, estructura, etc.
- Agregar colores falsos a imágenes monocromáticas

Procesamiento de Imágenes

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

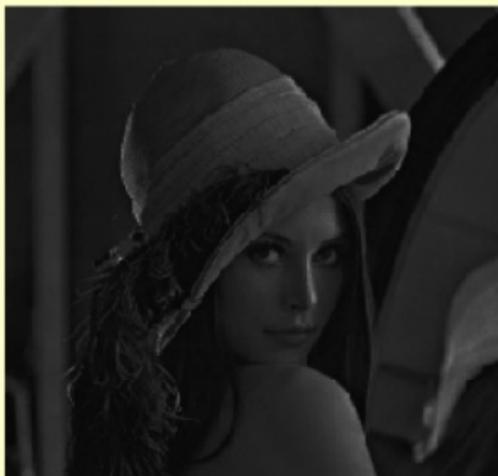
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



(a)



(b)

Visión Computacional

Entrada: imagen → Salida: descripción

- Determinar la identidad y localización de objetos en una imagen
- Construir una representación tridimensional de un objeto
- Analizar un objeto para determinar su calidad
- Descomponer una imagen u objeto en diferentes partes
- Seguir un objeto en movimiento
- Reconocer objetos específicos o clases de objetos
- Distinguir aspectos de un objeto (expresiones faciales)

Visión Computacional

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

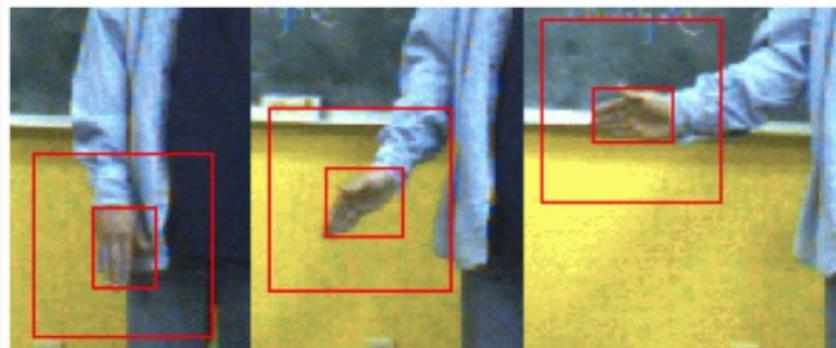
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Visión Computacional

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Niveles de Visión

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

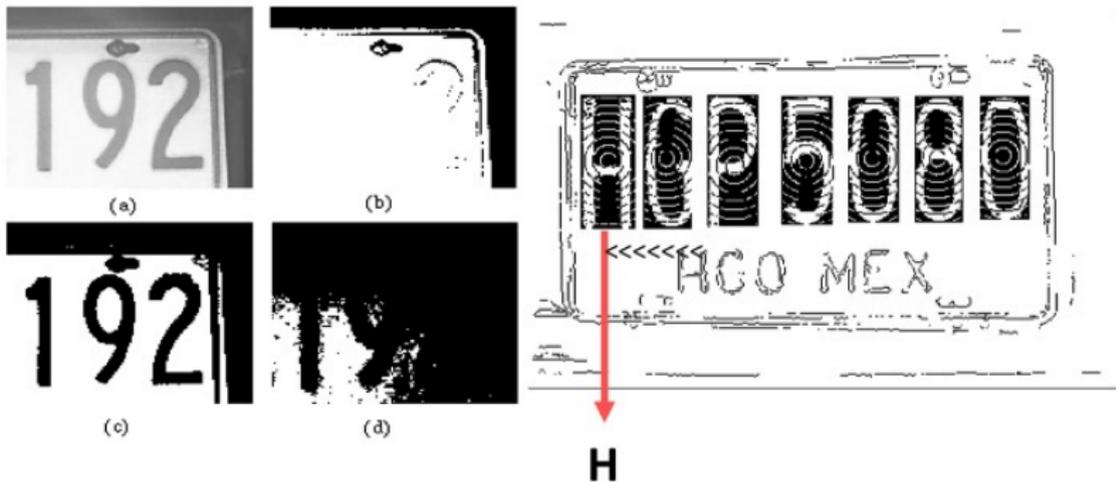
Aplicaciones

- Procesamiento de nivel bajo
- Procesamiento de nivel intermedio
- Procesamiento de nivel alto

Ejemplo - reconocimiento de placas de automóviles

- 1 Captura de la imagen
- 2 Mejoramiento de la imagen
- 3 Binarización
- 4 Detección de orillas
- 5 Segmentación
- 6 Extracción de características
- 7 Reconocimiento

Ejemplo - reconocimiento de placas de automóviles



Formación de la imagen

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

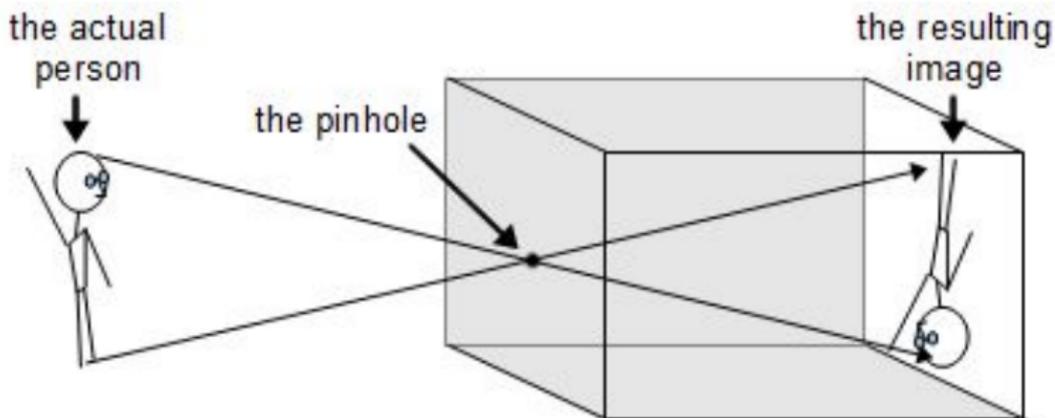
Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

- Modelo de cámara de “agujero de alfiler (pinhole)”

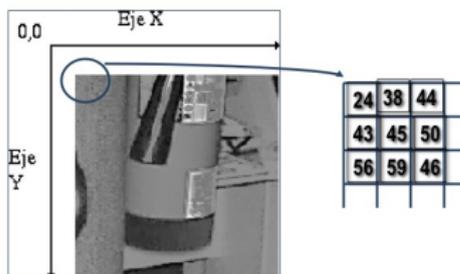


Representación

- Imagen monocromática: $I = f(x, y)$
- Imagen a color (RGB): $\mathbf{I} = [r(x, y), g(x, y), b(x, y)]$
- Imagen multi-espectral: $\mathbf{I} = [f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_n(x, y)]$
- Imagen de rango: $I = Z(x, y)$

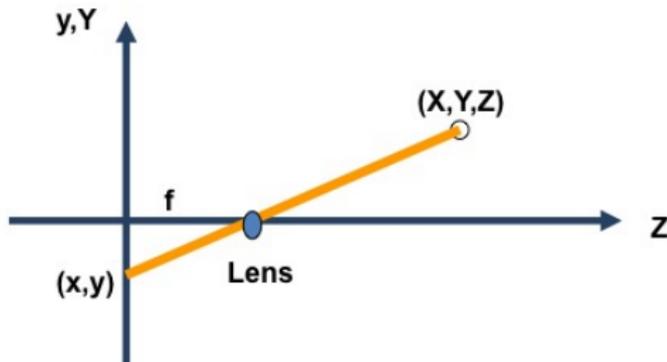
Digitalización de Imágenes

- Para almacenar y manipular una imagen en la computadora esta se digitaliza, tanto en valores (normalmente en 256 valores por canal) como espacialmente (muestreo de la imagen)
- Frecuencia de muestreo: > 2 veces mayor frecuencia (teorema de Shannon)
- Cada elemento de una imagen digital se le conoce como “pixel”(picture element)



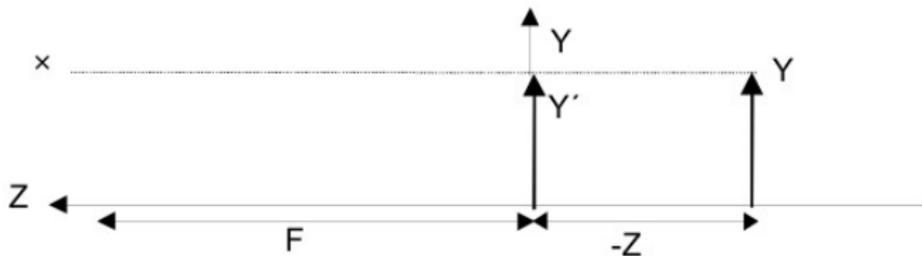
Proyección Persepctiva

- Modelo simplificado (cámara de agujero de alfiler) cuando los objetos están *cerca* de la cámara
- Por triángulos semejantes: $y/f = Y/(f - Z)$
- Por lo que: $y = fY/(f - Z)$
- En forma análoga: $x = fX/(f - Z)$



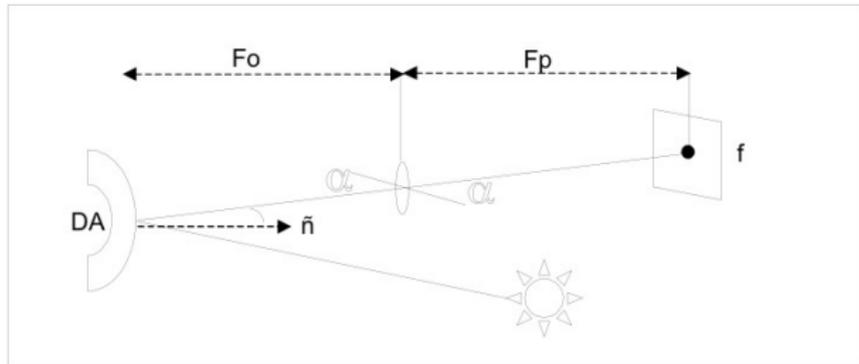
Proyección Ortográfica

- Modelo aproximado cuando los objetos se encuentran *lejos* de la cámara
- $x = X$
- $y = Y$



Reflectanica

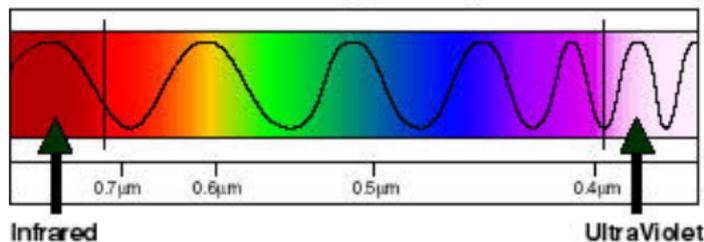
- La luz incidente en la cámara depende de tres factores:
 - 1 Fuente lumínica
 - 2 Geometría (ángulo entre el rayo incidente y la normal de la superficie)
 - 3 Propiedades del objeto



Color

- El *color* depende de la longitud de onda de la radiación electromagnética
- La luz visible está en el rango de 400 a 700 nm
- Nosotros (y las cámaras) percibimos el color por la combinación de 3 tipos de sensores que tienen mayor respuesta centrada a diferentes longitudes de onda – azul, verde y rojo

Visible Light Region
of the Electromagnetic Spectrum



Nivel Bajo

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

- Obtener características útiles para los siguientes niveles de visión:
 - Orillas o bordes,
 - Color,
 - Textura,
 - Gradiente,
 - Profundidad.

Mejoramiento de la Imagen

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

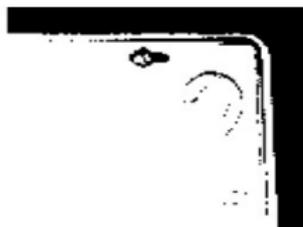
- Previo a obtener características: resaltar aspectos deseados, eliminar ruido, mejorar contraste, etc.
- Técnicas de pre-procesamiento:
 - 1 operaciones puntuales,
 - 2 ecualización por histograma,
 - 3 filtrado.

Binarización

- Transformación no lineal en el que la imagen de salida tiene 2 valores: blanco (255) y negro (0)
- $S = 0$ si $E < T$
- $S = 255$ si $E > T$
- T es un umbral



(a)



(b)



(c)

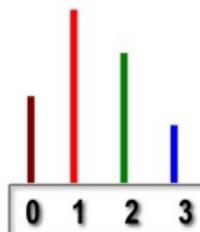


(d)

Histograma de Intensidades

- Distribución de niveles de intensidad en una imagen
- Provee un estimado de probabilidad de ocurrencia de cada nivel de intensidad: $p = n_r / N_t$
- Ejemplo:

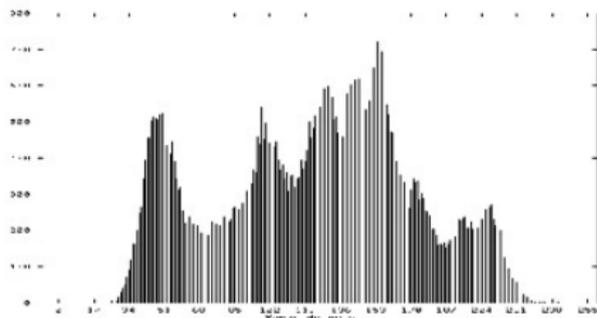
0	1	1	2
2	1	0	2
1	2	2	1
3	0	1	3



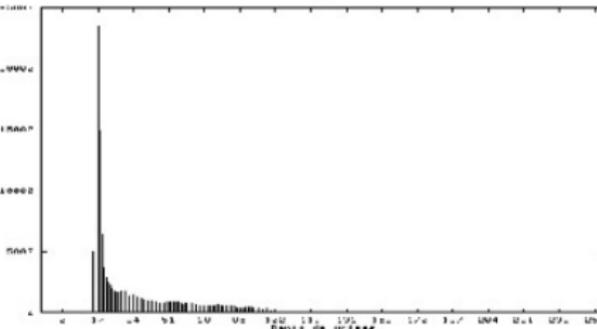
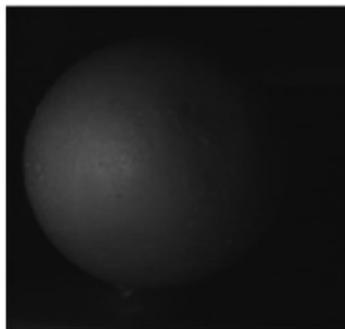
Ecuación por histograma – imagen original



(a)



(b)



Ecuación por histograma – imagen ecualizada

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

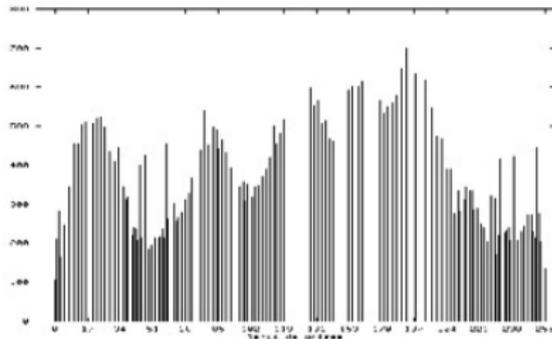
Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

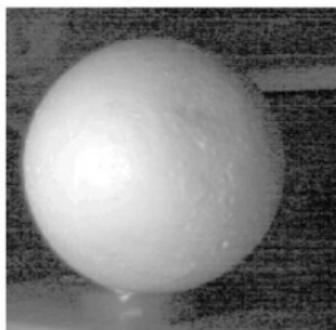
Aplicaciones



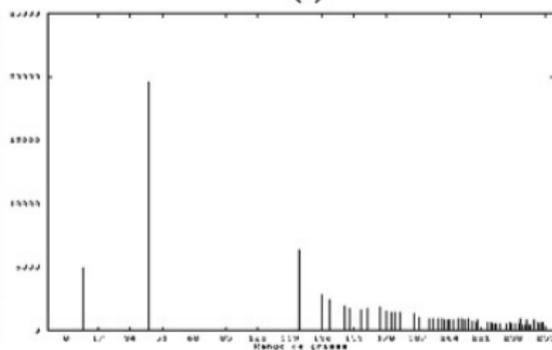
(a)



(b)



(a)



(b)

Filtrado

- Filtrar una imagen consiste en aplicar una transformación de forma que se acentúen o disminuyan ciertos aspectos
- Filtro: $g(x, y) = T[f(x, y)]$
- Tipos de Filtros:
 - Dominio espacial - convolución:
 $g(x, y) = h(x, y) * f(x, y)$
 - Dominio de la frecuencia - transformadas de Fourier y multiplicación: $G(u, v) = H(u, v)F(u, v)$
 - Diferentes filtros (máscaras) producen diferentes efectos en la imagen: suavizamiento, énfasis de altas frecuencias, etc.

Filtrado en dominio espacial – convolución

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

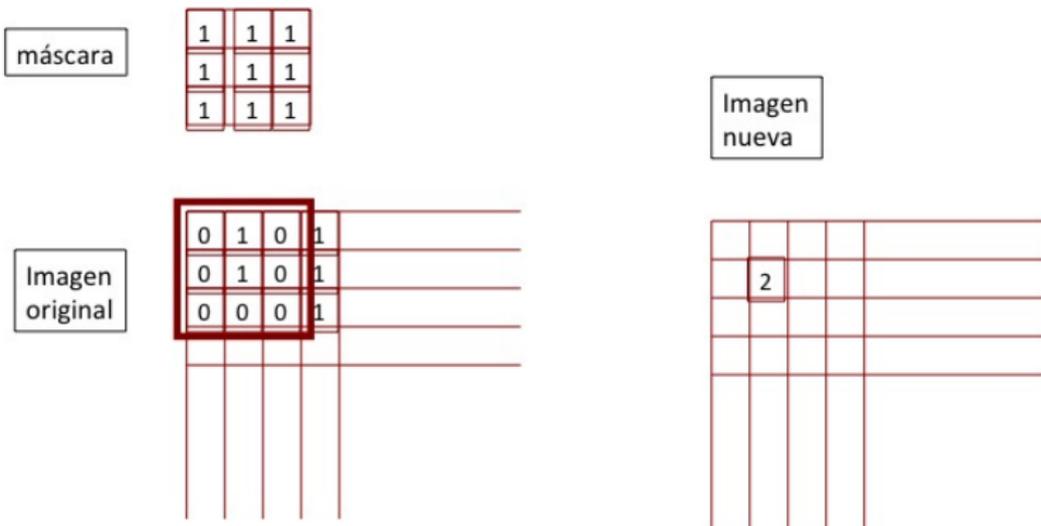
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

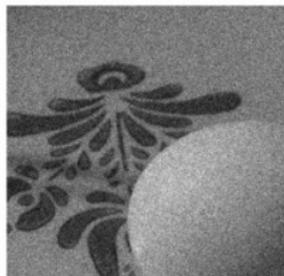
Aplicaciones



Ejemplo de filtros de suavizamiento (pasa bajos)



(a)



(b)



(c)



(d)

Ejemplo de filtros de énfasis de altas frecuencias (pasa altos)

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

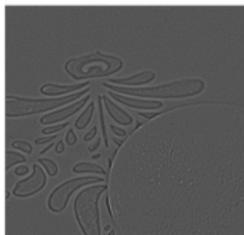
Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

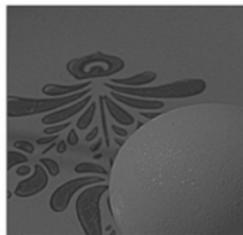
Aplicaciones



(a)



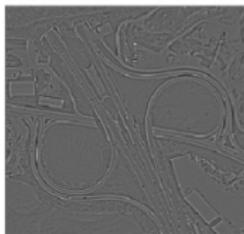
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Detección de Orillas

- Las orillas de una imagen normalmente se detectan como segmentos o secciones de un borde (cambios bruscos de intensidad en la imagen) que se integran en etapas posteriores
- Las orillas son elementos importantes para etapas posteriores ya que normalmente significan los contornos de objetos o partes de objetos
- Incluso se ha encontrado que la visión biológica (primates, humanos) tiene neuronas dedicadas a la detección de orillas

Gradiente

- Una orilla en una imagen se presenta cuando la función de intensidad presenta un cambio fuerte localmente - tiene un valor alto de su primera derivada o gradiente
- Por lo que una forma de detectar orillas es aproximar el gradiente mediante la diferencia de valores contiguos en la imagen:
 - $df/dx = I_{1,2} - I_{1,1}$
 - $df/dy = I_{2,1} - I_{1,1}$

Operador de Sobel

- Un problema al aplicar el gradiente es que se amplifica el ruido
- El detector de Sobel se puede ver como la combinación de un filtro de suavizamiento con un operador de gradiente
- $Sobel = DG^T$
- Donde: $D = [-1, 0, 1]$, $G = [1, 2, 1]$

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Ejemplos de aplicación de Sobel



(a)



(b)



(c)



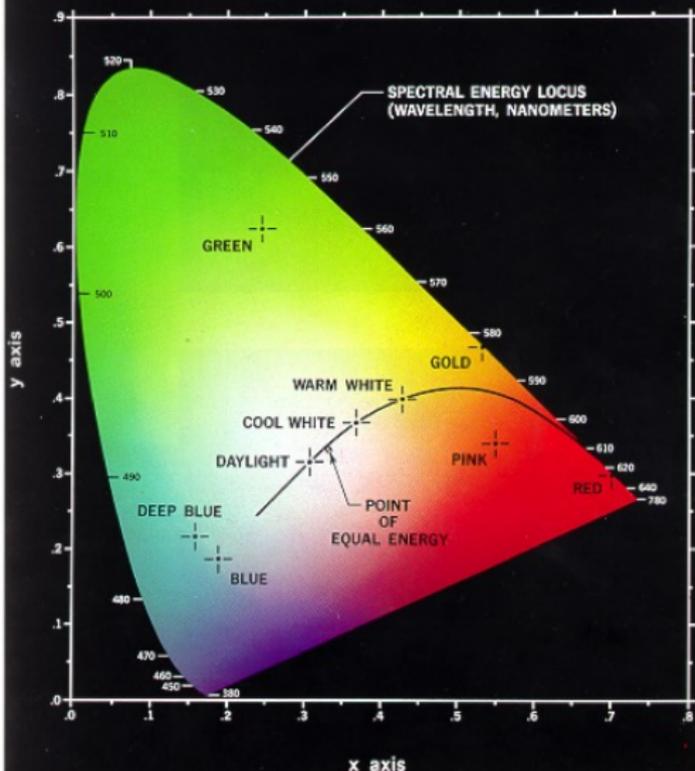
(d)

Color

- El color tiene que ver con la longitud de onda de la luz emitida o reflejada por un objeto
- Se puede ver como la combinacin de 3 colores (primarios): rojo, verde y azxul
- El diagram cromático CIE es un estándar de represantación del color que considera los siguientes colores primarios: azul - 435.8 nm, verde - 541.6 nm, rojo - 700 nm

CIE

(C. I. E. CHROMATICITY DIAGRAM)



Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

Modelos de color

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

- Modelos sensoriales - orientados a los equipos: RGB, CMY, YIQ
- Modelos perceptuales - se asemejan a la percepción humana y se orientan al procesamiento de imágenes y visión: HSV, HLS, HSI

Modelo RGB



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

Modelo HSI

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

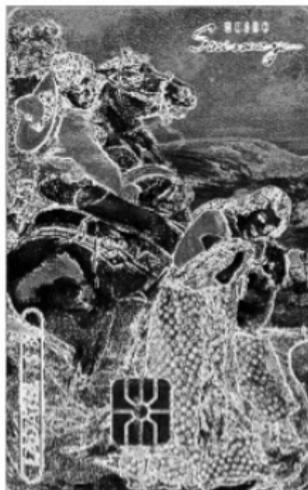
Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



(a)



(b)



(c)

Ecuación en color

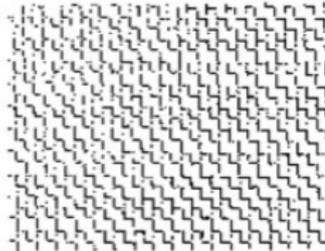
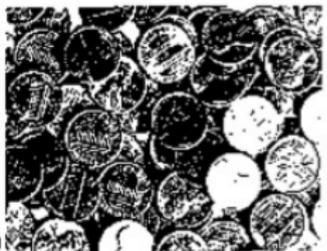
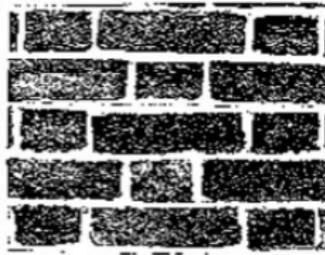
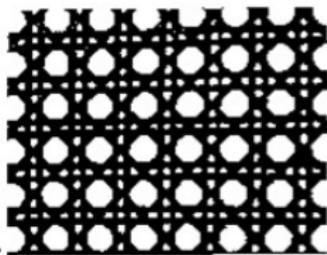
- Si aplicamos en cada componente en RGB, se altera el “color” de la imagen
- Una alternativa es convertir al modelo HSI y ecualizar sólo la componente de I - de esta manera se mejora el contraste sin alterar los “colores”



Textura

- Los objetos en general no son uniformes, tienen cierta “textura”
- Textura: “compuesta de pequeños elementos indistinguibles y entrelazados”
- La textura depende de la resolución
- La información de textura se puede usar para segmentación, reconocimiento de objetos y obtención de forma

Ejemplos de Textura



Descripción de Texturas

- Existen diferentes formas de describir una textura:
 - 1 Modelos estructurales
 - 2 Modelos estadísticos
 - 3 Modelos espectrales
- Un forma de caracterizar una textura es obteniendo el histograma de niveles de gris
- Del histograma se pueden calcular ciertos parámetros que lo caracterizan - una posibilidad es calcular sus momentos

Ejemplos de Histogramas de Texturas

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

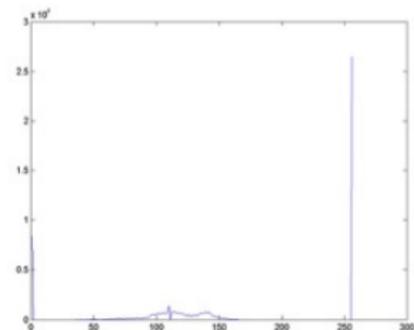
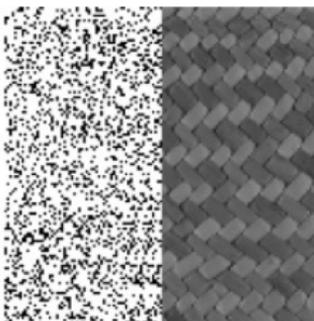
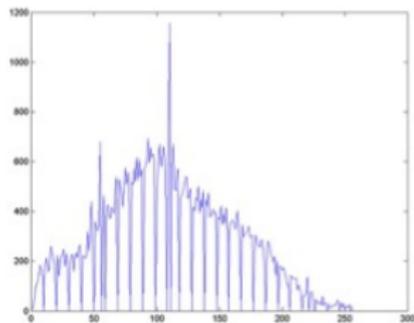
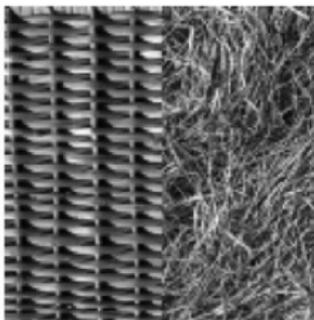
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



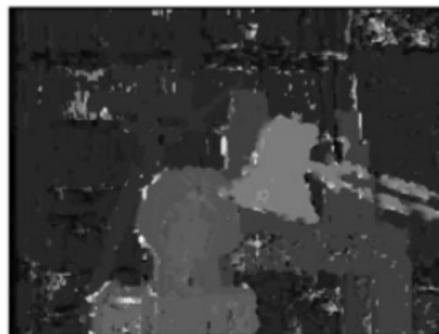
Visión Estereo

- Una forma de recuperar la tercera dimensión es mediante el uso de 2 cámaras o visión estereo
- La idea es combinar las imágenes de las 2 (o más) cámaras y mediante geometría obtener la profundidad de cada punto en la imagen
- Las 2 cámaras están en posiciones distintas a una distancia conocida

Algoritmo básico

- 1 Obtener dos (o más) imágenes
- 2 Identificar puntos correspondientes en ambas imágenes
- 3 Mediante geometría estimar la profundidad (Z) de cada punto - en base a la distancia entre los puntos correspondientes (disparidad) en las imágenes y los parámetros de las cámaras (longitud focal, distancia)

Ejemplo de Estereo



Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

Visión de Nivel Intermedio

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

- Agrupar las características obtenidas en el nivel bajo
- Generar una representación más compacta
- Aislar bordes o contornos (agrupar orillas)
- Obtener regiones (agrupar secciones uniformes)

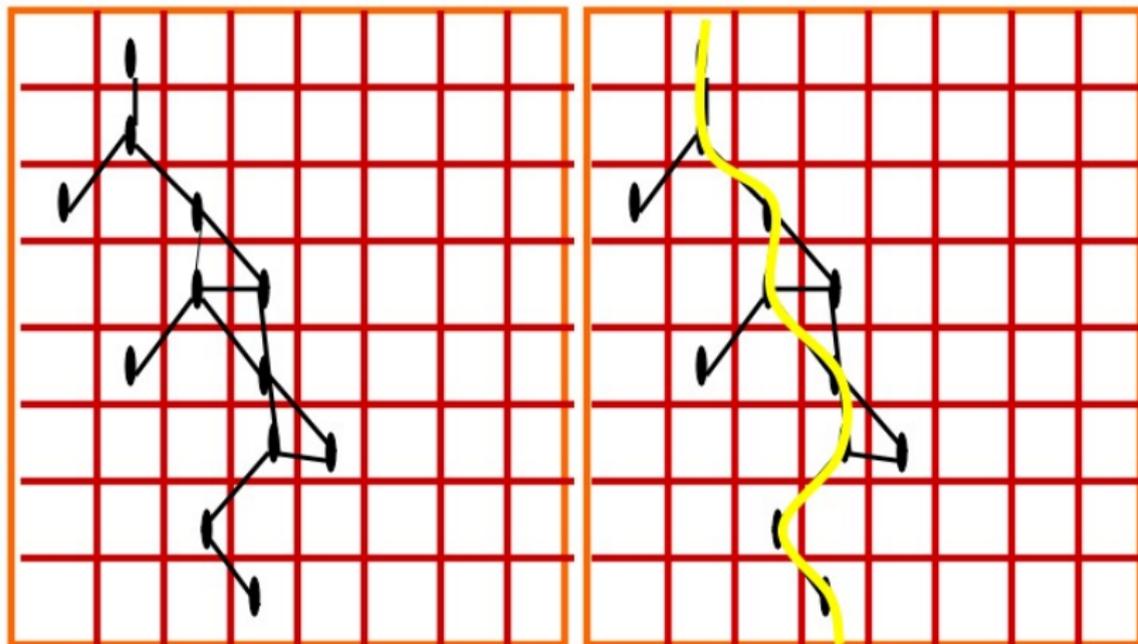
Agrupamiento de Orillas

- Las orillas obtenidas mediante los operadores de detección de orillas se agrupan en bordes o contornos
- Técnicas principales:
 - transformada de Hough,
 - búsqueda en grafos,
 - agrupamiento perceptual.

Técnicas de Búsqueda

- Se considera a las orillas (magnitud, dirección) como un grafo
- El agrupamiento de orillas se basa en la búsqueda de una trayectoria en el grafo
- Algoritmo:
 - 1 Obtener magnitud y dirección de las orillas
 - 2 Convertir cada orilla en un nodo del grafo: peso del nodo = magnitud de la orilla; arcos = función de la dirección de la orilla
 - 3 Partir de una orilla (inicio) y buscar una trayectoria en el grafo que una las orillas
 - 4 La trayectoria corresponde al contorno

Grafo de Orillas – Contorno



Segmentación

- Segmentación es separar una imagen en unidades significativas
- Dos alternativas básicas: encontrar bordes, determinar las regiones
- Las regiones se determinan en base a criterios de *homogeneidad*, en base a atributos como intensidad, color, textura, profundidad
- Dificultades:
 - variaciones de intensidad (u otro atributo) por la naturaleza de los objetos y condiciones de iluminación,
 - posible confusión de objetos similares,
 - otros artefactos como sombras, oclusiones, etc.

Técnicas de Segmentación

- Locales - agrupan pixels en base a sus atributos
- Globales - dividen la imagen en base a propiedades globales
- División-agrupamiento - combinan propiedades locales y globales

Método basado en Quadrees

- Se considera una región de interés de nivel de intensidad I
- Medidas de homogeneidad en base a promedio (μ) y desviación estándar (σ):
 - región uniforme en rango: μ cerca I y σ baja
 - región uniforme fuera de rango: μ lejos I y σ baja
 - región no uniforme: σ alta

Algoritmo

- Dividir imagen en 4, calcular (μ) y (σ) en cada cuadrante
- Si es región uniforme en rango, tomar como región base
- Si es región uniforme fuera de rango, desechar
- Si es región no uniforme, dividir en 4 y repetir pasos anteriores
- Tomar como región base la mayor y unir cuadrantes similares a diferentes niveles

Ejemplo de segmentación mediante QuadTree

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

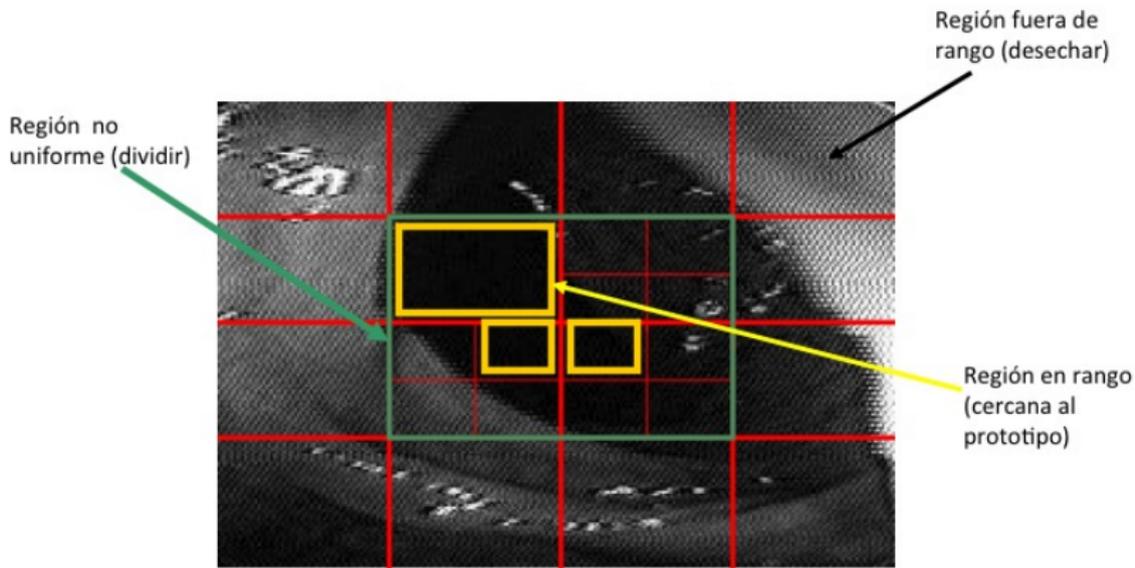
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Visión de Alto Nivel

- Obtiene una interpretación consistente de las características obtenidas en visión de nivel bajo e intermedio
- Se basa en utilizar conocimiento de los objetos del dominio de interés
- En base al conocimiento y las características se realiza el reconocimiento
- Aspectos básicos:
 - Representación - forma de modelar el mundo, en particular los objetos de interés para el sistema
 - Reconocimiento - como el modelo y la descripción de la imagen(es) son utilizadas para identificar los objetos

Principales tipos de reconocimiento

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

- Basado en modelos
- Reconocimiento estadístico
- Aprendizaje *profundo* (deep learning)

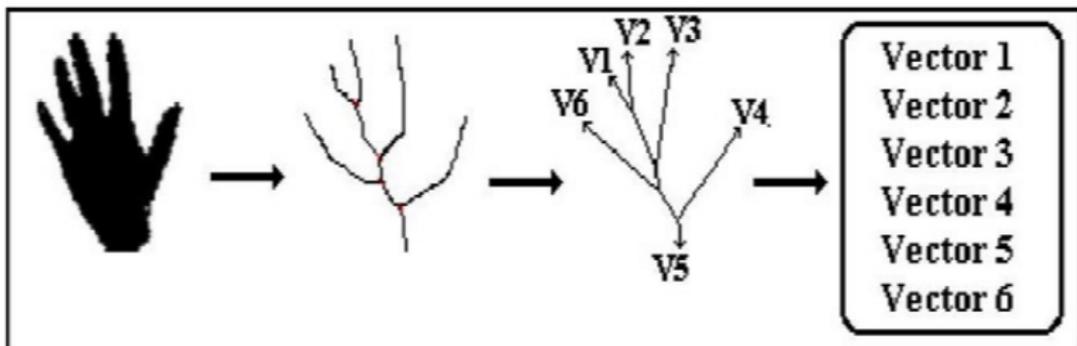
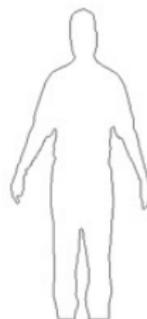
Visión basada en Modelos

- Se basan en el uso de modelos geométricos predefinidos para cada objeto
- Tres componentes principales:
 - 1 extracción de características,
 - 2 modelado,
 - 3 apareamiento geométrico (matching).

Modelos en 2 dimensiones

- En base a Contornos:
 - poli-líneas,
 - códigos de cadena,
 - descriptores de Fourier,
 - secciones cónicas.
- En base a Regiones:
 - arreglos de ocupación espacial,
 - eje "Y",
 - árboles cuaternarios,
 - esqueletos.

Ejemplos – modelos en 2D



Modelos en 3 Dimensiones

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

- Representación de objetos en 3-D independiente del punto de vista
- Dos enfoques principales: (i) en base a su superficie, (ii) en base a una representación volumétrica
- Tipos de modelos:
 - Poliedros planos
 - Cilindros generalizados
 - Geometría solida constructiva

Ejemplos – modelos en 3D

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

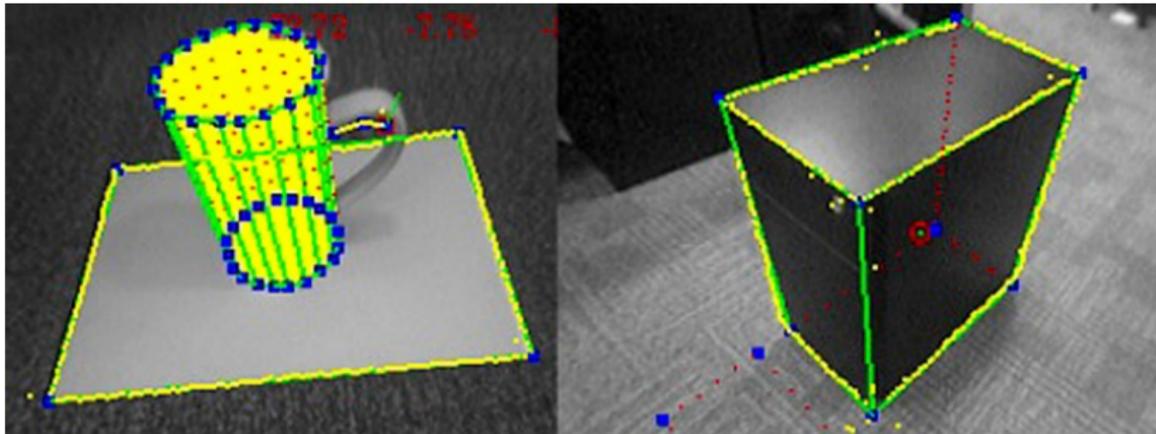
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Reconocimiento estadístico

- Se utiliza un esquema de clasificación basado en técnicas estadísticas y de aprendizaje de máquina.
- Dos aspectos principales:
 - 1 Tipo de representación – características globales y/o locales
 - 2 Método de clasificación

Propiedades Globales

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

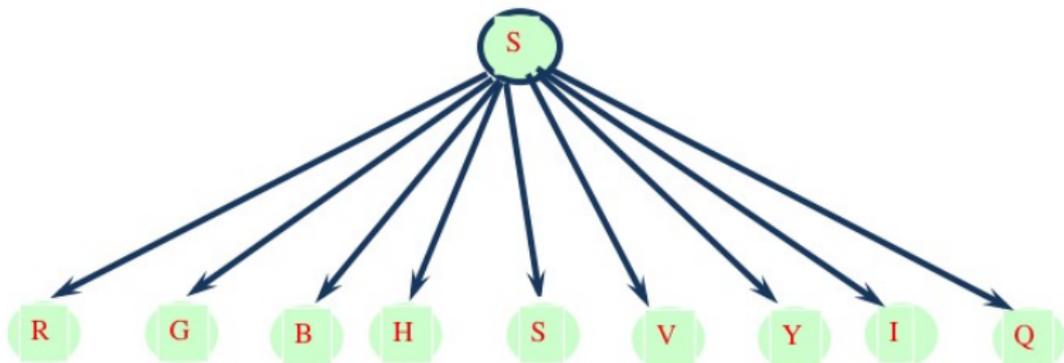
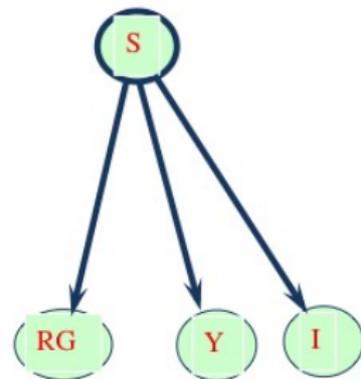
Aplicaciones

- Parten de una segmentación de los objetos de interés, la cual puede ser aproximada (rectángulos / ventanas deslizantes)
- Tres principales tipos de características:
 - Color
 - Textura
 - Forma

Color

- Caracterizan la distribución del color de una clase de objetos
- Se consideran diferentes modelos de color: RGB, HSI, YIQ, Luv, o una combinación de estos
- Se puede utilizar directamente el histograma de cada componente del modelo de color, o una representación compacta de este (media, varianza, momentos,)

Ejemplo – clasificación de piel en base a color



Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

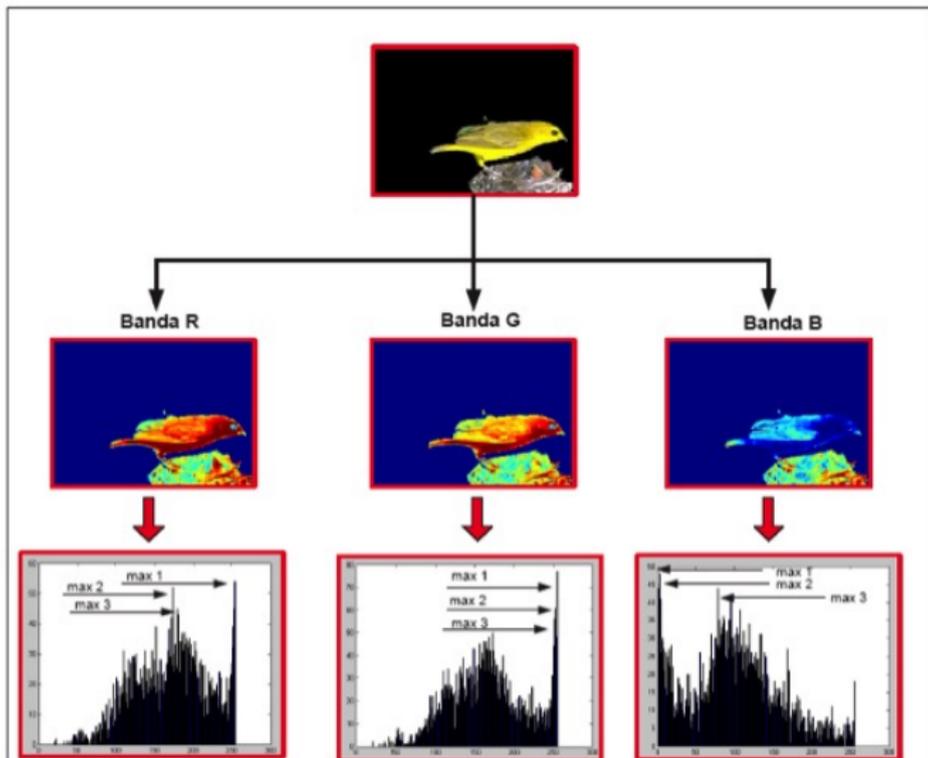
Textura

- Se busca caracterizar a la textura de un objeto/región con pocos parámetros, utilizando alguna de las técnicas como momentos del histograma, matrices de dependencia espacial, etc.
- Otra forma de caracterizar una textura es mediante la respuesta a un conjunto de filtros a diferentes escalas, como los filtros de Gabor

Forma

- Caracterizan la forma geométrica del objeto (región), normalmente en 2-D
- Para ello se pueden utilizar diferentes alternativas para representar la forma del objeto
 - área,
 - perímetro,
 - solidez,
 - excentricidad,
 - momentos centrales,
 - topología,
 - ...

Ejemplo: caracterización de regiones para etiquetado automático



Características locales

- Dado que la segmentación es un problema muy complejo aún no completamente resuelto, una alternativa es evitar la segmentación
- Se utilizan ciertas características locales distintivas para el reconocimiento
- Se busca que dichas características sean robustas ante cambios de escala, rotación y traslación; así como ante cambios de iluminación
- Existen una gran variedad de características locales que se pueden utilizar:
 - Parches o templates
 - Orillas, esquinas (Harris)
 - Filtros sencillos (Haar)
 - Características invariantes (SIFT)
 - ...

Reconocimiento en base a SIFT

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

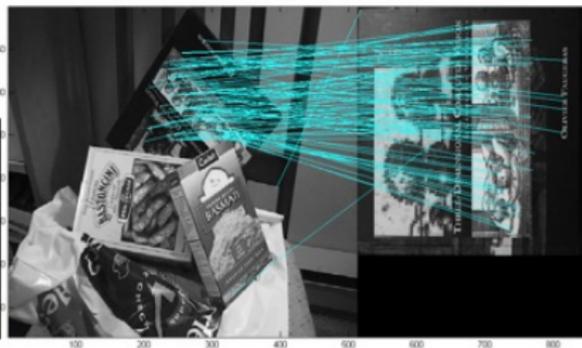
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

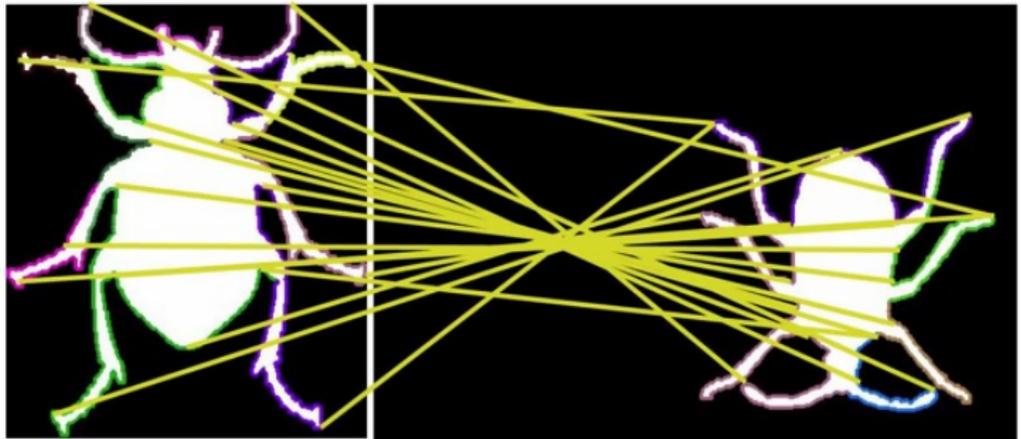
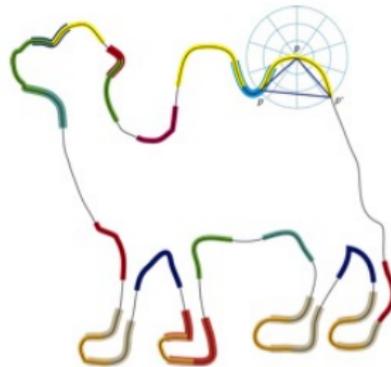
Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Descriptores locales de forma



Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

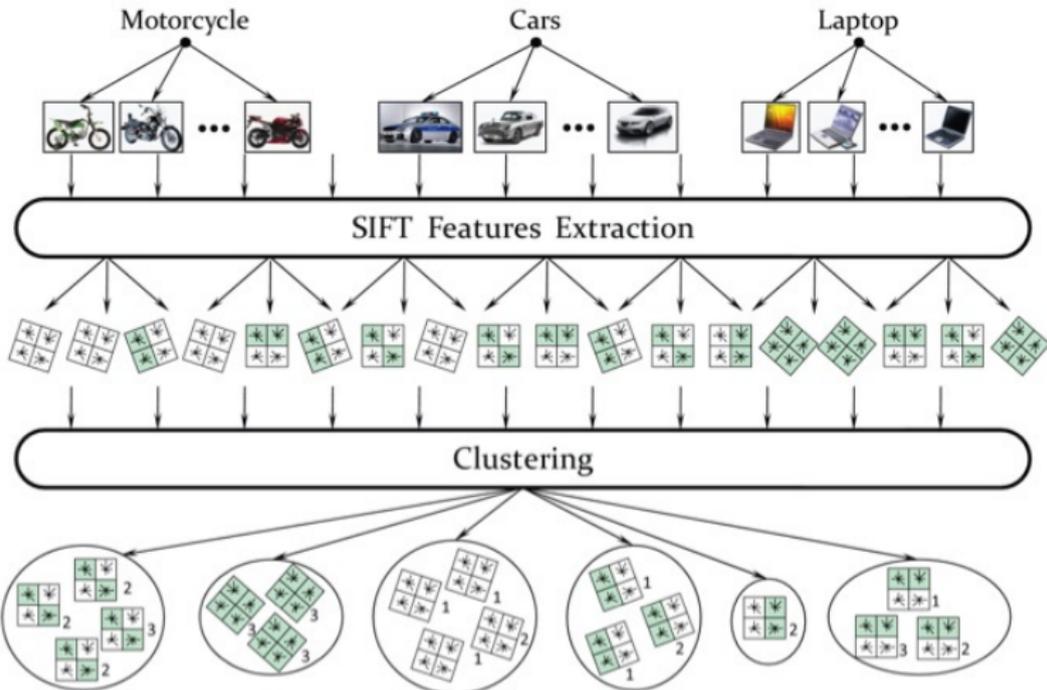
Clasificadores

- Se busca maximizar la probabilidad del objeto o clase de objetos dadas las características:

$$P(C_i | X_1, X_2, \dots, X_n)$$

- Se pueden utilizar diversos tipos de clasificadores:
 - 1 Clasificador bayesiano simple
 - 2 Redes neuronales
 - 3 Árboles de decisión
 - 4 Ensamblajes de clasificadores
 - 5 ...

Ejemplo: reconocimiento en base a “palabras Visuales”

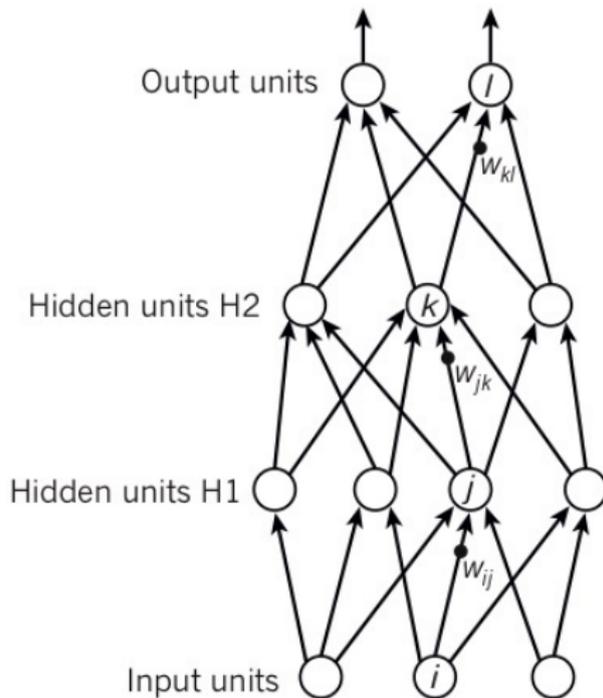


Aprendizaje Profundo

- El aprendizaje profundo o *deep learning* es una alternativa para la solución de diversos problemas en visión computacional, en particular para la detección y reconocimiento de objetos.
- Se basa en redes neuronales de muchas capas (5–30) que aprenden representaciones a varios niveles de las imágenes, usando usualmente un clasificador en la última capa.
- Para el entrenamiento se utiliza el *pre-entrenamiento* de la capas intermedias para evitar el sobre ajuste.
- Requieren de una gran cantidad de datos de entrenamiento y buen poder de cómputo.

Red Neuronal Multicapa

•



Redes Neuronales Covolucionales (CNNs)

- Una arquitectura muy utilizada en visión.
- Se compone de una serie de capas alternativas de convolución y agrupamiento, que tienen cierta semejanza con el sistema visual biológico
- La convolución consiste de una serie de filtros que se aplican a toda la imagen, similares a los filtros clásicos, pero la diferencia es que sus coeficientes se aprenden
- El agrupamiento extrae los máximos de grupos de filtros

Red Neuronal Convolutiva

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

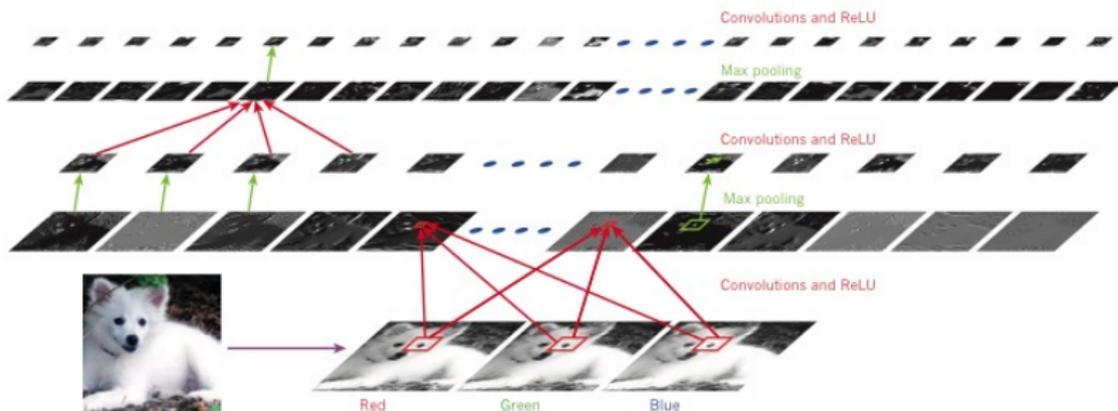
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Análisis

- El aprendizaje profundo, y en particular las CNNs, han obtenido excelentes resultados en reconocimiento de objetos, constituyendo el estado del arte en este problema
- Requieren de una gran cantidad de datos de entrenamiento etiquetados
- Pueden presentar problemas de sobre ajuste, fallando cuando se les presentan ejemplos no presentes en el entrenamiento

Ejemplos de Aplicaciones

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

- Robótica
- Imágenes médicas
- Reconocimiento de personas
- Reconocimiento de actividades
- Video vigilancia
- Control de calidad
- Seguimiento (tracking)
- Anotación y recuperación de imágenes

Robótica - mapeo y localización

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Imágenes médicas - endoscopia

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

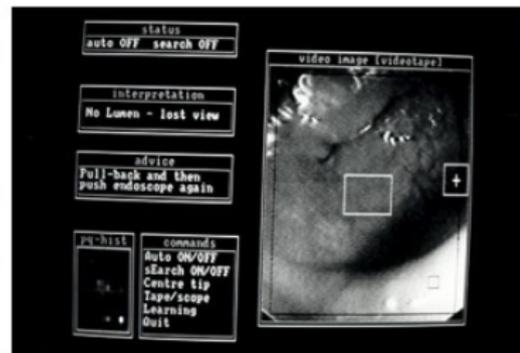
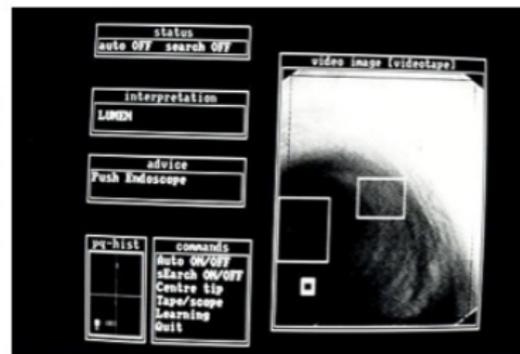
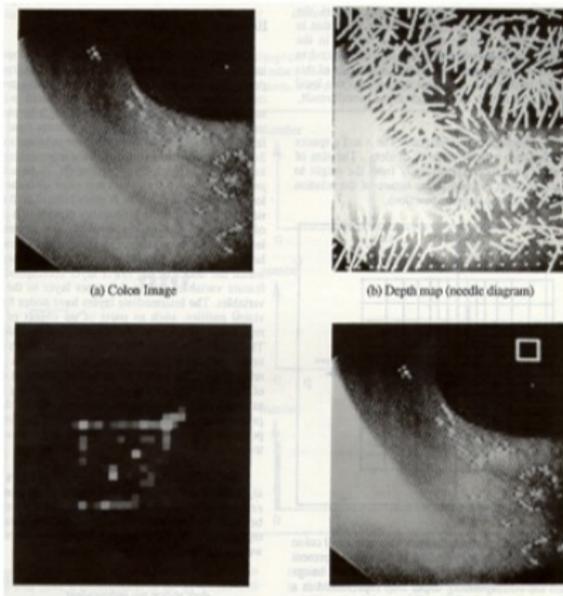
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Rehabilitación virtual

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

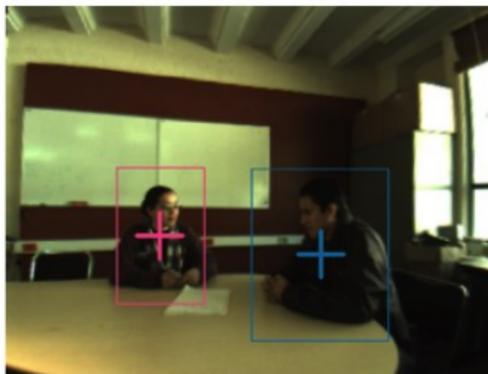
Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Identificación de personas



Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

Reconocimiento de personas

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



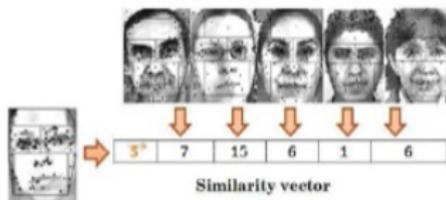
Localización y seguimiento



Resultados



Extracción de características

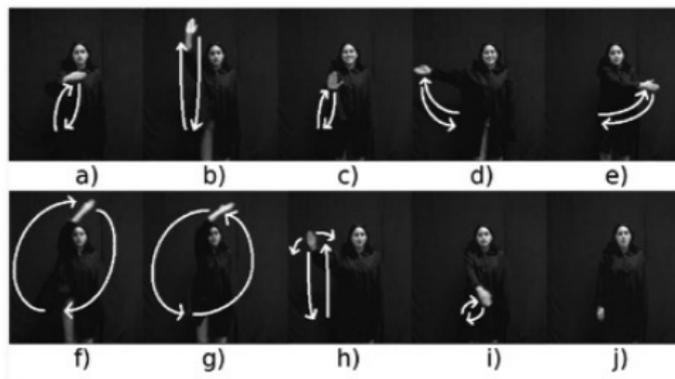
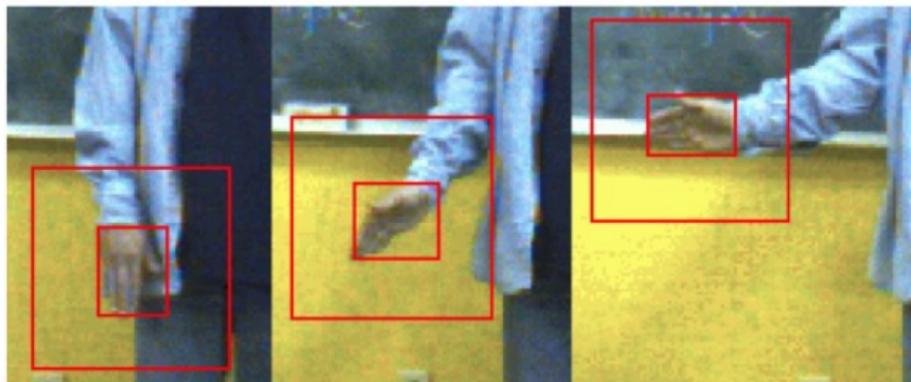


Reconocimiento

Acumulación de evidencia

$$P(f_i|s) = \frac{P(s|f_i)P(f_i)}{P(s)} = \frac{P(s|f_i)p(f_i)}{\sum_{k=1}^n P(s|f_k)P(f_k)}$$

Reconocimiento de Ademanes



Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

Video Conferencia Automática

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

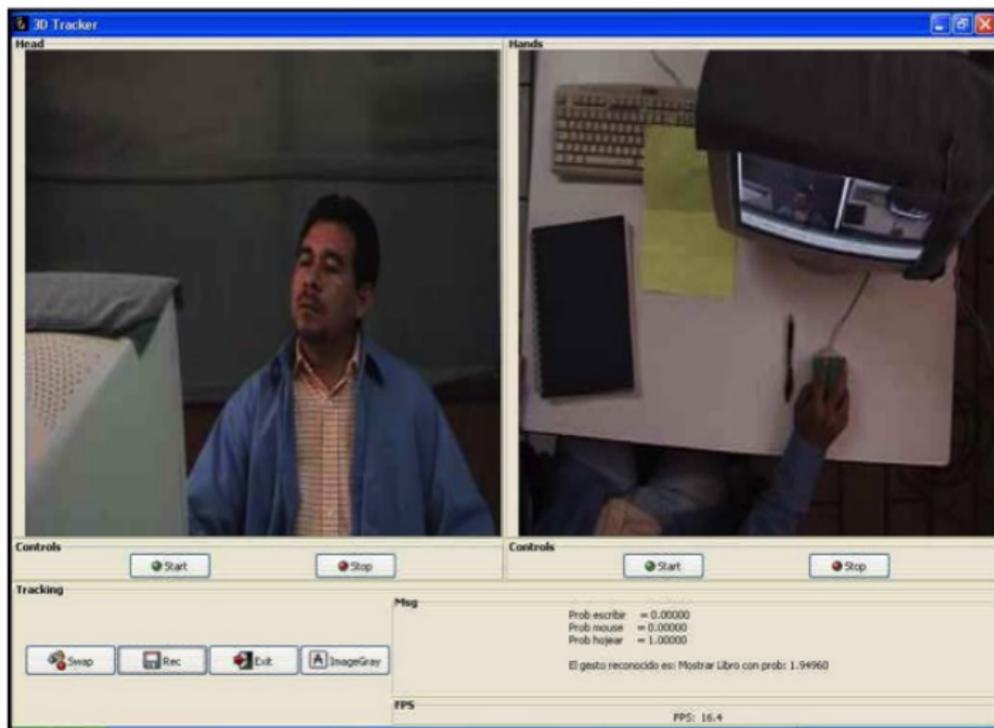
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Recuperación de Imágenes por Contenido

Introducción a
Visión
Computacional

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

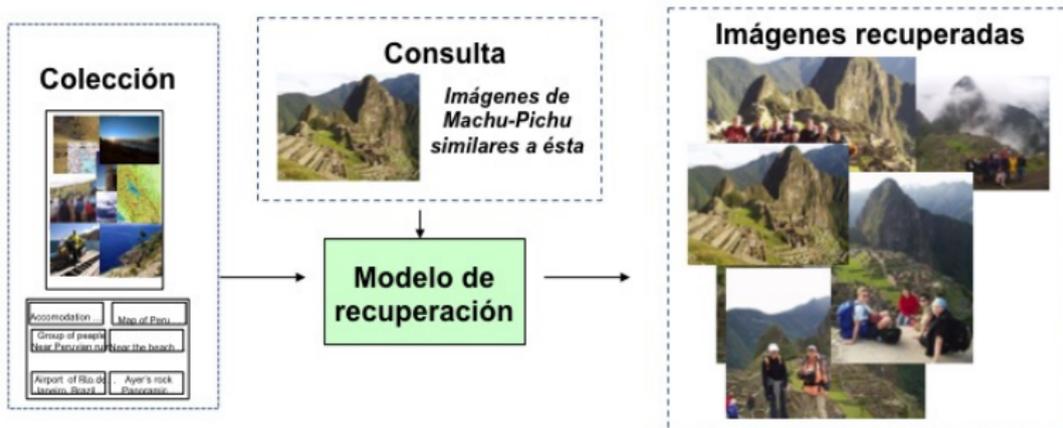
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

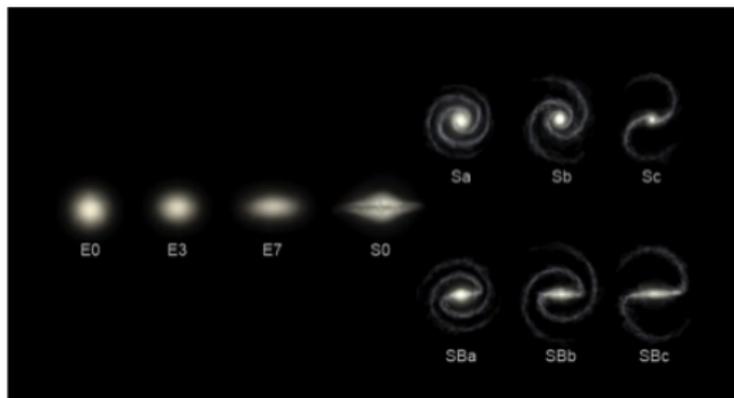
Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

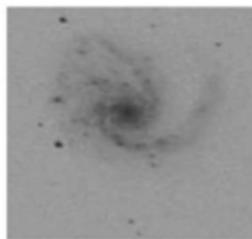
Aplicaciones



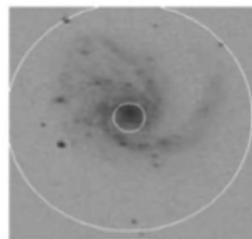
Clasificación de Galaxias



Nucleus separation



Original Galaxy



Galaxy with separated nucleus

Video Vigilancia

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

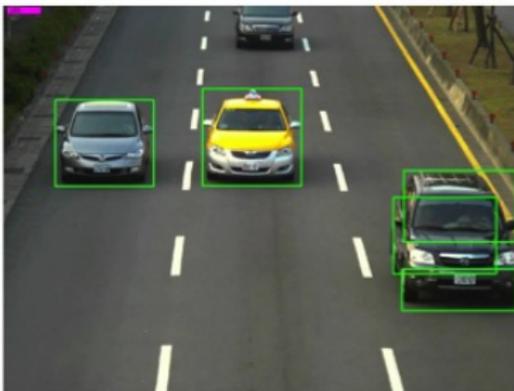
Introducción

Visión de
Nivel Bajo

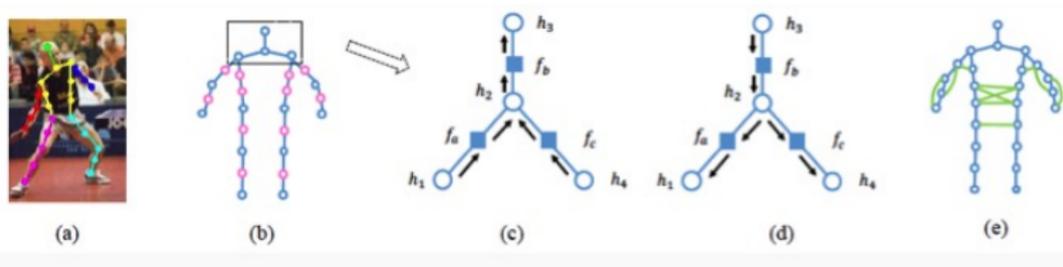
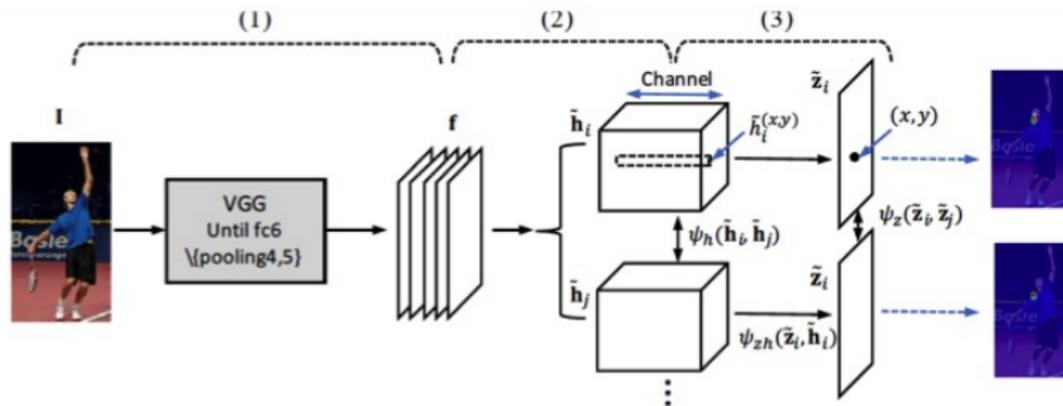
Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones



Estimación de Postura - DL + RB



Referencias

- D. Marr, Vision, Freeman
- L.E. Sucar, G. Gómez, Visión Computacional (<http://ccc.inaoep.mx/esucar/Libros/vision-sucar-gomez.pdf>)
- Russel and Norvig, Cap. 24
- S. Ullman, High-Level Vision, MIT Press
- O. Faugeras, Three Dimensional Computer Vision, MIT Press
- Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton, Deep Learning, Nature 521, 2015

Tarea

Introducción a
Visión
Computacio-
nal

Eduardo
Morales,
Enrique Sucar

Introducción

Visión de
Nivel Bajo

Visión de
Nivel
Intermedio

Visión de Alto
Nivel

Aplicaciones

- Propuesta de proyecto final