

Reconocimiento Estadístico de Formas

Introducción

Sección de Reconocimiento de Formas. Grupo de Visión por Computador

Temario del Curso

- Introducción.
- Teoría de la decisión de *Bayes*. Estimación del error.
- Técnicas paramétricas.
- Técnicas no paramétricas.
- Técnicas no supervisadas: “clustering”.
- Selección de características.



Bibliografía Básica

- R.O. Duda and P.E. Hart; *Pattern Classification and Scene Analysis*, John Wiley & Sons, 1973.
- K. Fukunaga; *Statistical Pattern Recognition*, Academic Press, 1990.
- L. Devroye, L. Györfi and G. Lugosi; *A Probabilistic Theory of Pattern Recognition*, Springer-Verlag, 1996.
- P.A. Devijver and J. Kittler; *Pattern Recognition: A Statistical Approach*, Prentice-Hall, 1982.

3



Contenidos

- ¿qué es el reconocimiento de formas?
- aproximaciones al RF
- diseño de un sistema de RF
- selección y extracción de características
- aprendizaje, evaluación
- clasificación
- taxonomía de problemas de RF

4



aprendizaje y reconocimiento

proceso natural:

¿cómo lo hace el sistema nervioso?

□ aprendizaje

■ percepción significativa ⇒ patrón ⇒ categorización

□ reconocimiento:

■ nueva percepción ⇒ comparación ⇒ reconocimiento

□ ejemplo: conocer personas

5



¿Qué es el Reconocimiento de Formas?

□ Reconocimiento de Formas (RF):

define *modelos* que simulan procesos de aprendizaje/reconocimiento

□ se nutre de matemáticas, informática, estadística, etc.

□ aplicaciones: muy diversas

- visión por ordenador: imágenes médicas, satélites
- biometría: reconocimiento de huellas, caras
- economía: predicción de tendencias
- seguridad: detección de fraudes con tarjetas

6

Objetivo del RF

objeto o fenómeno físico nuevo



modelo
computacional
entrenado

clase o categoría

7

Aproximaciones al RF

- ❑ R *estadístico* o geométrico de F
- ❑ R *sintáctico* o estructural de formas
- ❑ correspondencia de modelos (*template matching*)
- ❑ redes neuronales

8

R Estadístico de F (REF)

- **objeto, muestra** $\Leftrightarrow (x_1, x_2, \dots, x_d)$
 - *espacio de representación* de dimensión d
 - x_i es variable aleatoria
- **adquisición de datos:** medición, muestreo, cuantificación
 - suficientes muestras por cada clase (*representatividad*)
- **fundamento:**
 - asume *proximidad espacial* entre muestras de igual clase
- **reconocimiento/clasificación:**
 - funciones discriminantes: fronteras de decisión entre clases
 - distancias, funciones de densidad condicional

9

R Sintáctico de F

- **objeto, muestra** \Leftrightarrow estructura jerárquica
 - estructuras en función de primitivas
 - ejemplos: grafos, árboles, secuencia de símbolos, etc.
- **adquisición de datos:** similar a aprox estadística
- **fundamento:**
 - asume *gramática común* entre muestras de igual clase
- **reconocimiento/clasificación**
 - análisis sintáctico, similitud entre estructuras
 - reconocimiento de lenguaje generado por una gramática

10

REF: conceptos ...

- **objeto**: elemento físico del problema
- **muestra, patrón, prototipo** $x = (x_1, x_2, \dots, x_d)$:
 - representación vectorial de un objeto
 - punto en el espacio (vectorial) de representación
- **característica/atributo**: x_i
- **espacio de representación** E :
 - conjunto de todas las representaciones posibles
 - espacio vectorial de dimensión d

11

REF: problema de clasificación ...

datos:

- E , espacio de representación \mathbb{R}^d
- $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_c\}$, c etiquetas asociadas a c regiones espaciales (clases)
- $x = (x_1, x_2, \dots, x_d) \in E$
- $\delta: E \rightarrow \Omega$, regla de decisión

asignar etiqueta de clase a x :

- $\delta(x) = \omega_i, i = 1, \dots, c$

12



Partes de un sistema de RF

- **adquisición de datos**
 - entrada: objeto físico
 - salida: representación *primaria* del patrón
- **extracción y selección de características**
 - entrada: representación *primaria* del patrón
 - salida: representación *discriminante* del patrón
- **toma de decisiones/clasificación**
 - entrada: representación *discriminante* del patrón
 - salida: etiqueta de clase

13

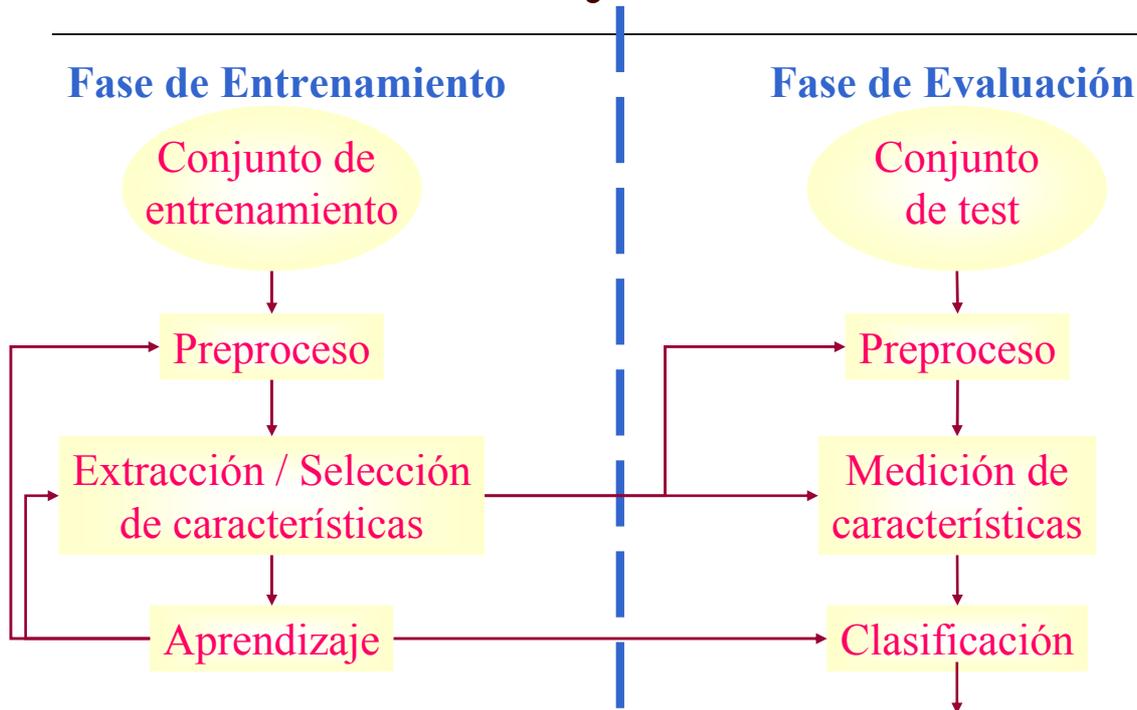


Fases de un sistema de RF

- **aprendizaje/entrenamiento**
 - conjunto de muestras de entrenamiento (conocidas)
 - entrenamiento del modelo de clasificación o regla de decisión
 - aprendizaje de parámetros, prototipos, etc.
- **evaluación**
 - conjunto de muestras de test (**no** vistas en entrenamiento)
 - método de estimación del error (*leaving one out, cross validation, hold out*)
- **explotación**
 - clasificación de muestras de clases desconocidas

14

entrenamiento y evaluación ...



Selección y extracción de características

- **entrada:** $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in S$
 - datos *en bruto* procedentes de sensores/hipótesis
- **salida:** $x = (x_1, x_2, \dots, x_d) \in E, d \leq n$
 - datos más simples/discriminantes para la clasificación
- **objetivos:**
 - reducir dimensionalidad (selección)
 - cambiar espacio de representación (extracción)

Aprendizaje

datos:

- $T = \{(x, z)\}$, conjunto de entrenamiento
 - $x \in E, z \in \Omega$
- $\delta(\theta): E \rightarrow \Omega$, regla de decisión
 - θ , conjunto de parámetros de los que depende δ

estimar $\theta = \theta^*$, tal que:

- maximice $p(\delta(\theta^*, x) = z), (x, z) \in T$

17

Evaluación

datos:

- $V = \{(x, z)\}$, conjunto de test (no visto en aprend)
 - $x \in E, z \in \Omega$
- $\delta(\theta^*): E \rightarrow \Omega$, regla de decisión entrenada
 - θ^* , parámetros aprendidos a partir de T

evaluar $\delta(\theta^*)$:

- $aciertos = |\{(x, z) \in V, \delta(\theta^*, x) = z\}| / |V|$

18

Selección del clasificador

- ¿cómo elegir un clasificador/regla de decisión?
- T, V , conjuntos de entrenamiento/test
- $\delta_1(\theta), \delta_2(\theta)$, dos reglas de decisión
- variante 1 (*tradicional*):
 - estimar θ^1, θ^2
 - elegir $\delta_1(\theta^1)$ si $aciertos_1 > aciertos_2$ (o viceversa)
- variante 2 (*línea actual de investigación*):
 - estudiar relación entre complejidad de datos y $\delta_1(\theta), \delta_2(\theta)$
 - elegir regla $\delta_1(\theta)$ o $\delta_2(\theta)$ más apropiada para datos tipo T

19

Clasificación: funciones discriminantes

- $\delta \sim \{D_i(x)\}, i = 1, \dots, c$
 - $D_i(x)$, criterio de pertenencia a clase i
- $\delta(x) = \omega_i \Leftrightarrow D_i(x) > D_j(x) \forall j \neq i, j = 1, \dots, c$
- ejemplos:
 - $D_i(x) = p(\omega_i | x)$
 - $D_i(x) = -d(x, s_x^i)$, siendo s_x^i el NN de x en ω_i

20

Clasificación: fronteras de decisión

- $F \subset E$,
- $\forall x \in F, \exists i, j = 1, \dots, c, i \neq j$
- $D_i(x) = D_j(x)$ (pueden ser más de 2)
- **fronteras de decisión:** región de E en la que hay “empates” al clasificar un punto
- existen técnicas para deshacer empates

21

Taxonomía del REF (1)

Aproximación paramétrica

- Conocimiento a priori de la forma de las distribuciones de probabilidad de cada clase sobre el espacio de representación.
- Las fronteras de decisión están definidas por dichas distribuciones.

Aproximación no paramétrica

- El único conocimiento a priori se refiere al inducido a partir de un conjunto de muestras (conjunto de entrenamiento) de las que se conoce su clase.
- Las fronteras de decisión están definidas por dichas muestras.

22

Taxonomía del REF (2)

Aprendizaje supervisado

- Se dispone de un conjunto de muestras etiquetadas (con una etiqueta de clase).



Aprendizaje por máxima verosimilitud

Aprendizaje no supervisado

- Se dispone de un conjunto de muestras *sin* etiquetar.
- El número de clases puede ser también desconocido.



Clustering

23

Ejemplo de un Sistema REF

- Problema:

En una cinta transportadora, se pretende distinguir (es decir, clasificar) entre dos tipos diferentes de frutas: naranjas y fresas.



Clases del problema: naranjas, fresas.

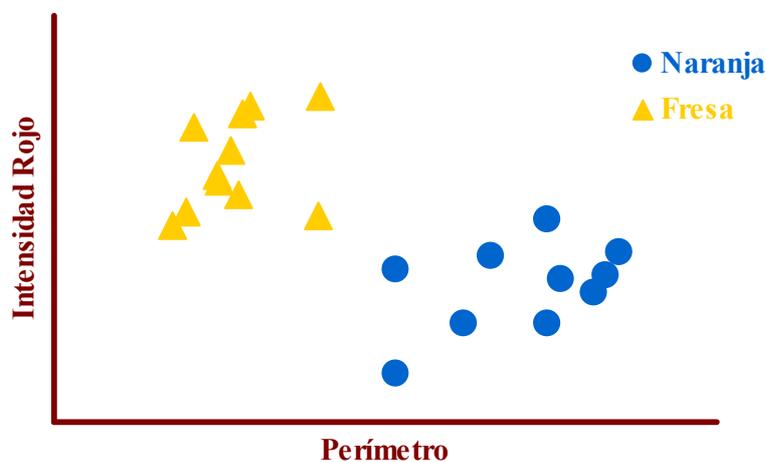
24

Ejemplo de un Sistema REF

- Selección de características:
 - Perímetro de la fruta.
 - Intensidad del color en la banda del rojo (escalado entre 0 y 1).

25

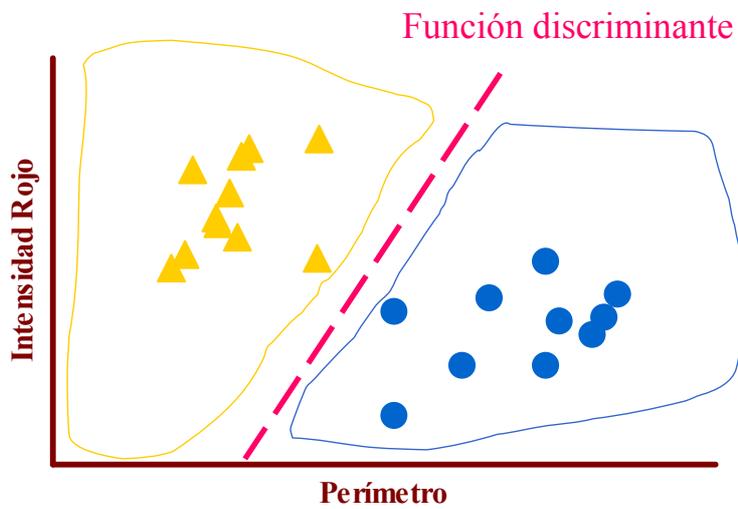
Ejemplo de un Sistema REF



Representación de los patrones en el espacio de características.

26

Ejemplo de un Sistema REF

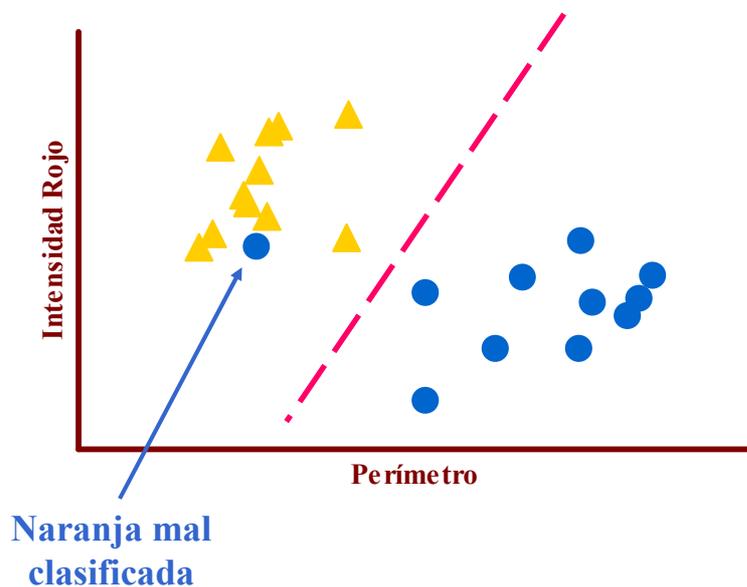


Representación de la frontera de decisión.

La función discriminante divide el espacio de representación en dos semiplanos, cada uno correspondiente a una clase.

27

Ejemplo de un Sistema REF



Clasificación de un nuevo patrón.

28