

Capítulo 1: Introducción.

1.1. ¿Qué es el reconocimiento de patrones?

Objetivos generales

- Brindar un marco teórico para el análisis y resolución de problemas de reconocimiento, clasificación e identificación de patrones, en forma automática.
- Realizar incapié en la evaluación de desempeño de los modelos propuestos y su aplicación en la resolución de problemas prácticos.

Objetivos específicos

- 1.- Identificar las componentes principales de un sistema de reconocimiento de patrones (SRP).
- 2.- Estudio de algoritmos asociados a las distintas etapas y modelos de un SRP.
- 3.- Herramientas de evaluación de desempeño.
- 4.- Análisis de casos prácticos.

Estrategia:

- a) Presentar un diagrama a bloques completo de un SRP.
- b) Presentar distintos algoritmos que resuelven los bloques.

- 1) c) Analizar los métodos de evaluación.
d) Analizar las estrategias de fusión y combinación de clasificadores.

¿Qué es el RP?

Anil Jain: "El estudio de cómo las máquinas pueden observando el ambiente aprender a distinguir patrones de interés de un fondo y realizar ~~tomar~~ decisiones razonables sobre las categorías de los mismos!"

Duda et al.: "El acto de tomar datos crudos y realizar o llevar a cabo una acción basados en la categoría de los patrones".

"Encontrar una regla de decisión automática que transforma medidas en asignaciones a clases".

"Dar nombres a los objetos basados en observaciones".

¿Qué es la percepción?

¿Por qué vemos caras en la luna?

¿Por qué los humanos son tan buenos reconociendo patrones?

La Dra. Nouchine Hadjkhani de la Universidad de Harvard ha llegado a la siguiente conclusión: Los humanos llegan a este mundo "con los cables preconectados" para detectar caras. Un buen sistema de RP proporciona una ventaja competitiva a la hora de la supervivencia (discriminación entre amigo/enemigo) y de reproducción.

Percepción vs. SRP.

¿Por qué no imitar a los humanos al diseñar sistemas automáticos de reconocimiento de patrones?; Porque aún no se sabe como los humanos reconocen los patrones, aunque algunos sistemas sensoriales si han sido imitados.

- Por ejemplo, a la edad de 5 años la mayoría de los niños pueden reconocer dígitos y letras:
 - Grandes, pequeñas, escritos a mano, rotadas, incompletas, etc. -
- Reproducir esta capacidad por medio de los sistemas digitales es sorprendentemente difícil, de hecho, tras 50 años de investigación no existe actualmente ningún sistema de RP de propósito general que sea capaz de aproximarse a la capacidad humana.

¿Qué ventajas tienen los SRP?

- Pueden realizar tareas monótonas y repetitivas con menos errores.
- Se puede trabajar con ellos en zonas peligrosas.
- Pueden funcionar en lugares inhóspitos.
- Tendencia a ser económicos y autónomos.
- Se pueden realizar cálculos precisos.

Muchas aplicaciones requieren de diferentes longitudes de palabra, para determinar cual sistema digital sería el más adecuado habrá que hacer una exploración del tipo de datos a representar.

Aplicaciones interesantes.

- Máquinas de recomendaciones, como NETFLIX, en donde el 75% de los videos o películas seleccionados por un usuario promedio provienen de las recomendaciones producidas por su sistema de prueba.
- Sistemas de reconocimiento: de escritura manual (servicio postal USA), biometría (facial, huellas, andar, etc.)
- Aplicaciones en Big Data: Descubrir patrones y correlaciones en datos no estructurados, encontrar relaciones, dependencias y anomalías.

1.2. Análisis de un ejemplo de un SRP.

Investigación de una escena de crimen o bien Crime Scene Investigation (CSI).

El objetivo en este tipo de aplicación es identificar a un criminal a través de la observación de la escena del crimen realizando las siguientes actividades:

- a) Procesar la escena: adquisición de objetos (datos o información)
- b) Analizar sus características
- c) Realizar una clasificación
- d) Llevar a cabo la identificación
- e) Post-procesar los datos para aumentar la confiabilidad

Se podría pensar en la implementación de varios SRP, tratando de realizar una delimitación - Construcción de sistemas redundantes - Sistemas Biométricos.

- i) Análisis de huellas dactilares
- ii) Análisis del ADN

- iii) Análisis del iris (mediante la obtención de imágenes)
- iv) Análisis de la forma y tamaño de la mano
- v) Tipo de escritura.
- vi) Rasgos faciales
- vii) Forma de caminar / andar

Dentro del procesamiento de la escena, la adquisición o sensado de los datos es una tarea importante

- + Se realiza la toma de la huella
 - Toma directa con entintado
 - Sensores capacitivos

La calidad en la adquisición de los objetos o datos debe ser la mejor, por lo que el procesamiento de dichos datos estará condicionado: manchas, desplazamientos, etc.

Los problemas que se tienen dentro de la adquisición están latentes en forma de ruido o perturbaciones.

6/feb/2019

7

La complementariedad podría ser esencial en la adquisición de datos, es decir cada característica física tiene ventajas y limitaciones a ser consideradas:

- Contar con el poder de discriminación
- Si la adquisición es invasiva o no invasiva
- Si la adquisición es colaborativa o no colaborativa.

10/feb/2019

Se pueden explorar otros ejemplos de aplicación, esto con la finalidad de tratar de establecer cuales son las generalidades para los SRP.

TABLA 1: Ejemplos add. de SRP.

DOMINIO	APLICACIÓN	PATRÓN ENTRADA	CLASES
DATA MINING	Búsqueda de patrones significativos	Puntos en el espacio multidimensional	Clusters compactos y bien separados

TABLA 1: Ejemplos add de SRP (Continua)

DOMINIO	APLICACIÓN	PATRÓN	CLASES
CLASIFICACIÓN DE DOCUMENTOS	Busqueda en Bibliotecas & Internet	Texto (cadenas de caracteres)	Categorías
BIOMÉTRICA	Identificación de Personas	Iris, huellas, caras	Usuarios autorizados
SEÑAL REMOTO	Pronóstico de cosechas	Imagenes multiespectrales	Categorías de Tierras
RECONOCIMIENTO DE VOZ	Acceso a información sin operador	Señal de voz	Palabras habladas

1. 3. Conceptos y diagrama a bloques de un SRP.

Como se puede ver de la tabla 1, los SRP siguen una serie de etapas muy bien establecidas las cuales nos permiten establecer un diagrama de bloques, algo general para describir un SRP

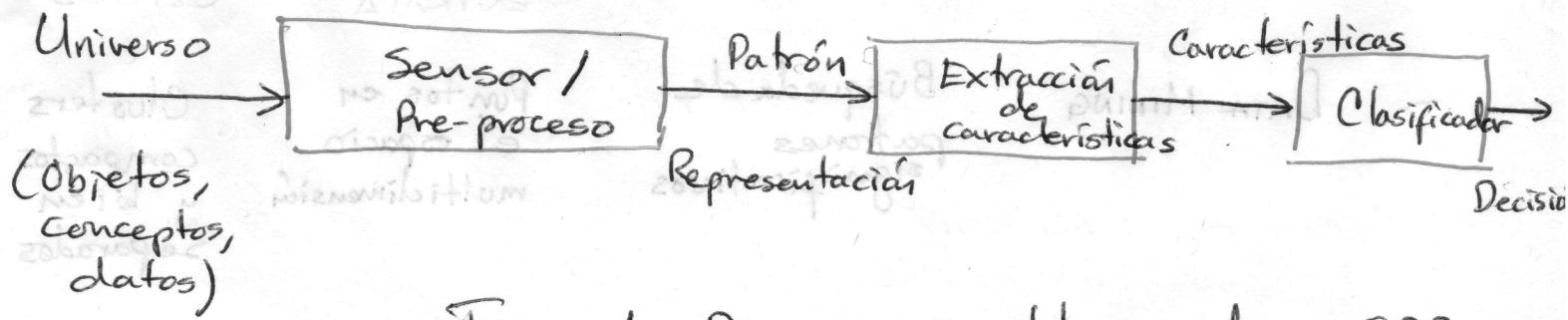


Figura 1: Diagrama a bloques de un SRP.

61

9

Las etapas de un SRP corresponden a la propuesta de modelos perceptuales y éstas son las siguientes

- 1: Adquisición de datos sensoriales /preprocesado
- 2: Extracción de características, y
- 3: Clasificación para la toma de decisiones.

Objetivo delos SRP

- Asignar un objeto o fenómeno físico (patrón, en general) a una clase o categoría.

Para llevar a cabo lo anterior, será necesario ~~realizar~~ realizar un RP que corresponderá a una regla de decisión automática que transforma medidas en asignaciones a clases.

Para poder llevar a cabo las diferentes etapas para construir un SRP, es necesario entender algunos conceptos generales:

A: En el RP no se clasifican de manera directa las entidades u objetos, lo que se clasifica es su descripción.

B: Una descripción se crea a partir de un modelo de la entidad u objeto, y consta de algunas características y algún tipo de representación.

C: La representación también es dependiente del problema y puede ser:

- 1) Un vector,
- 2) Una cadena,
- 3) Una matriz,
- 4) Un grafo, etc.

Esta representación es utilizada por un clasificador para asignar la entidad a una clase.

D: Modelo: Es la representación de un patrón.

E: Características o atributos, son las medidas que componen a las representaciones.

Por ejemplo, los coeficientes de un modelo LPC en el caso de procesamiento de señales de voz.

F: Espacio de representación o de características, es el conjunto de todas las representaciones posibles para cierto problema, o bien es el universo de operación del SRP (~~universo~~).

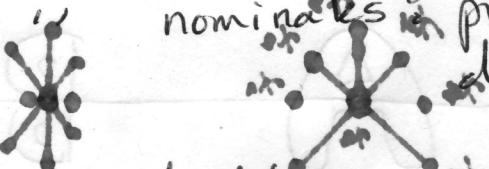
Uno de los aspectos importantes en el diseño de SRP, son las características dado que los objetos serán descritos a partir de ellas, de manera general serán descompostas en dos grandes familias:

1) Cuantitativas

- a) Objetos continuos: presión, longitud,
- b) " discretos: número de personas, tantos,

2) Cualitativas

- i) Objetos ordinales: grado de educación
- ii) " nominales: profesión, marca de auto, etc.



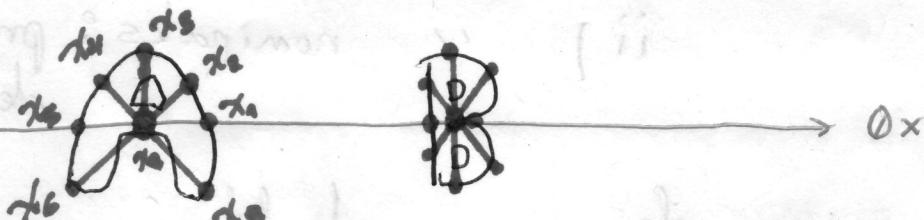
Se requiere de una metodología para pasar o transformar las características cualitativas en cuantitativas. En general, se utilizan métodos heurísticos subjetivos. Por ejemplo, medida de inteligencia, conocimiento, belleza, sentido del humor, etc.

Ejemplo de ~~reconocimiento~~ obtenció de características, sea una tarea de reconocimiento de caracteres en donde tenemos los siguientes parámetros involucrados:

$C = 26$: Número de caracteres

$d = 8$: Número de medidas

x_i con $i = 1, 2, \dots, d$: distancias entre el centro de gravedad y el punto de intersección más lejano en la semi-recta formada por $\frac{(i-1)\pi}{4}$ con el eje \vec{Ox} .



en este caso, $d = 8$, por lo que

$X = (x_1, x_2, \dots, x_8)$: ¿Es una buena representación?

“Buena representación” es aquella en la que las relaciones estructurales entre los componentes son simples y se revelan en forma natural y en la que el modelo verdadero (desconocido) se puede expresar.

También, el otro aspecto importante para el diseño de SRP, es la concepción de Clases y Etiquetas.

+ Para el reconocimiento automático, es importante que patrones los cuales describirán a los objetos de una misma clase, presentan características similares. Y patrones que describen objetos de diferentes clases presentan características diferenciadas.

Supongamos que

$C = \{w_1, w_2, \dots, w_c\}$ es un conjunto finito
de eventos.

Entonces,

w_i de C es la clase del conjunto
de clases C .

y $c = \text{card}(C)$, cardinal de C es el
número de clases. (Etiquetas asignadas)

Las c clases w_i son mutuamente excluyentes
y completas.

Entonces, la clasificación de patrones parte del hecho de que contamos con vectores de características X ; que corresponden a la colección de observaciones y entonces:

La clasificación de patrones es el proceso de inferencia W de X , o bien proceso de asignación de nombres o etiquetas a las observaciones X .

Se tendrá entonces un mapeo $W \rightarrow X$, uno a muchos debido a la variabilidad, muchos patrones representan el mismo concepto, por ejemplo,

A A A A, etc... . . .

Entonces, el mapeo puede o no ser único.

La variabilidad es descrita por la distribución de las clases en el espacio de características \mathbb{R}^d .

+ Describir brevemente la
Cuantificación Vectorial +

1.4. El ciclo de diseño de un SRP.

El diseño de un SRP, pasa entonces por las etapas de adquisición, formación de patrones y clasificación en donde debemos cumplir con las siguientes actividades

1.- Inferencia del modelo a partir de un conjunto de datos de entrenamiento,

2.- Desarrollo de reglas de decisión prácticas,

3.- Simulación y evaluación del rendimiento del sistema

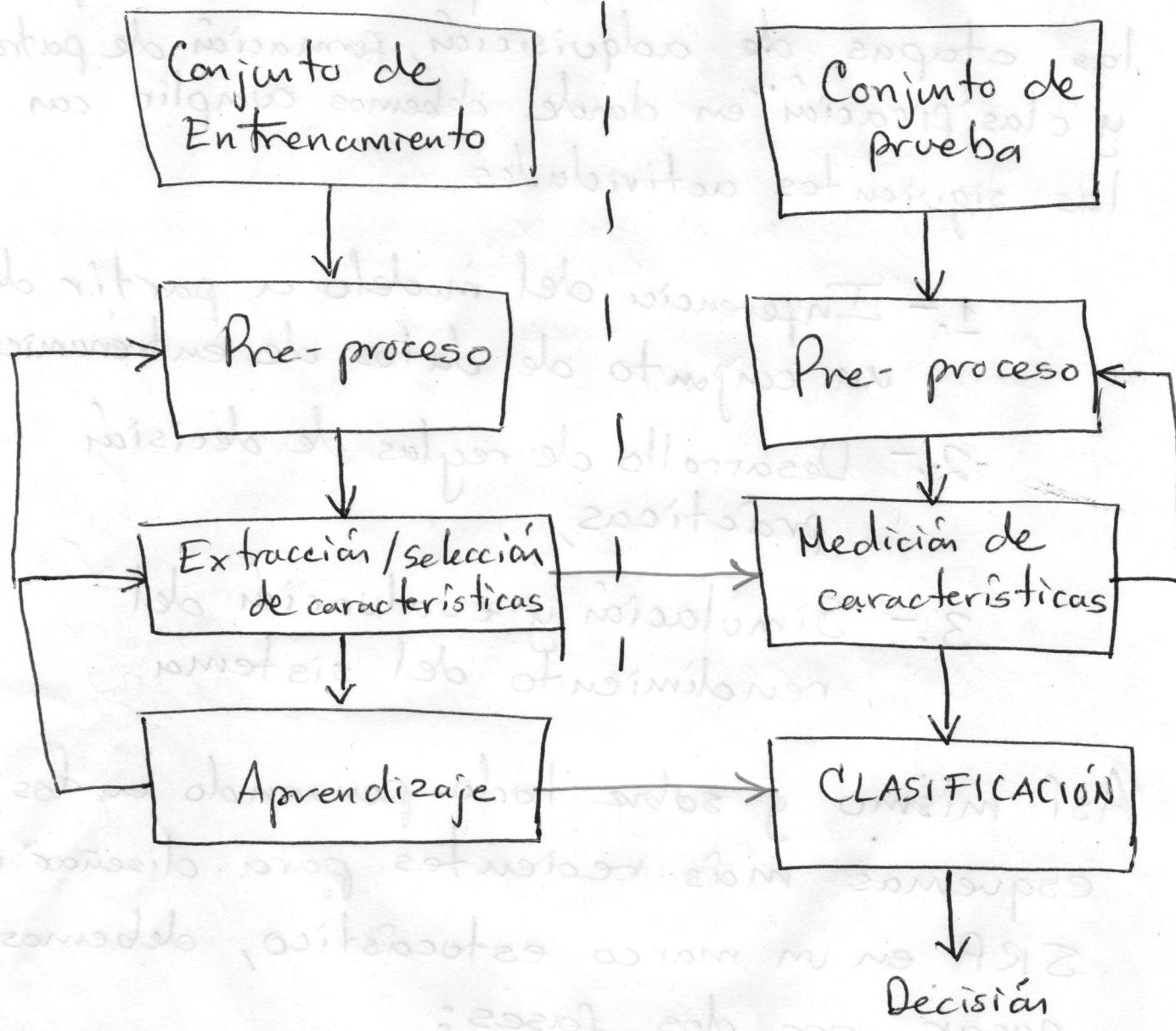
Así mismo y sobre todo pensando en los esquemas más recientes para diseñar un SRP en un marco estocástico, debemos pasar por dos fases:

I: Fase de entrenamiento, y

II: Fase de prueba o de clasificación.

FASE DE
ENTRENAMIENTO

FASE DE
PRUEBA/
CLASIFICACIÓN



I: En el proceso de adquisición cual es la función de un sensor:

Medir, observar, brindar una representación de los elementos a ser clasificados.

- Existe un condicionamiento en el rendimiento del sistema
- Debería adquirir todas las propiedades físicas que permiten discriminar los objetos.

Limitaciones: No se dispone de conocimiento suficiente, precio - calidad.

II: Preprocesamiento: Filtrado, realce, cambio de espacio.

1.5 Extracción y Aprendizaje

III: Extracción / Selección:

- Extraer la información que puede permitir la discriminación
 - Eliminar información redundante e irrelevante
- Reducir la dimensionalidad del problema

- i) El desempeño de un clasificador depende de la relación entre el número de muestras, el número de características y la complejidad del clasificador.
- ii) Sobre la dimensionalidad: En la práctica se ha observado que el agregar características puede degradar el desempeño si el número de muestras es pequeño en relación al de atributos.
- iii) Para el caso de clasificadores paramétricos la confiabilidad con la que se estiman los parámetros disminuye al aumentar el número de características para un número de muestras finito.
- iv) Se puede aumentar la complejidad del clasificador, pero el rendimiento disminuye.
- v) William de Occa: "Navaja de Occam", si dos explicaciones son igual de buenas se debe elegir la más simple.
- $n/d > 10$
- vi) Mantener dimensionalidad tan baja como sea posible.

Métodos de Selección de características

Método	Propiedades	Comentarios
Búsqueda exhaustiva	Evaluá todas las combinaciones de p tomadas de d	Garantiza encontrar el subconjunto óptimo
Mejores características individuales	Selecciona las p mejores características individuales	Computacionalmente simple pero no garantiza un subconjunto óptimo
Selección secuencial hacia delante (SFS)	Selecciona la mejor característica y agrega una por vez tal que combinada maximiza función criterio.	Una vez que se agrega una no se puede quitar, Computacionalmente eficiente.
Selección secuencial hacia atrás (SBS)	Empieza con todas y quita una a la vez	Una vez que se quita una no se puede volver al conjunto optimo.

Métodos de Extracción de características

Método	Propiedades	Comentarios
Análisis de componentes principales (PCA)	Mapas lineales, rápidos, basados en vectores propios.	Tradicional, bueno para datos Gaussianos.
Análisis de Discriminante Lineales	Mapas lineales supervisados, rápidos, basados en vectores prop.	Mejor que PCA para clasificación.
Análisis de Componentes Independientes (ICA)	Mapas lineales, iterativo, no Gaussiano	Se usa para separar mezclas de fuentes con distribución no Gaussiana.
PCA no lineal	Criterio no Gaussiano, usualmente iterativo	Enfoque redes neuronales.
Self-Organizing Map (SOM)	No lineales, iterativos	Basados en redes neuronales, adecuado para baja dimensionalidad

IV: Aprendizaje

- El aprendizaje se puede realizar en una fase previa al reconocimiento ("diseño del clasificador") o continuar durante el proceso de reconocimiento.
- Un objetivo del aprendizaje puede ser la determinación del conjunto de descriptores "óptimo". → Selección de características.
- Selección de características mediante técnicas estadísticas y requiere conocimiento profundo de la naturaleza del problema.
- Se establece un modelo: parámetros del modelo → adquirir conocimiento sobre el problema
- Tipos de aprendizaje
 - a) Deductivo: Conocimiento del humano sobre el problema (Sist. expertos)
 - b) Inductivo: Conocimiento a partir de ejemplos específicos.

1.6. Evaluación de desempeño.

Estimación de error y confianza, aplicando el clasificador a un conjunto de prueba cuya clase es bien conocida Z_{ts} . Luego, se estima el error contando las discrepancias entre clase verdadera y etiqueta asignada por el clasificador.

$$\text{Error (D)} = \frac{\text{Nerror}}{N_{ts}} : \text{Tasa de error aparente.}$$

Necesitamos un número grande de muestras para verificar con confianza relativamente razonable, límites de confianza (0 - 95%) o bien de (0 a 98%).

- Para la ~~entrenamiento~~ fase de entrenamiento se utiliza la mayor cantidad de datos posible y de igual manera para la evaluación del desempeño del clasificador.
- Si se utilizan los mismos conjuntos de datos se presenta un problema de SOBRENENTRAMIENTO por lo cual podría fallar para datos no previstos. (Entrenamiento \neq prueba).

- **Reclasificación:** Procedimiento de evaluación del desempeño utilizando el conjunto de aprendizaje.
- **Generalización:** Evaluación con un conjunto de prueba independiente al de entrenamiento.

Métodos que se pueden utilizar para el manejo de datos para entrenar y probar el SRP.

a) **Resubstución (método-R):** Se utiliza todo el conjunto de muestras para el entrenamiento, luego se re-sustituye, con un método como Bootstrap o Jackknife y se utiliza para la prueba.

b) **Hold-out (método-H):** El conjunto total de muestras Z se separa en 50% y 50%, una mitad se utiliza para entrenamiento y la otra mitad para estimar el desempeño. Se pueden intercambiar los conjuntos y estimar el error como el promedio de los desempeños. También, puede ser 33%, 33%, y 33% (Entrenamiento, Validación y Prueba).

c) Validación cruzada (Cross-validation (CV)): Se divide el conjunto Z , en k subconjuntos de tamaño n/k . Se utiliza un conjunto para probar el desempeño del clasificador entrenando este con los restantes $(k-1)$ subconjuntos.

El procedimiento se repite k veces haciendo un intercambio de subconjuntos.

Se puede calcular P_D , en base a los promedios de las k estimaciones.

Coando $k=N$, el método se denomina UNO AFUERA (método - U).

Más allá de la obtención del error o error prom., también es posible obtener Matrices de Confusión. Para determinar dichas matrices, se utiliza también el conjunto de entrenamiento Z_{ts} , la entrada a_{ij} de cada matriz indicará el númer. de elementos de Z_{ts} cuya clase verdadera es W_i y a la que se le asigna la clase W_j .

Comparación del desempeño

Clasificación correcta 85 %

Clasificación incorrecta 11 %

No clasificación 4 %

TOTAL 100 %

Cap. 2. Reconocimiento estadístico de patrones.

Los patrones de la misma clase están sujetos a variaciones las cuales no necesariamente son causadas por un proceso aleatorio, sin embargo se recomienda tratarlos como si así fuera.

- La estadística y procesos estocásticos es una herramienta útil para describir variaciones.

Objetivo: Encantar un mapeo óptimo entre el espacio de medida y el espacio de decisión

- Problema de optimización estadística