

Capítulo 4

Reconocimiento de patrones

4.1 Reconocimiento de patrones como un campo de estudios

A lo largo del siglo pasado, se llevó a cabo investigación en el área de reconocimiento de patrones en todas sus diferentes áreas, específicamente en el área de reconocimiento de voz. Toda la investigación concluye que el reconocimiento del habla es posible pero no sencillo. Si consideramos al cerebro como una máquina, y al oído y los órganos asociados como transductores que proveen un canal de entrada, entonces no resulta descabellado pensar que el reconocimiento de voz utilizando computadoras es posible. Sin embargo, aun después de 30 años de investigación el reconocimiento de voz se traduce en un problema sin una respuesta absoluta.

Cuando se trabaja en este campo de estudio se debe lidiar con la incapacidad de los modelos actuales de reconocimiento de patrones cuando son comparados con la infinita sofisticación del cerebro humano. No obstante en los últimos años ha existido un gran progreso en el área y aunque aún se está a un largo paso de que una máquina pueda hablar y entender al ser humano completamente, o que sea comparable al rendimiento del ser humano, los avances indican que las recompensas justificaran la inversión.

4.2 Enfoques al problema de reconocimiento del habla. [8]

Existen dos principales corrientes de estudio en el área de reconocimiento del habla: la corriente *basada en el conocimiento* y el enfoque que atañe al presente trabajo, que es el de *reconocimiento de patrones*.

RECONOCIMIENTO DE PATRONES

El enfoque basado en el conocimiento resulta una rama de la inteligencia artificial que se especializa en construir sistemas expertos. En este tipo de sistemas, los conceptos específicos de un dominio específico son abstraídos como símbolos, así como también se establecen relaciones semánticas o sintácticas entre conceptos son definidos mediante enlaces entre cada símbolo. Este enfoque puede considerarse como un conjunto de reglas de producción, de la cual cualquier estructura válida de símbolos es generada mediante un proceso de búsqueda. El sistema que implementa este enfoque es también comúnmente denominado motor de inferencia.

El enfoque a través del reconocimiento de patrones es un procedimiento numérico para la clasificación de medidas o vectores de características. Como se menciona la clasificación se basa en la partición del espacio característico en regiones, donde una región es una clase del patrón característico. Los extremos de cada región y los procesos de clasificación son definidos de acuerdo a algún criterio óptimo que puede estar basado en su geometría, topología o consideraciones probabilísticas. En el caso de estudio se puede decir que nos encontramos ante un criterio basado en su topología.

También considerado como un enfoque de coincidencia de patrones, trabaja con un bien definido y limitado dominio, y asume una idealización particular de la señal de voz para poder aplicar modelos conocidos de reconocimiento de patrones. El proceso de reconocimiento deriva soluciones basado en un proceso de similitud máxima.

4.3 Extracción de características [9]

Como se mencionó anteriormente el reconocimiento de patrones se puede reducir a un proceso de extracción de características, lo cual se puede resumir como la transformación de información medida en patrones de información, tal que el patrón de información posea una menor dimensión que aquella de la información general. Un

RECONOCIMIENTO DE PATRONES

vector n de medidas es transformado en un vector m , donde $m < n$. Es importante mencionar que el nuevo vector debe preservar la información, esto es, que la información sea reducida removiendo componentes redundantes pero preservando en un sentido óptimo la información crucial para la discriminación de los patrones.

El proceso de selección de características usado en el presente trabajo consistió en remover una medida a la vez, manteniendo el valor más alto en algún índice de rendimiento en términos de las medidas restantes. Las variables son removidas hasta que se encuentra una degradación inaceptable en la información del patrón. El diseño de un sistema de reconocimiento de este tipo se basa en un conjunto que contenga un número finito (deseablemente pequeño) de patrones de entrenamiento. El diagrama a bloques de la figura 4.1 muestra lo arriba descrito.

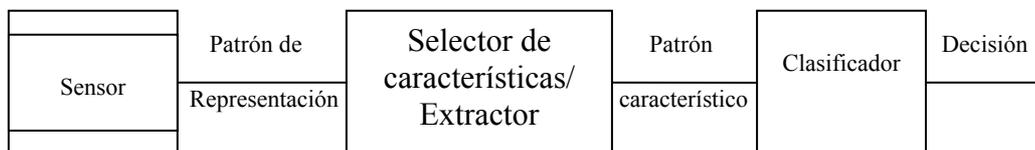


Figura 4.1 Un sistema de reconocimiento de patrones con etapas de extracción y selección de características.

Este esquema no debe verse como los pasos a seguir en la construcción de un sistema de reconocimiento de patrones, sino más bien desde un punto de vista funcional: la entrada es un patrón natural y el resultado es una etiqueta. Además, no debe entenderse que todos los sistemas de reconocimiento de patrones deben incorporar todas estas unidades, ni siquiera que éstas deban estar tan claramente separadas. Se entiende que los componentes ya están diseñados y operativos. A continuación se habla más profundamente de los diferentes módulos funcionales de este sistema general.

4.3.1 Adquisición de datos. [10]

La entrada a un sistema de reconocimiento estadístico de patrones es un vector numérico que contiene los valores muestreados y cuantificados, de una serie de señales naturales, por ejemplo una señal de audio.

De una manera más formal, suponiendo patrones n -dimensionales, un **patrón** X es una variable aleatoria n -dimensional compuesta por n componentes, x_1, x_2, \dots, x_n , tales que $x_i \in G_i$ para $i = 1, 2, \dots, n$.

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

Un patrón se representa como un punto en el espacio de patrones P . El **espacio de patrones** P es un espacio de dimensionalidad determinada por el número de variables consideradas y se define como el conjunto de todos los valores posibles que puede tomar patrón X , esto es,

$$P = x_n^{i=1} \circ G_1$$

donde \times denota el producto cartesiano.

Similaridad entre patrones. La tarea fundamental de un sistema de reconocimiento de patrones (clasificador) es la de asignar a cada patrón de entrada una etiqueta. Dos patrones diferentes deberían asignarse a una misma clase si son *similares* y a clases diferentes si no lo son. La cuestión que se plantea ahora es la definición de una medida de similaridad entre patrones. Cabe mencionar, que las medidas de similaridad son muy dependientes del problema a resolver.

RECONOCIMIENTO DE PATRONES

Suponiendo un sistema de adquisición perfecto (sin ruido), se puede asegurar que:

1. La adquisición repetida del mismo patrón debería proporcionar la misma representación en el espacio de patrones. Por ejemplo, una señal de audio debería ofrecer la misma representación gráfica si no cambian las condiciones externas, no obstante debido a la más mínima variación esta es siempre variable.
2. Dos patrones diferentes deberían proporcionar dos representaciones diferentes.
3. Una ligera distorsión aplicada sobre un patrón debería proporcionar una pequeña distorsión en su representación.

En definitiva, se supone que el proceso de adquisición es biunívoco y continuo, es decir, es recíproco, pues para cada patrón existirá una representación. Estas consideraciones sugieren que si las representaciones de dos patrones están muy cercanas en el espacio de representación, entonces los patrones deben tener un alto grado de similaridad.

Variabilidad entre patrones. La suposición de un sistema de adquisición perfecto no deja de ser eso, una suposición. Los sistemas de adquisición introducen, indefectiblemente, cierta distorsión o ruido, lo que produce una *variabilidad* en la representación de los patrones.

4.4 Criterios de selección de características

El problema que se trata de resolver es el de extraer la información *relevante* para la clasificación entre la suministrada por los sensores (datos en bruto, para el caso de estudio, las muestras de voz). De forma general este problema puede plantearse como sigue:

Dado un conjunto de patrones n -dimensionales

RECONOCIMIENTO DE PATRONES

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$$

se trata de obtener un nuevo conjunto (características) d -dimensionales

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_d]^T$$

donde $d \leq n$.

Este objetivo puede abordarse reduciendo la dimensionalidad de los datos. Si los patrones son de alta dimensionalidad, el costo computacional asociado a la clasificación puede ser muy alto. Muchos clasificadores están basados en cálculos de distancias y estos cálculos pueden depender de forma cuadrática respecto a la dimensionalidad de los patrones. Como otra consideración computacional hay que considerar el espacio de almacenamiento adicional que supone guardar los valores de nuevas variables. Además, algunas de las variables pueden ser redundantes con otras y no aportar información adicional.

Las técnicas dedicadas a *seleccionar* las variables más relevantes se dicen de ***selección de características*** y reducen la dimensionalidad de los patrones. Este proceso puede esquematizarse como se indica en la figura 4(a), en el que un módulo selector recibe patrones n -dimensionales (en el ejemplo, $n = 100$) y proporciona como resultado las d variables más significativas (en el ejemplo, $d = 3$) de acuerdo a algún criterio a optimizar. En este caso $d < n$ y el conjunto de las d variables seleccionadas es un subconjunto del conjunto original de variables.

Estas técnicas reciben el nombre de ***extracción de características*** y producen un nuevo conjunto de variables. Este proceso puede esquematizarse como se indica en la figura 4(b), en el que un módulo extractor recibe patrones n -dimensionales (en el ejemplo, $n = 100$) y proporciona como resultado nuevos patrones n -dimensionales de acuerdo a algún criterio a optimizar. Es posible que las nuevas variables estén implícitamente ordenadas,

RECONOCIMIENTO DE PATRONES

por lo que proporcionan, adicionalmente un procedimiento de selección. En este caso $d = n$ y las variables seleccionadas *no* forman un subconjunto del conjunto original de variables.

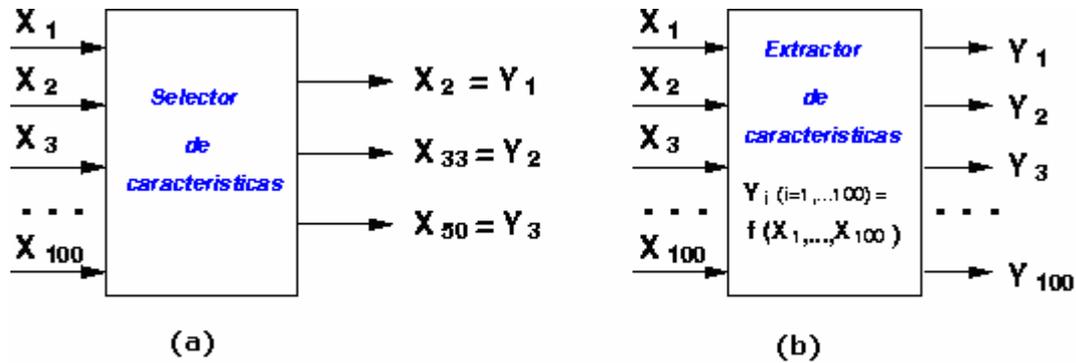


Figura 4.2. (a) Selección de las 3 variables más significativas entre un conjunto de 100. (b) Transformación de las 100 variables originales. Fuente: [9]

Los vectores resultantes del proceso de selección o extracción se denominan *características*. En el presente proyecto se habla de patrones característicos,

Módulo de clasificación

El objetivo final de un sistema de Reconocimiento de Patrones es el etiquetar de forma automática patrones de los cuales desconocemos su clase. Suponemos que el sistema dispone de un módulo de adquisición de datos y que se han seleccionado previamente las variables más significativas.

Debe establecerse claramente el objetivo final del sistema que es definir el conjunto de etiquetas o dicho de otra forma las salidas que debe proporcionar el sistema.

4.5 El clasificador [9]

Como puede intuirse, la construcción del clasificador no es una tarea trivial ni directa e involucra una serie de etapas:

1. La elección del modelo.
2. Aprendizaje (entrenamiento del clasificador).
3. Verificación de los resultados.

Es muy importante señalar que estas etapas no deben verse de forma secuencial. Puede ocurrir que en un momento dado hay que volver atrás para replantearse alguno de los pasos dados, incluso el conjunto de clases informacionales.

Para construir el clasificador en primer lugar debe estudiarse cómo se distribuyen los patrones en cada clase (la estructura estadística de las clases) y establecer una función discriminante adecuada utilizando los prototipos disponibles. Para el caso concreto de nuestro proyecto, los clasificadores son fijados acorde al patrón característico del niño. Se fijan constantes numéricas que permiten llevar a cabo un proceso de comparación. Estas constantes son explicadas en capítulos posteriores.

En el siguiente capítulo se explica a profundidad la Transformada de Fourier, que es quizá, la herramienta más importante para la realización de este proyecto.