

RECONOCIMIENTO DE CARACTERES

Por: David S. Fernández Mc.

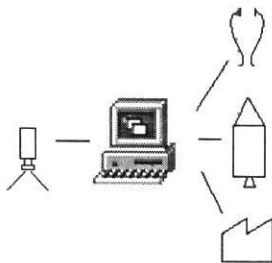
RESUMEN

El presente trabajo apunta a ser una introducción al tema del reconocimiento de patrones en el procesamiento digital de la imagen utilizando como ejemplo el reconocimiento de caracteres.

Para lograr esto es importante llegar a las tres principales tareas involucradas en el reconocimiento de patrones como son la segmentación de la imagen en elementos, la caracterización de los elementos a identificar y la clasificación de los elementos segmentados bajo los parámetros de la caracterización.

Al principio del trabajo se realiza una introducción panorámica de los diferentes aspectos involucrados en el procesamiento de la imagen. A continuación se enfatiza en los conceptos básicos para la identificación de patrones bajo el procesamiento de la imagen. Paso seguido se expone un método bajo el cual se puede realizar el reconocimiento de patrones aplicado al reconocimiento de caracteres.

INTRODUCCIÓN



En muchos aspectos de la vida cotidiana la imagen es utilizada como elemento de información para la toma de decisiones.

Podríamos decir incluso que para los sentidos es lo más importante para el desarrollo de las actividades diarias. Esto no incluye sólo las actividades del hombre sino las de la mayoría de seres que tienen autonomía de movimiento.

En nuestro quehacer diario podríamos citar actividades para las cuales las decisiones que se toman con base en la información visual son relevantes. En general podemos citar casi todas las labores operativas básicas de la humanidad desde las más simples hasta las más especializadas como es el caso del diagnóstico médico, vigilancia y seguridad, control de calidad industrial, etc.

Debido a los adelantos tecnológicos y conceptuales en el campo del procesamiento de las imágenes, diariamente está más extendida su aplicación en actividades que van desde las más complejas hasta las más simples y cotidianas.

Como ejemplo podemos citar casos de aplicaciones que van desde actividades adaptadas a la investigación como la exploración visual de otros mundos, el procesamiento de imágenes de radar y sonar, la ayuda para el diagnóstico médico, la automatización industrial, la robótica, etc., hasta las aplicaciones en casa como videocámara, el multimedia, vídeo teléfono etc.

Pero igual desde el punto de vista tecnológico sea cual fuere la fuente de la imagen, fotografía, filmación, diapositiva, etc., el

primer paso en su procesamiento consiste en capturarla, digitalizarla y almacenarla. En cualquiera de las aplicaciones la información se procesa como una matriz de números binarios y se analiza bajo el criterio de los conceptos en el tema. Luego puede ser nuevamente expuesta mediante el proceso inverso resaltando los aspectos requeridos que permitan en último caso tomar las decisiones confiables.

Las dos actividades fundamentales en el procesamiento de las imágenes se concentran en el mejoramiento de la imagen y en el análisis de la misma.

Un aspecto bien interesante en el análisis de la imagen está en el reconocimiento de patrones. Este consiste en identificar elementos particulares de una imagen para luego operar selectivamente sobre éstos.

Cualquier ejercicio de reconocimiento de patrones debe desarrollar fundamentalmente tres aspectos que son:

- El segmentado de la imagen en los elementos que la componen.
- La caracterización de cada uno de los elementos.
- La clasificación de los mismos según unos patrones de identificación.



El presente trabajo desarrollará una visión simple, básica y panorámica del reconocimiento de patrones aplicado al reconocimiento de caracteres. Para esto parte de los conceptos básicos necesarios en el procesamiento de la imagen orientado al tema por tratar, hasta llegar a la aplicación específica del desarrollo de un procedimiento para el reconocimiento de un grupo de caracteres tomados como ejemplo.

ASPECTOS FUNDAMENTALES

Antes de especificar los procedimientos para el procesamiento digital de caracteres, es importante realizar una introducción general al procesamiento digital de imágenes orientado al reconocimiento de patrones.

El Procesamiento Digital de la Imagen

Actualmente el procesamiento digital de la imagen enfoca sus esfuerzos en dos grandes actividades básicas:

- Mejoramiento de la imagen.
- Análisis del contenido de la imagen.

En el primero podemos incluir todos aquellos procesos que propenden por el mejoramiento de la imagen y el realce de aspectos específicos. En el segundo todos aquellos procesos que permiten aislar características de ella que permitan a su vez identificar patrones y elementos particulares en la misma.

En términos específicos puede considerarse el problema del procesamiento de la imagen en actividades inscritas en los siguientes temas¹:

- Representación y modelado de la imagen.
- Mejoramiento de la imagen.
- Restauración de la Imagen.
- Análisis de la Imagen.
- Reconstrucción de la imagen.
- Compresión de la información que contiene imágenes.

Representación y modelado de la imagen

La representación y el modelado de la imagen toman en cuenta las estrategias para

llevarla a elementos cuantificables y accesibles para su manipulación. La mínima cantidad de información atribuible a una imagen con las características antes mencionadas recibe el nombre de pixel o pel (picture element). En su forma básica este elemento identifica la luminosidad de un punto de la imagen en cuestión. En su aspecto más complejo puede representar la correspondencia cromática del mismo punto.

Para la representación de la imagen en pixels y su modelado es necesario desarrollar etapas que van desde el muestreado y cuantizado de la imagen hasta su representación en modelos matemáticos tales como series de Fourier, funciones estadísticas, etc. Este modelado permite realizar acciones tales como el filtrado de la imagen utilizando transformaciones enfocadas al mejoramiento de la imagen que permitirán acciones como el realce de características deseadas.

Mejoramiento de la imagen

El principal objetivo del mejoramiento de la imagen está concentrado en enfatizar características específicas para su posterior análisis o exposición. Tal es el caso de procesos tan simples que van desde el mejoramiento del contraste de la imagen hasta el filtrado para la visualización nocturna para citar sólo algunos casos.

Restauración de la imagen

La remoción o minimización de los efectos de degradación de una imagen debido a agentes externos que se involucran con la información básica de ésta, hace parte de la restauración de la imagen. Esto se logra mediante procesos que se basan fundamentalmente en el filtrado de la imagen de acuerdo con las características del agente externo y de la imagen misma.

Análisis de la imagen

En cuanto al análisis de la imagen, éste se basa fundamentalmente en la identificación de patrones para hacer mediciones y evaluaciones cuantitativas y cualitativas de elementos contenidos en ella. Para esto es necesario llevar a cabo tareas como la segmentación de la imagen en elementos diferenciados, la caracterización de éstos y la clasificación en patrones que concuerden con la clasificación efectuada. Esto es especialmente importante en actividades como las aplicadas a los procesos industriales, la robótica y en asuntos tan cotidianos como el que trataremos específicamente en este trabajo: el reconocimiento de caracteres.

Reconstrucción de la imagen

La reconstrucción de la imagen se concentra especialmente en el uso de las proyecciones en dos dimensiones de los objetos que desean visualizarse. Es una actividad de especial importancia en tareas de construcción de imágenes suministradas por sondas; por ejemplo, las entregadas por equipos médicos radiográficos o equipos satelitales de exploración.

Compresión de la información que contiene imágenes

Otro aspecto bien interesante en el procesamiento de imágenes es la compresión de la información que la contiene. Esto es especialmente importante en el proceso de transmisión y almacenamiento eficiente de imágenes utilizando el mínimo espacio y ancho de canal para tal efecto.

En el siguiente apartado la atención se concentrará en el análisis de la imagen en un aspecto específico: el reconocimiento de caracteres.

RECONOCIMIENTO DE CARACTERES

El reconocimiento de patrones

En el reconocimiento de patrones es interesante identificar el entorno de la imagen para determinar qué se encuentra en ella. Esto implica la localización y el aislamiento de los objetos en la imagen y luego identificarlos para su clasificación utilizando técnicas que usualmente están inscritas en el campo de la teoría estadística².

En el reconocimiento de patrones estadísticos se supone que la imagen contiene uno o más objetos que pertenecen a conjuntos predeterminados identificados por su tipo, categoría o clasificación del patrón en cuestión.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de reconocimiento de patrones está inscrito en tres categorías básicas que son: la segmentación de la imagen en componentes aislados, la caracterización de los elementos y por último la clasificación de éstos en categorías. La clasificación inicial de los elementos por identificar está fundamentada por los criterios del diseñador del sistema.

Son varias las formas de efectuar el proceso de segmentación de la imagen. Fundamentalmente se trata de dividir la imagen en regiones separadas por sus características de conectividad. Por conectividad se entiende la agrupación de pixels con características predefinidas en conjuntos aislados que cumplen el siguiente procedimiento:

Entre dos pixels de un "conjunto conectado", existe un "camino conectado" siempre dentro del

conjunto tal que el "camino conectado" siempre se mueve dentro de pixels vecinos³.

Así en un "conjunto conectado" se puede trazar un "camino conectado" entre dos pixels sin dejar nunca el conjunto.

Existen dos tipos de reglas de conectividad: aquella que se realiza entre pixels vecinos a 90 grados o aquella para pixels que adicionalmente consideran los vecinos a 45 grados.

Bajo esta perspectiva, existen tres alternativas procedimentales para la segmentación de la imagen:

- Aproximación a la región donde el aspecto primordial es la asignación de un pixel a un objeto o región en particular.
- La segmentación efectuada por la identificación de las fronteras que separan las regiones y
- La aproximación por los bordes que contienen los pixels que forman el objeto.

La caracterización se lleva a cabo mediante procesos matemáticos de representación que pueden ser tanto deterministas como estadísticos.

La clasificación es el proceso de identificar 'que tanto se parece' un elemento del conjunto a los clasificados.

El diseño de un sistema para el reconocimiento de patrones debe contener cinco pasos para efectuar su función cuales son⁴:

Paso	Propósito
Caracterización del objeto	Decide qué propiedades del objeto lo identifican mejor y cómo puede ser esto cuantificado.
Localización de los objetos	Selecciona el algoritmo de segmentación que permitirá aislar los diferentes elementos que conforman la imagen.
Clasificación	Establece las bases matemáticas del algoritmo de clasificación y selecciona el tipo de estructura clasificadora que debe ser utilizada.
Caracterización para la clasificación	Ajusta los diferentes parámetros de clasificación para adaptarse a los objetos particulares por ser clasificados.
Evaluación del desempeño	Expresa una medida del desempeño del sistema frente a los errores de clasificación ocurridos en el proceso.

TABLA 1

El reconocimiento de caracteres

Para realizar el ejercicio de crear una rutina de reconocimiento de caracteres es necesario inscribir el problema bajo la secuencia establecida por la tabla N° 1. Veamos cómo:

Características del objeto

Para el caso hipotético del desarrollo de un prototipo de software para el reconocimiento de caracteres, podemos delimitar el problema a su expresión más simple bajo los alcances expuestos a continuación.

La imagen esta compuesta solamente por elementos bajo las siguientes características:

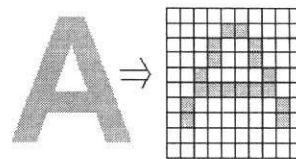
- Son sólo letras del abecedario español con los respectivos números (en caracteres ASCII).
- Se identificarán letras simples, esto es:
 - * No será letra itálica.
 - * No será letra manuscrita.
 - * Será letra de las características como la vista en este trabajo (Ej. Vagabond).
 - * La imagen será nítida.
 - * Inicialmente será el mismo tamaño de letra.

- * Se tomarán imágenes alineadas, esto es, el sentido del escrito es perpendicular al sentido de lectura del documento.
- * La información será lo suficientemente clara para ser procesada.

Localización de los objetos que conforman la imagen (Segmentación)

Se realizará fundamentalmente por un algoritmo de proyecciones.

El archivo que contiene la imagen puede ser del tipo TIF y ésta es llevada a una matriz que contiene los valores absolutos de luminancia 0 y 1 para ausencia y presencia de imagen.



Para segmentar la imagen se identifican las filas que no contienen información mediante proyecciones

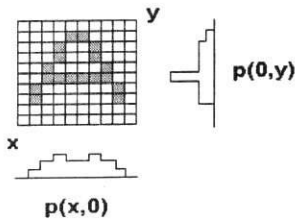
y se divide la matriz en otras que contienen las filas con letras:

$$P(0,y) = \sum_{\forall x \in 1,y} f(x,y) \quad \text{con} \quad f(x,y) = 1 \text{ donde existe}$$

Para separar cada letra se realizan proyecciones de las columnas de la misma forma que en el apartado anterior para

dividir la matriz general en matrices que contengan los escritos por línea, y

$$P(x,0) = \sum_{\forall y \in \Omega} f(x,y) \quad \text{con} \quad f(x,y) = 1 \text{ donde existe}$$



Como puede verse, el algoritmo de segmentación consiste en sumar las filas y columnas en términos de los pixels que conforman la imagen para encontrar los vacíos. Esto permitirá dividir recursivamente la imagen en los elementos básicos hasta no obtener más, en rectángulos delimitadores contenidos en submatrices.

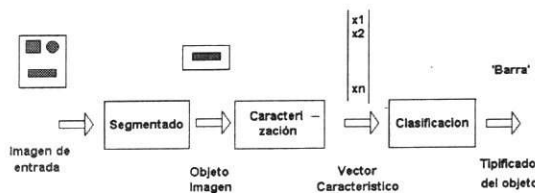
Esto permitirá dividir recursivamente la imagen en los elementos básicos hasta no obtener más, en rectángulos delimitadores contenidos en submatrices.

Caracterización para la clasificación

Para esto pueden emplearse varios métodos. El más simple consiste en el método de tomar cada letra y asociarle un vector de selección que permita realizar una identificación única del carácter.

Mediante algoritmos y métodos matemáticos es posible identificar los caracteres para que este vector identificador no dependa de la posición, el giro o el tamaño de la letra.

En el siguiente aparte se exponen dos métodos (de muchos existentes) de identificación de caracteres: Uno por vectores de peso⁵ y otro por momentos⁶.



(Tomado de Castleman pag 448)

Método 1 (Vector de peso)

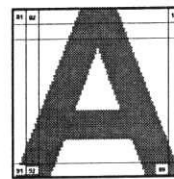
Este método ilustra una alternativa relativamente simple para la caracterización

de los elementos. El método estándar de discretización consiste en cubrir la letra con una grilla indexada a la cual se asocia un vector cuyos elementos dependen del índice y de la información contenida en cada división de la grilla⁶.

Así podemos asociar a cada letra una 'medida' de la misma mediante el vector:

$$z = (z_1, \dots, z_N) \quad \text{donde } N \text{ es el número de rectángulos de la grilla}$$

Para caracterizar la letra mediante el vector anterior podemos asignar $z_i = 1$ si alguna parte del rectángulo intercepta el carácter $z_i = 0$ si no lo hace.



Para un conjunto dado de caracteres impresos

a,b,...,z, A, B,...,Z,
0,1,...,9

podemos contar con una cantidad de muestras correspondientes a cada elemento. Para el caso supongamos:

S_i para cada carácter ($1 \leq i \leq 62$)
Donde S_i es una muestra correspondientes a cada carácter.

Así, para cada carácter de muestra se logra un vector de medida característico $z(i)$ ($1 \leq i \leq 62$), diferente para cada letra, que corresponde a un espacio euclidiano 100-dimensional.

Método 2 (Momentos)

Se apoya en el método estadístico de los momentos.

Fundamento

Los momentos de una función son de común utilización en la Teoría de la Probabilidad. Algunas de las propiedades que pueden ser

derivadas de los momentos son aplicables al análisis de formas.

Definición: El grupo de momentos de una función limitada $f(x, y)$ de dos variables está definido por:

$$M_{jk} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^j y^k f(x, y) dx dy$$

Donde jk toma valores enteros no negativos.

En la medida en que j y k toman valores enteros no negativos, generan un grupo infinito de momentos. Este conjunto es suficiente para especificar la función $f(x, y)$ completamente. En otras palabras el conjunto $\{M_{jk}\}$ es único para la función $f(x, y)$ y ella sólo tiene un grupo particular de momentos.

Para el caso de las imágenes supondremos los valores de $f(x, y) = 1$ donde existe un pixel de cualquier tonalidad de gris y $f(x, y) = 0$ para cualquier otro.

El parámetro $j + k$ es llamado el orden del momento. Existe un solo momento de orden cero:

$$M_{00} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^j y^k f(x, y) dx dy$$

que es obviamente el área del objeto.

Existen dos momentos de orden uno y correspondientemente más momentos de orden mayor. Los momentos de primer orden y superiores pueden hacerse invariantes respecto al tamaño del objeto dividiéndolos por M_{00} .

Momentos Centrales

Las coordenadas del centro de gravedad de un objeto son:

$$\bar{x} = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad \bar{y} = \frac{M_{01}}{M_{00}}$$

Así que los momentos centrales se calculan utilizando el centro de gravedad como origen:

El valor de los momentos centrales es invariante respecto a la posición.

Ejes Principales en Momentos

El ángulo de rotación que hace que el momento central de segundo orden μ_{11} se desvanezca se obtiene mediante la expresión:

$$\tan 2\theta = \frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}$$

Los ejes coordenados $x' y'$ a un ángulo θ de los ejes $x y$ son llamados los ejes principales del objeto. La ambigüedad en la ecuación anterior para 90° se resuelve si se especifica que: $\mu_{20} < \mu_{02}$ $\mu_{30} > 0$

Así si el objeto es rotado un ángulo θ antes de ser calculados los momentos o si los momentos son calculados relativos a los ejes $x' y'$ los valores de éstos son invariantes respecto a la rotación.

Momentos Invariantes

Los momentos centrales normalizados en área calculados respecto al eje central son invariantes al tamaño, traslación y rotación del objeto. Sólo los momentos de tercer orden son no triviales después de tal normalización. Las magnitudes de estos momentos reflejan la forma de un objeto y pueden ser utilizados en reconocimiento de patrones.

Puede verse entonces la potencialidad de este método para caracterizar los objetos de la imagen, que en este caso serán caracteres, debido a que puede realizarse sin variación para la posición del objeto y su rotación.

Clasificación.

El proceso de clasificación consiste en establecer una estructura fiable de las bases matemáticas y de clasificación para las reglas de caracterización.

Estos métodos, aunque reseñan el método empleado para la caracterización, pueden ser utilizados para ambos indistintamente.

Clasificación por Diferencia.

Con este método se pretende caracterizar el elemento por el cálculo de la mínima aproximación con los elementos integrantes del conjunto de comparación. Para el método estándar de caracterización como vector de peso expuesto anteriormente podemos utilizar la siguiente regla de clasificación (Castelman lo llama el método de la fuerza bruta).

$$z^* \text{ representa a } S_i \text{ si } z^* = z(i)$$

Es claro que para cualquier sistema de digitalización de la imagen existen distorsiones debidas a los dispositivos y a la calidad misma de la imagen, alineación no perfecta etc. Es posible determinar un criterio de clasificación para determinar que tan 'semejante' es la imagen agregando un factor de aproximación que indique la distancia $d(z^*, z(i))$ de z^* hacia $z(i)$ por la expresión:

$$d(z^*, z(i)) = \|z^* - z(i)\| \cong \left(\sum_{k=1}^{100} (z^* - z(i))^2 \right)^{1/2}$$

Luego la regla de clasificación para z^* sería:

$$z^* \text{ representa a } S_i \text{ si } d(z^*, z(i)) < d(z^*, z(j)) \\ (\text{para todo } j \neq i)$$

En caso de ser encontrado un valor de z^* tal que $d(z^*, z(i)) = d(z^*, z(j))$, para algún $j \neq i$ se le podrá asignar a z^* un $s(i)$ arbitrario

Para nuestro caso existen 62 posibles clasificaciones en un espacio de medidas definido por:

$$c(z^*) = i \text{ si } d(z^*, z(i)) < d(z^*, z(j)) \\ (\text{para todo } j \neq i)$$

Así la regla de clasificación divide el espacio de medida en 62 regiones separadas, representando cada una un patrón particular para cada carácter.

Mediante una base de datos y un procedimiento estadístico de correlación se trata de identificar a qué carácter es más parecido el elemento identificado.

Evaluación de desempeño

La evaluación del desempeño debe efectuarse como indicador del error al identificar los elementos. Aun cuando es importante no es considerado en este escrito debido a que el objetivo es mostrar cómo puede ejecutarse la identificación de caracteres.

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTO EN EL RECONOCIMIENTO DE CARACTERES.

Secuencia que se debe seguir

Retomando la tabla 1, la secuencia en el desarrollo del software será la siguiente:

- * Caracterización de los objetos.
- * Localización de los objetos.
- * Caracterización para clasificación.
- * Clasificación.

La evaluación del desempeño no será tenida en cuenta para este artículo.

El algoritmo

Llevando lo anterior a términos más específicos tenemos que deben ejecutarse los siguientes pasos:

a. Tomar Imagen .TIF

El CAR combina dos sistemas, uno electroacústico y otro electromecánico. De esta forma se logra cancelar la señal de ruido proveniente de la fuente primaria, mediante el principio de superposición, con una señal anti-ruido que es suministrada al sistema por una fuente secundaria. Ambas señales serán iguales en amplitud pero estarán en contrafase.

b. Convertir a matriz de elementos 1 y 0

c. Segmentar la Imagen

Separar las filas

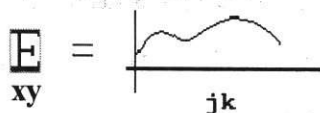
El CAR combina dos sistemas, uno electroacústico y otro electromecánico. De esta forma se logra cancelar la señal de ruido proveniente de la fuente primaria, mediante el principio de superposición, con una señal anti-ruido que es suministrada al sistema por una fuente secundaria. Ambas señales serán iguales en amplitud pero estarán en contrafase.

Tomar las letras por separación de columnas y llevarlas a matrices independientes

El CAR combina dos sistemas, uno electroacústico y otro electromecánico. De esta forma se



d. Caracterizar cada matriz por el método de los Momentos



$$E \approx E$$

Para lo cual tendremos en cuenta los criterios matemáticos traducidos a algoritmos mencionados anteriormente.

e. Comparar cada caracterización con los elementos de una base de datos predeterminada bajo criterios de correlación.



f. Emitir un juicio (identificación) para cada letra.

CONCLUSIONES

El proceso de reconocimiento de patrones a partir de imágenes es algo verdaderamente interesante. En el presente trabajo se expuso dos formas de caracterizar un elemento aplicado al reconocimiento de caracteres para su identificación. Es mucho lo que falta por decir pero se logra realizar un acercamiento a un tema bastante interesante como es el del reconocimiento de patrones aplicado a caracteres.

FUENTES DE INFORMACIÓN

ALBIOL C., Antonio. Notas del curso Tratamiento de Imágenes Doctorado de Telecomunicaciones. Profesor, Universidad Politécnica de Valencia. España, julio de 1996.

BANKS, Stephen. Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition. Prentice Hall.

CASTLEMAN, Kenneth R. Digital Image Processing. Prentice Hall.

EKSTROM, Michel P. Digital Image Processing Techniques. Academic Press.

JAIN, Anil K. Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice Hall.

NOTAS

- (1) Jain, pág 4, Introducción
- (2) Jain, pág xix, Prefacio
- (3) Castleman, pág 451, The image segmentation process.
- (4) Castleman, pág 451, The image segmentation process.
- (5) Banks, pág 15-, Introduction to pattern recognition.
- (6) Jain, pág 377-381, Moment Representation.
- (7) Castleman, pág 495-496, Invariants moments.